

# **Justus-Liebig-Universität Giessen**

Institut für Landtechnik  
am Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotoxikologie  
und Umweltmanagement

Prof. Dr. Hermann Seufert

## **Entwicklung geeigneter Parameter zur Beurteilung von elastischen Laufgangauflagen in Liegeboxenlaufställen für Milchkühe**

Dissertation  
zur Erlangung des Grades eines Doktors  
der Agrarwissenschaften

gestellt von: Prof. Dr. Hermann Seufert

eingereicht von: Dipl.-Ing. agr. Harald Reubold

Giessen im April 2008

Die vorliegende Arbeit wurde am 27. April 2004 vom Promotionsausschuss  
Agrarwissenschaften der Justus-Liebig Universität angenommen.

Tag der mündlichen Prüfung: 14. Juli 2008

Berichterstatter, 1. Prüfer: Prof. Dr. Seufert

Mitberichterstatter, 2. Prüfer: Prof. Dr. Hoy

Copyright

Im Selbstverlag: Harald Reubold

Alle Rechte, auch der Übersetzung und des Nachdrucks, sowie jede Art der  
photomechanischen Wiedergabe, auch auszugsweise, bleiben vorbehalten.

Meiner Frau Marion, meinen Kindern Jennifer und Kim Lea  
und meinen Eltern

**Inhaltsverzeichnis**

	Seite
Abkürzungsverzeichnis.....	V
Verzeichnis der Abbildungen.....	VII
Verzeichnis der Tabellen.....	XII
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Einführung und Problemstellung.....	1
1.2 Zielsetzung.....	2
<b>2 Stand des Wissens.....</b>	<b>3</b>
2.1 Aufbau und Funktion der Rinderklaue.....	3
2.1.1 Anatomie der Rinderklaue.....	3
2.1.2 Hornwachstum und Hornqualität.....	6
2.1.3 Biomechanik.....	11
2.1.4 Klauenpflege.....	15
2.2 Einfluss der Haltung auf die Klauengesundheit.....	18
2.2.1 Einfluss von Stallböden mit Gummibelag auf die Klauengesundheit.....	22
2.2.2 Klauenerkrankungen.....	29
2.2.3 Auftreten und Häufigkeit von Klauenerkrankungen.....	40
2.2.4 Bedeutung von Klauenerkrankungen.....	44
2.3 Anforderungen an Laufflächen.....	50
2.3.1 Spaltenboden.....	53
2.3.2 Planbefestigter Boden.....	54
2.3.3 Verformbarkeit von Laufflächen.....	56
2.3.4 Rutschfestigkeit von Laufflächen.....	59
<b>3 Material, Tiere und Methode.....</b>	<b>65</b>
3.1 Messung der Verformbarkeit/Elastizität.....	65
3.2 Messung der Rutschfestigkeit.....	67
3.3 Klauenbonitierung und Klauenpflege.....	68
3.4 Dorsalwandlänge der Klaue und Form des Tragrandes.....	72
3.5 Auswahl und Beschreibung der Betriebe.....	73
3.6 Beschreibung der Laufgangauflagen.....	75
3.7 Statistische Auswertung.....	79

<b>4</b>	<b>Eigene Untersuchungen – Ergebnisse</b> .....	<b>81</b>
4.1	Ergebnisse Messung der Verformbarkeit.....	81
4.2	Ergebnisse Messung der Rutschfestigkeit.....	83
4.2.1	Einfluss der Verformbarkeit des Gummis auf die Rutschfestigkeit der Laufgangauflagen.....	86
4.2.2	Einfluss der Bodengestaltung auf die Rutschfestigkeit der Laufgangauflagen.....	88
4.3	Entwicklung und Veränderung der Klauenerkrankungen.....	89
4.3.1	Auftreten und Häufigkeit der Klauenerkrankungen.....	89
4.3.2	Entwicklung der Klauenerkrankungen bei Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi.....	91
4.3.2.1	Klauenrehe (RE).....	91
4.3.2.2	Weißer Linien Defekt (WLD).....	93
4.3.2.3	Wandläsion (WL).....	95
4.3.2.4	Doppelte Sohle (DS).....	96
4.3.2.5	Ballenhornfäule (BF).....	98
4.3.2.6	Klauenfäule (DID).....	100
4.3.2.7	Mortellarosche Krankheit (DD).....	101
4.3.2.8	Steingalle (STG).....	101
4.3.2.9	Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG).....	104
4.3.2.10	Klauensohlengeschwür (KSG).....	106
4.3.2.11	Zwischenklauenwulst (LI).....	107
4.3.3	Einfluss der Verformbarkeit des Gummis auf die Entwicklung der Klauenerkrankungen nach drei und neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi.....	107
4.3.3.1	Klauenrehe (RE).....	108
4.3.3.2	Weißer Linien Defekt (WLD).....	109
4.3.3.3	Wandläsion (WL).....	110
4.3.3.4	Doppelte Sohle (DS).....	110
4.3.3.5	Ballenhornfäule (BF).....	111
4.3.3.6	Klauenfäule (DID).....	112
4.3.3.7	Mortellarosche Krankheit (DD).....	113
4.3.3.8	Steingalle (STG).....	114
4.3.3.9	Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG).....	115

4.3.3.10 Klauensohlengeschwür (KSG).....	116
4.3.3.11 Zwischenklauenwulst (LI).....	117
4.3.4 Einfluss der Bodengestaltung planbefestigt/geschlossen oder perforiert (Spaltenboden) auf die Entwicklung der Klauen-erkrankungen nach drei und neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi.....	117
4.3.4.1 Klauenrehe (RE).....	118
4.3.4.2 Weiße Linien Defekt (WLD).....	119
4.3.4.3 Wandläsion (WL).....	120
4.3.4.4 Doppelte Sohle (DS).....	121
4.3.4.5 Ballenhornfäule (BF).....	122
4.3.4.6 Klauenfäule (DID).....	123
4.3.4.7 Mortellarosche Krankheit (DD).....	124
4.3.4.8 Steingalle (STG).....	125
4.3.4.9 Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG).....	126
4.3.4.10 Klauensohlengeschwür (KSG).....	127
4.3.4.11 Zwischenklauenwulst (LI).....	128
4.4 Entwicklung des Dorsalwandzuwachses.....	129
4.4.1 Entwicklung des Dorsalwandzuwachses nach sechs Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi.....	129
4.4.2 Einfluss der Verformbarkeit des Gummis auf die Entwicklung des Dorsalwandzuwachses nach sechs Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi.....	130
4.4.3 Einfluss der Bodengestaltung planbefestigt/geschlossen oder perforiert (Spaltenboden) auf die Entwicklung des Dorsalwandzuwachses nach drei und neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi.....	131
4.5 Entwicklung der Tragrandform.....	132
4.5.1 Entwicklung der Tragrandform nach drei und neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi.....	136
4.5.2 Einfluss der Verformbarkeit des Gummis auf die Entwicklung der Tragrandform nach drei und neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi.....	139

4.5.3	Einfluss der Bodengestaltung planbefestigt/geschlossen oder perforiert (Spaltenboden) auf die Entwicklung der Tragrandform nach drei und neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi.....	144
<b>5</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>149</b>
5.1	Verformbarkeit des Bodens.....	149
5.2	Rutschfestigkeit.....	152
5.3	Klauenerkrankungen.....	155
5.3.1	Klauenrehe.....	156
5.3.2	Weißer Linien Defekt.....	157
5.3.3	Wandläsion.....	159
5.3.4	Doppelte Sohle.....	159
5.3.5	Ballenhornfäule.....	160
5.3.6	Klauenfäule.....	161
5.3.7	Mortellarosche Krankheit.....	162
5.3.8	Steingalle und Rusterholzsches Sohlengeschwür.....	163
5.3.9	Klauensohlengeschwür.....	166
5.3.10	Zwischenklauenwulst.....	166
5.4	Dorsalwandzuwachs.....	167
5.5	Tragrandform.....	169
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick.....</b>	<b>171</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>174</b>
<b>8</b>	<b>Summary.....</b>	<b>177</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>180</b>
<b>10</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>201</b>
10.1	Tabellen und Abbildungen.....	201
10.2	Erfassungsbogen der Versuchsbetriebe.....	215

**Abkürzungsverzeichnis**

<b>Abkürzung</b>	<b>Bezeichnung</b>
$\mu_G$	Gleitreibungskoeffizient
$\mu_H$	Haftreibungskoeffizient
€	Euro
AID	aid infodienst Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft e.V.
AK	Außenklaue
ART	Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon
B/S	Besonderheiten-Sonstiges
BF	Ballenhornfäule
BV	Braunvieh
DD	Mortellarosche Krankheit (Dermatitis digitalis)
DDR	Deutsche Demokratische Republik
DID	Klauenfäule (Dermatitis interdigitalis)
DIN	Deutsches Institut für Normung
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.
DS	Doppelte Sohle
$F_h$	Horizontalkraft
FV	Fleckvieh
$F_v$	Vertikalkraft
H	hinten
HLA	hinten links außen
HLI	hinten links innen
HRA	hinten rechts außen
HRI	hinten rechts innen
HS	Hornspalt
HVL	Hessischer Verband für Leistungs- und Qualitätsprüfungen in der Tierzucht e.V.
IK	Innenklaue
KSG	Klauensohlengeschwür

KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.
LI	Limax
li	links
N	Newton
N/min	Newton pro Minute
PH	Phlegmone
RB	rotbuntes Milchvieh
RE	Klauenrehe
re	rechts
RSG	Rusterholzsches Sohlengeschwür
SB	schwarzbuntes Milchvieh
SG	Sohlengeschwür
SK	Schwellung des Kronsaums
SRT	Skid Resistance Tester
SSG	Spitzensohlengeschwür
STG	Steingalle
V	vorne
VLA	vorne links außen
VLI	vorne links innen
VRA	vorne rechts außen
VRI	vorne rechts innen
WL	Wandläsion
WLD	Weißer Linie Defekt
ZP	Zwischenzehenphlegmone
R 1	ein Drittel der Tragrandwand ist abgerundet
R 2	zwei Drittel der Tragrandwand ist abgerundet
R 3	die gesamte Tragrandwand ist abgerundet
Ü 1	ein Drittel der Tragrandwand ist überstehend
Ü 2	zwei Drittel der Tragrandwand ist überstehend
Ü 3	die gesamte Tragrandwand ist überstehend
s	Streuung
VK	Variationskoeffizient

**Verzeichnis der Abbildungen**

<b>Abbildung</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Seite</b>
Abbildung 1:	Längsschnitt der Klaue (nach AID 2000).....	4
Abbildung 2:	Aufhängeapparat der Klauen (Toussaint Raven, 1998).....	6
Abbildung 3:	Aufbau der Vorder- und Hintergliedmaßen beim Rind (AID, 2000).....	11
Abbildung 4:	Tragende Bereiche der Klaue (Benz 2002 verändert nach Blowey 1993).....	14
Abbildung 5:	Vergleich von Fettpolstern in der Klaue und in einem Sportschuh (Lischer und Ossent 2000).....	14
Abbildung 6:	Direkte und indirekte finanzielle Verluste durch Klauenerkrankungen (Fiedler 2005).....	46
Abbildung 7:	Messung der Elastizität/Verformbarkeit mit der Hydropuls- Werkstoff-Prüfmaschine der DLG.....	65
Abbildung 8:	Dauertrittbelastungsprüfstand der DLG.....	66
Abbildung 9:	Künstlicher Kuhfuß der DLG.....	66
Abbildung 10:	DLG ComfortControl Mobil.....	67
Abbildung 11:	DLG Prüfgewicht mit Prüfkörper aus Polyamid.....	68
Abbildung 12:	Protokollblatt Klauenbonitierung und Klauenform.....	69
Abbildung 13:	Dorsalwandlänge der Klaue.....	72
Abbildung 14:	Produkt A Oberfläche.....	75
Abbildung 15:	Produkt A Unterseite mit Noppen.....	75
Abbildung 16:	Produkt B Oberfläche.....	76
Abbildung 17:	Produkt B Unterseite mit Noppen.....	76
Abbildung 18:	Produkt C Oberfläche.....	76
Abbildung 19:	Produkt C Unterseite mit Rillen.....	76
Abbildung 20:	Produkt D Oberfläche.....	77

Abbildung 21:	Produkt D Unterseite mit Noppen.....	77
Abbildung 22:	Produkt E Oberfläche mit Fixierungselement.....	78
Abbildung 23:	Produkt E Unterseite mit Noppen.....	78
Abbildung 24:	Produkt F Oberfläche.....	79
Abbildung 25:	Produkt F Unterseite mit Befestigungsrippen.....	79
Abbildung 26:	Verformbarkeit der sechs untersuchten Laufgangauflagen im Neuzustand und nach der Dauertrittbelastung.....	81
Abbildung 27:	Messung Rutschfestigkeit bei starker Verschmutzung.....	83
Abbildung 28:	Messung Rutschfestigkeit bei geringer Verschmutzung.....	83
Abbildung 29:	Auftreten und Häufigkeiten der Klauenerkrankungen bei den 222 untersuchten Kühen an den drei Untersuchungsterminen.....	89
Abbildung 30:	Klaue hinten rechts Kuh Nr. 157 in Betrieb 5 vor dem Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi.....	139
Abbildung 31:	Klaue hinten rechts Kuh Nr. 157 in Betrieb 5 neun Monate nach Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi.....	139
Abbildung 32:	Gleitreibung im Praxisbetrieb Produkt A stark verschmutzt.....	201
Abbildung 33:	Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmess- werte für Produkt A, stark verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung: $s = 0,018$ , Variationskoeffizient: $VK = 0,030$ .....	201
Abbildung 34:	Gleitreibung im Praxisbetrieb Produkt A gering verschmutzt.....	202
Abbildung 35:	Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmess- werte für Produkt A, gering verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung: $s = 0,023$ , Variationskoeffizient: $VK = 0,035$ .....	202
Abbildung 36:	Gleitreibung im Praxisbetrieb Produkt B stark verschmutzt.....	203

Abbildung 37:	Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte für Produkt B, stark verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung: $s = 0,032$ , Variationskoeffizient: $VK = 0,060$ .....	203
Abbildung 38:	Gleitreibung im Praxisbetrieb Produkt B gering verschmutzt.....	204
Abbildung 39:	Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte für Produkt B, gering verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung: $s = 0,081$ , Variationskoeffizient: $VK = 0,128$ .....	204
Abbildung 40:	Gleitreibung im Praxisbetrieb Produkt C stark verschmutzt.....	205
Abbildung 41:	Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte für Produkt C, stark verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung: $s = 0,024$ , Variationskoeffizient: $VK = 0,046$ .....	205
Abbildung 42:	Gleitreibung im Praxisbetrieb Produkt C gering verschmutzt.....	206
Abbildung 43:	Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte für Produkt C, gering verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung: $s = 0,043$ , Variationskoeffizient: $VK = 0,071$ .....	206
Abbildung 44:	Gleitreibung im Praxisbetrieb Produkt D stark verschmutzt.....	207
Abbildung 45:	Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte für Produkt D, stark verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung: $s = 0,061$ , Variationskoeffizient: $VK = 0,096$ .....	207
Abbildung 46:	Gleitreibung im Praxisbetrieb Produkt D gering verschmutzt.....	208
Abbildung 47:	Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte für Produkt D, gering verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung: $s = 0,048$ , Variationskoeffizient: $VK = 0,070$ .....	208
Abbildung 48:	Gleitreibung auf der Auftrittfläche im Praxisbetrieb Produkt E stark verschmutzt.....	209

Abbildung 49:	Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte auf der Auftrittsfläche für Produkt E, stark verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung: $s = 0,059$ , Variationskoeffizient: $VK = 0,121$ .....	209
Abbildung 50:	Gleitreibung auf der Auftrittsfläche im Praxisbetrieb Produkt E gering verschmutzt.....	210
Abbildung 51:	Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte auf der Auftrittsfläche für Produkt E, gering verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung: $s = 0,029$ , Variationskoeffizient: $VK = 0,055$ .....	210
Abbildung 52:	Gleitreibung bei 50% Schlitzanteil im Praxisbetrieb Produkt E stark verschmutzt.....	211
Abbildung 53:	Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte bei 50% Schlitzanteil für Produkt E, stark verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung: $s = 0,034$ , Variationskoeffizient: $VK = 0,073$ .....	211
Abbildung 54:	Gleitreibung bei 50% Schlitzanteil im Praxisbetrieb Produkt E gering verschmutzt.....	212
Abbildung 55:	Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte bei 50% Schlitzanteil für Produkt E, gering verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung: $s = 0,062$ , Variationskoeffizient: $VK = 0,122$ .....	212
Abbildung 56:	Gleitreibung auf der Auftrittsfläche im Praxisbetrieb Produkt F stark verschmutzt.....	213
Abbildung 57:	Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte auf der Auftrittsfläche für Produkt F, stark verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung: $s = 0,078$ , Variationskoeffizient: $VK = 0,134$ .....	213
Abbildung 58:	Gleitreibung auf der Auftrittsfläche im Praxisbetrieb Produkt F gering verschmutzt.....	214

Abbildung 59: Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte auf der Auftrittsfläche für Produkt E, gering verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung:  $s = 0,086$ , Variationskoeffizient:  $VK = 0,129$ .....214

**Verzeichnis der Tabellen**

<b>Tabelle</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Seite</b>
Tabelle 1:	Diagnoseschlüssel (Fiedler, 2004-b).....	29
Tabelle 2:	Befundhäufigkeiten bei 2121 Milchkühen aus ganzjähriger Stallhaltung.....	40
Tabelle 3:	Klauenerkrankungen in einer Milchviehanlage mit 1600 Milchkühen über einen Zeitraum von sieben Jahren.....	41
Tabelle 4:	Häufigkeiten von 1395 Lahmheitsursachen in 11 Wisconsin Milchviehherden.....	42
Tabelle 5:	Häufigkeit von Klauenbefunden in fünf Laufstallbetrieben in Österreich.....	42
Tabelle 6:	Verformbarkeit der durch die DLG geprüften Laufgangauflagen.....	59
Tabelle 7:	Klassifizierung von Stallböden nach SRT-Werten (Richter 2001).....	61
Tabelle 8:	Grenzwerte Gleitreibungswert $\mu$ für eine ausreichende Rutschfestigkeit nach TGL 32456.....	63
Tabelle 9:	Diagnoseschlüssel Klauenbonitierung.....	70
Tabelle 10:	Grad der Erkrankungen.....	71
Tabelle 11:	Bewertungsschema zur Beurteilung des Tragrandes.....	73
Tabelle 12:	Betriebsdaten (Stand 2003/2004) der sechs Praxisbetriebe..	74
Tabelle 13:	Haftreibungskoeffizienten $\mu_H$ der sechs Laufgangauflagen im Neuzustand (trocken und nass) und nach 3 Monaten Praxiseinsatz.....	84
Tabelle 14:	Gleitreibungskoeffizienten $\mu_G$ der sechs Laufgangauflagen im Neuzustand (trocken und nass) und nach 3 Monaten Praxiseinsatz.....	85

Tabelle 15:	Mittelwertvergleich der Haft- $\mu_H$ und Gleitreibkoeffizienten $\mu_G$ der Laufgangauflagen mit weichem und hartem Gummi im Neuzustand (trocken und nass) und nach 3 Monaten Praxiseinsatz (leicht und stark verschmutzt).....	87
Tabelle 16:	Mittelwertvergleich der Haft- $\mu_H$ und Gleitreibkoeffizienten $\mu_G$ der geschlossenen und perforierten Laufgangauflagen im Neuzustand (trocken und nass) und nach 3 Monaten Praxiseinsatz (leicht und stark verschmutzt).....	88
Tabelle 17:	Entwicklung des Befundes Klauenrehe (RE) in den drei Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen.....	91
Tabelle 18:	Entwicklung des Befundes Klauenrehe (RE) nach drei und neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi in den sechs Betrieben.....	92
Tabelle 19:	Entwicklung des Befundes Weiße Linien Defekt (WLD) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen.....	93
Tabelle 20:	Entwicklung des Befundes Weiße Linien Defekt (WLD) nach drei und neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi in den sechs Betrieben.....	94
Tabelle 21:	Entwicklung des Befundes Wandläsion (WL) in den drei Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen.....	95
Tabelle 22:	Entwicklung des Befundes Doppelte Sohle (DS) in den drei Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen.....	96
Tabelle 23:	Entwicklung des Befundes Doppelte Sohle (DS) nach drei und neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi in den sechs Betrieben.....	97

Tabelle 24:	Entwicklung des Befundes Ballenhornfäule (BF) in den drei Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen.....	98
Tabelle 25:	Entwicklung des Befundes Ballenhornfäule (BF) nach drei und neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi in den sechs Betrieben.....	99
Tabelle 26:	Entwicklung des Befundes Klauenfäule (DID) in den drei Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen.....	100
Tabelle 27:	Entwicklung des Befundes Mortellarosche Krankheit (DD) in den drei Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen.....	101
Tabelle 28:	Entwicklung des Befundes Steingalle (STG) in den drei Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen.....	102
Tabelle 29:	Entwicklung des Befundes Steingalle (STG) nach drei und neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi in den sechs Betrieben.....	103
Tabelle 30:	Entwicklung des Befundes Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen.....	104
Tabelle 31:	Entwicklung des Befundes Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG) nach drei und neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi in den sechs Betrieben.....	105
Tabelle 32:	Entwicklung des Befundes Klauensohlengeschwür (KSG) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen.....	106
Tabelle 33:	Entwicklung des Befundes Zwischenklauenwulst (LI) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen.....	107

Tabelle 34:	Entwicklung des Befundes Klauenrehe (RE) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi.....	108
Tabelle 35:	Entwicklung des Befundes Weiße Linie Defekt (WLD) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi.....	109
Tabelle 36:	Entwicklung des Befundes Wandläsion (WL) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi.....	110
Tabelle 37:	Entwicklung des Befundes Doppelte Sohle (DS) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi.....	111
Tabelle 38:	Entwicklung des Befundes Ballenhornfäule (BF) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi.....	112
Tabelle 39:	Entwicklung des Befundes Klauenfäule (DID) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi.....	113
Tabelle 40:	Entwicklung des Befundes Mortellarosche Krankheit (DD) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi.....	113
Tabelle 41:	Entwicklung des Befundes Steingalle (STG) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi.....	114

Tabelle 42:	Entwicklung des Befundes Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi.....	115
Tabelle 43:	Entwicklung des Befundes Klauensohlengeschwür (KSG) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi.....	116
Tabelle 44:	Entwicklung des Befundes Zwischenklauenwulst (LI) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi.....	117
Tabelle 45:	Entwicklung des Befundes Klauenrehe (RE) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen.....	118
Tabelle 46:	Entwicklung des Befundes Weiße Linie Defekt (WLD) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen.....	119
Tabelle 47:	Entwicklung des Befundes Wandläsion (WL) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen.....	120
Tabelle 48:	Entwicklung des Befundes Doppelte Sohle (DS) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen.....	121
Tabelle 49:	Entwicklung des Befundes Ballenhornfäule (BF) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen.....	122

Tabelle 50:	Entwicklung des Befundes Klauenfäule (DID) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen.....	123
Tabelle 51:	Entwicklung des Befundes Mortellarosche Krankheit (DD) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen.....	124
Tabelle 52:	Entwicklung des Befundes Steingalle (STG) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen.....	125
Tabelle 53:	Entwicklung des Befundes Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen.....	126
Tabelle 54:	Entwicklung des Befundes Klauensohlengeschwür (KSG) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen.....	127
Tabelle 55:	Entwicklung des Befundes Zwischenklauenwulst (LI) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen.....	128
Tabelle 56:	Mittlere Dorsalwandlängenzuwächse der Klauen in mm nach sechs Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi.....	129
Tabelle 57:	Mittlere Dorsalwandlängenzuwächse der Klauen in mm nach sechs Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus weichem und hartem Gummi.....	130

Tabelle 58:	Mittlere Dorsalwandlängenzuwächse der Klauen in mm nach sechs Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus geschlossenem und perforiertem Gummi.....	131
Tabelle 59:	Mittlere Dorsalwandlängenzuwächse der Klauen in den sechs Betrieben in mm nach sechs Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus geschlossenem und perforiertem Gummi.....	132
Tabelle 60:	Die Verteilung und die Häufigkeit der Bewertung runder Tragrand bei den 666 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen.....	134
Tabelle 61:	Die Verteilung und die Häufigkeit der Bewertung überstehender Tragrand bei den 666 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen.....	135
Tabelle 62:	Die Verteilung und die Häufigkeit der Bewertung planer Tragrand bei den 666 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen.....	136
Tabelle 63:	Entwicklung der runden Tragrandform in den Befundklassen R 0, R 1 bis 10, und R 11 bis 24 an den drei Untersuchungsterminen.....	136
Tabelle 64:	Entwicklung der überstehenden Tragrandform in den Befundklassen Ü 0, Ü 1 bis 10, und Ü 11 bis 24 an den drei Untersuchungsterminen.....	137
Tabelle 65:	Entwicklung der planen Tragrandform in den Befundklassen P 0, P 1 bis 4, und P 5 bis 8 an den drei Untersuchungsterminen.....	138
Tabelle 66:	Entwicklung der runden Tragrandform in den Befundklassen R 0, R 1 bis 10, und R 11 bis 24 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi.....	140

Tabelle 67:	Entwicklung der überstehenden Tragrandform in den Befundklassen Ü 0, Ü 1 bis 10, und Ü 11 bis 24 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi.....	141
Tabelle 68:	Entwicklung der planen Tragrandform in den Befundklassen P 0, P 1 bis 4, und P 5 bis 8 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi.....	143
Tabelle 69:	Entwicklung der runden Tragrandform in den Befundklassen R 0, R 1 bis 10, und R 11 bis 24 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen.....	144
Tabelle 70:	Entwicklung der überstehenden Tragrandform in den Befundklassen Ü 0, Ü 1 bis 10, und Ü 11 bis 24 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen.....	146
Tabelle 71:	Entwicklung der planen Tragrandform in den Befundklassen P 0, P 1 bis 4, und P 5 bis 8 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen.....	147
Tabelle 72:	Grenzwerte für Gleit- und Haftreibungswerte nach verschiedenen Literaturangaben.....	152

## **1. Einleitung**

### **1.1 Einführung und Problemstellung**

Klauenleiden stellen in der Milchviehhaltung weltweit eines der wichtigsten Gesundheitsprobleme dar. Keine Abgangsursache ist in den letzten 20 Jahren so überproportional angewachsen, wie Klauen- und Gliedmaßenschäden (Distl, 1996).

Vor allem die Beschaffenheit des Laufgangbodens im Liegeboxenlaufstall hat in diesem Zusammenhang eine große Bedeutung. Kühe legen im Laufstall Distanzen von 1 bis 2,6 km pro Tag zurück (Brade, 2001). Die Klauengesundheit wird daher besonders durch die Gestaltung der Laufgänge beeinflusst (Kümper, 2000 a).

Da eine Beeinträchtigung der Klauengesundheit für das Tier mit Schmerzen verbunden ist, ist eine Optimierung des Laufgangbodens von großer Bedeutung für die Tiergerechtheit von Laufställen. Ferner verursachen Klauenerkrankungen aber auch Behandlungskosten und führen zu Leistungseinbußen und beeinflussen deshalb auch die Wirtschaftlichkeit der Milchviehhaltung. Bundesweit könnte durch eine wirksame Früherkennung oder Vorbeugen von Klauenerkrankungen ein Schaden von etwa 62 Millionen Euro pro Jahr vermieden werden (Zeddies, 1996).

Seit 2002 werden in Deutschland verschiedene elastische Laufgangauflagen für Liegeboxenlaufställe angeboten. Es gibt sowohl für planbefestigte als auch für perforierte Laufgänge Beläge von verschiedenen Anbietern, die zur Zeit alle aus Gummi hergestellt werden. Es ist davon auszugehen dass weitere Anbieter mit neuen Produkten, eventuell auch aus anderen Materialien, folgen werden.

Die Produkte sollen einerseits die Rutschfestigkeit von Laufgängen verbessern und damit auch das Tierverhalten beeinflussen, so dass bedarfsdeckende Verhaltensweisen gefördert werden. Des Weiteren wird argumentiert, dass durch diese elastischen Laufgangauflagen die mechanische Belastung für die Rinderklaue geringer ist und somit die Klauengesundheit positiv beeinflusst wird.

## 1.2 Ziel der Arbeit

Ziel dieser Untersuchung ist es, klinische und technische Parameter auf ihre Eignung zur Beurteilung von elastischen Laufgangauflagen im Liegeboxenlaufstall für Milchkühe zu untersuchen. Hierzu sollen verschiedene elastische Laufgangauflagen, sowohl für perforierte als auch für planbefestigte Laufgänge, in der Praxis untersucht werden.

Aufgrund der geschilderten Problematik gilt es einerseits geeignete Parameter zu finden um die angebotenen Produkte einordnen und praxisnah untersuchen zu können. Andererseits sollen die Ergebnisse der Untersuchungen Auskunft geben, ob die Produkte auch in der Lage sind die unterstellten bzw. angestrebten Veränderungen und Verbesserungen zu erreichen. So sollen mit den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchungen elastische Laufgangauflagen auch hinsichtlich ihrer Tiergerechtheit beurteilt werden.

Die folgenden Parameter werden auf Ihre Eignung zur Beurteilung elastischer Laufgangauflagen untersucht:

- Umfangreiche systematische **Klauenuntersuchungen** in den Einsatzbetrieben vor und nach dem Einbau sollen Auskunft geben, ob und welchen Einfluss elastische Laufgangauflagen auf die Klauengesundheit haben.
- Mit den technischen Parametern **Verformbarkeit** und **Rutschfestigkeit** soll geprüft werden, ob damit die spezifischen Eigenschaften der verschiedenen Laufgangauflagen erfasst werden können und ob durch den Einsatz moderner Messtechnik eine schnelle und präzise Untersuchung von elastischen Laufgangauflagen möglich ist.

## **1. Stand des Wissens**

### **2.1 Aufbau und Funktion der Rinderklaue**

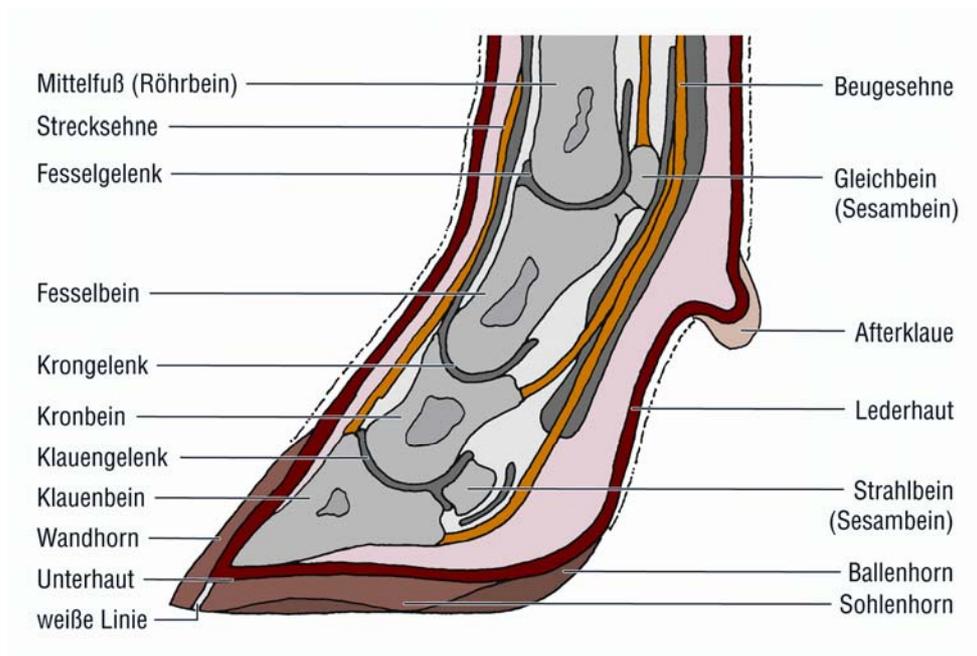
Grundlegende Kenntnisse über den Aufbau und die Funktion der Rinderklaue sind die Voraussetzung, um Klauenprobleme zu erkennen und vorbeugende Maßnahmen wie die funktionelle Klauenpflege erfolgreich einzusetzen (Maierl u. Mülling, 2004).

In der modernen Milchviehhaltung gehört die Wahrung der Klauengesundheit zu den Leistungsbestimmenden Faktoren. Die Klauenpflege, insbesondere aber die Prophylaxe und die Behandlung von Klauenerkrankungen erfordern genaue Kenntnisse über den Aufbau und die Funktion dieses Zehenendorgans (Mülling, 2002).

#### **2.1.1 Anatomie der Rinderklaue**

Die Klaue, Ungula, stellt die besondere Form des Zehenendorgans bei den Paarzehlern dar. An jedem Fuß können zwei Hauptklauen und zwei Afterklauen unterschieden werden. Als Klaue wird das distale Zehenglied mit seinem Hautüberzug bezeichnet, dessen Epidermis den verhornten Klauenschuh bildet. Zu den zentralen Stützgebilden gehören das Klauenbein, der distale Abschnitt des Kronbeins, das Strahlbein, der Bandapparat der Gelenke sowie die Endabschnitte der Streck und Beugesehnen (Habermehl, 1996).

Die nachfolgende Abbildung 1 mit einem Längsschnitt der Klaue zeigt im Überblick den Aufbau der Klaue.



**Abbildung 1: Längsschnitt der Klaue (nach AID 2000)**

Der Hautüberzug der Klaue kann nach Schichten und Segmenten gegliedert werden. Entsprechend den drei Schichten der Haut sind an der Klaue die Klauenunterhaut, Tela subcutanea ungulae, die Klauenlederhaut, Corium ungulae, und die Klauenoberhaut, Epidermis ungulae, ausgebildet. Darüber hinaus können das Saum-, das Kron-, das Wand-, das Sohlen- und Ballensegment unterschieden werden (Habermehl, 1996).

Der Aufbau der Klauenhaut wird von Mülling (2002) wie folgt beschrieben.

Die Klauenunterhaut ist im Saum-, Kron- und insbesondere im Ballensegment zu stoßbrechenden Polstern umgebaut. Demgegenüber fehlt sie im Wand- und Sohlensegment, da hier -funktionell bedingt- eine unverschiebliche, mechanisch stabile Verbindung von Lederhaut und Klauenbein erforderlich ist. Die äußere Schicht der Lederhaut bildet einen bindegewebigen Papillarkörper als verankernde, versorgende und formgebende Unterlage für die Epidermis aus. An ihrer Oberfläche besitzt sie kleine fingerförmige Zotten, die Lederhautpapillen. Nur im Wandsegment sind abwärts gerichtete, parallel angeordnete Blättchen, Lamellen, ausgebildet. Diese Oberflächenformationen sind vollständig mit lebenden Epidermiszellen bedeckt. Die Form der Lederhautoberfläche bestimmt die über ihr gebildeten epidermalen Strukturen. Dementsprechend entsteht über den Papillen Röhrchenhorn und über den Lamellen Blättchenhorn. Die innere Schicht der Lederhaut stellt die Verbindung zum Stützskelett und zur Unterhaut

her. Die Oberhaut (Epidermis) besteht sowohl aus lebenden als auch aus abgestorbenen (verhornten) Zellen. Die stark verhornte Oberhaut der Klaue übernimmt Schutz- und Stützfunktionen.

Saum-, Kron-, und Wandsegment der Klaue werden von Toussaint Raven (1998) folgendermaßen beschrieben.

Das Saumsegment stellt einen unbehaarten Streifen (1 cm) aus weichem Horn dar, der die Klauenwand von der Haut am Kronrand trennt und für den wachsartigen Überzug derselben sorgt. Das Kronsegment erstreckt sich von der Kronfalzrinne dorsal in einer Breite von 2,5 - 3 cm bis etwa zur halben Höhe der Klauenwand. Das Wandsegment reicht bis an die Grenze zwischen Wand- und Sohlenlederhaut und ist durch eine blättchentragende Lederhaut mit 1,5 – 1,8 mm hohen Wandlederhautblättchen charakterisiert, die Unterhaut fehlt bzw. ist zur Knochenhaut modifiziert. Besonders abaxial und in der Spitze, aber auch vorne axial liegt die Lederhaut fest auf dem Klauenbein und befestigt diese im Hornschuh (Aufhängeapparat).

Das Sohlensegment hat die Form eines engen Halbmondes mit zwei schmalen lang ausgezogenen Schenkeln von 4 – 5 mm Breite und einer maximalen Ausdehnung von 2 – 2,5 cm in der Klauenspitze, auch hier ist die Unterhaut kaum ausgebildet bzw. stellt einen Teil der Knochenhaut dar. Das Ballensegment wird unterteilt in das distale und das proximale Segment, die sich in der Verhornungsart sowie der Papillenform unterscheiden. Im Ballensegment, besonders ausgeprägt im proximalen, ist die Unterhaut zu einem Ballenpolster modifiziert. Im Sprachgebrauch wird die Klauengrundfläche mit der Sohlenfläche gleichgesetzt, deren Hauptanteil jedoch das distale Ballensegment ausmacht (Mülling, 1993).

Die elastische Aufhängung des Klauenbeins erfolgt über etwa 1300 Lederhautlamellen (siehe Abb. 2) und ist so stabil, dass man diesen Knochen mit mehr als 2,5 Dezitonnen Gewicht belasten kann, ohne dass er auf die Lederhaut drückt (Kümper, 2001).

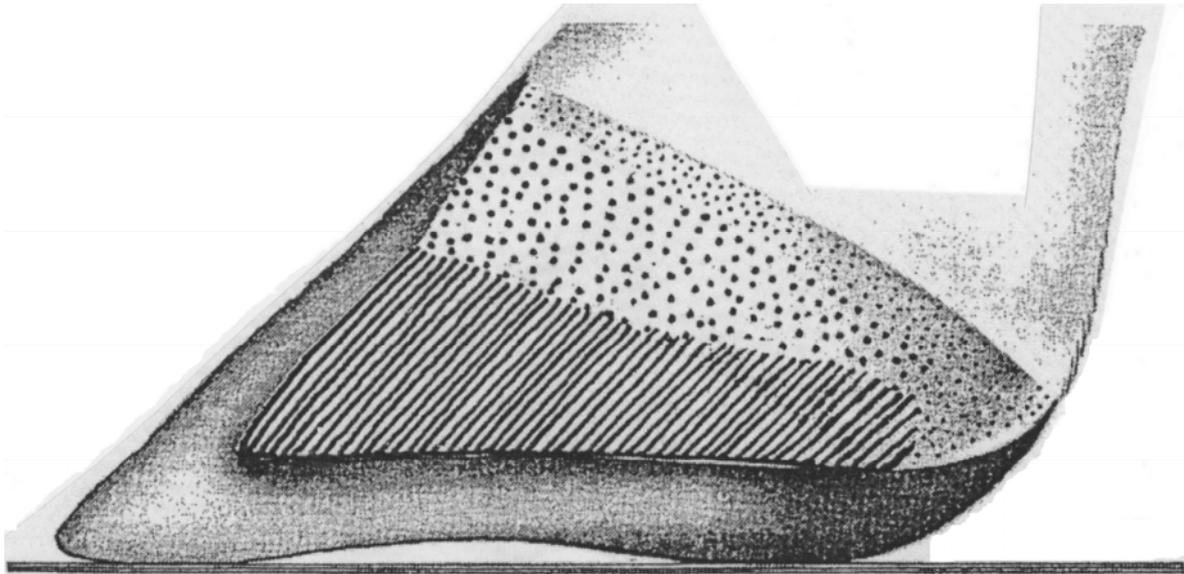


Abbildung 2: Aufhängeapparat der Klauen (Toussaint Raven, 1998)

### 2.1.2 Hornwachstum und Hornqualität

Klauenhorn entsteht durch Teilung (Proliferation), Differenzierung (Keratinisierung) und programmierten Zelltod (Verhornung) von lebenden Epidermiszellen. Anhand histologischer Kriterien, die auch durch fühlbare Härteunterschiede des Klauenhorns nachvollziehbar sind, unterscheidet man einen harten und weichen Verhornungstyp. Durch die harte Verhornung entsteht ein sehr widerstandsfähiges Horn mit geringem Wassergehalt und niedrigem Wasserbindungsvermögen. Die Hornzellen sind solide und intensiv miteinander verzahnt, die engen Zwischenzellenräume mit glykoproteinreichem Interzellularkitt angefüllt. Dieses Horn wird dort gebildet, wo hohe mechanische Stabilität gefordert ist, z.B. Kron- und Sohlensegment. Durch die weiche Verhornung wird ein Material gebildet, das von weich-elastischer, radiergummiähnlicher Beschaffenheit ist und einen hohen Wassergehalt sowie ein hohes Wasserbindungsvermögen aufweist. Die Hornzellen weisen zahlreiche Fetttropfen auf, der Interzellularraum ist teils blasig erweitert und mit sehr lipidreichem Interzellularkitt angefüllt. Dieses Horn stellt die Grundlage der stoßbrechenden Funktion des proximalen oder weichen Ballensegments dar (Maierl u. Mülling, 2004).

Das Hornwachstum ist in den einzelnen Klauenregionen und bei einzelnen Tieren unterschiedlich. Das Wachstum wird wahrscheinlich durch stärkere Durchblutung und damit auch durch Bewegung gefördert. Pro Monat wächst das Kronhorn im

Mittel um 5 mm (4-6 mm), das Sohlenhorn nur um 3 mm und das Horn des hinteren Ballenteils 5-6 mm (Geyer et al., 2000).

Die Menge an gebildetem Horn pro Zeiteinheit (Hornbildungsrate) wird festgelegt durch das Verhältnis von Zellproliferation und Zelltod in der lebenden Epidermis. Sie beträgt bei adulten Kühen 3-7 (evtl. 8) mm pro Monat, dabei werden an der Sohle 3-5 mm und am Ballen 5-8 mm gebildet. Faktoren, welche die Proliferation und den Zelltod beeinflussen, verändern auch die Form des Klauenschuhs. Derartige modulierende Faktoren sind neben der Ernährung der Zellen in ganz besonderem Maße mechanische Reize, die bei Belastung der Klaue über den verhornten Klauenschuh auf die lebende Epidermis einwirken (Maierl u. Mülling, 2004).

Die Dorsalwandlänge von Kühen die in Ställen mit 1,9 cm dicken Gummimatten im Laufgang gehalten wurden ist an den lateralen Hinterklauen um 5,6 bis 6,2 mm pro Monat und an den medialen Hinterklauen um 5,1 bis 5,7 mm pro Monat gewachsen. Bei Kühen die in Ställen mit Betonboden im Laufgang gehalten wurden ist die Dorsalwandlänge an den lateralen Hinterklauen um 6,4 bis 6,6 mm pro Monat und an den medialen Hinterklauen um 5,7 bis 6,6 mm pro Monat gewachsen (Vokey et al., 2001).

Benz (2002) konnte feststellen, dass sich der Klauenzuwachs der Dorsalwandlänge (bezogen auf 100 Tage) signifikant zwischen den Bodenausführungen Betonboden und Gummiboden unterscheidet. Auf Betonboden hat sie in 100 Tagen einen mittleren Zuwachs von 3,4 mm (Versuchsstation) bzw. 6,9 mm (Praxisbetrieb) festgestellt. Auf Gummiboden wurde ein Zuwachs in 100 Tagen von 7,4 mm (Versuchsstation) und 7,7 mm (Praxisbetrieb) festgestellt.

Samel (2005) ermittelt in ihrer longitudinalen Studie an 69 Milchkühen die in zwei homogene Gruppen (Betonspaltenboden und Spaltenboden mit Gummiauflage) geteilt wurden, signifikante Unterschiede in Wachstum, Abrieb und Zuwachs des Klauenhorns zwischen den Gruppen. Es gab einen zu verzeichnenden Klauenhornabrieb auf gummierten Laufflächen, dieser war signifikant geringer als in der Gruppe mit Betonboden. Das Klauenhornwachstum an der Dorsalwand bei der Haltung auf Beton- und Gummiboden war unterschiedlich. Auf Betonboden beträgt das mittlere Klauenhornwachstum 4,9 mm pro Monat an den hinteren

Außenklauen und 4,8 mm an den vorderen Innenklauen. Auf Gummiboden beträgt das mittlere Klauenhornwachstum 3,7 mm pro Monat an den hinteren Außenklauen und 3,9 mm an den vorderen Innenklauen. Sie stellt weiter fest, dass die Tiere auf Gummiboden einen hoch signifikant stärkeren Klauenhornzuwachs als die Tiere auf Betonboden zeigten. Auf Betonboden beträgt der mittlere Klauenhornzuwachs 1,4 mm pro Monat an den hinteren Außenklauen und 1,2 mm an den vorderen Innenklauen. Auf Gummiboden beträgt der mittlere Klauenhornzuwachs 3,4 mm pro Monat an den hinteren Außenklauen und an den vorderen Innenklauen.

In einem Milchviehbetrieb in Brandenburg haben Guhl und Müller (Guhl u. Müller 2006) 150 frisch abkalbende Kühe und Färsen in zwei gleich große Gruppen geteilt. Die Versuchsgruppe verbrachte 108 Tage im Stall 1 mit einem Laufflächenbelag aus Gummi (Kura P, Firma Kraiburg) und die Kontrollgruppe im Stall 2 mit einem planbefestigten aufgerauten Betonboden. Nach 108 Tagen konnten sie feststellen, dass der Laufflächenbelag aus Gummi im Vergleich zur planbefestigten Lauffläche aus Beton tendenziell zu geringerem Hornabrieb führt.

Kremer (2006) hat in ihrer Untersuchung 49 Kühe in zwei Gruppen geteilt. Die Versuchsgruppe wurde in einem Liegeboxenlaufstall mit Betonspalten mit Gummiauflagen (Kura S der Firma Kraiburg) und die Kontrollgruppe in einem Liegeboxenlaufstall mit Betonspaltenboden gehalten. Die Böden wurden zweimal täglich abgeschoben und der Gummiboden zusätzlich zweimal täglich mit Wasser benetzt. Sie konnte signifikante Unterschiede in der Hornschuhentwicklung zwischen Gummiboden- und Betonbodengruppe feststellen. Die Klauen in der Gummibodengruppe haben eine signifikant längere Dorsalwand, Wanddiagonale, Sohlenlänge, Ballenlänge und Ballenhöhe. Die Winkel an den Klauen verändern sich auch signifikant. Der Dorsalwandwinkel wurde signifikant spitzer und auch der Ballenwinkel vergrößerte sich signifikant. Die durchgeführten Hornhärtemessungen zeigten eine signifikante Erweichung der Klauen der Gummibodengruppe gegenüber der Betonbodengruppe.

Sommers et al. (2005) stellen ein Klauenhornwachstum auf Strohlauflächen von 4,8 mm pro Monat und auf Betonlauflächen von 5,4 mm pro Monat fest.

Hahn et al. (1986) verzeichneten Klauenhornzuwächse von etwa 1 bis 2 mm pro Monat auf der Weide. Das Klauenhornwachstum scheint neben der Härte des

Bodens außerdem durch die mechanische Belastung des Abriebs beeinflusst zu werden.

Übermäßige und ungleichmäßige Belastung der lebenden Teile der Klauenhaut, z.B. durch Gliedmaßenfehlstellung oder zu geringen bzw. ungleichmäßigen Hornabrieb, resultieren in einer Steigerung der Hornproduktion (Ossent et al., 1987).

Die Klauenepidermis enthält keine Blutgefäße und ist damit auf die Versorgung aus den Blutgefäßen in der angrenzenden Lederhaut angewiesen. Störungen in der Mikrozirkulation, gleich welcher Ursache, führen schnell zu einer Mangelversorgung der stoffwechselaktiver Epidermiszellen und damit zu einer Beeinträchtigung der Synthesevorgänge in den Zellen. Das Ergebnis ist eine Verhornungsstörung, die sich in einer veränderten Struktur und Qualität des Horns zeigt. Das gebildete Horn kann seine Schutzfunktion nicht mehr erfüllen, in der Folge sind häufiger Klauenkrankheiten zu beobachten. Hornqualität definiert sich vor allen Dingen über die Eignung des Horns zum Gebrauch. Genetische Einflüsse legen den Rahmen fest und nehmen daher eine übergeordnete Position ein. Einen sehr bedeutenden Einfluss hat die Stoffwechsellage des Tieres. Belastungen des Kohlenhydrat- und Lipidstoffwechsels beeinflussen die Bildung und Qualität des Klauenhorns erheblich. Weiterhin hat die Versorgung mit Vitaminen, Mineralstoffen und Spurenelementen Auswirkungen auf die Hornbildung und -qualität (Maierl u. Mülling, 2004).

Neuere anatomische Untersuchungen (Voges et al., 2004) zeigen, dass die Härte des Stallbodens einen direkten Einfluss auf die Struktur des Klauenhorn hat. Zu diesem Ergebnis kommen Voges et al. nach einer sehr umfangreichen Analyse von Hornproben. Die Veränderungen betreffen die Hornröhrchen, deren Dicke und Anzahl für die Widerstandsfähigkeit des Klauenhornes wichtig sind. Auf weichem Boden nimmt der Durchmesser der Röhrchen deutlich ab. Weiterhin nimmt der Anteil des weichen Horns im Zentrum der Röhrchen ab und die stabilere äußere Zone wird dicker. Derartiges Horn besitzt eine höhere Widerstandsfähigkeit gegen mechanische aber auch zersetzende chemische und bakterielle Einflüsse. Die Härte des Bodens hat somit offensichtlich einen wesentlich größeren Einfluss auf die Hornstruktur als individuelle oder genetische Faktoren.

Ausschließliche Haltung auf hartem Boden in Kombination mit langen Stehzeiten beeinträchtigt die Versorgung und damit die Hornproduktion nachteilig (KTBL Heft 60, 2006).

Einflüsse, die auf die Produktion des Horns einwirken und damit die Hornqualität direkt bestimmen, werden als primäre Faktoren zusammengefasst. Als sekundäre Faktoren werden die exogenen Einwirkungen bezeichnet, die die Struktur des fertigen Horns bis hin zur Zerstörung verändern können. Dazu zählen sämtliche physikalischen, chemischen und biologischen Umwelteinflüsse wie z.B. Feuchtigkeit, Stallbodenbeschaffenheit, Chemikalien (Gülle) und keratolytische Bakterien. Der herausragende Faktor ist der Wassergehalt des Horns. Sowohl ein sehr geringer als auch ein sehr hoher Wassergehalt verschlechtert die mechanische Widerstandsfähigkeit des Klauenhorns (Maierl u. Mülling, 2004).

Im Laufstall ist ein feuchteres Boden-Milieu anzutreffen als im Anbindestall. Dies hat zur Folge, dass das Klauenhorn grundsätzlich weicher ist und dadurch stärker abgenutzt wird. Die stärkere Abnutzung ist jedoch auch eine Folge der täglichen Bewegung auf den harten Böden der Laufgänge. Dies führt dazu, dass in Laufställen das Hornwachstum die Abnutzung oft nur noch knapp überwiegt (Friedli u. Lischer, 2000).

Der in Laufställen verwendete Beton- oder Asphaltboden bewirkt ohne Einstreu einen starken Abrieb der Sohlenfläche. Außerdem soll der harte Boden im Zusammenwirken mit dem typischen Gangmuster des Rindes das Hornwachstum insbesondere an den Außenklauen der Hintergliedmaßen anregen (Toussaint Raven, 1989).

Die hinteren Außenklauen werden im Laufe der Zeit deutlich größer als die Innenklauen und tragen dann insbesondere in der Nähe des Zwischenklauenspaltes übermäßig viel Gewicht, was wiederum zu einem stärkeren Hornwachstum in dieser Zone führt (Blowey, 2002, Sagues, 2002).

### 2.1.3 Biomechanik

Die wesentlichen Funktionen der Klaue sind der Schutz der Gliedmaßenspitze vor chemischen, mechanischen und bakteriellen Einflüssen aus der Umwelt. Darüber hinaus übernimmt die Klaue als Ganzes biomechanische Aufgaben bei der Kraftübertragung vom Körper auf den Untergrund (Mülling, 2004).

Das ganze Gewicht der Kuh wird über die Klauen auf den Boden übertragen. (Lischer et al., 2000). Dieser großen Belastung können die Klauen nur über längere Zeit standhalten, wenn die Belastungsverhältnisse optimal sind. Abweichungen führen zu Gewichtsverlagerungen innerhalb des Klauenschuhs und somit zu Druckstellen. Besonders die Lederhaut als Verbindungsschicht zwischen Gliedmaßenskelett und Hornschuh reagiert empfindlich. Die Folge sind Durchblutungsstörungen und Entzündungen (Lischer et al., 2000).

In diesem Zusammenhang ist auch der Aufbau der Vorder- und Hintergliedmaßen des Rindes zu beachten (siehe Abbildung 3).

Vorder- und Hintergliedmaßen haben eine unterschiedliche Biomechanik. Die Hintergliedmaßen sind mit dem Becken über beide Hüftgelenke verbunden. Die Vordergliedmaßen haben keine knöcherne Verbindung mit dem Skelett. Die muskulöse und flexible Verbindung der Vordergliedmaßen wirkt zusätzlich dämpfend (Herrmann u. Landmann, 2004).

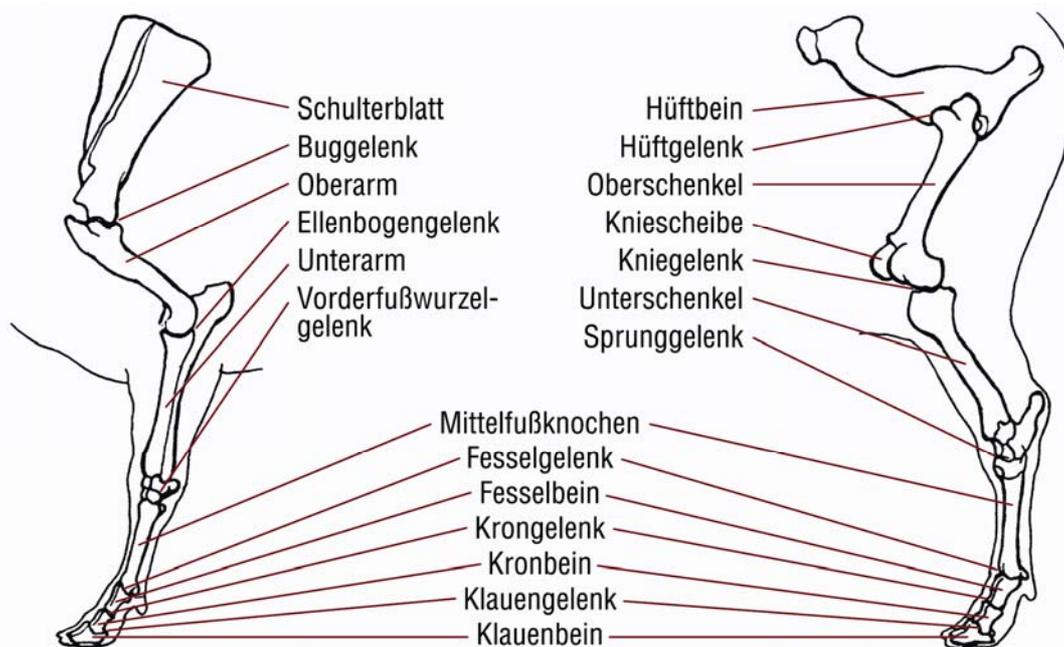


Abbildung 3: Aufbau der Vorder- und Hintergliedmaßen beim Rind (AID, 2000)

Im Stand ist das Gesamtgewicht eines Rindes nicht gleichmäßig auf alle Gliedmaßen verteilt. Dies resultiert daraus, dass die weit ausladenden „vordere Konsole“ (Hals und Kopf) an der Rumpfkonstruktion den Schwerpunkt etwas in Richtung der Schultergliedmaßen verschiebt. Diese tragen etwa 55 % der Körpermasse, die Beckengliedmaßen ca. 45 % (Toussaint Raven, 1998).

Im Stand wie auch in der Bewegung fallen den Gliedmaßen unterschiedliche Aufgaben zu. Die Beckengliedmaße ist im Vergleich zur Schultergliedmaße stärker bemuskelt, insbesondere die Strecker von Hüft- und Kniegelenk sind stark ausgebildet. Dies ist notwendig für die Bildung des Bewegungsimpulses. Der Vorwärtsschub wird weitgehend verlustfrei über die stabile Ankoppelung des Gliedmaßenskeletts im Hüft- und Iliosakralgelenk an das Rumpfskelett weitergegeben. In diesem Zusammenhang wird die Beckengliedmaße auch als „Wurfhebelwerk“ bezeichnet. Die Schultergliedmaße ist mit dem Rumpf nur bindegewebig-muskulös verbunden. Auf diese Weise ist eine federnde Aufhängung des Rumpfes möglich. Der Bewegungsimpuls aus der Beckengliedmaße wird dadurch aufgefangen, der Rumpf „rollt“ über die Schultergliedmaße ab. Diesem Umstand wird mit dem Begriff „Auffanghebelwerk“ Rechnung getragen (Seiferle u. Frewein, 1992).

Das Klauenbein am Ende des Skeletts der Gliedmaße befindet sich innerhalb der schützenden Klauenkapsel und ist im Bereich der Klauenwand in der Hornkapsel aufgehängt. Im Bereich des Ballens wird es von gut entwickelten Fettpolstern geschützt. Das Klauenbein ist also in jedem Fall in die Kraftübertragung einbezogen. Die einwirkende Druckkraft der Körpermasse wird vom Klauenbein über das Gewebe des Klauenbeinträgers in die Hornkapsel übertragen und von dieser am Tragrand dann auf den Boden. Zur Stoßdämpfung sind elastische Elemente in das Fasersystem eingebaut (Westerfeld et al., 2000).

Günther (1991) bezeichnet alle Formveränderungen, die während der Be- und Entlastung an der Hornkapsel auftreten, als Klauenmechanismus. Dieses sind unter anderem eine Erweiterung des Trachtenrandes, eine Verengung und Erweiterung der Vorderwand, Senkung des Ballens und der Klauensohle und eine Erweiterung des Zwischenklauenspaltes. Beim Entlasten kehren alle Abschnitte der Klaue in ihre Ausgangsposition zurück. Darüber hinaus ist der Klauenmechanismus für die Blutzirkulation im Bereich der Klauen sehr wichtig.

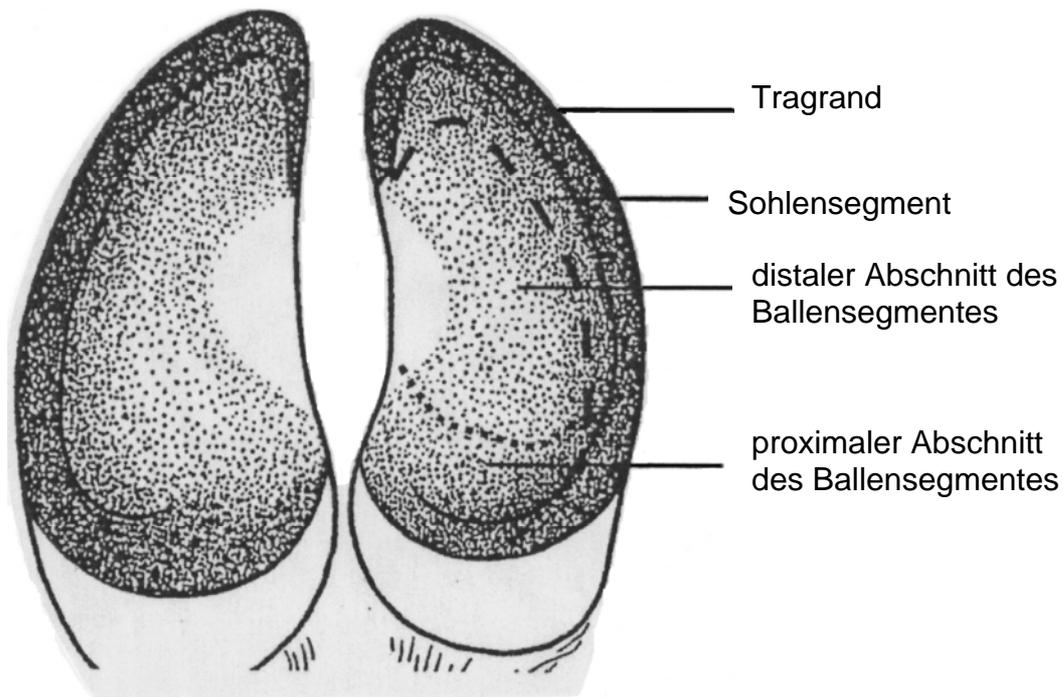
Nach dem Prinzip einer Druck- und Saugpumpe wird bei der Entlastung der Gliedmaße Blut angezogen und mit der Belastung wieder ausgepresst. Dadurch wird der Stoffwechsel im Bereich der Klauen gefördert und die Hornbildung kann normal ablaufen. Der Klauenmechanismus ist für die Erzeugung eines kräftigen, widerstandsfähigen Hornes von großer Bedeutung.

Auf einer ebenen Oberfläche steht die Klaue auf dem Tragrand der Wand und auf einem Teil des Ballenhornes. Tragrand und Sohlenballen bilden die so genannte Tragefläche oder Stützfläche der Klaue. Dies gilt für ebene, harte Oberflächen im Stall. Unter natürlichen Umständen z.B. auf der Weide, wird auch die Sohle zur Tragfläche (Toussaint Raven, 1998).

Da auf festem Untergrund der Kontakt zum Boden fast ausschließlich über das harte und besonders widerstandsfähige Horn des Tragrandes hergestellt wird, ist nach Kümper (2001) ein festes und belastbares Wandhorn und eine sichere Aufhängung des Klauenbeins im Hornschuh eine wichtige Voraussetzung für eine natürliche Klauenfunktion.

Diese Befestigung an der stehenden Wand ist an der vorderen Außenkante der Klaue (abaxial in der vorderen Hälfte) am stärksten, nimmt abaxial nach hinten ab, ist axial im Klauenspitzenbereich noch nachzuweisen, fehlt jedoch axial im Ballenbereich. Unter dem Einfluss des Körpergewichts sinkt das Klauenbein nach hinten und axial ab. Dies ist eine normale Bewegung des Klauenbeins infolge der Belastung. Das Stehen auf der Lederhaut erfolgt daher hauptsächlich mit dem hinteren Teil des Klauenbeines (Toussaint Raven, 1998).

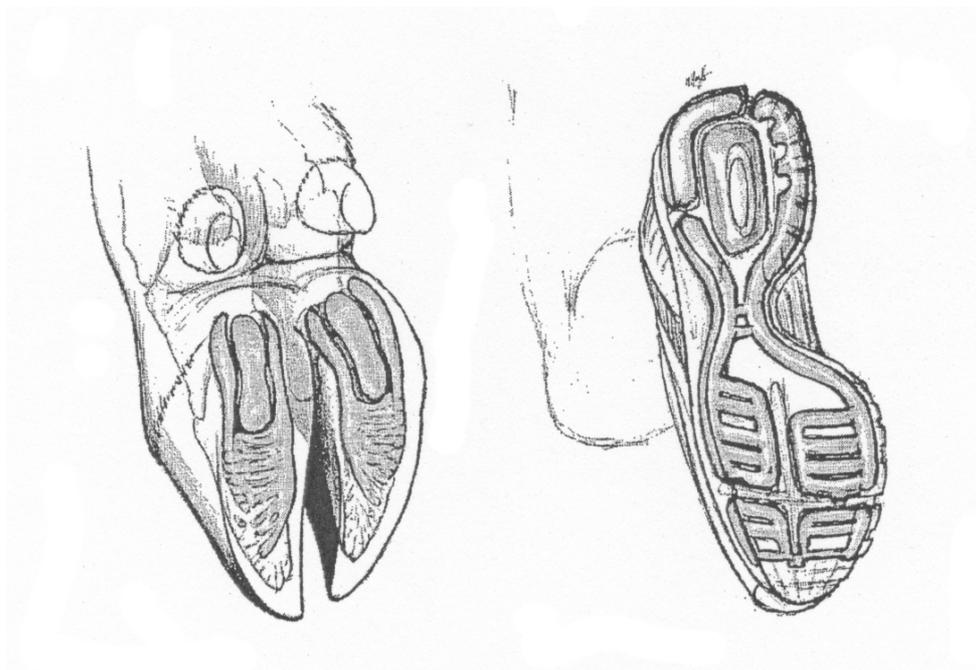
In Abbildung 4 sind die tragenden Bereiche der Klaue dargestellt.



**Abbildung 4: Tragende Bereiche der Klaue (Benz, 2002 verändert nach Blowey, 1993)**

Neben dem Aufhängeapparat im Wandbereich besitzt die Klaue im Ballenbereich ein System aus stoßbrechenden Fettpolstern, die das Klauenbein wie ein Stoßdämpfer unterstützen (Räber et al., 2002).

Lischer und Ossent (2000) vergleichen diese Polster nach ihrer Form mit denen in einem modernen Sportschuh (siehe Abbildung 5).



**Abbildung 5: Vergleich von Fettpolstern in der Klaue und in einem Sportschuh (Lischer u. Ossent, 2000)**

Jongebreur (1998) weist darauf hin, dass die Rinderklaue von Natur her für nachgebenden Untergrund wie Weide oder Erde geeignet ist und empfiehlt, dass die biomechanischen Eigenschaften beim Stallbau berücksichtigt werden sollten.

Auf harten Beton- oder Asphaltböden kommt es zu Veränderungen des Klauenschuhs, die nachteilig für die Biomechanik sind und in vielen Betrieben zu Erkrankungen führen. Eine Schlussfolgerung aus dem Aufbau und der Biomechanik der Klaue ist, dass die Klaue nicht für die ausschließliche Haltung auf harten Böden geeignet ist, sondern für weichere verformbare Böden, in welche die Klaue, so wie auf der Weide, ein Stück weit einsinken kann. Dies bedeutet für den Stall eine Veränderung der Bodenbeschaffenheit hin zu weich-elastischen „weideähnliche“ Böden, um die physiologische Funktion der Klaue zu unterstützen (KTBL Heft 60, 2006).

Auch Kümper (2007) berichtet, dass die Biomechanik von Rinderklauen durch dauerhaftes Laufen auf Betonböden überfordert wird.

Das Rind als Paarhufer ist hervorragend für ein Leben auf weichem Boden geschaffen, durch die gleichmäßig geteilte Lastaufnahme auf zwei Klauen wird ein zu tiefes Einsinken verhindert und die Belastung beider Klauen aneinander angeglichen. Wenn sie auf weichem Grund einsinkt, kann die Last auf beide Klauen gleichmäßig verteilt werden (Fiedler, 2000).

#### **2.1.4 Klauenpflege**

Das Ziel der Klauenpflege ist die Erhaltung der natürlichen Form und ausgewogener Belastungsverhältnisse der Klauen. Die Klauenpflege soll mindestens zweimal jährlich erfolgen, lahme Kühe und Problemkühe sind zusätzlich zu kontrollieren (Lischer u. Näf, 2000).

Das Pflegeintervall beträgt in der Anbindehaltung grundsätzlich sechs Monate (Bergsten et al., 1998). Für die Laufstallhaltung können keine festen Pflegezeiten angegeben werden, die Haltungssysteme sind dafür unterschiedlich. Es empfiehlt sich, zunächst häufigere Kontroll- und Pflegetermine einzurichten; im Rahmen dieser Kontrollen können dann nötige Korrekturschnitte durchgeführt und bedarfsorientierte, regelmäßige Pflegetermine festgelegt werden. Die Klauenpflegemaßnahmen sollten jedoch auch in der Laufstallhaltung mindestens alle sechs Monate erfolgen (Fiedler et al., 2004).

Im Folgenden soll die funktionelle Klauenpflege beschrieben werden, sie gilt als die derzeit in Europa etablierte Methode und baut auf einer systematischen theoretischen Grundlage (Toussaint Raven, 1989) auf. Diese funktionelle Klauenpflege wird in Deutschland nahezu überall als Ausbildungsmethode akzeptiert.

Das Ziel der funktionellen Klauenpflege besteht darin die Form der Klauen an die Gegebenheiten der Laufstallhaltung anzupassen, dass sie den erheblichen Beanstandungen standhalten und nicht erkranken. Dies wird vor allem durch das Angleichen der Außenklaue an die Innenklaue erreicht. Dabei wird bei der Klauenpflege die optimale Belastung eines Klauenpaares – und in der Folge eines Gliedmaßenpaares - angestrebt (Fiedler et al., 2004).

Die einzelnen Schritte werden anhand eines 5 Punkte Schemas nach Toussaint Raven (1989) durchgeführt. Die ersten drei Punkte stellen den eigentlichen Klauenschnitt dar. Im Anschluss daran erfolgt, falls notwendig, der kurative Teil der Klauenpflege.

## **Funktionelle Klauenpflege an den Hintergliedmaßen**

### **Schritt 1 Startpunkt Innenklaue**

Zuerst wird die Länge der Dorsalwand der Innenklaue überprüft. Bei gesunden Kühen der Rasse Deutsche Schwarzbunte kann an der Innenklaue die Dorsalwand der Klauenplatte in den meisten Fällen auf eine Länge von etwa 7,5 cm gekürzt werden (Kehler u. Sohr, 2000, Toussaint Raven, 1989). Alters- und Gewichtsunterschiede müssen hierbei berücksichtigt werden.

Als Hilfsmittel für die Messung kann eine entsprechende Schablone dienen (Kümper, 2000).

Anschließend an das Kürzen der Dorsalwand muss die Sohlendicke bearbeitet werden. Nach Toussaint Raven (1989) ist bei einer idealen Vorderwandlänge der Klauen das Sohlen- und das harte Ballenhorn im vordern Drittel 5-7 mm dick.

### **Schritt 2 Anpassen Außenklaue**

Die Dorsalwandlänge der Außenklaue wird bei gesunden Klauen an die der Innenklaue angepasst. Anschließend wird auch die Sohlendicke an die der Innenklaue angepasst (Fiedler et al., 2004).

### **Schritt 3 Hohlkehlung**

Damit die Klauen einem harten Boden standhalten, muss die Gefahr der Lederhautquetschung im besonders betroffenen axialen Klauenbereich durch eine Hohlkehlung reduziert werden. Die Hohlkehlung ermöglicht es der Sohle, der Absenkung des Klauenbeins bei der Fußung elastisch auszuweichen und schützt so die Lederhaut auf hartem Untergrund vor Druckschäden (Fiedler et al., 2004).

### **Schritt 4 Entlastung von Defekten**

Nach der Korrektur der Dorsalwandlänge und der Sohlendicke haben die Klauen die größte Tragfähigkeit erlangt, erst jetzt werden verbleibende Defekte entlastet. Alle überstehenden oder unterminierten Sohlenanteile, die drücken oder als Keimreservoir dienen könnten, werden entfernt. Doppelte Sohlen werden ebenfalls vollständig entfernt (Fiedler et al., 2004).

### **Schritt 5 Ausdünnen harter Hornränder**

Der letzte Punkt der Klauenpflege betrifft die Entfernung des verbleibenden losen Horns. Vor allem im Ballenbereich und am Übergang zwischen weichem und hartem Ballen bilden sich an der Sohle oftmals tiefe, V-förmige Furchen als Folge einer Klauenrehe sowie der Ballenhornfäule. Die Furchen sollten schonend freigelegt werden, damit eine Taschenbildung und weitere Anlagerung von Keimen vermieden wird. Zu erreichen ist dies, indem man fließende Übergänge an den Hornrändern hin zur Sohlenfläche und zum Ballen schafft (Fiedler et al., 2004).

## **Funktionelle Klauenpflege an den Vordergliedmaßen**

### **Schritt 1 Startpunkt Außenklaue**

Empfohlen wird ein Längenmaß von 7,5 cm Vorderwandlänge auch für die Außenklaue der Schultergliedmaße. Die Dicke des Horns im vorderen Drittel der Sohlenfläche sollte minimal 5-7 mm betragen. (Toussaint Raven, 1989).

### **Schritt 2 Anpassen der Innenklaue**

Die Innenklaue der Schultergliedmaße wird nun in Vorderwandlänge, Trachtenhöhe und Sohlendicke so weit wie möglich an die Außenklaue angepasst (Fiedler et al., 2004).

### **Schritt 3 Hohlkehlung**

Die anatomische Form der Vorderklauen lässt auch hier das Anlegen einer Hohlkehlung sinnvoll erscheinen (Nickel et al., 1992).

### **Schritt 4 und 5 Entlastung von Defekten und Entfernung losen Horns**

Es werden hier die gleichen Prinzipien wie an den Hinterklauen angewandt.

Gerwing (2003) kommt in seiner Untersuchung zu dem Ergebnis, dass durch die funktionelle Klauenpflege eine deutliche Lastumverteilung von der hinteren Außenklaue auf die Innenklaue erreicht wird. Vor der Klauenpflege tragen die hinteren Außenklauen im Mittel 67,8% der Gliedmaßenbelastung. Nach der Klauenpflege wird für einen Zeitraum von 6 Wochen ein Belastungsverhältnis von etwa 50% zu 50% hergestellt. Bei ganzjähriger Haltung von Milchkühen im Laufstall erscheint eine mindestens halbjährliche Durchführung der funktionellen Klauenpflege unumgänglich.

## **2.2 Einfluss der Haltung auf die Klauengesundheit**

Die Gesundheit, das Wohlbefinden und somit zwangsläufig auch die Leistung eines Rindes hängen direkt mit seiner Haltung und Fütterung zusammen. Diese beiden Faktoren sind durch den Menschen vorgegeben und daher in gewissem Maße beeinflussbar. Grundsätzlich muss davon ausgegangen werden, dass Rinder in den derzeitigen modernen Haltungsformen nicht artgerecht gehalten werden (Fiedler, 2004 a).

Lahmheiten aufgrund von Klauendefekten werden von verschiedenen Faktoren beeinflusst, wobei Haltungssysteme und Kalbungen den größten Einfluss haben. Jahreszeit, Fütterung, Klauenpflege und genetische Disposition sind jedoch ebenfalls signifikant (Clarkson et al., 1996).

Schlechte Haltungsbedingungen wie z.B. falsch bemessene Standplätze, nicht ausreichende Liegeplätze, Nässe sowie rutschige, zu raue, unebene oder verschmutzte Bodenflächen mit hohem Keimgehalt beeinträchtigen die Widerstandsfähigkeit der Klaue und der angrenzenden Haut in hohem Maße (Fiedler et al., 2004).

Klauenerkrankungen werden nicht nur mit der Fütterung, sondern auch mit der Gestaltung der Lauf- und Liegeflächen in Zusammenhang gebracht. Hoher

Laufflächenkomfort beeinflusst die Futteraufnahme und die Bewegungsaktivität der Tiere positiv (Steiner u. Van Caenegem, 2003).

Die Laufflächen haben neben der Fütterung, der Klauenpflege und der Genetik einen großen Einfluss auf die Klauengesundheit (Vokey et al., 2001).

Im Verlauf der Lahmheitsuntersuchungen von Beiersmann (2002) wurde deutlich, dass die jeweiligen Stallverhältnisse einschließlich der Treibgänge in Bezug auf Hygiene als auch auf technische Mängel oft deutlich verbesserungsbedürftig waren. Bei Vorschädigung der Klauen beispielsweise durch Klauenrehe können sich solche baulichen und hygienischen Defizite noch gravierender bemerkbar machen.

Durch Weidehaltung werden alle Klauenveränderungen mit Ausnahme des Vorkommens von Fremdkörpern reduziert, so dass eine uneingeschränkte Empfehlung für Weidegang ausgesprochen werden muss. Allerdings sollte auch bei Weidehaltung auf die optimale Beschaffenheit der Laufgänge geachtet werden, mangelhaft ausgeführte Laufgänge können nicht durch Weidegang kompensiert werden (Reusch, 1999).

Molz (1989) hat 2783 Tiere in 67 Boxenlaufställen auf haltungsbedingte Schäden am Carpus, Tarsus, Nacken, Widerrist, Schulter, Hüfthöcker, Sitzbeinhöcker, Euter und Klauen untersucht. Weidegang hatte auf die Schadenssituation einen starken positiven Einfluss. Insgesamt wurden bei Tieren mit ganzjähriger Stallhaltung mehr als doppelt so viele Klauenerkrankungen gefunden wie bei Tieren mit Weidegang. Betriebe mit ganzjähriger Stallhaltung hatten fast doppelt so viele jährliche Abgänge wegen Klauen- und Gliedmaßenkrankungen zu verzeichnen wie Betriebe mit Weidegang.

Murray et al. (1996) ermittelten, dass mechanisch bedingte Läsionen der Klaue sich unter Weidehaltung nachhaltig verbessern.

Die Art der Aufstallung sowie die Stallhygiene haben – über die Faktoren Boden Härte, Bodenoberfläche und Feuchtigkeit – einen großen Einfluss auf die Klauengesundheit (Clemente, 1995).

Im Laufstall ohne Einstreu auf Beton- oder Asphaltboden, übt der harte, oft nasse und rutschige Boden eine große Belastung auf die Klauen aus. Neben einer Rutschgefahr kann das Horn des Tragrandes durch stauende Nässe aufweichen

und sich daraufhin schnell abnutzen, so dass dann die ganze Sohlenfläche mit dem Boden Kontakt bekommt. Das Horn wuchert daraufhin und begünstigt die Entstehung von Quetschungen der Lederhaut mit nachfolgenden Sohlengeschwüren (Kümper, 2000 a).

Der in Laufställen verwendete Beton- oder Asphaltboden bewirkt ohne Einstreu einen starken Abrieb der Sohlenfläche (Fiedler et al., 2004).

Kühe sollten nur begrenzte Zeit auf Beton stehen und sollten auf rauen Böden nicht getrieben werden (Stokka et al., 1997).

Übermäßige Bewegung auf harten Betonoberflächen bzw. grobschotterigen Wegen kann zu Sohlenquetschungen und Lahmheiten führen (Bergsten, 1994).

Werden Liegeboxen aufgrund ihrer geringen Größe (Ward 1996) bzw. ihres schlechten Komforts nicht angenommen oder sind zu wenige vorhanden, haben die Tiere zu lange Stehphasen; dies führt zu Druckschäden an der Klaue und begünstigt das Entstehen von Sohlengeschwüren (Clarkson, 1996).

In 80 Milchviehbetrieben mit Liegeboxenlaufstall in Österreich wurden die Kühe auf Lahmheiten untersucht. Im Schnitt gingen auf den Betrieben mehr als ein Drittel der Tiere lahm (Mittelwert 36%, Minimum 0%, Maximum 77%). Als eindeutig wichtigster Einflussfaktor für das Auftreten von Lahmheiten wurde die Gestaltung der Liegebox identifiziert. Bei Stroheinstreu und Komfortmatratzen war der Anteil an lahmen Kühen geringer. Als zweit bedeutendster Einflussfaktor wurde die Ausführung des Bodens der Laufgänge ermittelt. Im Vergleich zu Betrieben mit planbefestigten bzw. zum Teil befestigten Boden gingen auf Betrieben mit Spaltenboden mehr Tiere lahm (Mülleder et al., 2004).

Sommers et al. (2003) untersuchten die Klauengesundheit von Milchkühen die in Tiefstreulaufställen, in Liegeboxenlaufställen mit Betonspaltenboden oder planbefestigten Betonboden gehalten wurde. Sie stellten fest, dass die Kühe aus den Tiefstreulaufställen weniger Klauenerkrankungen hatten als die Kühe die auf Betonboden gehalten wurden.

Whitaker et al. (2004) werteten die Daten von 434 Milchviehherden aus den Jahren 1998/1999 aus. Sie stellten fest, dass signifikant weniger Klauenerkrankungen im Sommer auftraten. Im Winter traten im Vergleich zu

Tiefstreulaufställen mehr Klauenerkrankungen bei Kühen auf, die in Liegeboxenlaufställen gehalten wurde.

In einer zweiten Untersuchung konnten Sommers et al. (2005) keinen Einfluss der Haltung auf Betonboden (plan und Spaltenboden) oder in Tiefstreulaufställen auf das Hornwachstum oder Hornabrieb feststellen. Sie stellen fest, dass die Unterschiede in der Klauengesundheit sich nicht auf das Klauen- oder Hornwachstum auswirken.

Schadhafter Bodenbelag im Stall und im Auslauf erhöht die mechanische Überlastung der Klauen (Smilie et al., 1996).

Klauenerkrankungen werden durch Fußbodenoberflächen verursacht, die zu glatt, zu rau, zu weich oder zu nass sind (Mac Daniel u. Wilk, 1991).

Nach einer Untersuchung in 37 Milchviehbetrieben kommen Faull et al. (1996) zu dem Ergebnis, dass in den Betrieben mit zu glattem Stallboden die Anzahl von Klauenerkrankungen signifikant höher ist.

Sowohl in der Anbinde- als auch in der Laufstallhaltung kommt den Bodenverhältnissen auf den Lauf- und Standflächen größte Bedeutung hinsichtlich der Entwicklung von Lahmheiten zu (Benz et al., 2002).

Ein übermäßiger Abrieb kann vor allem im Klauenspitzenbereich sehr schnell zum Freiliegen der Lederhaut und nachfolgend zu schwer wiegenden Problemen führen (Dirksen, 1997, Herrmann, 1997, Kofler, 1999, van Amstel u. Shearer, 2000).

Bei sehr rauen Böden muss im Rahmen der Klauenpflege darauf geachtet werden, die Sohlendicke an der Spitze entsprechend weniger stark zu beschneiden (van Amstel u. Shearer, 2000).

Ungenügender Hornabrieb durch zu glatte Stallböden dagegen führt zu übermäßigem Längenwachstum der Klaue, die Belastungsverhältnisse werden somit zum Ballen hin verschoben (Tousaint Raven, 1989).

Bei der Laufstallhaltung werden die Klauen stark abgenützt, besonders dann, wenn der Laufstall noch mit einem permanent zugänglichen Laufhof verbunden ist. Auf perforierten Böden entstehen Klauenschäden vor allem dann, wenn Klauen in Spalten abkippen und abgedreht werden. Solche Vorkommnisse werden sichtbar

als kleine Risse über die weiße Linie hinweg. Es kann auch eine lose Wand oder eine eitrig-hohle Wand entstehen (Friedli u. Lischer, 2000).

Bergsten und Herlin (1996) fanden vermehrtes Auftreten von klinischer Klauenrehe in Laufstallhaltung als in Anbindehaltung, was sie auf die Beschaffenheit des Bodens in der Lauf- und Fütterungszone zurückführen. Der Boden sollte weich, komfortabel und sauber sein. Im Fütterungsareal sollten separierte mit Gummimatten ausgelegte Abteilungen bestehen.

Klauensohlengeschwüre entstehen infolge von Quetschungen und Blutungen beim Laufen und Stehen auf harten Böden (Groth, 1985).

Stanek (1997) beschreibt eine enge Korrelation zwischen Haltungsproblemen und dem Prozentsatz der von Rehe betroffenen Herden. Er führt zudem damit verbunden den abrupten Wechsel von Weidehaltung auf Betonboden, unzureichende Liegeflächen, feuchte Bodenverhältnisse, forcierte Laufbewegungen durch soziale Konfrontationen, besonders der neu in der Herde verbrachten Färsen, und lange Distanzen auf hartem Untergrund an.

Der Unterschied zwischen planbefestigten und perforierten Laufflächen bezüglich Klauengesundheit wird oft überschätzt. Während auf perforierten Laufflächen signifikant mehr Sohlenquetschungen und Sohlengeschwüre zu beobachten sind, tritt in Laufställen mit planbefestigten Laufflächen die Ballenhornfäule gehäuft auf (Herrmann u. Wlcek, 1996).

Molz (1989) kommt in seiner Untersuchung zu dem Ergebnis, dass Klauenerkrankungen auf planbefestigten Laufflächen häufiger beobachtet wurden als auf Spaltenboden. Auf planbefestigtem Boden stieg die Anzahl der Klauenerkrankungen mit zunehmendem Alter der Bausubstanz signifikant an.

### **2.2.1 Einfluss von Stallböden mit Gummibelag auf die Klauengesundheit**

Während in der Anbindehaltung Gummimatten die häufigste Lösung darstellen, sind in der Laufstallhaltung zahlreiche, zumeist harte Bodenbeläge miteinander zu vergleichen. In letzter Zeit werden auch weichere, gummierte Böden auf ihre Eignung für den Laufstall untersucht; diese lassen einen günstigen Einfluss auf die Klauengesundheit und das Verhalten von Kühen erkennen (Benz et al., 2002; Bergsten u. Hultgren, 2002).

In einer Untersuchung haben Bergsten und Frank (1996) den Einfluss von Fütterung, Bodengestaltung und Jahreszeit auf Klauenerkrankungen bei Färsen im Anbindestall untersucht. Sie fanden, dass die Färsen auf Gummimatten weniger Schäden hatten als die Tiere auf Betonboden und dass der Boden einen größeren Einfluss auf die Klauengesundheit hat als die Art der Fütterung.

Von Irps (1988) wurden Untersuchungen mit gummierten Betonspaltenböden bei Mastbullen durchgeführt. Bei 100% gummierten Spaltenböden waren die Mastergebnisse besser, aber es wurde ungenügender Klauenabrieb ermittelt. Bei 50% gummierten Vollspalten wurde ein ausreichender Klauenabrieb festgestellt, aber das Abliegen war verzögert.

Auch Koberg et al. (1989) berichten, dass die Gummierung von Betonspaltenböden in der Bullenmast zu einer deutlichen Verbesserung des Wohlbefindens der Tiere und zu bessern Mastleistungen führen. Jedoch führt vollständige Gummierung der Betonbalken zu geringem Abrieb des Klauenhorns und somit zu deutlichen Klauenanomalien und Klauenschäden. Es sollte daher nur der teilweisen, das heißt der 50 prozentigen Ummantelung der Betonbalken der Vorzug gegeben werden.

Neue Untersuchungen in der Schweiz kommen bei Gummiauflagen für Mastbullen zu ähnlichen Ergebnissen. Der Klauenabrieb in Einflächenbuchten mit Gummioberfläche ist ungenügend. Es wird empfohlen die Haltungsdauer von Mastbullen in Einflächenbuchten mit Gummioberfläche auf ein Alter von 15 Monaten zu beschränken (Thio et al., 2005).

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

Durch das Aufbringen von Gummibelägen auf die Lauffläche wird den Beobachtungen Rechnung getragen, wie sich Kühe auf nachgiebigem Untergrund, z.B. auf der Weide, bewegen (Burgi, 1998).

Beobachtungen haben ergeben, dass Kühe das Laufen auf Gummiboden im Vergleich zu Beton bevorzugen. Deshalb kann als Alternative Gummiboden am Fressgitter oder als Laufband verlegt werden (Gooch, 2003).

Zur Schonung der Klauen kann die vorübergehende Auflage von z.B. Förderbändern oder Gummimatten auf häufig genutzten Laufstellen empfohlen

werden, die Tiere nehmen diese Möglichkeit sehr gut an (van Amstel u. Shearer, 2000).

Die Häufigkeit des „kaudalen Leckens“ ist auf hartem, glattem Untergrund aufgrund der Rutschgefahr reduziert (Herrmann 1997). Nach Aufbringen eines Gummibelages nahm die Frequenz dieses Verhaltens um das Doppelte zu (Benz et al., 2002).

Ein statistisch nachweisbarer Rückgang des Schweregrades von Wandläsionen nach dem Aufbringen der Gummimatten auf die Lauffläche bestätigte die Erwartungen, die an einen nachgiebigen Untergrund geknüpft wurden. Auch die Häufigkeit von Blutungen an der Sohle ging auf dem elastischen Laufuntergrund zurück. Bei den Untersuchungen durch Benz et al. (2002) konnte kein Unterschied im Hornwachstum zwischen nachgiebigem Gummiboden und hartem Untergrund festgestellt werden. Benz postuliert, bei der Planung eines Stalles solle die Frage aus der Sicht des Tieres bezüglich der Laufflächen nicht länger lauten „planbefestigt oder perforiert“, sondern „hart oder elastisch“.

Über alle Erkrankungen hinweg war die Klauengesundheit auf Spaltenboden mit Gummiauflage besser. Die verminderte mechanische Beanspruchung der Klauen auf elastischem Boden führte zu signifikant positiven Veränderungen bei den Klauenbefunden Blutung, Quetschung, Geschwür, unspezifische Läsion und doppelte Sohle. Nicht nur der Schweregrad sondern auch die Häufigkeit des Auftretens verringerte sich (Benz, 2002).

Wie schon in Kapitel 2.1.2 beschrieben ermittelte Samel (2005) in ihrer longitudinalen Studie an 69 Milchkühen die in zwei homogene Gruppen (Betonspaltenboden und Spaltenboden mit Gummiauflage) geteilt wurden signifikante Unterschiede in Wachstum, Abrieb und Zuwachs des Klauenhorns zwischen den Gruppen. Eine Verminderung der Prävalenzen sowie der Schweregrade von Klauenerkrankungen von auf Gummiboden gehaltenen Tieren im Vergleich zu auf nicht sanierungsbedürftigem Betonboden gehaltenen Tieren konnte nicht festgestellt werden. Samel folgert aus den Ergebnissen ihrer Arbeit auch, dass auf Gummiboden die Klauenpflegeintervalle verkürzt werden müssen, da der Klauenhornzuwachs zu einer Deformation des Hornschuhs und zu Belastungsveränderungen führt.

In ihrer Untersuchung in einem Milchviehbetrieb in Brandenburg kommen Guhl und Müller (Guhl u. Müller, 2006) zu dem Ergebnis, dass das Auftreten von abaxialen Defekten der Weißen Linie bei Tieren die auf Gummibelag laufen im Gegensatz zu planbefestigtem Betonboden signifikant gesenkt werden konnte. Die von Feuchte assoziierten Erregern bedingten Klauenläsionen Ballenhornfäule, Dermatitis interdigitalis und Dermatitis digitalis wiesen in der Tiergruppe, die auf Betonboden gehalten wurde eine größere Häufigkeit auf als in der Gruppe der Tiere die auf Gummiboden gehalten wurde. Der Unterschied bei Dermatitis digitalis war signifikant.

Kremer (2006) kommt in ihrer Untersuchung zu dem Ergebnis, dass sich die in zwei Gruppen (Gummiboden und Betonboden) aufgeteilten 49 Kühe in der Klauengesundheit unterscheiden. So lag die Inzidenz von Dermatitis digitalis und Ballenhornfäule in der Gummibodengruppe deutlich höher. Die Inzidenz von Limax war in beiden Gruppen gleich. Jedoch sind die Ergebnisse nicht als repräsentativ zu werten, da der Gummiboden zweimal täglich komplett mit Wasser benetzt wurde und es hier einen Zusammenhang mit dem Feuchtigkeitsgehalt des Bodens gibt. Durch den auf Gummiboden verminderten Hornabrieb kommt es zu einer progressiven Veränderung des Hornschuhs. Die Klaue wird länger, dadurch verändert sich der Ballenwinkel und es kommt zu einer Verschiebung der physiologischen Belastungsverhältnisse von der Spitze zum Ballen. Die Entwicklung verursacht ein gehäuftes Auftreten von Rusterholzchen Sohlengeschwüren und Druckstellen in diesem Bereich, bei einem Klauenpflegeintervall von 5 Monaten.

Bei der Verteilung der Erkrankungen auf die Klauen kommt Benz (2002) zu dem Ergebnis, dass die hinteren Außenklauen insgesamt betrachtet den schlechteren Klauenstatus haben, gefolgt von den vorderen Innenklauen. Der Befund „Wanddefekt“ beschreibt in der Untersuchung von Benz (2002) eine schräge Abnutzung der Wand bzw. des Tragrandes. Die Häufigkeit für diesen Befund verringert sich auf elastischem Spaltenboden deutlich. Insbesondere höhere Schweregrade treten nicht mehr auf. Nachdem die Kühe drei Monate auf dem Gummiboden liefen bildete sich an vielen Klauen ein überstehender Tragrand heraus. In der Untersuchung wurde auch der Nettozuwachs der Dorsalwandlänge zwischen den Klauenschnitten ermittelt, da die Dorsalwand jedes Mal einheitlich

auf exakt 7,5 cm gekürzt wurde. Die Dorsalwand war signifikant länger auf elastischem Boden als auf hartem.

Auch Kremer et al. (2004) berichten von einem signifikanten Einfluss von Gummiboden (auf Betonspaltenboden) auf die Entwicklung des Klauenhorns. Der Hornabrieb ist durch das Einsinken der Klaue in den weichen Boden reduziert, was zu einem stärkeren Wachstum der Dorsalwand führt. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass kürzere Klauenpflegeintervalle erforderlich sind.

Blowey (2005) berichtet, dass Kühe die auf Gummiboden laufen eine bessere Hornqualität aufweisen als Kühe die auf Beton laufen. Er stellt auch fest, dass es zu keinem wie vielleicht erwartet übermäßigem Hornwachstum kommt.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass auf weichem Boden netto nur wenige Millimeter mehr Klauenwachstum resultieren (Benz, 2003).

Benz und Wandel (2004) haben untersucht, ob es Unterschiede bezüglich der Klauengesundheit und des Tierverhaltens gibt, bei Kühen die in Laufställen mit Spaltenboden oder planbefestigten Laufgängen gehalten werden, die beide mit Gummiauflagen ausgestattet sind. Die Ergebnisse zeigen, dass es keine grundsätzlichen Unterschiede zwischen den zwei Laufgangformen gibt. Die ermittelten positiven Einflüsse auf die Klauengesundheit und das Tierverhalten sind vergleichbar.

Bei sechs DLG SignumTests (DLG Prüfberichte Nummer 5415, 5405, 5404, 5403, 5603, 5654) von Laufflächenauflagen aus Gummi die vom DLG Testzentrum für Technik und Betriebsmittel der Deutschen Landwirtschafts Gesellschaft e.V. durchgeführt wurden, konnten folgende Ergebnisse ermittelt werden:

- Nach Einbau der Laufflächenauflagen hat die Bewegungsaktivität der Kühe deutlich zugenommen. Der Bewegungsablauf ist zügig und entspannt. Mehr als zwei Drittel der beobachteten Tiere zeigten eine hohe Kopfhaltung. Die überwiegende hohe Kopfhaltung spricht ebenfalls für einen sicheren und entspannten Bewegungsablauf. Durch die erhöhte Bewegungsaktivität kam aber auch Ausrutschen vor, allerdings ohne sichtbare Beeinträchtigung des Tierverhaltens. Das Brunstverhalten war deutlich ausgeprägt. Sowohl die aufspringenden als auch die besprungenen Milchkühe standen sicher ohne auszurutschen auf dem Laufgangbelag.

- Vor dem Einbau der Laufflächenauflagen wurden in den Einsatzbetrieben, bezogen auf 100 Kühe, 237 bis 449 mechanisch-traumatische Befunde festgestellt. Nach dem Einbau der Laufflächenauflagen wurden nach neun Monaten noch 70 bis 218 mechanisch-traumatische Befunde festgestellt. Es ist ein positiver (DLG Prüfberichte Nummer 5415, 5603, 5654) bis deutlich positiver (DLG Prüfberichte Nummer 5405, 5404, 5403) Einfluss auf den Rückgang der mechanisch-traumatischen Befunde zu verzeichnen.
- Bei den Klauenbonitierungen wurden auch die infektiösen/sonstigen Befunde (Mortellaro, Fäule, Rehe, Limax) erfasst. Ein Einfluss der Laufflächenauflagen auf diese Befunde konnte nicht festgestellt werden.
- Vor dem Einbau der Laufflächenauflagen wurde in den sechs Betrieben bei 78 % bis 100 % der untersuchten Klauen eine runde Wand festgestellt. Nach neun Monaten auf den Laufflächenauflagen konnte bei 59 % bis 91 % der untersuchten Klauen ein überstehender Tragrand festgestellt werden.
- Bei der im Rahmen der DLG SignumTests durchgeführten Klauenpflege wurde die Dorsalwand (Vorderwand vom Kronsaum zur Klauenspitze) der Klauen auf eine Länge von ca. 7,5 cm gekürzt. Nach sechs Monaten auf den Laufflächenauflagen beträgt der mittlere Längenzuwachs der Klauendorsalwand zwischen 0,5 cm und 0,9 cm.

In einem Versuch haben Rushen et al. (2004) Betonboden mit einem Boden mit weichem Gummiboden, der eine strukturierte Oberfläche mit guter Rutschfestigkeit hatte, verglichen. Die Kühe liefen auf dem Gummiboden 8% schneller und rutschten weniger. 70% der Kühe rutschten mindestens einmal beim laufen auf Beton, aber nur 20% rutschten beim Laufen auf Gummi. Dieses Ergebnis konnte auf sowohl trockenem und verschmutztem Boden ermittelt werden.

Vanegas et al. (2006) haben die Klauen von Kühen die auf Beton- und Gummilaufflächen gehalten wurden untersucht. Der Anteil von Lahmheiten und Klauenerkrankungen war bei den Kühen die auf Betonboden gehalten wurden höher als bei den Kühen auf Gummiboden. Die Klauen der Kühe die auf Gummiboden gehalten wurden hatten ein vermindertes Klauenwachstum und geringeren Abrieb. Aufgrund der Ergebnisse kommen sie zu dem Schluss, dass eine weiche Bodenoberfläche gut für die Klauengesundheit ist.

Weiche Böden vor dem Fressgitter können die Zeit, die die Tiere am Fressgitter stehen und die Futteraufnahme erhöhen (Rushen et al., 2004). Es wird empfohlen weiche Böden, mit einer guten Rutschfestigkeit, am Fressgitter zu verlegen um den Komfort zu verbessern und die Zeit die die Tiere im Stall stehen zu verringern.

Fregonesi et al. (2004) verlegten vor dem Fressgitter einen harten Gummibelag der für Förderbänder verwendet wird. Hier konnte festgestellt werden, dass die Zeit die die Tiere am Fressgitter stehen nur geringfügig höher war als bei Betonboden. Die Futteraufnahme war unverändert. Auch von Keyserling und DeVries (2004) berichten von diesem Versuch und seinem Ergebnis ergänzen aber, dass Gummiböden langfristige Verbesserung für Klauengesundheit und Lahmheiten bringen kann.

In einem Versuch mit zwei verschiedenen Laufgangoberflächen (gefräster Betonboden und 1,9 cm dicke Gummimatten) und drei verschiedenen Liegeboxbelägen (Sand, Beton und Gummimatte) konnten Vokey et al. (2001) feststellen, dass die Klauengesundheit der Kühe in Laufställen mit Gummibelag in den Gängen kombiniert mit Sand-Liegeboxen besser war im Vergleich zu Kühen in Laufställen mit Beton-Laufgängen und Beton- oder Gummimatten Liegeboxen. Es wird besonders auf die Interaktion zwischen Liegebox und Laufgang hingewiesen.

Mechanisch-traumatische Schäden gingen bei detaillierter Auswertung der Befunde in 5 Testbetrieben nach 6 Monaten auf weichen Belägen um 80 % zurück (Benz, 2003).

Auf weichen Laufflächen kann das Rind sein normales Lauf- und Komfortverhalten unbeeinträchtigt von der Gefahr des Ausgleitens ausüben. Klauenerkrankungen treten seltener und weniger gravierend auf. Möglicherweise führt dies zu einer allgemein besseren Körperkondition mit weniger stressbedingten Erkrankungen (Benz et al., 2001).

Gummimatten haben bewiesen, dass sie ein haltbares Material sind, das das Risiko von Lahmheiten reduzieren kann. Der Einsatz von Gummimatten auf Betonboden scheint eine Methode zu sein um Klauenerkrankungen zu reduzieren. Das Verlegen von Gummimatten im Laufgang ist eine gute Prävention, aber kann die Hygiene beeinflussen (Bergsten, 2004).

### 2.2.2 Klauenerkrankungen

Die Benennung von Klauenkrankheiten verlief lange Zeit sehr uneinheitlich. Viele volkstümliche Begriffe flossen in die Diskussionen ein. Die lateinische Nomenklatur der Klauenkrankheiten ist sehr exakt, doch kann auch sie nicht alle Unklarheiten ausschließen (Nuss u. Steiner, 2004).

Deshalb folgt die Benennung der Klauenkrankheiten in dieser Arbeit dem neuen bundeseinheitlichen Diagnoseschlüssel.

Ein einheitlicher Diagnoseschlüssel der einzelnen Klauenbefunde soll Landwirten, Klauenpflegern, Tierärzten und allen weiteren mit der Rinderhaltung vertrauten Personen einen Leitfaden an die Hand geben. Die Nomenklatur (Bezeichnung der Leiden) folgt weitgehend den internationalen Bezeichnungen nach Espinase (Espinase et al., 1984) und soll in Zukunft auch eine elektronische Datenerfassung ermöglichen (Fiedler, 2004-b).

**Tabelle 1: Diagnoseschlüssel (Fiedler, 2004-b):**

<b>1 RE</b> Klauenrehe (Laminitis)	<b>5.2 SK</b> Schwellung des Kronsaums
<b>1.1 WLD</b> Weiße-Linie-Defekt (Zusammenhangstrennung)	<b>6 SG</b> Sohlengeschwür
<b>1.2 WL</b> Wandläsion	<b>6.1 STG</b> Steingalle (Druckstelle)
<b>1.3 DS</b> Doppelte Sohle	<b>6.2 RSG</b> Rusterholzsches Sohlengeschwür
<b>2 BF</b> Ballenhornfäule	<b>6.3 SSG</b> Spitzensohlengeschwür
<b>3 DID</b> Klauenfäule (Dermatitis interdigitalis)	<b>6.4 KSG</b> Klauensohlengeschwür
<b>4 DD</b> Mortellarosche Krankheit (Dermatitis digitalis)	<b>7 LI</b> Limax (Tylom)
<b>5 PH</b> Phlegmone (Schwellung des Fußes)	<b>8 HS</b> Hornspalt (Wandriss)
<b>5.1 ZP</b> Zwischenzehenphlegmone (Panaritium)	<b>9 B/S</b> Besonderheiten/sonstiges

Die Definition, das Vorkommen sowie Ursache und Entstehung der im Diagnoseschlüssel aufgeführten Klauenerkrankungen werden nachfolgend beschreiben.

## **Klauenrehe (Pododermatitis aseptica diffusa, Laminitis), (Diagnoseschlüssel 1 / RE)**

### Definition und Vorkommen

Der Ausdruck Klauenrehe bezeichnet die diffuse, aseptische Entzündung der Lederhaut der Klauen aller Gliedmaßen. Ursächlich geht meist eine systemische Erkrankung, wie eine Pansenacidose oder eine Endometritis, voraus, die funktionelle und morphologische Veränderungen an der Klauenkapsel hervorruft. Die Reheerkrankung bewirkt eine Schädigung des Aufhängeapparates des Klauenbeins. Je nach Ausprägung der Veränderungen werden subklinische, subakute und akute Verlaufsformen unterschieden. Alle genannten Reheformen können in die chronische oder chronisch-rezidivierende Klauenrehe münden und als solche weiter bestehen (Nuss u. Steiner, 2004).

Bei der akuten Klauenrehe ist das Allgemeinbefinden gestört, verminderte Fresslust, starker Milchrückgang, auffälliges Hin- und Hertrippeln werden festgestellt. Die Palpation der Klauen ist schmerzhaft, jedoch sind keine äußerlichen Läsionen an den Klauen erkennbar (Lischer et al., 1994).

Der Begriff der subakuten Klauenrehe beschreibt milde Formen. Die Symptome der akuten Klauenrehe können in deutlich abgeschwächter Form festgestellt werden. Etwa zwei Monate nach den ersten Entzündungserscheinungen an der Klauenlederhaut findet man weiches, gelbliches Horn schlechter Qualität sowie blutige Verfärbungen des Horns entlang der weißen Linie und an der Sohle (Lischer u. Ossent, 1994).

Die subklinische Klauenrehe beschreibt Zustände bei denen die Mikrozirkulation in den Gefäßen der Klauenlederhaut gestört ist. Zu diesem Zeitpunkt sind jedoch keine klinischen Symptome erkennbar. Zwei Monate nach den ersten subklinischen Reheschüben kann man an der Sohle weiches, gelbes Horn von schlechter Qualität und blutig verfärbte Stellen erkennen (Lischer et al., 1994).

Von chronischer Klauenrehe spricht man, wenn die Entzündung der Lederhaut länger als sechs Wochen andauert. Bei Kühen mit chronischer Klauenrehe können sich akute und subakute Schübe wiederholen (chronisch-rezidivierende Klauenrehe) (Kofler, 2001).

Alle genannten Formen der Klauenrehe können infolge der Durchblutungsstörungen der Lederhaut und der Produktion minderwertigen Horns zu Folgekrankheiten an der Klaue führen. Häufige Folgeerkrankungen und Komplikationen bei Klauenrehe sind Sohlengeschwüre, Klauenspitzengeschwüre, Infektionen der weißen Linie und Doppelsohlenbildung (mit ihren jeweiligen Komplikationen). Diese entwickeln sich begünstigt durch äußere Einwirkungen an den verfärbten Stellen am Sohlenhorn (Lischer u. Ossent, 1994).

Grundsätzlich liegt eine Allgemeinerkrankung vor, die mit Störungen der Mikrozirkulation (Durchblutung) in den Klauenlederhautkapillaren und mit Veränderungen am Aufhängeapparat des Klauenbeins einhergeht (Kofler, 2001).

#### Ursache und Entstehung

Trotz zahlreicher experimenteller und klinischer Studien gelang es bisher nicht, die Ursachen und den Pathomechanismus der Klauenrehe genau nachzuvollziehen oder nachzuweisen (Nuss u. Steiner, 2004).

Faktoren die das Entstehen der Klauenrehe begünstigen sind vielfältig. Risikofaktoren fanden sich in systemischen Erkrankungen, im Bereich der Fütterung, im Management, in der Jahreszeit, im Alter, im Körperwachstum, in der Gliedmaßenstellung, dem Verhalten der Tiere und dem Abkalbezeitraum (Vermunt, 2000).

Wichtige ätiologische Faktoren im Bereich Aufstallung und Management sind dabei die Ausstattungsform, vor allem die Art und Qualität der Bodenoberfläche, Hygiene, Größe und Beschaffenheit der Liege- und Verkehrsflächen, Einstreu und Bewegungsmöglichkeit, Stallhaltung bzw. Weidehaltung (Bergsten, 1994, Bergsten u. Frank, 1996, Faull et al., 1996, Hoblet et al., 2000, Vermunt u. Greenough, 1996, Reszler 2006).

Die Ursachen der Klauenrehe sind nicht in allen Einzelheiten erforscht. Man weiß aber, dass gewisse Tiere besonders häufig betroffen sind. Meistens sind es Hochleistungstiere, die wegen Pansenübersäuerung, Nachgeburtverhalten, Gebärmutterentzündungen, Euterentzündungen und Aceton behandelt werden müssen (Lischer, 2000 b).

Die Fütterung spielt eine entscheidende Rolle. Viel Kraftfutter mit einem geringen Rohfasergehalt, Silage, plötzliche Futterumstellungen um die Geburt,

proteinreiche Fütterung und Energiemangel sind die häufigsten Ursachen. Als weitere begünstigende Faktoren werden harte und glitschige Stallböden, mangelhafte Klauenpflege, Stress und erbliche Komponenten aufgeführt (Lischer, 2000 b, Sekul 2008).

Mangelnde Bewegung aber auch zu hohe Belastung (Belastungsreihe) wird auch als Ursache für Reheerkrankungen genannt.

Übermäßiges Gehen und Stehen der Kühe auf hartem Untergrund führt zu einer „Belastungsreihe“ (Nuss und Steiner 2004). Auch Reszler (Reszler, 2006) stellt fest, dass übermäßige Bewegung oder langes Stehen auf harten Oberflächen zu Sohlenlederhautquetschungen und damit zur Belastungsreihe führen.

Die derzeit praktizierte Haltung von Kühen auf engen Raum mit hartem Bodenbelag schränkt die Bewegungsfreiheit der Rinder stark ein (Weaver, 1988). Diese Bewegungseinschränkung führt zu einer mangelnden und unphysiologischen Belastung der Klauen und zu einer Mangeldurchblutung der Lederhaut. Letztere wiederum macht die Klaue anfällig für Erkrankungen (Greenough, 1990).

Aber auch ein Übermaß an Bewegung auf hartem Bodenbelag (Alpauftrieb) kann per se eine Klauenreihe auslösen (Dewse, 1979).

Viele Klauenerkrankungen wie Sohlengeschwüre, Klauenspitzengeschwüre, eitrige lose Wand und Ballenfäule sind vor allem als Folge einer Klauenreihe anzusehen (Vermunt u. Greenough, 1994 b).

Auch Peterse (1986) stellt fest, dass eine Erkrankung wie die Klauenreihe unterschiedliche Symptome und Folgeerkrankungen wie Steingallen, Sohlengeschwüre, doppelte Sohlen und lose Wände hervorrufen kann.

### **Weißer Linien Defekt (Diagnoseschlüssel 1.1 / WLD)**

#### Definition und Vorkommen

Zusammenhangstrennungen entlang der weißen Linie, vor allem im hinteren äußeren Drittel der Klaue, die sich in dunkel gefärbten Rissen, Einblutungen und ausbrechenden Klauenrändern darstellt (Fiedler, 2004 b).

### Ursache und Entstehung

Eine Rehebedingte Klauenbeinsenkung/-rotation verursacht eine Verbreiterung der weißen Linie (Fiedler, 2004 b).

Die „Weiße Linie“ verbindet das harte Horn der Klauenplatte mit dem deutlich weicheren Horn der Sohle. Sie ist aufgrund ihres Aufbaues aus sehr weichem Horn ein besonderer Schwachpunkt (Budras et al., 1996, Mülling et al., 1994). In Art einer Scharnierbewegung wird die Weiße Linie bei jeder Belastung der Klaue belastet, entstehende Mikrorisse weiten sich rasch aus. Erreichen sie die Lederhaut, kommt es zu einer Infektion und Entzündung. Diese so genannten Zusammenhangstrennungen der Weißen Linie werden durch harte Böden mit Unregelmäßigkeiten oder beschädigte Spaltenböden begünstigt.

### **Wandläsion (*Pododermatitis septica circumscripta abaxialis*, White Line Disease) (Diagnoseschlüssel 1.2 / WL)**

#### Definition und Vorkommen

Die Erkrankung geht von der Weißen Linie der abaxialen Klauenwand aus und manifestiert sich in einer lokalisierten Lederhautentzündung. Sie ist als das häufigste „Geschwür“ der Laufstallhaltung anzusehen. Die einfachsten Formen betreffen die Lederhaut zunächst nicht. Bei der eitrig-hohlen Wand ist diese jedoch infiziert und es besteht eine partielle Loslösung der Klauenwand mit Sekretion (Nuss u. Steiner, 2004).

#### Ursache und Entstehung

Im Rahmen der rehebedingten Defekte entlang der weißen Linie dringen Schmutz und Bakterien in das Wandhorn ein. Die Infektion der Lederhaut breitet sich meist nach oben bis zum Kronsaum, zum Teil auch unter der Sohle aus, das Wandhorn hat keine Verbindung mehr zur Lederhaut (Nuss u. Steiner, 2004, Collick et al. 1997).

### **Doppelte Sohle (Diagnoseschlüssel 1.3 / DS)**

#### Definition und Vorkommen

Hohlraum durch Zusammenhangstrennung zwischen rehebedingt geschädigter Lederhaut an der Sohlenfläche und abgeschobenem Horn (Ossent et al. 1997).

### Ursache und Entstehung

Nach großflächigen Quetschungen der Sohlenlederhaut bei Klauenrehe oder durch zu starke Erwärmung der Sohlenlederhaut bei maschineller Klauenpflege kann sich das Sohlenhorn von der Lederhaut ablösen. In der Regel erholt sich die hornbildende Schicht wieder und darunter wird neues Horn gebildet. Zwischen der alten und neuen Hornschicht bleibt aber ein Spalt, wo Kot und Schmutz eindringen (Lischer, 2000 b).

Rehebedingte gestörte Versorgung der hornbildenden Oberhaut kann bis zum Erliegen der Hornproduktion führen (Fiedler, 2004 b).

### **Ballenhornfäule (Erosio unguulae, Ballenhornerosionen)**

#### **(Diagnoseschlüssel 2 / BF)**

#### Definition und Vorkommen

Bei der Erosio unguulae handelt es sich um eine Zersetzung des Ballenhorns ohne Affektion der angrenzenden behaarten Haut oder der darunter liegenden Lederhaut. Die Erosio unguulae ist per se nicht lahmheitsverursachend. Der Zellverband des weichen Ballenhorns ist gelockert, die Hornschichten werden aufgelöst. Fortschreitend treten mehr oder weniger tiefe, unregelmäßig große Zersetzungsbezirke und Furchen auf, letztere sind zwischen dem weichen Ballenhorn und der Sohle gelegen Sekretion (Nuss u. Steiner, 2004).

Als Sekundärerkrankung der Klauenrehe zugeordnet (Fiedler, 2004 b).

#### Ursache und Entstehung

Durch rehebedingte verminderte Hornqualität größere Anfälligkeit gegenüber chemischen Zersetzungs Vorgängen mit Lockerung des Zellverbandes. Umweltkeime zersetzen im feuchten, schmutzigen Milieu (Gülle) das Ballenhorn (Collick, 1997).

In der Ätiologie spielen feuchte Haltungsbedingungen, chemische Zersetzungs Vorgänge durch Kot und Urin sowie Bakterien die wesentliche Rolle (Nuss u. Steiner, 2004).

### **Klauenfäule (Dermatitis interdigitalis) (Diagnoseschlüssel 3 / DID)**

#### Definition und Vorkommen

Als Dermatitis interdigitalis wird die Entzündung der Haut im Interdigitalspalt bezeichnet (Nuss u. Steiner, 2004).

#### Ursache und Entstehung

Chronische Reizung und Entzündung durch feuchte, kotverschmutzte Laufwege und einer ungenügenden Abtrocknung während verkürzter Liegezeiten (unbequeme Liegeboxen). Auf trockenen Untergründen können oft kleine Verletzungen eine Eintrittspforte sein (Bergsten C. 1997).

Oberfläche der Zwischenklauenhaut wird aufgeweicht, proteolytische (eiweißzersetzende) Enzyme der Bakterien zersetzen die Oberhaut. Veränderungen können rasch fortschreiten und in die Tiefe eindringen. (Nuss u. Steiner, 2004).

### **Mortellarosche Krankheit (Dermatitis digitalis) (Diagnoseschlüssel 4 / DD)**

#### Definition und Vorkommen

Als Dermatitis digitalis bezeichnet man eine umschriebene Entzündung der Ballenhaut unmittelbar proximal des Kronsaums, die verschiedene Stadien durchlaufen kann. Es handelt sich im typischen Fall um einen erosive oder proliferate, meist 1-5 cm große, rundliche Entzündung mit teilweisem Verlust der Haut und Nekrose der Epidermis (Nuss u. Steiner, 2004).

#### Ursache und Entstehung

Ursache und Entstehung sind nicht abschließend geklärt (Fiedler, 2004 b).

Aufgrund der infektiösen Komponente geht man davon aus, dass eine durch Urin und Kot vorgeschädigte Haut von den beteiligten Keimen kolonisiert wird (Read u. Walker, 1998).

Die Ursache dieser Hauterkrankung ist weitgehend unbekannt. Vermutet wird, dass eine bestimmte Bakterienart diese Veränderung hervorruft (Lischer, 2000 b).

**Phlegmone (Diagnoseschlüssel 5 / PH)****Zwischenzehenphlegmone (Phlegmone interdigitalis Zwischenklauennekrose)  
(Diagnoseschlüssel 5.1 / ZP)**

## Definition und Vorkommen

Die diffuse, eitrige Entzündung der Unterhaut geht an der Rinderzehe üblicherweise vom Zwischenklauenbereich aus, daher die international gebräuchliche Bezeichnung Phlegmona interdigitalis. Die bakteriell verursachte Entzündung des interstitiellen Bindegewebes ruft lokale Entzündungszeichen an der Zehe (Schwellung, Rötung, Ödem) und allgemeine Krankheitssymptome (Lahmheit, Schmerzen, reduziertes Allgemeinbefinden und Fieber) hervor (Nuss u. Steiner, 2004).

Akute Erkrankung der Unterhaut, ausgehend von einer Läsion im Zwischenklauenspalt. Zunächst entsteht ein Ödem, das dann rasch in eine flächenhaft fortschreitende, eitrige Entzündung mündet, der eigentlichen Phlegmone. Die Zwischenklauenhaut stirbt ab (Nekrose). Wird auch als Panaritium bezeichnet (Berg u. Craig 2000).

## Ursache und Entstehung

Lokale Infektion der vorgeschädigten (Gülle) oder verletzten Haut mit *Dichelobacter nodosus*/*Fusobacterium necrophorum*, anschließend Eindringen von Umweltkeimen (Nuss u. Steiner 2004, Bergsten 1997, Berg u. Craig 2000).

Kleine Verletzungen oder vorgeschädigte Haut (Klauenfäule, angegriffene Haut durch Feuchtigkeit, Gülle) als Eintrittspforten (Fiedler, 2004 b).

**Schwellung des Kronsaums (Diagnoseschlüssel 5.2 / SK)**

Im Falle einer „Kronsaumschwellung“ ist an komplizierte Sohlenspitzen- und Wandgeschwüre im Zusammenhang mit Rehe/White Line Disease zu denken (Fiedler, 2004 b)

## **Klauensohlengeschwüre (*Pododermatitis solearis circumscripta*)**

### **(Diagnoseschlüssel 6 / SG)**

Steingalle (Diagnoseschlüssel 6.1 / STG)

Typisches Sohlengeschwür (*Pododermatitis solearis circumscripta* in typischer Lokalisation, Rusterholzsches Sohlengeschwür) (Diagnoseschlüssel 6.2 / RSG)

#### Definition und Vorkommen

Umschriebene Entzündung der Lederhaut am Übergang zwischen Sohlenfläche und Ballen (Rusterholz 1920) (im Bereich der Kehlung), verbunden mit Untergang der hornbildenden Oberhaut (Müller 2003). Zunächst nur Blutbestandteile im abgeschobenen Horn (Steingalle, 6.1 / STG) als Ausdruck einer Entzündung, später stoppt die Hornproduktion, entzündetet, narbige veränderte Lederhaut erscheint erhaben (Fiedler, 2004 b).

Es handelt sich um einen meist im Bereich der Hohlkehlung, in der Regel unter dem medialen Anteil des Tuberculum flexorum des Klauenbeins gelegenen rundlichen Defekt im Horn mit freiliegender, granulierender und infizierter Lederhaut (Rusterholz, 1920).

#### Ursache und Entstehung

Bei übermäßiger Belastung des stoßbrechenden Ballenpolsters durch Fehlstellung und spitzwinklige Klauenform (fehlerhafte Klauenpflege), insbesondere verbunden mit verstärktem Druck bei rehebender Klauenbeinsenkung (Nuss u. Steiner 2004), kommt es zu einer Ischämie (Minderdurchblutung der Lederhaut unterhalb des Beugeknochens am Klauenbein) (Fiedler, 2004 b).

Blutbestandteile treten aus, minderwertiges Horn wird abgeschoben (Steingalle 6.1 / STG). Bei unvollständiger Erholung des Gefäßsystems, fortwährende Fehlbelastung, kommt es zu dauerhaften Gefäßverschlüssen mit Bildung von Granulationsgewebe (Nuss u. Steiner 2004), dem klassischen "Lederhautvorfall" (6.2 / RSG).

### **Sohlenspitzengeschwür (Pododermatitis septica traumatica, Infektion der Lederhaut an der Klauenspitze) (Diagnoseschlüssel 6.3 / SSG)**

#### Definition und Vorkommen

Die Erkrankung zeichnet sich durch eine rasch aufsteigende Infektion der Lederhaut und des Klauenbeins nach einer Verletzung der Klauenspitze aus (Nuss u. Steiner, 2004).

#### Ursache und Entstehung

Bei stark abgeriebenen Klauensohlen (zu raue Laufflächen, lange Wege), nach unsachgemäßer Klauenpflege und nach weiteren Verletzungen im Sohlenspitzenbereich (Nuss u. Steiner 2004).

### **Klauensohlengeschwür in untypischer Lokalisation (Untypische Pododermatitis circumscripta septica) (Diagnoseschlüssel 6.4 / KSG)**

#### Definition und Vorkommen

Klauensohlengeschwüre im gesamten Sohlenbereich als umschriebene Entzündung der Lederhaut. Das Gewebe reagiert mit Zubildung von Granulationsgewebe, vergleichbar dem RSG (Fiedler, 2004 b).

#### Ursache und Entstehung

Nicht wie das RSG durch Fehlbelastungen sondern durch akute Traumata (Steine, eingetretene Fremdkörper) (echte „Steingallen“) Lokale Nekrose der Oberhaut nach kurzzeitiger Lederhautquetschung (Collick et al. 1997).

### **Zwischenklauenwulst (Hyperplasia interdigitalis, Limax, Tylom) (Diagnoseschlüssel 7 / LI)**

#### Definition und Vorkommen

Subakute bis chronische Entzündung der Haut und/oder Unterhaut des Zwischenklauenbereichs mit reaktiver Gewebszubildung (Collick et al. 1997). Hieraus entwickelt sich eine Hautschwiele, die aus Oberhaut (Epidermis), Lederhaut und lockerem Bindegewebe besteht (Fiedler, 2004 b).

## Ursache und Entstehung

Folge von Fehlstellungen an der Klaue, die vorwiegend an den Hintergliedmaßen vorkommt. Haut im Zwischenzehenbereich wird übermäßig gedehnt und reagiert mit Verdickung (Fiedler 2004 b). Dauerhafte mechanische (Kot), chemische (Gülle) oder bakterielle (Klauenfäule) Reizungen sind auch als Ursache möglich (Collick et al. 1997).

## **Hornspalt (Fissura unguulae verticalis/longitudinalis, Sandcrack) und Hornkluft (Fissura unguulae horizontalis/transversalis) (Diagnoseschlüssel 8 / HS)**

### Definition und Vorkommen

Zusammenhangstrennung der Hornwand parallel zur Dorsalwand (longitudinalis/vertikal bezeichnet) oder parallel zum Kronsaum (transversalis/horizontal) (Espinase et al. 1984).

### Ursache und Entstehung

Als ursächlich kann ein Defekt im Kronsaum mit nachfolgender Hornbildungsstörung im entsprechenden Bereich des Wandhorns angesehen werden. Prädisponierend wirken sich ungünstige Futterverhältnisse aus, die zur Bildung ungenügend harten Horns führen. Sie kommen vor allem bei Tieren vor, die ganzjährig im Freien gehalten werden (Nuss u. Steiner 2004). Extreme klimatische Bedingungen scheinen das Vorkommen zu begünstigen (Petrie et al., 1998)

## **Besonderheiten / Sonstiges (Diagnoseschlüssel 9 / B/S)**

Einige Beispiele (nach Fiedler, 2004 b):

- Deformationen des Hornschuhs
- Gelenksentzündungen
- Verletzungen (z.B. Gabelstich)
- Frakturen
- Bockklaue/Bärentatzigkeit
- Missbildungen

### 2.2.3 Auftreten und Häufigkeit von Klauenerkrankungen

Zum Auftreten und der Häufigkeit der verschiedenen Klauenerkrankungen gibt es in der Literatur unterschiedliche Angaben.

Bei einer Untersuchung in 34 Herden mit ganzjähriger Stallhaltung und insgesamt 2121 Tieren wurden, wie in Tabelle 2 dargestellt, durch Smits et al. (1992) folgende Befundhäufigkeiten festgestellt, wobei Mehrfachnennungen möglich waren.

**Tabelle 2: Befundhäufigkeiten bei 2121 Milchkühen aus ganzjähriger Stallhaltung**

Befund	Häufigkeit in %
Dermatitis interdigitalis	83,1
Dermatitis Digitalis (Mortellaro)	17,6
Phlegmona interdigitalis (Panaritium)	0,4
Pododermatitis aseptica diffusa	74,7
Rusterholzsches Sohlengeschwür	5,5
Geschwür im Bereich der weißen Linie	4,5
Lose Wand	7,6
Doppelte Sohle	4,9

Ein hoher Anteil der Läsionen war im subklinischen Bereich, nur 1,6% der Kühe war klinisch lahm, aber 96% der Kühe hatten mindestens eine Läsion.

Bei der über einen Zeitraum von sieben Jahren in einer Milchviehanlage mit 1600 Kühen der ehemaligen DDR durchgeführten Untersuchung von Berger (1988) wurden insgesamt 2083 Erkrankungen festgestellt, die sich wie folgt verteilen (Tabelle 3):

**Tabelle 3: Klauenerkrankungen in einer Milchviehanlage mit 1600 Milchkühen über einen Zeitraum von sieben Jahren**

Befund	N	% Klauen vorn	% Klauen hinten
Pododermatitis purulenta superficalis diffusa	678	58,4	41,6
Pododermatitis purulenta superficalis weiße Linie	114	41,2	58,8
Pododermatitis purulenta superficalis circumscripta	95	55,8	44,2
Pododermatitis purulenta profunda und Pododermatitis necroticans	74	41,9	58,1
Pododermatitis purulenta apicalis (Sohlenspitzenabszeß)	56	33,9	66,1
Pododermatitis purulenta parietalis (eitrige hohle Wand)	354	13,6	86,4
Sohlengeschwür nach Rusterholz	545	77,9	22,1
Klauenspitzenfraktur	24		
Zwischenklauenpanaritium und Limax	116	16,4	83,6
Dermatitis digitalis (Mortellaro)	27		

Herrmann (1996) stellt fest, dass der Befund Ballenhornfäule, der an 93 % der Klauen diagnostiziert wurde, eine herausragende Bedeutung einnimmt. Tragrandabnutzung (40,4 %), Lose Wand (34,7 %) und Sohlenquetschung (30,5 %) spielen ebenfalls eine nennenswerte Rolle. Blowey et al. (2004) geben für die vier häufigsten Erkrankungen, die zu einer Lahmheit führen, folgende Häufigkeiten, bezogen auf 100 Tiere pro Jahr, an:

- Sohlengeschwür: 16%
- Weiße Linie Defekt: 15%
- Fäule: 7%
- Dermatitis digitalis: 15%

Cook (2002) gibt die Häufigkeit der Klauenkrankheiten die zu 1395 Lahmheiten in 11 untersuchten Milchviehherden in Wisconsin wie folgt an (Tabelle 4):

**Tabelle 4: Häufigkeiten von 1395 Lahmheitsursachen in 11 Wisconsin Milchviehherden**

Befund	Häufigkeit %
Fäule	2,0
Mortellaro	52,6
Druckstelle	1,2
Ballenfäule	2,1
Rehe	8,4
Weißer Linie Defekt	11,8
Sohlengeschwür	21,1
Spitzengeschwür	0,8

Wangler (2004) berichtet, dass bei 290 untersuchten Milchkühen die Häufigkeit von Sohlengeschwüren, Druckstellen, Doppelsohlen und anderen Erkrankungen mit 0,1 bis 5% eher gering war. Jedoch war bei 21% der untersuchten Kühe Dermatitis digitalis festzustellen.

Huber (2002) kommt bei seiner in Österreich durchgeführten Untersuchung in fünf Laufstallbetrieben zu folgender Verteilung der Befunde (Tabelle 5):

**Tabelle 5: Häufigkeit von Klauenbefunden in fünf Laufstallbetrieben in Österreich**

Befund	Häufigkeit %
Doppelte Sohle	15,3
Sohlengeschwüre	6,4
Weißer Linie Defekt	0-4,2
Limax	3,6
Dermatitis digitalis	20
Ballenfäule	30,4

Schlimm (1999) stellt in seiner Untersuchung folgende Verteilung der Befunde fest:

- Klauenlederhautentzündungen 10,5% und 0,5% Rusterholzsche Sohlengeschwüre bei 7464 untersuchten Klauen
- Von 995 untersuchten Kühen finden sich bei 27,7% an einer oder mehreren Klauen Doppelte Sohlen
- Von 1091 untersuchten Kühen wurde bei 61% Ballenhornfäule festgestellt. Die hinteren Klauen sind deutlich häufiger und schwerer betroffen als die Vorderklauen

Loof-Siercks (2004) findet in acht untersuchten Milchviehbetrieben ein durchschnittliches Lahmheitsvorkommen von 36,5%. Wobei als Ursache Klauensohlengeschwüre mit 46,9% den größten Anteil haben. Der Anteil der Rehe lag nur bei 12,2% und Abszesse (Pododermatitis circumscripta) kamen als zweithäufigste Lahmheitsursache mit 26,5% vor.

In der Schweiz wurden von Bielefeldt (2004) die Klauen von Kühen in 42 Liegeboxenlaufställen untersucht. Er fand ein durchschnittliches Lahmheitsvorkommen von 7,7%. Sohlegeschwüre hatten mit 14,3% den höchsten Anteil an den Ursachen. Weiße Linie Defekt kam mit 9,4% vor, Heel erosion mit 5,0% und Interdigital disorder mit 2,7% vor.

Stokka et al. (1997) geben an, dass für die festgestellten Lahmheiten mit etwa 63% Sohlengeschwüre und Weiße Linie Defekte verantwortlich waren. Dermatitis digitalis war zu 20% die Ursache und foot rot (Ballenfäule) zu 17%.

Wiedenhöft (2005) hat die Klauen von 839 Milchkühen untersucht. Die häufigsten Befunde an den Klauen waren Veränderungen durch subklinische Klauenrehe, 78,9 % der Tiere bei der ersten Klauenpflege und 66,5 % der Tiere bei der zweiten Klauenpflege, nach einem halben Jahr. Bei Ballenhornerosion lag die Erkrankungsrate bei 50,17% bzw. 71,15 %. Dermatitis interdigitalis und Rusterholzsches Sohlengeschwür traten mit einer Häufigkeit von 25,62 % und 23,24 % bzw. 23,95 % und 14,66 % auf. Klauenrehe und Ballenhornerosion führten jedoch nicht zu einer Lahmheit. Lahmheiten wurden in erster Linie durch Mortellaro, White Line Disease und Sohlengeschwüre verursacht.

Die Verteilung der Befunde auf die einzelnen Klauen wird in der Literatur wie folgt angegeben:

Benz (2002) kommt in ihrer Arbeit zu dem Ergebnis, dass die hinteren Außenklauen insgesamt betrachtet den schlechtesten Klauenstatus, gefolgt von den vorderen Innenklauen haben.

Herrmann (1996) gibt zur Verteilung der Befunde auf die Einzelklauen an, dass wenn die Zwischenklauenbereiche ausgeschlossen werden 53,5% der Befunde auf die Hintergliedmaßen und dort etwa dreifünftel auf die Außenklauen entfallen. 46,5% der Befunde entfallen auf die Vordergliedmaßen und hier sind die Innenklauen stärker betroffen.

Stokka et al. (1997) stellen fest, dass bei Lahmheiten zu 90% die Klauen die Ursache sind und hierbei zu 90% die hinteren Klauen betroffen sind.

In der von Huber (2002) durchgeführten Untersuchung kommt er bei der Verteilung der Befunde zu den folgenden Ergebnissen:

- Doppelte Sohlen und Sohlengeschwüre kamen zu 64% bzw. 54% an den Hinterextremitäten vor
- Limax und Weiße Linie Defekt kamen zu 100% an den Hinterextremitäten vor
- Dermatitis digitalis und Ballenfäule kamen überwiegend an beiden Extremitätenpaaren vor

An den Vorderextremitäten sind vor allem die medialen und an den Hinterextremitäten die lateralen Klauen betroffen.

Auch Reusch (1993) kommt zu dem Ergebnis, dass an Klauenlederhautentzündungen die Hinterbeine häufiger erkranken als die Vorderbeine, wobei an den Hinterbeinen die lateralen Klauen häufiger betroffen sind und an den Vorderbeinen dagegen die medialen.

#### **2.2.4 Bedeutung von Klauenerkrankungen**

Die Klauengesundheit des Milchviehs ist in den letzten Jahren mehr und mehr in den Blickpunkt des Interesses gerückt. In modernen Milchviehherden muss jährlich durchschnittlich jede vierte Kuh wegen einer Lahmheit behandelt werden (Lischer, 2000 a).

Nach den wirtschaftlichen Verlusten infolge Euterentzündung und Fruchtbarkeitsstörungen stehen die Verluste infolge von Lahmheiten an dritter Stelle (Whitaker et al., 2000, Olson, 1997, Junge, 1997)

Durchschnittlich 10% Abgänge sind aus betriebswirtschaftlicher Sicht alarmierend. EU-weit entstehen lahmheitsbedingte Kosten und Verluste in Höhe von 1 Milliarde Euro (Benz, 2003).

Diese großen finanziellen Verluste sind auf folgende Faktoren zurückzuführen (Lischer, 2000 a).

- Verminderte Milchleistung
- Abmagerung

- Vorzeitige Verwertung
- Fruchtbarkeitsprobleme
- Euterentzündungen/Zitzenverletzungen durch unsicheres Aufstehen und häufiges Liegen
- Zusätzliche Behandlungskosten

Abgesehen von diesen rein finanziellen Überlegungen darf nicht vergessen werden, dass die Erhaltung einer guten Klauengesundheit nicht zuletzt ein tierschützerisches Anliegen ist (Lischer, 2000 a).

Nicht zuletzt sind Klauenschäden sehr schmerzhaft und stellen ein ernstzunehmendes Tierschutzproblem dar (Benz, 2003).

Der Komplex Klauenkrankheiten sollte nicht nur allein unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten betrachtet werden. Der Klauenzustand ist ebenfalls ein wichtiger Indikator in Bezug auf eine tiergerechte Haltung (Doll u. Kehrer, 1997).

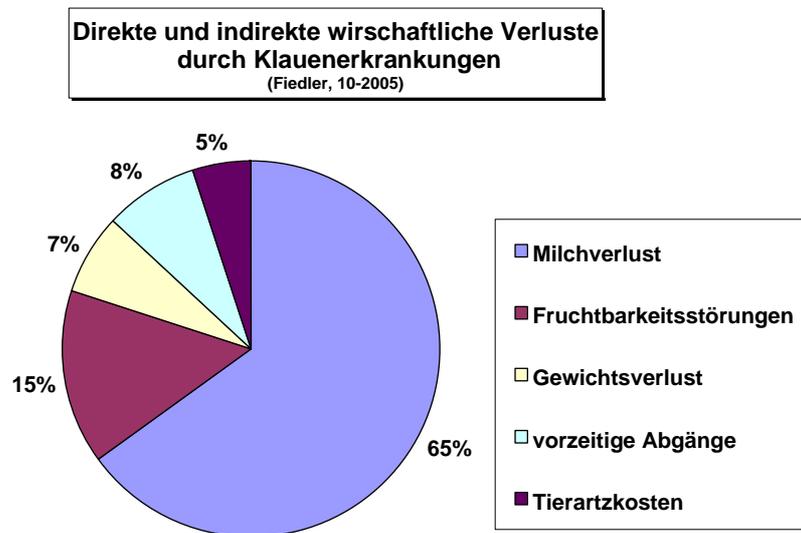
Klauengesunde Herden sind ein wesentlicher Beitrag zum aktiven Tierschutz (Kümper, 2000 a).

Im Deutschen Tierschutzgesetz (Deutsches Tierschutzgesetz, 1998) steht hierzu unter Artikel 2 Absatz 1 und 2:

Wer ein Tier hält, betreut oder zu betreuen hat,

- muss das Tier seiner Art und seinen Bedürfnissen entsprechend angemessen ernähren, pflegen und verhaltensgerecht unterbringen.
- darf die Möglichkeit des Tieres zu artgemäßer Bewegung nicht so einschränken, dass ihm Schmerzen oder vermeidbare Leiden oder Schäden zugefügt werden.

Direkte und indirekte finanzielle Verluste durch Klauenerkrankungen verteilen sich nach Fiedler (2005) wie folgt:



**Abb. 6: Direkte und indirekte finanzielle Verluste durch Klauenerkrankungen (Fiedler 2005)**

In den vergangenen 30 Jahren ist das Vorkommen von Lahmheiten stark gestiegen. Nach Schätzungen gibt es 55 % lahme Kühe pro Jahr in Milchviehherden, von denen 79 % tatsächlich aufgrund von Klauenhornschäden beeinträchtigt sind (Clarkson et al., 1996).

Keine Abgangsursache ist in den letzten 20 Jahren so überproportional angewachsen, wie Klauen- und Gliedmaßenschäden (Distl, 1996).

Während im Jahre 1968 „nur“ 1,7% der abgegangenen Tiere den Stall wegen „Klauen- und Gliedmaßenproblematik“ verließen, waren es 1997 bereits mehr als 5 mal so viele Tiere (Frerking, 1999).

Der Prozentsatz der Kühe, die aufgrund von Klauen- und Gliedmaßenerkrankungen abgehen, hat sich in den vergangenen Jahren fast verdoppelt. Dies zeigt deutlich, dass Klauenerkrankungen sowohl hinsichtlich der Abgangsraten als auch im Hinblick auf die kostenmäßige Belastung der Milchproduktion von großer Bedeutung sind (Junge, 1997).

Erhebungen hinsichtlich behandlungsbedürftiger Klauenkrankheiten im Rahmen routinemäßiger Klauenpflege zeigten, dass durchschnittlich sogar über 40% der Kühe an den Klauen Erkrankungen aufwiesen (Fiedler, 2000).

In einer von Macuhova et al. (2006) im Herbst 2004 durchgeführten Umfrage in 4665 bayerischen Laufstall-Milchviehbetrieben lag die Abgangsrate in Betrieben mit regelmäßiger Klauenpflege bei etwa 9 %.

Bundesweit müssen in Deutschland jährlich etwa 9 % aller Kühe wegen Klauen- und Gliedmaßenproblemen gemerzt werden (Wangler, 2004).

In Hessen haben 2005 im Vergleich zum Vorjahr die Abgänge wegen Klauen- und Gliedmaßenerkrankungen, in den Betrieben die an der Milchleistungsprüfung teilnehmen, von 9,3 auf 11,1 % zugenommen (HVL Jahresbericht, 2005).

Erkrankungen der Klauen und Gliedmaßen standen als Abgangsursachen bei Kühen 2002 mit 11,3 % an dritter Stelle nach Unfruchtbarkeit und Eutererkrankungen. 80 % aller Klauenerkrankungen treten an den Hintergliedmaßen und dort wiederum hauptsächlich an den Außenklauen auf (Landmann, 2005).

In hessischen Laufställen hatten fast 40% der 1015 untersuchten Kühe Lederhautentzündungen an einer oder mehreren Klauen (Köbrich, 1993, Schlimm, 1999).

In der Untersuchung von Clarkson et al. (1996) liegt das Lahmheitsvorkommen in 37 verschiedenen Betrieben bei 54,6%.

In 80 Milchviehbetrieben mit Liegeboxenlaufstall in Österreich wurden die Kühe auf Lahmheiten untersucht. Im Schnitt gingen auf den Betrieben mehr als ein Drittel der Tiere lahm (Mittelwert 36%, Minimum 0%, Maximum 77%) (Mülleider et al., 2004).

In einer Untersuchung der Universität von Wisconsin-Madison in 30 Milchvieherden wurden bei 7,9 bis 51,9 % der Kühe Lahmheiten festgestellt. Im Mittel war das Lahmheitsvorkommen im Winter mit 24,8% höher als im Sommer 21,8% (Cook u. Nordlund, 2003).

Klauenerkrankungen können entscheidend an Produktionseinbußen beteiligt sein. Diese äußern sich in Milchmengenverlusten, Verschlechterung der Milchqualität (Abnahme des Eiweißgehaltes), Beeinträchtigung der Fertilität (schlechtes Brunstverhalten aufgrund der Schmerzen, hohe Gützeiten und somit höhere Zwischenkalbezeiten), Abmagerung der Tiere, Vermehrung von Zitzenverletzungen und steigenden Tierarztkosten (De Kruif et al., 1998).

In Deutschland werden zur Zeit ca. 18% aller Milchkühe mindestens einmal jährlich wegen Lahmheit behandelt. Eine Behandlung leicht lahmer Kühe kostet im Durchschnitt etwa 30.- Euro, bei schweren Lahmheiten bezahlt man mehr als doppelt so viel. Auch die Verluste aus Abgängen, Leistungseinbußen und behandlungsbedingter Milchsperrung liegen bei schwer lahmen Kühen mit 220.- Euro viel höher als bei leicht lahmen Kühen 60.- Euro (Kümper, 2000 b).

Auch Verluste aus Abgängen, Leistungseinbußen und behandlungsbedingter Milchsperrung liegen bei schwer lahmen Kühen bei ca. 220.- Euro. Bundesweit könnte durch eine wirksame Früherkennung oder Vorbeuge von Klauenerkrankungen ein Schaden von etwa 62 Millionen Euro pro Jahr vermieden werden (Zeddies, 1996).

Stanek (1997) gibt einen Verlust von ca. 280 Pfund pro britischer Herde (je 100 Kühe) an.

Grennough et al. (1997) geben durchschnittliche Gesamtkosten infolge von Lahmheiten von 412 US\$ je Kuh an. Sie errechneten mittlere Gesamtkosten von 699 US \$ für ein Sohlengeschwür und 154 US\$ für eine interdigitale Erkrankung pro Kuh und Jahr.

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

Socha et al. (2000) schätzen die Kosten pro Fall von Klauenrehe auf 302 US\$.

Huber (2002) kommt in der von ihm durchgeführten Verlustrechnung zu 545.- Euro Verlust durch ein Klauensohlengeschwür.

Kossaibati und Esslemont (2000) beziffern mittlere Gesamtkosten für ein Sohlengeschwür mit 246,3 Pfund, für eitrig lose Wand mit 151,5 Pfund und für eine Dermatitis digitalis mit 58,9 Pfund. Sie errechneten jährliche finanzielle Verluste infolge von Lahmheiten in einer durchschnittlichen 100 Kuh Herde von ca. 4000 Pfund. In Untersuchungen in England stellten sie eine jährliche Lahmheitsinzidenz in einer durchschnittlichen 100 Kuh Herde von 38,2% fest.

In der Schweiz wurde nie genau berechnet, welche zusätzlichen Kosten eine Kuh mit Klauenleiden dem Landwirt verursacht. Berechnungen und Schätzungen aus England aus dem Jahre 1990 gehen davon aus, dass die durchschnittlichen Verluste für eine lahme Milchkuh mit einem Sohlengeschwür 500.- bis 1000.- Schweizer Franken betragen (Lischer, 2000 a).

Mit zunehmendem Lahmheitsgrad ist ein Milchverlust verbunden. Nach Robinson (2001) kann die Milchleistung zwischen 5 und 17 % zurückgehen.

Rajala und Gröhn (1998) beobachteten, dass Kühe mit Klauen- oder Gliedmaßenproblemen in den ersten Wochen nach der Diagnose ca. 1,5-2,8 kg Milch pro Tag weniger produzieren.

In zwei in New York untersuchten Milchvieherden mit 2520 untersuchten Kühen wurde festgestellt, dass die Milchproduktion signifikant zurückging bei Kühen, bei denen eine Lahmheit festgestellt wurde (Warnick et al. 2001).

Untersuchungen in New York zeigten, warum Lahmheiten eines der teuersten Gesundheitsprobleme, mit Kosten von 90 US\$ pro Kuh, sind. Kühe mit Klauenproblemen sind üblicherweise auch dieselben Kühe die zu einem späteren Zeitpunkt wegen Mastitis, Fruchtbarkeitsstörungen oder anderen Gesundheitsproblemen behandelt werden (Stokka et al. 1997).

Green et al. (2002) stellen bei der Untersuchung von Milchleistungsdaten von 900 Kühen über einen Zeitraum von 2 Jahren fest, dass Lahmheiten in einer Laktation einen Milchverlust von etwa 360 kg Milch verursachen. Sie kommen zu dem Schluss, dass klinische Lahmheiten einen signifikanten Einfluss auf die Milchleistung haben.

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

Klauenerkrankungen haben erhebliche wirtschaftliche Auswirkungen. Die Milchleistung kann sich je nach Krankheitsdauer und -bild um bis zu 20% reduzieren (Hermann u. Wlcek, 1996).

Die Untersuchungen von Kloß (1992) zeigen, dass es durch Klauenerkrankungen in einer 1930er industriemäßigen Milchviehanlage zu einer statistisch gesicherten Minderproduktion an Milch und Milchfett kommt. Durch eine Erkrankung der

Klauen wird die Fruchtbarkeit durch eine Verlängerung der Zwischenkalbezeit und einer Erhöhung des Besamungsaufwandes beeinträchtigt.

Dass Klauenkrankheiten den Zeitpunkt der Besamung und die Zwischenkalbezeit signifikant verlängern im Vergleich zu gesunden Kühen haben die Untersuchungen von Collick et al. (1989) und Lucey et al. (1986) ergeben.

Auch Hultgren et al. (2004) bestätigen den negativen Effekt von Sohlengeschwüren auf den Erstbesamungserfolg sowie auf die Zwischenkalbezeit.

Schmerzen, die durch Lahmheiten verursacht werden führen zu Stress. Stress erhöht den Blutkortisonspiegel und dieser verschiebt und vermindert die LH-Ausschüttung und führt somit zu ovariellen Funktionsstörungen (Nanda et al., 1990).

Wiedenhöft (2005) kommt in ihrer Untersuchung an 839 Tieren zu dem Ergebnis, dass Lahmheit einen deutlich negativen Effekt auf die Fruchtbarkeitsparameter hat. Dies vor allem, wenn die Lahmheit in dem Zeitraum von 60 bis 105 Tage post partum auftrat. So führt Lahmheit zu einer um 5 % signifikant verringerten Konzeptionsrate. Der Erstbesamungserfolg war bei den lahmen Tieren signifikant um 6 % erniedrigt. Lahme Tiere hatten eine um 21 Tage signifikant verlängerte Güst- und Zwischenkalbezeit. Die Kosten pro Tier und Trächtigkeit lagen bei den lahmen Tieren mit 238,13 € im Schnitt um 48,87 € höher als bei den nicht lahmen Tieren mit 189,26 €. Wiedenhöft folgert, dass in Milchviehbetrieben ein großes Augenmerk auf die Prävention von Klauenerkrankungen gelegt werden sollte.

### **2.3 Anforderungen an Laufflächen**

Aus Gründen der Verfahrenstechnik und des Tierschutzes sollte eine befestigte Lauffläche bestimmten Anforderungen genügen (Albutt u. Dumelow, 1987; Müller et al., 1991; Zeeb u. Unger, 1997). Die Böden müssen dauerhaft folgende Eigenschaften aufweisen:

- gute Reinigungsmöglichkeit
- Rutschfestigkeit
- Ermöglichung physiologischen Klauenabriebs
- Langfristige Haltbarkeit

Vermunt und Greenough (1997) stellen folgende Anforderungen an die Laufflächen:

- der befestigte Boden muss sauber und in gutem Zustand sein (keine ausbrechenden Kanten an den Spalten usw.)
- die Laufgänge müssen so oft wie möglich abgeschoben werden, es darf sich kein Kot bzw. keine Gülle ansammeln
- die Gestaltung von Laufgängen, Passagen und Liegeboxenreihen sollte aggressive Konfrontationen zwischen den Tieren vermeiden

Um Rinder unter den Bedingungen der ganzjährigen Stallhaltung insbesondere in Bezug auf Klauen- und Gliedmaßen so art- und funktionsgerecht wie möglich zu halten, sollten folgende Bedingungen für Laufflächen erfüllt werden (Wangler, 2004):

- Sauberkeit
- Rutschfestigkeit
- Trockenheit
- Vorzugsweise nachgebende Laufflächen
- Ausreichende Breite
- Sackgassen vermeiden

Die Anforderungen an Laufflächen stellen Steiner und Van Caenegem (2003) wie folgt zusammen:

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

Nach Gooch (2003) kann ein Boden als Kuhgerecht bezeichnet werden der folgende Eigenschaften hat:

- sorgt für eine relativ trockene Laufoberfläche
- sorgt für sicheres und komfortables Gehen
- ist weich

Zumindest ein Teil des Laufgangs, wenn nicht alles, sollte diese Eigenschaften haben um den Kühen Schonung vom harten Beton zu ermöglichen.

Guard (2000) schlägt vor, dass die Laufgänge in Liegeboxenställen eine andere Oberfläche als Beton haben sollten, dies kombiniert mit regelmäßiger Klauenpflege, würde viele Fälle von Lahmheiten verhindern.

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass bisher keiner der üblichen Stallböden allen Anforderungen genügen kann, sodass bei der Gestaltung stets ein Kompromiss gefunden werden muss (Fiedler, 2004 a).

Allgemein muss bei jedem Bodenbelag bzw. jeder Einstreu ein Höchstmaß an Hygiene angestrebt werden. Die Sauberkeit der Lauf- und Standflächen ist jederzeit zu gewährleisten. Möglichst trockene und saubere Oberflächen sorgen für geringe Keimvermehrung und halten den Feuchtigkeitsgehalt von Hornschuh und umgebender Haut niedrig (Bergsten u. Hultgren, 2002; Bergsten u. Petterson, 1992).

Eine regelmäßige Reinigung der befestigten Lauf- und Standflächen ist somit unerlässlich und sollte keinesfalls vernachlässigt werden (Bickert u. Cermak, 1997).

Liegeboxen sind vor allem für das Auftreten von Druckstellen und Hautläsionen verantwortlich. Die Klauengesundheit wird mehr durch die Beschaffenheit der Laufgänge beeinflusst. Ein optimaler Laufgang sollte eben, trocken und trittsicher sein (Kümper, 1993).

Im Laufstall müssen die Abmessungen der Laufgänge ein ungestörtes Passieren auch rangniederer Tiere ermöglichen (Vermunt, 2000).

Eine ausreichende Anzahl an Passagen zwischen den Gängen - jeweils nach zwölf Liegeplätzen - erleichtert unterschiedlich ranghohen Tieren den Platzwechsel, setzt die Dauer der Laufbelastung herab und vermindert so auch die Gefahr einer Belastungsreihe (Nuss, 2002).

Laufgänge müssen trittsicher sein, damit sich die Kühe unverkrampft fortbewegen können. Auf glitschigen Böden können Auseinandersetzungen oder Aufreitmanöver durch stierige Kühe leicht zu Unfällen führen. Die Oberfläche darf jedoch nicht zu rau sein, da es sonst zu übermäßigem Klauenabrieb kommt (Friedli u. Lischer, 2000).

### 2.3.1 Spaltenboden

Das Spaltenbodenprinzip besteht darin, dass Kot und Harn möglichst schnell und vollständig durch Schlitze beseitigt werden, wobei den Tieren eine ausreichende Balkenoberfläche für einen sicheren Auftritt verbleiben muss. Eine funktionsgerechte Spaltenbodenlauffläche zeichnet sich durch einen optimalen Kompromiss beider Forderungen aus (Seufert, 1975).

Spaltenböden müssen nach den einschlägigen Normen – DIN 18908 „Fußböden für Stallanlagen, Spaltenböden aus Stahlbetonfertigteilen oder aus Holz“ und DIN 1045 „Beton und Stahlbetonbau“ – hergestellt sein. Spaltenböden dürfen nach der Herstellung erst ausgeliefert werden, wenn der Beton entsprechend erhärtet ist. Eine Nachbehandlung des Betons bis zur ausreichenden Festigkeit vermeidet Rissbildung und andere Qualitätseinbußen Boxberger et al. (1994).

Welche Bedeutung Material, Ausführung, Verlegung sowie Bewirtschaftung von Spaltenbodenlaufflächen auf die Funktion haben, wird häufig nicht erkannt, wodurch schließlich nicht nur die Störungen, sondern auch die Tierverletzungen zu erklären sind (Seufert, 1975).

In der DIN 18908 (1992) werden für Rinder über 450 kg Auftrittsweiten von größer gleich 70 mm und Schlitzweiten von kleiner gleich 35 mm vorgeschrieben. Bezüglich der Beschaffenheit der Auftrittsfläche wird gefordert, dass der Unterschied der Oberkantenstriche aller Balken eines Spaltenbodens höchstens 4 mm betragen soll. Des Weiteren werden eine gratfreie Herstellung, abgesetzte Seitenflächen der Balken und Widerstandsfähigkeit gegen mechanische und chemische Beanspruchung gefordert.

Der konventionelle Spaltenboden muss eine ausreichende, aber nicht zu große Spaltenbreite aufweisen (Fiedler, 2004 a).

Mit zunehmender Schlitzweite sinkt die auf den beiden Balken anteilig ruhende Fußungsfläche der Klauensohle ab und der Druck auf die Klauensohle nimmt zu. Unter diesem Aspekt sollte die Schlitzweite bei Spaltenböden für Kühe 25 mm betragen und möglichst 30 mm nicht überschreiten. Über 35 mm beginnt das Abkippen der Klauen in den Spalt, ein Vorgang, der zu äußerst gefährlichen Belastungen der Klauen führt (Boxberger et al., 1994).

Für die Milchviehhaltung in Liegeboxenlaufställen werden zur Zeit Schlitzweiten von 30 bis maximal 35 mm und Balkenbreiten von 80 bis maximal 100 mm empfohlen. Eine zu raue Oberflächenbeschaffenheit der Balken verursacht einen zu starken Abrieb des Klauenhorns. Schmerzhaftes Lederhautentzündungen sind die Folge. Zu glatte Oberflächen sind nicht genügend trittsicher; der Hornabrieb ist zu gering, so dass es zu Distorsionen und Stallklauenbildungen kommt. Entscheidend ist aber die sorgfältige Verlegung der Balken, um Niveauunterschiede zu vermeiden, und die regelmäßige Überprüfung ihrer Beschaffenheit (Loeffler u. Marx, 1983).

Auftrittsbreiten von 80 mm und Schlitzweiten von 35 mm sind einzuhalten, um ein Eintreten in die Spalten zu verhindern. In Jungviehställen muss die entsprechende kleinere Klaue berücksichtigt werden (Karrer, 2002).

Spaltenbreiten zwischen 2,5 und 3,5 cm und etwa 8 cm Auftrittfläche gewährleisten eine befriedigende Sauberkeit ohne das Risiko von Hornkapselverletzungen durch Einklemmen in den Spalten (Kümper, 2000 b).

Die Kotabrisskanten sollten entgratet werden, z.B. mittels eines Winkelschleifers; das Entgraten durch Abziehen mit Betonblöcken oder Metallrohren kann zu starkem und unregelmäßigem Ausbrechen der Kanten führen (Cermak, 1998).

Die Spaltenelemente müssen sehr sorgfältig verlegt werden, da geringgradige Stufen oder wackelnde Elemente das Abrutschen fördern. Sind Stufen im Stall notwendig, sollten diese die Tiere zum gezielten Überschreiten zwingen (Clarkson u. Ward, 1991).

Boxberger und Pfadler (1981) fordern sauber verarbeitete Spaltenböden mit einer Balkenbreite von 8 bis 10 cm und einer Schlitzweite von 3,0 bis maximal 3,5 cm.

Bockisch und Gründer (1993) fordern eine Balkenbreite von 7 bis 8 cm und eine Schlitzweite von 2,5 bis 3,5 cm. Größere Schlitzweiten verbessern nur unwesentlich die Tiersauberkeit. Die Gefahr des Abrutschens in den Spalt wächst jedoch, was zu Verletzungen der Sohle und der Sohlenwände führen kann.

### **2.3.2 Planbefestigter Boden**

Als Alternative zum Spaltenboden bietet sich ein planbefestigter Boden an. Hier sind Betonböden und Gussasphaltböden die häufigsten Formen, daneben

kommen mit Walzasphalt und auch mit Gummiauflagen versehene Böden zum Einsatz (Benz et al., 2002, Herrmann, 1996).

Für planbefestigte Böden sind folgende praktische Anforderungen zu formulieren (Seufert, 1975, Herrmann, 1996):

- ebene Ausführung mit gegebenenfalls 0,5-1,0% Gefälle zur Führungsrinne der Entmistungsgeräte
- Vermeidung der Muldenbildung
- rissfrei und wasserundurchlässig
- widerstandsfähig gegen mechanische Schieberbelastung
- genügende Rauigkeit ohne zu hohen Klauenabrieb zu verursachen
- ausreichende Stand- und Trittsicherheit für die Tiere

Ställe mit planbefestigten Laufgängen oder Laufgängen aus Flächenspalten-elementen sind für die Klauengesundheit günstiger als Ställe mit Spaltenboden aus Einzelbalken (Schlimm, 1999).

Bei bewegungsintensiven, physiologischen Verhaltensweisen der Rinder – wie z.B. Trab, Sprung und Belecken der Haut kaudal vom Rippenbogen bei angehobener Hintergliedmaße („kaudales Lecken“) wird signifikant selteneres Ausrutschen der Tiere bei planbefestigten als bei perforierten Böden beobachtet (Herrmann, 1996).

Auf planbefestigten Laufflächen kommt es seltener zu Sohlenlederhautquetschungen als auf Spaltenböden. Allerdings treten bei dieser Lauffläche die meisten Entzündungen im Ballen- und Zwischenklauenbereich auf, ein Hinweis auf oftmals unzureichende Entmistungsverfahren mit vermehrter Nässe und Verschmutzung (Kümper, 2000 b).

Eine sorgfältige Verlegung des Bodens ist Grundvoraussetzung für einen sauberen und möglichst trockenen Stall. Die Bahnen müssen absolut eben, am besten durch Fachfirmen verlegt werden. Der Einsatz eines automatischen Schiebers zur Reinigung alle 2-3 Stunden ist unbedingt zu empfehlen, bei Minusgraden kann durch häufigeres Abschieben ein Anfrieren des Kotes vermieden werden (Herrmann, 1996; Karrer, 2002).

### 2.3.3 Verformbarkeit von Laufflächen

Verformung kann wie folgt definiert werden (Gräfen, 1991):

Während starre Festkörper unter dem Einfluss äußerer Kräfte nur mit einer Beschleunigung zu reagieren vermögen, antworten die deformierbaren Festkörper auf äußere Kräfte zusätzlich mit einer Formveränderung. Nach Art dieser Formänderung unterscheidet man zwischen elastischen, d. h. bei Wegnahme der Kraft reversiblen Formveränderungen und plastischen Formänderungen; bei letzteren bleibt nach Wegnahme der Kraft eine bleibende Verformung zurück.

Weichere Laufflächen helfen, die Last gleichmäßig auf die Klauen zu verteilen (Vermunt u. Greenough, 1994 a).

Weicher Boden führt zur gleichmäßigen Verteilung des Gewichtes auf beide Klauenhälften. Bei voll ausgebildetem überstehenden Tragrand übernimmt dieser die Hauptlast (Benz, 2003).

Das Rind bevorzugt als „Weichbodengänger“ in der Bewegung weichen Untergrund (Grasnarbe, steinarmes Erdreich) und meidet steinigen Boden oder befestigte Straßen. So wird dem übermäßigem Abrieb des Sohlenhorns, den Beschädigungen der weicheren Klauenabschnitte (wie Ballen, Zwischenklauen- und Kronenhaut) sowie der Überlastungsreihe vom Tier selbst vorgebeugt (Stöber, 1984).

Verformbare Böden sind für das Rind tiergerechter als harte. Erste Erfahrungen mit Gummi-Laufflächen zeigen positive Einflüsse auf das Lauf- und Komfortverhalten sowie die Klauengesundheit von Milchkühen (Steiner u. Van Caenegem, 2003).

Auf weichem Stallboden ändert sich das Tierverhalten. Besonders auffällig ist das Laufverhalten. Untersuchungen der Universität Hohenheim zeigten eine messbar höhere Aktivität der Tiere. Diese legten pro Stunde durchschnittlich 30 Schritte mehr zurück, was bis zu 1000 Meter am Tag bedeuten kann (Benz, 2003).

Im Gegensatz zum harten Boden bleibt auf weichem Untergrund der Tragrand der Klaue erhalten. Der Tragrand hat die Aufgabe ungefähr 60% des Tiergewichts zu tragen. Auf weichem Untergrund überragt der Tragrand die Klauengrundfläche, so dass diese die Lastaufnahme nur unterstützt, wenn die Klaue in weichem Untergrund einsinkt. Eine solche Klauenform ist als funktionell zu bezeichnen.

Unter natürlichen Verhältnissen schilfert sich das Horn des Ballen- und Sohlenhorns ab, dieser Mechanismus stellt einen Bestandteil der natürlichen Wachstumsregulation dar und ist auf der Weide genauso zu beobachten wie im Stall, der mit weichen Laufflächenbereichen ausgestattet ist (Benz, 2003).

Harte Böden stimulieren das Klauenwachstum, die Abnutzung soll dies ausgleichen. Allerdings fehlt der notwendige Abrieb an der Klauenspitze und im Bereich der Hohlkehlung. Daher ist regelmäßige Klauenpflege nötig. Bei verformbaren Belägen kann der Tragrand wie im weichen Naturboden etwas einsinken, extreme Punktbelastungen werden dabei vermindert (Steiner u. Van Caenegem, 2003).

Unter dem Gesichtspunkt des Risikos Auszurutschen ist Weichheit eine positive Boden Eigenschaft. Durch das Eindringen in den Boden kann die vom Tier ausgeübte horizontale Kraft aufgenommen werden, die sonst zum Ausrutschen führen kann (Nilsson, 1988).

Durch ihre Verformbarkeit erreichen elastische Bodenbeläge eine zusätzliche Rutschfestigkeit. Das Einsinken der Klauen in den Boden ergänzt die Oberflächenstruktur und gibt zusätzlichen Halt (Steiner 2004).

Die Anforderungen an die Verformbarkeit von Gummimatten werden durch die Klauenform bestimmt. Ein überstehender Tragrand schützt vor unphysiologischer Belastung und bedingt über den erhöhten Flächendruck eine besser Bodenhaftung und damit Rutschsicherheit (Benz, 2002).

Um zu untersuchen, ob der Grad der Weichheit für die Kühe wichtig ist haben Rushen et al. (2004) die folgende Untersuchung durchgeführt. Ein Betonboden und ein Gummiboden wurden beide mit einem hoch rutschfesten Material bedeckt, so dass beide den gleichen Grad der Oberflächen Rutschfestigkeit hatten. Als Ergebnis konnte festgestellt werden, dass die Laufgeschwindigkeit bei gleicher rutschsicherer Oberfläche auf dem weichen Boden etwa 12 % höher war.

In einer weiteren Untersuchung stellten Rushen et al. (2004) fest, dass trockenstehende Kühe länger am Fressgitter stehen (5,5 Stunden) und mehr Futter aufnehmen, wenn auf dem Spaltenboden vor dem Fressgitter weicher Gummi verlegt wurde. Bei Betonspalten standen die Kühe nur 4,8 Stunden pro Tag.

Fregonesi et al. (2004) verlegten vor dem Fressgitter einen harten Gummibelag der für Förderbänder verwendet wird. Hier konnte festgestellt werden, dass die Zeit, die die Tiere am Fressgitter stehen, nur geringfügig höher war als bei Betonboden. Die Futteraufnahme war unverändert. Auch von Keyserling und DeVries (2004) berichten von diesem Versuch und seinem Ergebnis ergänzen aber, dass Gummiboden langfristige Verbesserung für Klauengesundheit und Lahmheiten bringen kann.

Wie sich ein weicher Bodenbelag am Fressgitter auf das Tierverhalten und die Fresszeiten auswirkt haben Tucker et al. (2006) mit zwei Untersuchungen ermittelt. In der einen Untersuchung konnte eine Gruppe von 24 nicht-laktierenden Kühen zwischen einer Beton- oder Gummibodenoberfläche vor dem Fressgitter wählen. Hier waren die Fresszeiten auf der Gummibodenoberfläche signifikant höher. In der zweiten Untersuchung hatten zwölf Kühe Zugang zu mit Beton oder mit Sägespänen eingestreuten Futterplattformen. In dieser Untersuchung konnte kein signifikanter Einfluss auf die Fresszeiten festgestellt werden. In beiden Untersuchungen haben die Kühe aber mehr Zeit auf den weichen Flächen am Fressgitter verbracht auch wenn sie nicht fraßen.

Rushen et al. (2004) folgern, dass der Grad der Weichheit besonders wichtig ist. Jedoch ist noch unklar welcher Grad der Weichheit notwendig ist und welche der angebotenen Materialien tauglich sind.

Benz (2002) gibt als ausreichende Eindringtiefe der Klaue in elastische Böden 4 mm an. Mit dieser Eindringtiefe kann auch bei relativ geringer Oberflächenprofilierung eine ausreichende Rutschfestigkeit erreicht werden.

Wie sich Rauigkeit und Verformbarkeit von Stallböden auf das Bewegungsverhalten von Kühen auswirkt haben Rushen und de Passille (2006) untersucht. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass eine erhöhte Verformbarkeit von Böden auf denen Kühen laufen, unabhängig von der Rauheit der Oberfläche, das Bewegungsverhalten von Kühen verbessern kann.

Aber auch ein zu weicher Untergrund entspricht nicht unbedingt den Anforderungen der Kuh. Er führt zu übermäßigem Hornwachstum ohne den ebenfalls notwendigen Hornabrieb. Einer daraus resultierenden möglichen Fehlbelastung der Klauen muss durch regelmäßigen funktionalen Klauenschnitt (mindestens zweimal pro Jahr) entgegengewirkt werden (Wangler, 2004).

Im DLG Prüfprogramm (2004) wird die Verformbarkeit von elastischen Auflagen für Laufgänge in Liegeboxenlaufställen, nach Eindruckversuchen mit einem künstlichem Kuhfuß vor und nach der Durchführung einer Dauertrittbelastung (250.000 Betätigungen mit künstlichem Kuhfuß mit 5000 N), wie folgt bewertet:

Bewertung Verformbarkeit vor und nach der Dauertrittbelastung (Eindringtiefe bei 2000 N):

- über 3,0 mm sehr gut      ++
- 1,0-2,9 mm gut            +
- 0-0,9 mm Standard        o

Bei fünf SignumTests (DLG Prüfberichte Nummer 5415, 5405, 5404, 5403, 5603) und vier FokusTests (DLG Prüfberichte Nummer 5355F, 5454F, 5512F, 5531F) von Laufflächenauflagen aus Gummi die vom Testzentrum für Technik und Betriebsmittel der Deutschen Landwirtschafts Gesellschaft durchgeführt wurden folgende Verformbarkeiten gemessen (siehe Tabelle 8).

**Tabelle 6: Verformbarkeit der durch die DLG geprüften Laufgangauflagen**

Prüfbericht Nr.	Verformbarkeit (mm) im Neuzustand	Verformbarkeit (mm) nach Dauertrittbelastung
5654	2,1	2,4
5603	2,25	2,2
5531F	2,2	2,2
5512F	2,2	2,2
5454F	1,7	1,7
5415	1,4	1,4
5405	3,5	3,45
5404	3,85	3,8
5403	4,85	4,75
5355F	4,9	4,7

### 2.3.4 Rutschfestigkeit von Laufflächen

Wenn man versucht die die Gefahr des Ausrutschens im Stall zu untersuchen darf der Stallfußboden nicht isoliert betrachtet werden. Das gesamte Tier und sein Bedürfnis sich in natürliche Weis zu bewegen muss beachtet werden, denn dies beeinflusst auch die Gefahr des Ausrutschens (Nilsson, 1988).

Die Lauffläche der Milchkuh sollte trocken, griffig und rutschfest sein (Boxberger et al., 1994).

Glatte Laufflächen begünstigen die Gefahr des Ausrutschens und behindern dadurch eine physiologische Bewegung der Tiere (Herrmann, 1996).

Zu extremen Belastungen der Standsicherungssysteme (Fesselträger) kommt es bei zu rutschigem Spaltenboden und hohen Tierkonzentrationen. Der danach zu beobachtende hohe Prozentsatz von zehenweiten Stellungsanomalien, Durchtrittigkeit und Spreizklauenbildung ist auf eine Überlastung der Standsicherungssysteme zurückzuführen. Deshalb sollte der Spaltenboden möglichst rutscharm sein (Heyden u. Dietz, 1990).

Häufiges Ausrutschen gefährdet nicht nur die Klauengesundheit, der resultierende Stress kann als prädisponierend für andere Erkrankungen wie zum Beispiel Fruchtbarkeitsstörungen angesehen werden (Rüsse, 1986).

Der Ausgleitvorgang auf einem nicht ausreichend griffigen Boden ist ein sehr komplexer Vorgang, bei dem sowohl der Haft- als auch Gleitwiderstand der Oberfläche maßgebend sein kann. Die aktivierbaren Reibungskräfte werden dabei stets in hohem Maße vom Zustand der Oberfläche mit beeinflusst (trocken, nass, verunreinigt). Die kritische Phase des Ausgleitens ist das Aufsetzen der Klaue auf den Boden. Zu diesem Zeitpunkt sind die Horizontalkräfte am Größten. Durch Feuchtigkeit und Schmutz fehlt der direkte Kontakt zum Boden und muss erst hergestellt werden (Richter, 2001 a).

Die Rutschfestigkeit von Laufflächen ist nicht nur für die Tiere, sondern auch für die Betreuer wichtig. Ausrutschen auf Stallböden ist bei Tierhaltern ein besonders häufiger Unfall (Steiner u. Van Caenegem, 2003).

Die Rauigkeit eines Stallbodens kann nicht unbegrenzt erhöht werden, vor allem unter Berücksichtigung des Abriebs für das Tier. Die Wand und Sohle der Klaue werden schwer belastet, was Lahmheiten verursacht (Nilsson, 1988).

Um die rutschhemmende Wirkung einer verschmutzten Lauffläche sicherzustellen, ist eine minimale Makrorauigkeit (Grobrauheit) erforderlich (Steiner u. Van Caenegem, 2003).

Untersuchungen von De Belie et al. (2002) zeigen, wie wichtig die Rauheit der Bodenoberfläche für einen sicheren Auftritt der Klauen ist.

Muskelzerrungen, Verstauchungen und sogar Beinbrüche können dann vorkommen, wenn die Trittsicherheit im Laufbereich ungenügend ist. Gussasphalt gewährleistet eine sehr gute Trittsicherheit. Betonböden verlieren mit der Zeit etwas ihre Trittsicherheit, können jedoch aufgefrischt werden, indem sie mit einer Fräse oder mit Säure behandelt werden (Friedli u. Lischer, 2000).

Für das Verhalten der Tiere ist die Rutschsicherheit ausschlaggebend. Eine grobe Oberflächenstruktur ist für die Rutschsicherheit der Gummibeläge auf Spaltenböden nicht erforderlich, da auf nachgiebigem Untergrund das Einsinken der Klauen um ungefähr 4 mm ausreichend rutschhemmend wirkt (Benz, 2002).

Auch im KTBL Heft 60 (2006) und im ART Bericht 690 (2007) wird darauf hingewiesen, dass bei elastischen Materialien die rutschhemmende Wirkung maßgeblich durch das Einsinken der Klauen erreicht wird. Dazu ist jedoch eine Einsinktiefe von 3 bis 4 mm erforderlich.

Die Rutschfestigkeit kann gemessen werden. In der Vergangenheit wurde dabei der so genannte Skid Resistance Tester (SRT-Gerät) herangezogen, bei dem ein Quader aus Gummi über die zu messende Oberfläche schwingt. Je nach Stärke der Abbremsung ergibt sich ein dimensionsloser Wert, der eine Aussage über die Eignung eines Bodens zur Rinderhaltung zulässt (siehe Tabelle 7). Das Gerät ist nur auf planbefestigten, gereinigten und feuchten Strecken einsetzbar und benötigt eine fachkundige Bedienung (Kalibrierung usw.) (Fiedler, 2005).

**Tabelle 7: Klassifizierung von Stallböden nach SRT-Werten (Richter, 2001 b)**

SRT Wert (dimensionslos)	Auswirkungen auf Rutschfestigkeit und Trittsicherheit
70 – 80	sehr gut bis zu rau
60 – 70	gut
50 – 60	gut bis genügend
40 – 50	genügend bis ungenügend
40 und weniger	ungenügend bis zu glatt

Ein neu vom DLG Testzentrum für Technik und Betriebsmittel entwickeltes Messgerät kann unter praxisüblichen Bedingungen (keine außergewöhnliche Reinigung der Oberfläche) auch auf perforierten Böden über den Schlitzanteil hinweg eingesetzt werden. Der Schlitzanteil hat bei perforierten Böden eine

erhebliche Bedeutung für die Beurteilung der Rutschfestigkeit. Dabei wird der Gleitreibungswert  $\mu$  gemessen (Herrmann u. Müller, 2002).

Nilsson (1988) hat bereits 1988 für seine Untersuchungen ein Messgerät entwickelt, das den Gleitreibungswert ermittelt. Auch hier wird ein Prüfkörper der die Größe und Form eines Kuhfußes hat über die Prüffläche gezogen. Der Prüfkörper wurde mit einem Gewicht von 233 kg belastet. Das relativ große Gewicht wurde gewählt um Böden mit weicher Oberfläche zu testen (Bodenbeläge für Liegeboxen).

Müller (2003) beschreibt in seiner Arbeit das von der DLG entwickelte Gerät. Auch hier waren die ersten Überlegungen den Prüfkörper mit dem tatsächlichen Gewicht das eine Kuh auf die Klaue ausübt zu beschweren. Jedoch konnte im Rahmen von Voruntersuchungen das Gewicht auf 10 kg reduziert werden. Es wurde festgestellt, dass die aufzubringenden Zugkräfte sich proportional zum Gewicht verändern, so dass sich keine Veränderungen hinsichtlich des Gleitreibungswertes ergeben. Lediglich bei einer weiteren Reduzierung des Gewichtes wären die Messergebnisse verfälscht worden.

Es ist zu unterscheiden zwischen dem Haftreibungskoeffizienten (der Fuß steht) und dem Gleitreibungskoeffizienten (der Fuß ist in Bewegung) (Nilsson, 1988).

Als bisher einziges Messgerät kann das durch die DLG entwickelte Messgerät sowohl Haft- als auch die Gleitreibung gleichzeitig und nacheinander messen (Müller, 2003).

Die physikalischen Einflussfaktoren auf die Rutschfestigkeit von Laufflächen können wie folgt beschrieben werden:

Nach Seibt (1996) ist im allgemeinen Reibung der Widerstand, der dem Versuch des Verschiebens zweier Oberflächen entgegengesetzt wirkt. Er lässt sich in zwei verschiedene Arten unterteilen, die Festkörper- und die Flüssigkeitsreibung. Während bei der Festkörperreibung ein direkter Kontakt zwischen den Reibpartnern, also der Rinderklaue und der Lauffläche, besteht, befindet sich bei der Flüssigkeitsreibung eine Flüssigkeit zwischen den Kontaktflächen. Auf einem nassen Bodenbelag treten beide Reibungsarten auf. Dabei ist beim Aufsetzen der Klaue oder des Fußes entscheidend, dass der Flüssigkeitsfilm durchstoßen wird und welche Spitzen der Makrorauigkeit der Fußbodenoberfläche die Klaue beim Aufsetzen noch erreichen. Nach Aufsetzen treten verschiedene Kräfte auf. Zum

einen die zum Fußboden senkrecht wirkende Kraft, die so genannte Normalkraft und zum anderen, Kräfte in horizontaler Richtung. Diese lassen sich wiederum in Kräfte quer und längs zur Laufrichtung unterscheiden. Die Reibkraft und Normalkraft stehen in der Beziehung  $F_{\text{Normal}} = \mu * F_{\text{Reibung}}$  zueinander, wobei  $\mu$  den Reibkoeffizienten darstellt. Reibungszahlen werden nach der Haft- und Gleitreibungskraft unterschieden. Die Gleitreibungskraft ist die Kraft, die nötig ist, um einen Körper mit konstanter Geschwindigkeit gleitend zu bewegen. Die Haftreibung ist die Kraft, die überwunden werden muss, um einen ruhenden Körper in gleitende Bewegung zu versetzen.

Die Reibungsarten unterscheiden sich im Reibungskoeffizienten  $\mu$ . Dieser errechnet sich nach Bähr et al. (1978) mit der Formel:

$$\mu = \frac{\text{Aufgewendete Zugkraft}}{\text{Andrückkraft aus Gesamtbelastung}}$$

Das Messverfahren zur Ermittlung des Gleitreibungswerts war in der ehemaligen DDR genormt (TGL 32456, 1983). Der Gleitreibungswert  $\mu$  ist dort definiert als der Kennwert für die Trittsicherheit von Fußbodenoberflächen unter Berücksichtigung der Beziehung:

$$\mu = \frac{\text{Horizontalkraft (F}_h\text{)}}{\text{Vertikalkraft (F}_v\text{)}}$$

In der Norm wurden folgende Grenzwerte angegeben:

**Tabelle 8: Grenzwerte Gleitreibungswert  $\mu$  für eine ausreichende Rutschfestigkeit nach TGL 32456**

Tierart	Gleitreibungswert $\mu$ Planbefestigter Boden	Gleitreibungswert $\mu$ Spaltenboden
Milchvieh	0,40	0,30
Jung- Mastrinder	0,35	0,25
Kälber	0,30	0,20

Wander (1970) stellte fest, wenn eine Kuh geht das Verhältnis zwischen horizontaler und vertikaler Kraft zwischen 1:2 und 1:3 liegt. Dies bedeutet ein Gleitreibungskoeffizient von 0,33 bis 0,50 ist notwendig.

Webb und Clark (1981) geben für Kühe Gleitreibungskoeffizienten zwischen 0,2 und 0,6, mit extremen Schwankung während des Gehens, an.

In einer Untersuchung des Bewegungsverhaltens von Kühen auf Böden mit unterschiedlichen Oberflächen stellten Phillips und Morris (2001) fest, dass Kühe auf Böden mit einem Haftreibungskoeffizienten von kleiner 0,4  $\mu$  mit schnellen kurzen Schritten laufen. Wenn der Haftreibungskoeffizient auf 0,5  $\mu$  ansteigt, dann wächst die Schrittlänge und die Schrittfrequenz verringert sich. Sie folgern, dass der optimale Haftreibungskoeffizient zwischen 0,4 und 0,5  $\mu$  liegt.

Gjestang und Loken (1980) stellen fest, dass das Vorkommen von Ausrutschen bei Kühen in Anbindehaltung gering ist, wenn der Haftreibungskoeffizient 0,4 oder höher ist.

Im DLG Prüfprogramm für elastische Laufgangbeläge wird ein Gleitreibbeiwert  $\mu$  von 0,45 gefordert (DLG Prüfprogramm, 2004).

Bei sechs SignumTests (DLG Prüfberichte Nummer 5415, 5405, 5404, 5403, 5603, 5654) und vier FokusTests (DLG Prüfberichte Nummer 5355F, 5454F, 5512F, 5531F) von Laufflächenauflagen aus Gummi die vom Testzentrum für Technik und Betriebsmittel der Deutschen Landwirtschafts Gesellschaft durchgeführt wurden, wurde bei allen 10 getesteten Produkten ein Gleitreibbeiwert  $\mu$  über 0,45 gemessen.

Nilsson (1988) kommt zu dem Ergebnis, dass der Reibungskoeffizient 0,35 bis 0,40 sein sollte. Er hat im Labor verschiedene Böden in trockenem, nassen und mit Mist bedeckten Zustand gemessen. Bei harten Materialien war die Haftreibung immer höher als die Gleitreibung. Bei weichen Materialien wie Gummimatten und Liegeboxmatratzen war es umgekehrt.

### 3 Material, Tiere und Methode

Bei der Datenerhebung wurden verschiedene Einfluss- und Kenngrößen erhoben. Alle bei den durchgeführten Messungen eingesetzten Messgeräte und Prüfstände wurden vom Testzentrum für Technik und Betriebsmittel der Deutschen Landwirtschafts Gesellschaft e.V. zur Verfügung gestellt. Die Untersuchung lief parallel zu den vom DLG Testzentrum Technik und Betriebsmittel durchgeführten SignumTests.

#### 3.1 Messung Verformbarkeit/Elastizität

Um festzustellen wie verformbar oder elastisch die eingesetzten Laufgangauflagen sind wurde die Messung der Verformbarkeit in loser Anlehnung an die DIN EN ISO 2039-1 (2003) durchgeführt.

Die Messungen erfolgten mit einer kalibrierten Hydropuls-Werkstoff-Prüfmaschine der DLG. Mit einem gelenkigem zweigeteiltem runden Stahlfuß/künstlicher Kuhfuß (Durchmesser 105 mm, Aufstandsfläche etwa 70 cm<sup>2</sup> (entspricht der eines Kuhfußes) mit 5 mm breitem Ring an der Peripherie der Sohle, der die übrige Fläche 1 mm überragt, (Tragrand der Klaue), wurden 5 Eindruckversuche mit kontinuierlicher Kraftsteigerung von 660 N/min bis 2000 N/min durchgeführt, die Entlastung erfolgte in gleicher Richtung. Auf einem X Y- Schreiber wurde die Eindringtiefe wird in Abhängigkeit vom Auflagedruck graphisch dargestellt.



**Abbildung 7: Messung der Elastizität/Verformbarkeit mit der Hydropuls-Werkstoff-Prüfmaschine der DLG**

Um zu überprüfen, wie die Elastizität und Verformbarkeit der Laufgangauflagen sich nach mehrjährigem Praxiseinsatz verändern wird, wurde eine Dauertrittbelastung nach einem durch die Messtechnik des DLG-Testzentrums für Technik und Betriebsmittel entwickelten Verfahren durchgeführt.

Mit dem bereits zur Messung der Verformbarkeit eingesetzten Stahlfuß/künstlichen Kuhfuß wird eine Dauertrittbelastung auf dem Dauertrittbelastungsprüfstand mit 250.000 Wechselbelastungen bei 5.000 N durchgeführt, mit dem Ziel eine 10 jährige Belastung zu simulieren.



**Abbildung 8: Dauertrittbelastungsprüfstand der DLG**

Nach der Dauertrittbelastung wurden erneut 3 Eindruckversuche mit kontinuierlicher Kraftsteigerung von 660 N/min bis 2000 N/min durchgeführt, die Entlastung erfolgte in gleicher Richtung. Auf einem X Y- Schreiber wurde die Eindringtiefe in Abhängigkeit vom Auflagedruck graphisch dargestellt.



**Abbildung 9: künstlicher Kuhfuß der DLG**

### 3.2 Messung der Rutschfestigkeit

Die Überprüfung der Rutschfestigkeit der Laufgangauflagen und der Böden im Labor und in den Einsatzbetrieben erfolgte mit dem mobilen ComfortControl Prüfstand des DLG Testzentrums für Technik und Betriebsmittel.



Abbildung 10: DLG ComfortControl Mobil

Der Prüfstand kann wie folgt beschrieben werden:

In einem Metallrahmen befindet sich ein Servomotor, eine Lineareinheit, eine Kraftmessdose und ein Prüfgewicht mit angebautem Prüfkörper. Die gesamte Messelektronik zur Datenerfassung und Steuerung befindet sich in einem separaten Gehäuse. Dieses ist mit einem Bedien- und Beobachtungs-PC verbunden. Der Prüfstand ist an einem umgerüsteten Rasenmähertraktor angebaut.

Die Lineareinheit hat einen maximalen Hub von 550 mm, wobei die Länge der Messtrecke auf 350 mm festgelegt ist. An der Lineareinheit befindet sich das Prüfgewicht (10 kg) mit dem Prüfkörper. Der zylindrische Prüfkörper aus Polyamid hat einen Durchmesser von etwa 97 mm und entspricht somit der Größe einer durchschnittlichen Rinderklaue. An der Peripherie des Prüfkörpers befindet sich ein etwa 3 mm breiter Ring, der die übrige Fläche 1 mm überragt. Dadurch wird ähnlich einer Rinderklaue ein Tragrand simuliert.



**Abbildung 11: DLG Prüfgewicht mit Prüfkörper aus Polyamid**

Der belastete Prüfkörper wurde bei den Laufgangauflagen im Labor im Neuzustand (trocken und nass) und nach 3 Monaten Praxiseinsatz in den Praxisbetrieben mit 20 mm/s über die Laufgangauflagen gezogen (Messstrecke 350 mm, 450 Messpunkte). Die benötigte Zugkraft wurde mit der kalibrierten Kraftmessdose gemessen.

Die registrierten Zugkräfte wurden mit dem Aufstandsgewicht ins Verhältnis gesetzt und daraus der Haftreibbeiwert  $\mu_H$  und der Gleitreibbeiwert  $\mu_G$  berechnet.

Im Labor wurden im Neuzustand im trockenen und nassen Zustand jeweils fünf Messungen durchgeführt. In den Praxisbetrieben wurden an mind. 3 Punkten je Laufgang, insgesamt mind. an 12 Punkten im Stall, Messungen durchgeführt.

### **3.3 Klauenbonitierung und Klauenpflege**

Vor dem Einbau der Laufgangauflagen in den Einsatzbetrieben wurden die Klauen aller in den Liegeboxenlaufställen gehaltenen Kühe von einem professionellem Klauenpfleger mit Ausbildereignung im Rahmen einer normalen Klauenpflege (funktionelle Klauenpflege) untersucht, geschnitten und ggf. behandelt.

Alle untersuchten Klauen wurden nach dem neuen bundeseinheitlichen Diagnoseschlüssel (Fiedler 2004 b, Landmann, Herrmann 2007) bonitiert und erfasst. Die erste Bonitierung wurde zwei bis vier Wochen vor dem Einbau der Laufflächenauflagen durchgeführt. Drei Monate nach dem Einbau wurde eine zweite Bonitierung durchgeführt und nach weiteren sechs Monaten erfolgte die

dritte Bonitierung. Nur die Kühe die bei allen drei Terminen untersucht werden konnten wurden in die Auswertung einbezogen. Die Befunddefinition erfolgte durch den Autor vor Ort in Absprache mit dem Klauenpfleger. Die Datenerfassung erfolgte mit dem Protokollblatt Klauenbonitierung und Klauenform (Abb. 12). Die Grundlage bildete das Dokumentationsblatt des DLG Arbeitskreises für Klauenpflege und -hygiene (Feucker et al., 2004). Im Protokollblatt wurden die Befunde, die Bewertung des Tragrandes und die Dorsalwandlänge erfasst (siehe auch Material und Methode 3.4). Zusätzlich wurden vor der Klauenpflege und nach Ende der Klauenpflege bei jedem Tier zur Dokumentation die Klauen des rechten Hinterfußes mit einer Digitalkamera aufgenommen.

Bodenbelag		Betrieb:				Einbaudatum:			
Protokollführer:		Datum:				Blatt Nr.:			
		Klauenbefunde				Klauenform und Dorsalwandlänge			
Tier- Nummer Name	Hinten (H) Vorne (V)	Außen- aue ks	Innen- klaue links	Innen- klaue rechts	Außen- klaue rechts	li AK	li IK	re IK	re AK
	V								
	H								
	V								
	H								
	V								
	H								
	V								
	H								

Abbildung 12: Protokollblatt Klauenbonitierung und Klauenform

**Tabelle 9: Diagnoseschlüssel Klauenbonitierung**

Diagnoseschlüssel	Befund
<b>1 / RE</b>	Klauenrehe (Pododermatitis aseptica diffusa, Laminitis)
<b>1.1 / WLD</b>	Weißer-Linie-Defekt
<b>1.2 / WL</b>	Wandläsion (Pododermatitis septica circumscripta abaxialis, White Line Disease, Sohlenwandgeschwür)
<b>1.3 / DS</b>	Doppelte Sohle
<b>2 / BF</b>	Ballenhornfäule (Erosio unguales, Ballenhornerosion)
<b>3 / DID</b>	Klauenfäule (Dermatitis interdigitalis)
<b>4 / DD</b>	Mortellarosche Krankheit (Dermatitis digitalis)
<b>5 / PH</b>	Phlegmone (Schwellung des Fußes)
<b>5.1 / ZP</b>	Zwischenzehenphlegmone (Phlegmona interdigitalis, Zwischenklauennekrose)
<b>5.2 / SK</b>	Schwellung des Kronsaumes
<b>6 / SG</b>	Sohlengeschwür (Pododermatitis solearis circumscripta)
<b>6.1 / STG</b>	Steingalle (Druckstelle in typischer Lokalisation)
<b>6.2 / RSG</b>	Rusterholzsches Sohlengeschwür (Pododermatitis solearis circumscripta septica in typischer Lokalisation, Typisches Sohlengeschwür)
<b>6.3 / SSG</b>	Sohlenspitzengeschwür (Pododermatitis septica traumatica, Infektion der Lederhaut an der Klauenspitze)
<b>6.4 / KSG</b>	Klauensohlengeschwür in untypischer Lokalisation (Untypische Pododermatitis circumscripta septica)
<b>7 / LI</b>	Zwischenklauenwulst (Hyperplasia interdigitalis, Limax, Tylom)
<b>8 / HS</b>	Hornspalt (Fissura unguales verticalis/ longitudinalis, Sandrack) und Hornklüft (Fissura unguales horizontalis/ transversalis, Wandriss)
<b>9 / B/S</b>	Besonderheiten/Sonstiges (z.B. Deformationen des Hornschuhs, Verletzungen, Frakturen, Bärenatztzigkeit, Missbildungen)

Bei den Erkrankungen Mortellaro (DD), Ballenhornfäule (BF), Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG), Sohlenspitzen- und Klauensohlengeschwür (SSG) und Klauensohlengeschwür (KSG) wurde auch der Grad der Erkrankung mit 1 = geringgradig, 2 = mittelgradig und 3 = hochgradig erfasst.

**Tabelle 10: Grad der Erkrankungen**

Erkrankung/Befund	Grad der Erkrankung		
	1	2	3
Mortellaro (DD)	erste Anzeichen bis 1,5 cm Durchmesser	1,5 cm bis 2,5 cm Durchmesser	über 2,5 cm Durchmesser
Ballenhornfäule (BF)	Andeutungsweise V-Furchen	V-Furchen über gesamte Klauenbreite	zusätzlich: Ballenschwellung und/oder entzündliche Veränderung der Lederhaut
Steingalle/Druckstelle (STG)	Bis 0,5 cm Durchmesser (ca. Erbsengröße)	über 0,5 cm bis 1,5 cm Durchmesser	über 1,5 cm Durchmesser
Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG) Sohlenspitzen- und Klauensohlengeschwür (SSG) Klauensohlengeschwür (KSG)	bis 1 cm Durchmesser, Lederhautschädigung oberflächlich	über 1 cm Durchmesser, zum Teil nekrotische Veränderungen der Lederhaut	über 2,5 cm Durchmesser, tiefergehende nekrotische Veränderungen

Bei dem Befund der Klauenreihe wurde zwischen subklinischer/subakuter Klauenreihe, akuter/chronischer Klauenreihe sowie der Belastungs- und Druckreihe unterschieden.

### 3.4 Dorsalwandlänge der Klaue und Form des Tragrandes

Während der Klauenbonitierung wurde die Dorsalwandlänge der Klauen mit einer Lehre gemessen und die Form des Tragrandes bewertet. Dies erfolgte um eine Aussage über den Klauenzuwachs treffen zu können.

Die Dorsalwandlänge ist die Strecke an der Klauenrückenwand zwischen der Grenze von behaarter und unbehaarter Haut am Kronsaum bis zum Ende des Hornschuhs auf dem Boden. Der Zuwachs der Dorsalwandlänge wurde als Längenveränderung zwischen dem zweiten und dritten Klauenbonitierungstermin (Zeitraum sechs Monate) angegeben. Wobei bei jedem Klauenpflegetermin die Klauen, die eine Zunahme der Dorsalwandlänge hatten, auf die empfohlene Dorsalwandlänge von 7,5 cm zurückgeschnitten wurden. Demnach wurde von der gemessenen Dorsalwandlänge am dritten Untersuchungstermin die Länge von 7,5 cm abgezogen. Klauen die beim Untersuchungstermin kürzer als 7,5 cm waren wurden im Protokollblatt vermerkt und dann auch nur die gemessene kürzere Länge subtrahiert.

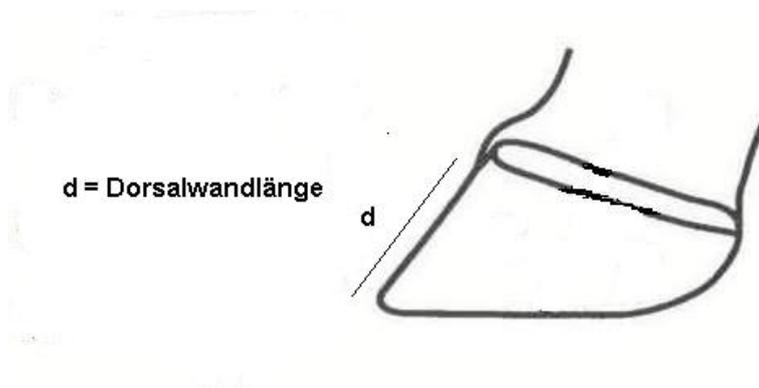


Abbildung 13. Dorsalwandlänge der Klaue

Die Dorsalwandlänge wurde im Protokollblatt Klauenbonitierung und Klauenform (Abb. 12) in cm angegeben. Die Form des Tragrandes wurde nach dem folgenden Bewertungsschema subjektiv erfasst.

**Tabelle 11: Bewertungsschema zur Beurteilung des Tragrandes**

<b>Ü 1</b>	1/3 der Tragrandwand ist überstehend
<b>Ü 2</b>	2/3 der Tragrandwand ist überstehend
<b>Ü 3</b>	Die gesamte Tragrandwand (3/3) ist überstehend
<b>plan</b>	Es ist weder ein überstehender Tragrand noch ein abgerundeter Tragrand feststellbar
<b>R 1</b>	1/3 der Tragrandwand ist abgerundet
<b>R 2</b>	2/3 der Tragrandwand ist abgerundet
<b>R 3</b>	Die gesamte Tragrandwand (3/3) ist abgerundet

### 3.5 Auswahl und Beschreibung der Betriebe

Die Auswahl der Betriebe erfolgte nach folgenden Gesichtspunkten:

- die Betriebe sollten mindestens 50 Milchkühe halten
- die Betriebe sollten Liegeboxenlaufställe mit ganzjährige Stallhaltung betreiben
- die Liegeboxen sollten als Tiefboxen mit Strohmatratze oder als Hochboxen mit weichen Liegeboxenbelag, möglichst mit Einstreu, ausgeführt sein
- die durchschnittliche Milchleistung pro Kuh und Jahr sollte mindestens 7500 Liter betragen
- die Betriebe sollten hinsichtlich des Managements vergleichbar sein
- die Betriebsleiter sollten die Bereitschaft haben Laufgangauflagen für den kompletten Laufbereich einzubauen

Um die Daten der Betrieb aufzunehmen wurde ein Erhebungsbogen (siehe Anhang) erstellt, der sowohl quantitative als auch qualitative Kriterien berücksichtigt.

In Tabelle 14 sind die Daten (Stand 2003/2004) der sechs Betriebe aufgeführt.

**Tabelle 12: Betriebsdaten (Stand 2003/2004) der sechs Praxisbetriebe**

	Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 3	Betrieb 4	Betrieb 5	Betrieb 6
Betriebsgröße ha	170	90	100	179	145	54
Anzahl Milchkühe	120	70	95	105	75	55
Rasse	FV/SB	SB	SB/RB/BV	SB	SB	RB
Durchschnittliche Milchleistung kg	9000	9500	10.000	7500	8500	7500
ganzzährige Stallhaltung	ja	Ja	ja	ja	ja	Ja
Baujahr des Stalls	1997	2000	1995	1997	1998	1994
Anzahl Laufgänge	3	3	3	2	5	2
Art der Lauffläche	Planbefestigt Gussasphalt	Planbefestigt Gussasphalt	Planbefestigt Gussasphalt	Planbefestigt Beton	Spaltenboden (Flächenelemente/Digoboden)	Spaltenboden (Zwillingsbalken)
Schlitzweite bei Spaltenboden					3,2 cm	3,5 cm
Einbau der Laufgangauflagen	Oktober 2003	September 2003	Dezember 2003	März 2004	August 2003	Dezember 2004
Lauffläche m <sup>2</sup>	480	340	350	240	360	210
Art der Liegeboxen	Tiefbox mit Kalk/Stroh	Hochbox mit Gummimatte und Einstreu	Hochbox mit Matratze und Einstreu	Hochbox mit Gummimatte und Einstreu	Hochbox mit Matratze und Einstreu	Hochbox mit Gummimatte und Einstreu

### 3.6 Beschreibung der Laufgangauflagen

Die in den Betrieben eingebauten Laufgangauflagen bestehen alle aus Gummi, unterscheiden sich jedoch in ihrem Aufbau und der Art der Verlegung.

- **Produkt A – eingebaut in Betrieb 1**

Schwarze profilierte Gummimatte 24 mm dick; Oberfläche mit Grippprofil. Unterseite Noppenstruktur (Höhe der Noppen 5 mm) mit Schmutzsperr (alle 30 cm) und verstärktem Puzzlebereich. Die Matten werden in Puzzle-Verzahnung verlegt und mit acht Edelstahl Nageldübeln mit Unterlegscheiben an vorgegebenen Stellen befestigt.

Technische Daten:

Länge	1250 mm
Breite	960 bis 3500 mm in 2 cm Schritten
Dicke	24 mm
Gewicht, je m <sup>2</sup>	ca. 22 kg



Abbildung 14: Produkt A Oberfläche



Abbildung 15: Produkt A Unterseite mit Noppen

- **Produkt B – eingebaut in Betrieb 2**

Schwarze profilierte Gummimatte 15 mm dick; Oberfläche mit „Waffelprofil“. Unterseite mit Noppen in zwei Größen (Höhe der Noppen 5 mm). Verlegung als Bahnenware, nur an der Außenseite wird der Belag mit einem Edelstahl Schlagdübel pro Meter befestigt.

Technische Daten:

Länge	bis 100 m
Breite	80 bis 200 cm

Dicke	18 mm
Gewicht, je m <sup>2</sup>	ca. 12 kg



Abbildung 16: Produkt B Oberfläche



Abbildung 17: Produkt B Unterseite mit Noppen

- **Produkt C – eingebaut in Betrieb 3**

Schwarze profilierte Gummimatte 18 mm dick; Oberfläche mit Hammerschlagprofil. Unterseite Rillenprofil mit 4 mm Tiefe. Die Matten werden in Puzzle-Verzahnung ohne Befestigung schwimmend verlegt. Nur an der Laufschiene des Entmistungsschiebers wird beidseitig eine Kunststoffschiene angeschraubt.

Technische Daten:

Länge	1780 mm
Breite	320 bis 1160 mm
Dicke	18 mm
Gewicht, je m <sup>2</sup>	ca. 22 kg



Abbildung 18: Produkt C Oberfläche

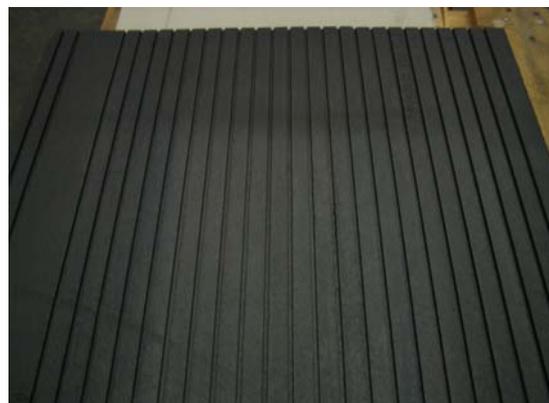


Abbildung 19: Produkt C Unterseite mit Rillen

- **Produkt D – eingebaut in Betrieb 4**

Schwarze profilierte Gummimatte 18 mm dick; Oberfläche mit Mabogrip Profil. Unterseite Noppenstruktur (Halbkugelnoppen Durchmesser 18 mm, Höhe der Noppen 5 mm) mit Puzzlebereich in voller Mattenstärke. An der Schieberschiene 19,4 cm breite Matten in voller Mattenstärke ohne Noppen. Die Matten werden in Puzzle-Verzahnung schwimmend verlegt. Es werden nur die 19,4 cm breiten Matten an der Schieberschiene und die letzten Matten kanalseitig an vorgegebenen Stellen mit Edelstahl Senkkopfschrauben und Dübeln befestigt.

Technische Daten:

Länge	1163 mm
Breite	775 mm
Dicke	18 mm
Gewicht, je m <sup>2</sup>	ca. 20 kg



Abbildung 20: Produkt D Oberfläche



Abbildung 21: Produkt D Unterseite mit Noppen

- **Produkt E – eingebaut in Betrieb 5**

Schwarze profilierte Spaltenbodenauflage aus Gummi 24 mm dick; Oberfläche mit Grippprofil.

Unterseite Noppenstruktur (Höhe der Noppen 5 mm;). Voraussetzung für einen problemlosen Einbau ist, dass die Laufflächenauflage genau zu den im Stall verlegten Spaltenbodenelementen passt. Hierzu ist ein exaktes Vermessen des Spaltenbodens vor Ort erforderlich. Nachdem die Matten auf die Spaltenbodenelemente gelegt wurden, ist darauf zu achten, dass die Schlitze der Auflage exakt mit den Schlitzen des Spaltenbodenelements übereinstimmen. Danach werden die Fixierungselemente aus Gummi durch die im Belag vorgesehenen Aussparungen in den darunter liegenden Spalt geschlagen.

Technische Daten:

Länge	max. 3500 mm
Breite	max. 1300 mm
Dicke	24 mm
Gewicht, je m <sup>2</sup>	je nach Schlitzanteil ca. 15,5 kg



Abbildung 22: Produkt E Oberfläche mit Fixierungselement



Abbildung 23: Produkt E Unterseite mit Noppen

- **Produkt F – eingebaut in Betrieb 6**

Schwarze profilierte Spaltenbodenauflage aus Gummi 18 bis 22 mm dick; mit integriertem Gefälle auf den Auftrittsflächen (Höhe der Matte in der Mitte der Auftrittsfläche 22 mm und am Schlitz 18 mm). Oberfläche mit Rautenmuster, Unterseite ohne Profilierung. Verlegung als Einzelmatten. Nachdem die Matten auf die Einzel- oder Zwillingsbalken gelegt wurden, werden die Befestigungsnoppen auf der Unterseite der Matten in den darunter liegenden Spalt geschlagen.

Technische Daten:

Länge	max. 2,2 m
Breite	254 bis 340 mm
Dicke	18 bis 22 mm
Gewicht, je m <sup>2</sup>	ca. 21,2 kg



Abbildung 24: Produkt F Oberfläche



Abbildung 25: Produkt F Unterseite mit Befestigungsnoppen

### 3.7 Statistische Auswertung

Die quantitativen als auch qualitativen Daten die im Rahmen der Messungen und Klauenbonitierungen erhoben wurden, wurden nach Eingabe und Aufbereitung in verschiedenen Rechendurchläufen statistisch beschrieben und analysiert.

Die Auswertung der Daten erfolgte unter Verwendung des Statistikprogramms SPSS für Windows Version 15. Es wurden im Rahmen der deskriptiven Statistik Tests durchgeführt und je nach Fragestellung und Datenverteilung folgende Testverfahren angewandt:

- Chi-Quadrat Test nach Pearson (Chi-Quadrat Unabhängigkeitstest in Kontingenztafeln)
- Mittelwertvergleich mittels T-Test bei unabhängigen Stichproben

Signifikanzen werden dabei wie folgt bezeichnet:

$p \leq 0,001$ : höchstsignifikant

$p \leq 0,01$ : hochsignifikant

$p \leq 0,05$ : signifikant

$p > 0,05$ : nicht signifikant (n.s.)

Wie unter 3.1. beschrieben wurde die erste Klauenbonitierung zwei bis vier Wochen vor dem Einbau der Laufflächenauflagen durchgeführt. Drei Monate nach dem Einbau wurde eine zweite Bonitierung durchgeführt. Dies erfolgte um festzustellen, ob nach dieser relativ kurzen Zeit schon Einflüsse der Haltung auf Gummiboden festzustellen sind. Nach weiteren sechs Monaten erfolgte die dritte Bonitierung. Dieser Zeitraum wurde bewusst gewählt, da bei Haltung in

Laufställen eine zweimalige Klauenpflege pro Jahr (also alle sechs Monate) empfohlen wird.

In allen sechs Betrieben wurden die Kühe die trocken gestellt wurden in anderen Stallbereichen ohne Gummiboden aufgestallt. Aber nur die Kühe die, während des Untersuchungszeitraums auf Gummilaufflächen gehalten wurden, konnten in die Auswertung einbezogen werden. Somit hat sich durch das Trockenstellen der Kühe und z.B. durch Verkauf und Selektion von Kühen, die Anzahl der für die Auswertung zur Verfügung stehenden Tieren von 434 Tieren vor dem Einbau auf 330 Tiere nach drei Monaten und auf 222 Tiere nach neun Monaten reduziert. Auf einen weiteren vierten Untersuchungstermin wurde verzichtet, denn dann wäre nur eine sehr geringe Anzahl von Tieren, die während des kompletten Untersuchungszeitraums auf den Laufgangauflagen aus Gummi gehalten wurden, zur Verfügung gestanden.

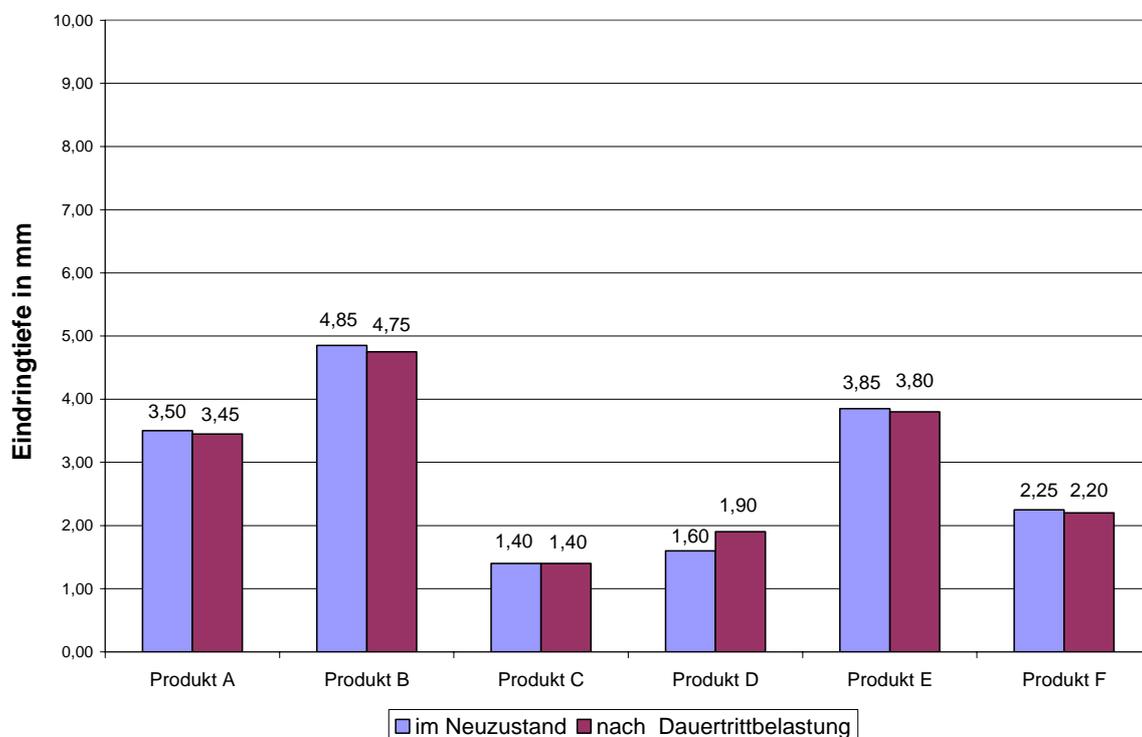
## 4 Eigene Untersuchungen – Ergebnisse

### 4.1 Ergebnisse Messung der Verformbarkeit

Die sechs untersuchten Gummimatten unterscheiden sich wie beschrieben in ihrem Aufbau. Die Matten haben eine unterschiedliche Dicke (18 bis 24 mm) und eine unterschiedliche Profilierung sowohl auf der Oberseite als auch auf der Unterseite. Vier Matten (Produkte A, B, D und E) haben unterschiedlich hohe Noppen auf der Unterseite, Produkt C hat Rillen auf der Unterseite und Produkt F hat keine Profilierung auf der Unterseite.

In Abbildung 26 ist die Eindringtiefe (Mittelwert aus jeweils 5 Messungen) des zur Messung verwendeten künstlichen Kuhfußes bei einer Eindringkraft von 2000 N dargestellt. Die Messungen erfolgten sowohl im Neuzustand als auch nach einer Dauertrittbelastung mit 250.000 Tritten bei 5000 N Belastung. Durch die Dauertrittbelastung wurde eine etwa zehnjährige Belastung simuliert um zu ermitteln wie sich die Verformbarkeit verändert.

**Verformbarkeit der sechs untersuchten Laufgangauflagen bei einer Eindringkraft von 2000 N vor und nach der Dauertrittbelastung**



**Abbildung 26: Verformbarkeit der sechs untersuchten Laufgangauflagen im Neuzustand und nach der Dauertrittbelastung**

Dass sowohl die Materialdicke, die Gummimischung aber auch die Profilierung auf der Unterseite einen Einfluss auf die Verformbarkeit der Laufgangauflagen hat zeigen die Messergebnisse.

Die Produkte A, B und E haben Noppen auf der Unterseite und zeigen die größte Eindringtiefe. Aber auch die Gummimischung dieser Produkte kann als vergleichsweise weich bezeichnet werden.

Dass die Gummimischung einen deutlichen Einfluss hat zeigen die Ergebnisse von Produkt D. Denn auch Produkt D hat Noppen auf der Unterseite und eine Materialdicke wie Produkt B, jedoch ist die Verformbarkeit deutlich geringer.

Dass die Verformbarkeit von den Produkten C und F geringer ist mag auch hier an der Gummimischung und an dem Fehlen einer Profilierung auf der Unterseite (Produkt F) bzw. an der Profilierung nur mit Rillen (Produkt C) liegen. Auffallend ist jedoch, dass Produkt F auch ohne Profilierung eine größere Verformbarkeit als die Produkte C und D aufweist. Eine mögliche Erklärung ist, dass auch hier eine weichere Gummimischung verwendet wurde.

Sehr positiv ist, dass auch nach der Dauertrittbelastung die Verformbarkeit bei allen Produkten annähernd gleich geblieben ist. Dies lässt den Schluss zu, dass die Produkte über einen langen Zeitraum diese Verformbarkeit bieten und im Verlauf der durchgeführten Klauenuntersuchungen die Verformbarkeit sich nicht verändert hat.

## 4.2 Ergebnisse Messung der Rutschfestigkeit

Die Messung der Rutschfestigkeit im Labor wurde im Neuzustand sowohl im trockenen als auch nassen Zustand durchgeführt. Es wurden der Haftreibungskoeffizient und der Gleitreibungskoeffizient gemessen.

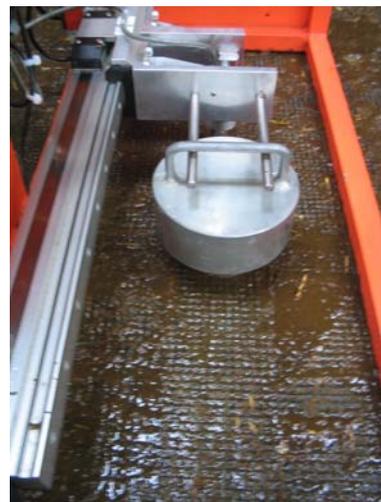
Da es sich bei Produkt E um einen Laufgangauflage für Spaltenböden handelt wurden die Messungen sowohl auf der Auftrittsfläche als auch bei 50% Schlitzanteil durchgeführt.

Bei Produkt F handelt es sich auch um eine Laufgangauflage für Spaltenböden, da das Produkt ein integriertes Gefälle hat (in der Mitte der Auftrittsfläche 24 mm Materialdicke und am Rand nur 18 mm) sind Messungen mit dem vorhandenen Prüfkörper nur bedingt aussagekräftig. Denn der Prüfkörper besteht, wie beschrieben, aus einer Polyamidscheibe die plan und starr ist und bei einer Messung sitzt diese Scheibe nur an den Rändern auf dem Material auf. Der Fuß des Rindes besteht jedoch aus zwei beweglichen Klauen und kann in diesem Fall eine deutlich größere Kontaktfläche zum Boden herstellen. Messungen bei 50% Schlitzanteil bringen deshalb mit dem vorhandenen Prüfkörper keine zuverlässigen Ergebnisse.

In der folgenden Tabelle 13 sind die Mittelwerte (aus zehn Messungen) und die Minimum- und Maximumwerte für den Haftreibungskoeffizienten  $\mu_H$  gemessen im Labor und nach 3 Monaten im Praxisbetrieb, bei geringer bzw. starker Verschmutzung, dargestellt.



**Abbildung 27: Messung Rutschfestigkeit bei starker Verschmutzung**



**Abbildung 28: Messung Rutschfestigkeit bei geringer Verschmutzung**

**Tabelle 13: Haftreibungskoeffizienten  $\mu_H$  der sechs Laufgangauflagen im Neuzustand (trocken und nass) und nach 3 Monaten Praxiseinsatz**

Produkt	Mittlerer Haftreibungskoeffizient $\mu_H$ Neuzustand trocken	Mittlerer Haftreibungskoeffizient $\mu_H$ Neuzustand nass	Mittlerer Haftreibungskoeffizient $\mu_H$ Im Praxisbetrieb geringe Verschmutzung	Mittlerer Haftreibungskoeffizient $\mu_H$ Im Praxisbetrieb starke Verschmutzung
A	0,91 (Min.: 0,86, Max.: 0,95)	0,92 (Min.: 0,89, Max.: 0,95)	0,63 (Min.: 0,58, Max.: 0,74)	0,60 (Min.: 0,56, Max.: 0,63)
B	0,83 (Min.: 0,81, Max.: 0,85)	0,87 (Min.: 0,81, Max.: 0,90)	0,61 (Min.: 0,59, Max.: 0,65)	0,58 (Min.: 0,57, Max.: 0,58)
C	0,57 (Min.: 0,55, Max.: 0,59)	0,59 (Min.: 0,54, Max.: 0,62)	0,55 (Min.: 0,53, Max.: 0,58)	0,53 (Min.: 0,49, Max.: 0,58)
D	0,87 (Min.: 0,85, Max.: 0,90)	0,85 (Min.: 0,82, Max.: 0,87)	0,75 (Min.: 0,72, Max.: 0,78)	0,70 (Min.: 0,68, Max.: 0,72)
E (Auftrittsfläche)	0,85 (Min.: 0,83, Max.: 0,88)	0,87 (Min.: 0,85, Max.: 0,95)	0,52 (Min.: 0,46, Max.: 0,62)	0,48 (Min.: 0,42, Max.: 0,52)
E (50% Schlitzanteil)	0,77 (Min.: 0,75, Max.: 0,78)	0,78 (Min.: 0,76, Max.: 0,79)	0,51 (Min.: 0,45, Max.: 0,60)	0,45 (Min.: 0,40, Max.: 0,50)
F (Auftrittsfläche)	0,94 (Min.: 0,93, Max.: 0,95)	0,88 (Min.: 0,87, Max.: 0,88)	0,70 (Min.: 0,68, Max.: 0,72)	0,68 (Min.: 0,65, Max.: 0,70)

Bei allen Produkten liegen die Haftreibungskoeffizienten  $\mu_H$  sowohl im Labor als auch in der Praxis über 0,45  $\mu$ . Wobei bei den Messungen im Labor mit Matten im Neuzustand, sowohl im trockenen wie auch nassen Zustand, deutlich höhere Haftreibungskoeffizienten gemessen wurden als in der Praxis. Die Messwerte liegen hier zwischen 0,55 und 0,94  $\mu_H$ . Bei verschmutzten Matten in den Praxisbetrieben liegen die Messwerte der Haftreibungskoeffizienten zwischen 0,45 und 0,75  $\mu_H$ .

Auffallend ist, dass bei Produkt E die Messwerte bei 50% Schlitzanteil kaum geringer sind als die Messwerte bei voller Auftrittsbreite.

Bis auf Produkt C wird der Haftreibungskoeffizient bei verschmutzten Matten in den Praxisbetrieben um mindestens 0,10 (bei Produkt D) bis zu 0,39  $\mu_H$  (bei Produkt

E) verringert. Nur bei Produkt C verringert sich der Haftreibungskoeffizient nur minimal um 0,02 bis zu 0,06  $\mu_H$ .

In Tabelle 14 sind die Mittelwerte (aus zehn Messungen mit je 450 Messpunkten) und die Minimum- und Maximumwerte für den Gleitreibungskoeffizienten  $\mu_G$  gemessen im Labor und nach 3 Monaten im Praxisbetrieb bei geringer bzw. starker Verschmutzung dargestellt.

**Tabelle 14: Gleitreibungskoeffizienten  $\mu_G$  der sechs Laufgangauflagen im Neuzustand (trocken und nass) und nach 3 Monaten Praxiseinsatz**

Produkt	Mittlerer Gleitreibungskoeffizient $\mu_G$ Neuzustand trocken	Mittlerer Gleitreibungskoeffizient $\mu_G$ Neuzustand nass	Mittlerer Gleitreibungskoeffizient $\mu_G$ Im Praxisbetrieb geringe Verschmutzung	Mittlerer Gleitreibungskoeffizient $\mu_G$ Im Praxisbetrieb starke Verschmutzung
A	0,94 (Min.: 0,92, Max.: 0,97)	0,96 (Min.: 0,96, Max.: 0,97)	0,61 (Min.: 0,57, Max.: 0,64)	0,57 (Min.: 0,54, Max.: 0,58)
B	0,93 (Min.: 0,90, Max.: 0,97)	0,88 (Min.: 0,86, Max.: 0,90)	0,59 (Min.: 0,54, Max.: 0,63)	0,55 (Min.: 0,53, Max.: 0,58)
C	0,53 (Min.: 0,52, Max.: 0,55)	0,55 (Min.: 0,53, Max.: 0,56)	0,59 (Min.: 0,58, Max.: 0,60)	0,55 (Min.: 0,50, Max.: 0,58)
D	0,82 (Min.: 0,80, Max.: 0,85)	0,84 (Min.: 0,82, Max.: 0,87)	0,77 (Min.: 0,76, Max.: 0,78)	0,69 (Min.: 0,64, Max.: 0,72)
E (Auftrittsfläche)	0,83 (Min.: 0,78, Max.: 0,86)	0,81 (Min.: 0,77, Max.: 0,84)	0,50 (Min.: 0,46, Max.: 0,52)	0,47 (Min.: 0,42, Max.: 0,50)
E (50% Schlitzanteil)	0,72 (Min.: 0,71, Max.: 0,73)	0,78 (Min.: 0,75, Max.: 0,79)	0,49 (Min.: 0,47, Max.: 0,50)	0,52 (Min.: 0,50, Max.: 0,53)
F (Auftrittsfläche)	0,85 (Min.: 0,83, Max.: 0,87)	0,78 (Min.: 0,75, Max.: 0,80)	0,66 (Min.: 0,63, Max.: 0,68)	0,61 (Min.: 0,59, Max.: 0,63)

Bei allen Produkten liegen die Mittleren Gleitreibungskoeffizienten  $\mu_G$  sowohl im Labor als auch in der Praxis über 0,47  $\mu$ . Wobei bei den Messungen im Labor mit Matten im Neuzustand, sowohl im trockenen wie auch nassen Zustand, bis auf Produkt C deutlich höhere Gleitreibungskoeffizienten gemessen wurden als in der Praxis. Die Messwerte liegen hier zwischen 0,53 und 0,96  $\mu_G$ . Bei verschmutzten Matten in

den Praxisbetrieben liegen die Messwerte der Gleitreibungskoeffizienten zwischen 0,47 und 0,77  $\mu_H$ .

Auffallend ist auch bei der Messung des Gleitreibungskoeffizienten, dass bei Produkt E die Messwerte bei 50% Schlitzanteil kaum von den Messwerten bei voller Auftrittsbreite abweichen.

Bis auf Produkt C wird der Gleitreibungskoeffizient um mindestens 0,05 (bei Produkt D) bis zu 0,38  $\mu_G$  (bei Produkt B) verringert. Nur bei Produkt C werden im Praxisbetrieb annähernd die gleichen bzw. sogar etwas höhere Gleitreibungskoeffizienten gemessen.

Die im Anhang aufgeführten Abbildungen 32 bis 59 zeigen für jedes Produkt eine der zehn durchgeführten Messungen im Praxisbetrieb nach drei Monaten Praxiseinsatz bei geringer und starker Verschmutzung. Vom Auswerteprogramm werden, nach einer durchgeführten Messung, in zwei Diagrammen sowohl die aufgezeichneten Messwerte als auch die Klassierung und Normalverteilung der Messwerte mit Angabe der Streuung und des Variationskoeffizienten erstellt.

#### **4.2.1 Einfluss der Verformbarkeit des Gummis auf die Rutschfestigkeit der Laufgangauflagen**

Die Messung der Verformbarkeit der sechs Laufgangauflagen hat, wie unter Punkt 4.1 beschrieben, ergeben, dass drei Laufgangauflagen (Produkte C, D und F) eine relativ geringe Verformbarkeit von nur 1,4 bis 2,2 mm und drei Laufgangauflagen (Produkte A, B und E) eine relativ große Verformbarkeit von 3,45 bis 4,85 mm aufweisen.

Um festzustellen ob die Verformbarkeit einer Laufgangauflage aus Gummi Einfluss auf die Rutschfestigkeit der Laufgangauflagen hat wurden zwei Gruppen gebildet. Es wurde mit den Laufgangauflagen C, D und F die Gruppe „harter Gummi“ gebildet und mit den Laufgangauflagen A, B und E die Gruppe „weicher Gummi“ gebildet. Die folgende Tabelle 15 zeigt den mittels T-Test durchgeführten Mittelwertvergleich der gemessenen Haft- und Gleitreibungskoeffizienten in den Gruppen weicher und harter Gummi. Bei den Produkten E und F wurden nur die auf der Auftrittfläche gemessenen Reibkoeffizienten berücksichtigt.

**Tabelle 15: Mittelwertvergleich der Haft-  $\mu_H$  und Gleitreibungskoeffizienten  $\mu_G$  der Laufgangauflagen mit weichem und hartem Gummi im Neuzustand (trocken und nass) und nach 3 Monaten Praxiseinsatz (leicht und stark verschmutzt)**

Reibkoeffizient	Verformbarkeit	Anzahl Produkte	Mittelwerte $\mu_H$ und $\mu_G$	Standardabweichung	Signifikanz
Haftreibungskoeffizient trocken	weich	3	0,86	0,041	n.s.
	hart	3	0,79	0,196	
Haftreibungskoeffizient nass	weich	3	0,88	0,028	n.s.
	hart	3	0,77	0,159	
Haftreibungskoeffizient leicht verschmutzt	weich	3	0,58	0,058	n.s.
	hart	3	0,66	0,104	
Haftreibungskoeffizient stark verschmutzt	weich	3	0,55	0,064	n.s.
	hart	3	0,63	0,092	
Gleitreibungskoeffizient trocken	weich	3	0,90	0,060	n.s.
	hart	3	0,73	0,176	
Gleitreibungskoeffizient nass	weich	3	0,88	0,075	n.s.
	hart	3	0,72	0,153	
Gleitreibungskoeffizient leicht verschmutzt	weich	3	0,56	0,058	n.s.
	hart	3	0,67	0,090	
Gleitreibungskoeffizient stark verschmutzt	weich	3	0,53	0,052	n.s.
	hart	3	0,61	0,070	

Der Mittelwertvergleich zeigt, dass es zwischen Laufgangauflagen aus hartem oder weichem Gummi bezüglich der gemessenen Haft- oder Gleitreibungskoeffizienten, im Neuzustand (trocken und nass) und nach 3 Monaten Praxiseinsatz (leicht und stark verschmutzt), keine signifikanten Unterschiede gibt.

#### 4.2.2 Einfluss der Bodengestaltung auf die Rutschfestigkeit der Laufgangauflagen

Um festzustellen ob die Bodengestaltung planbefestigt bzw. geschlossen oder perforiert Einfluss auf die Rutschfestigkeit der Laufgangauflagen aus Gummi hat wurden zwei Gruppen gebildet. Die Laufgangauflagen E und F bilden die Gruppe perforiert (Spaltenboden) und die Laufgangauflagen A, B, C und D bilden die Gruppe geschlossen.

Die folgende Tabelle 16 zeigt den mittels T-Test durchgeführten Mittelwertvergleich der gemessenen Haft- und Gleitreibkoeffizienten in den Gruppen geschlossener und perforierter Boden. Bei den Produkten E und F wurden nur die auf der Auftrittsfläche gemessenen Reibkoeffizienten berücksichtigt.

**Tabelle 16: Mittelwertvergleich der Haft-  $\mu_H$  und Gleitreibkoeffizienten  $\mu_G$  der geschlossenen und perforierten Laufgangauflagen im Neuzustand (trocken und nass) und nach 3 Monaten Praxiseinsatz (leicht und stark verschmutzt)**

Reibkoeffizient	Bodengestaltung	Anzahl Produkte	Mittelwerte $\mu_H$ und $\mu_G$	Standardabweichung	Signifikanz
Haftreibkoeffizient trocken	geschlossen	4	0,79	0,153	n.s.
	perforiert	2	0,89	0,063	
Haftreibkoeffizient nass	geschlossen	4	0,80	0,147	n.s.
	perforiert	2	0,87	0,007	
Haftreibkoeffizient leicht verschmutzt	geschlossen	4	0,63	0,083	n.s.
	perforiert	2	0,61	0,127	
Haftreibkoeffizient stark verschmutzt	geschlossen	4	0,60	0,071	n.s.
	perforiert	2	0,58	0,141	
Gleitreibkoeffizient trocken	geschlossen	4	0,80	0,191	n.s.
	perforiert	2	0,84	0,014	
Gleitreibkoeffizient nass	geschlossen	4	0,80	0,178	n.s.
	perforiert	2	0,79	0,021	
Gleitreibkoeffizient leicht verschmutzt	geschlossen	4	0,64	0,087	n.s.
	perforiert	2	0,58	0,113	
Gleitreibkoeffizient stark verschmutzt	geschlossen	4	0,59	0,067	n.s.
	perforiert	2	0,54	0,098	

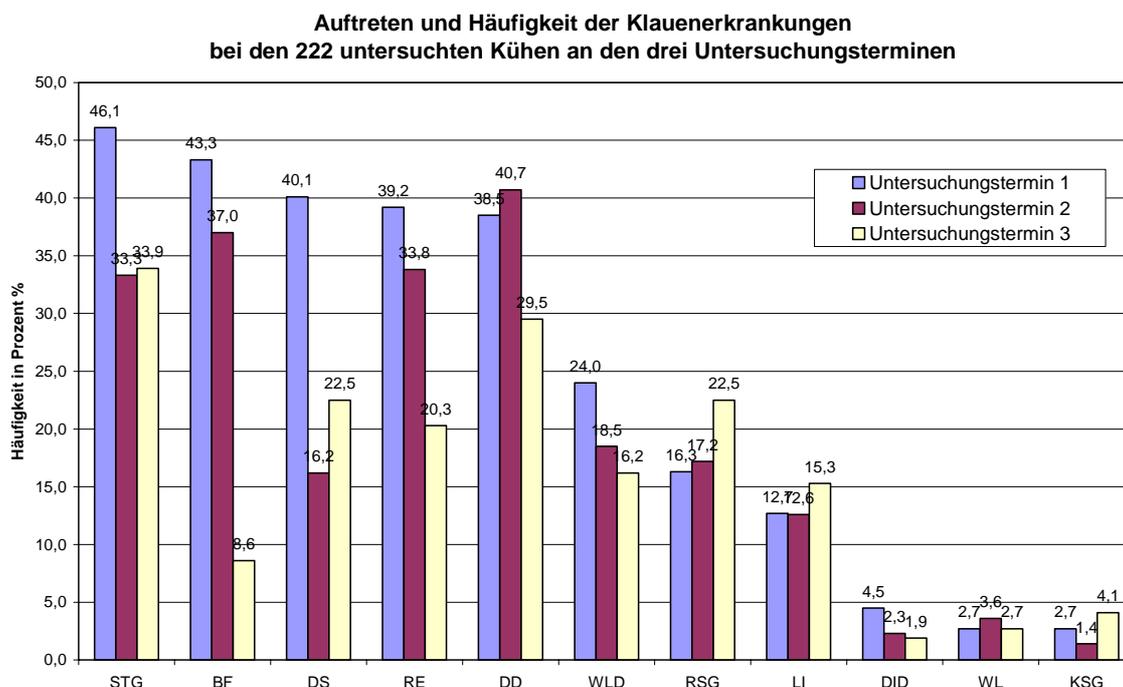
Der Mittelwertvergleich zeigt, dass es zwischen geschlossenen und perforierten Laufgangauflagen aus Gummi bezüglich der gemessenen Haft- oder

Gleitreibungskoeffizienten, im Neuzustand (trocken und nass) und nach 3 Monaten Praxiseinsatz (leicht und stark verschmutzt), keine signifikanten Unterschiede gibt.

### 4.3 Entwicklung und Veränderung der Klauenerkrankungen

#### 4.3.1 Auftreten und Häufigkeit der Klauenerkrankungen

In Abbildung 29 ist dargestellt, wie häufig die Klauenerkrankungen bei den 222 untersuchten Kühen an den drei Untersuchungsterminen (vor Einbau (Untersuchungstermin 1), drei Monate (Untersuchungstermin 2) und neun Monate (Untersuchungstermin 3) nach Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi) auftraten. Es wurden hierzu alle Befunde unabhängig vom Grad der Erkrankung addiert.



**Abbildung 29: Auftreten und Häufigkeiten der Klauenerkrankungen bei den 222 untersuchten Kühen an den drei Untersuchungsterminen**

Die Befunde Klauenrehe RE (39,2%), Doppelte Sohle DS (40,1%), Ballenhornfäule BF (43,3%), Mortellarosche Krankheit DD (38,5%) und Steingalle STG (46,1%) treten am häufigsten bei den 222 untersuchten Kühen vor dem Einbau der Laufgangauflagen (Untersuchungstermin 1) auf. Der Befund STG ist mit einer Häufigkeit von 46,1 % vor dem Einbau der Laufgangauflagen (Untersuchungstermin 1) und mit 33,9 % neun Monate nach Einbau der

Laufgangauflagen (Untersuchungstermin 3) der am häufigsten auftretende Befund bei den 222 untersuchten Kühen.

Bei diesen fünf Befunden nimmt die Häufigkeit im Verlauf der Untersuchung ab, wobei der Rückgang beim Befund Ballenhornfäule BF von 43,3% auf 8,6% neun Monate nach Einbau der Laufgangauflagen (Untersuchungstermin 3) am deutlichsten ist.

Die Befunde Weiße Linien Defekt (WLD), Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG), Zwischenklauenwulst (LI) treten vor dem Einbau der Laufgangauflagen (Untersuchungstermin1) mit 24,0 % (WLD), 16,3 % (RSG ) und 12,7 % (LI) bei den untersuchten 222 Kühe auf. Beim Befund WLD nimmt die Häufigkeit im Verlauf der Untersuchung von 24,0% auf 16,2 % neun Monate nach Einbau der Laufgangauflagen (Untersuchungstermin 3) ab. Bei den Befunden RSG und LI nimmt die Häufigkeit im Verlauf der Untersuchung von 16,3 % auf 22,5 % (RSG) und von 12,7 % auf 15,3 % (LI) neun Monate nach Einbau der Laufgangauflagen (Untersuchungstermin 3) zu.

Die Befunde Wandläsion (WL), Klauenfäule (DID) und Klauensohlengeschwür (KSG) treten vor dem Einbau der Laufgangauflagen (Untersuchungstermin1) vergleichsweise gering auf, weniger als 5 % der untersuchten 222 Kühe haben diese Befunde. Beim Befund WL bleibt die Häufigkeit im Verlauf der Untersuchung etwa gleich. Beim Befund KSG nimmt die Häufigkeit im Verlauf der Untersuchung von 2,7 % auf 4,1 % zu und beim Befund DID nimmt die Häufigkeit im Verlauf der Untersuchung von 4,5 % auf 1,9 % ab.

Um festzustellen, ob die Veränderungen bei den einzelnen Befunden durch die Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi, durch die Verformbarkeit des Gummis oder die Ausführung der Lauffläche (planbefestigt oder perforiert) beeinflusst wird, wurden die jeweiligen Befunde der acht Klauen pro Tier addiert und in drei Gruppen unterteilt.

Die erste Gruppe Befund 0 beinhaltet alle Tiere, die an allen acht Klauen keinen Befund aufweisen. Die zweite Gruppe Befund 1 (Tiere mit geringgradigem Befund) beinhaltet alle Tiere, die den jeweiligen Befund nur an einer Klaue und/oder den Befund nur im geringsten Grad (Grad 1) an einer Klaue aufweisen. Die dritte Gruppe Befund 2 (Tiere mit mittelgradigem bis hochgradigem Befund) beinhaltet alle Tiere die den jeweiligen Befund an mehr als einer Klaue und/oder in mittelgradiger (Grad 2) oder hochgradiger (Grad 3) Ausprägung aufweisen.

Nicht ausgewertet wurden die Befunde Hornspalt (HS), Phlegmone (PH), Zwischenzehenphlegmone (ZP), Sohlenspitzeneschwür (SSG) und Besonderheiten (B/S), da sie nur in sehr geringer Anzahl (HS einmal, PH sechsmal, ZP viermal, (SSG) achtmal, B/S fünfmal) auftraten.

#### 4.3.2 Entwicklung der Klauenerkrankungen bei Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi

##### 4.3.2.1 Klauenreihe (RE)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Klauenreihe (RE) bei den 222 untersuchten Tieren in den drei Befundklassen an den drei Untersuchungsterminen, vor Einbau (Untersuchungstermin 1), drei Monate (Untersuchungstermin 2) und neun Monate (Untersuchungstermin 3) nach Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi, ist in Tabelle 17 dargestellt.

**Tabelle 17: Entwicklung des Befundes Klauenreihe (RE) in den drei Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen**

Untersuchungs-termin	Befund 0 in %	Befund 1 RE in %	Befund 2 RE in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	60,8	3,2	36,0	222	P <sub>≤</sub> 0,001
2	66,2	6,3	27,5	222	
3	79,7	5,4	14,9	222	
Gesamt	68,9	5,0	26,1	666	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Klauenreihe (RE) an den drei Untersuchungsterminen höchstsignifikante Unterschiede.

Vor dem Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi waren 60,8 % der untersuchten Tiere ohne Befund. Über den gesamten Untersuchungszeitraum gibt es eine deutliche Zunahme der Tiere ohne Befund auf 79,7%.

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) hatten zu Beginn der Untersuchung 36,0 % der Tiere. Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus Gummi ging die Anzahl der Tiere mit mittelgradigen bis hochgradigen Befunden auf 14,9 % zurück.

Geringgradige Befunde (Befund 1) hatten zu Beginn der Untersuchung 3,2 % der Tiere. Nach drei und neun Monaten nahm die Anzahl der Tiere mit geringgradigem Befund auf 6,3 % bzw. 5,4 % zu.

Um zu überprüfen, ob der Gummiboden für diese Entwicklung der Befunde verantwortlich ist, oder ob die Veränderung der Befunde nur durch einen Betrieb verursacht wird, wurde die Berechnung für jeden einzelnen Betrieb wiederholt.

**Tabelle 18: Entwicklung des Befundes Klauenrehe (RE) nach drei und neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi in den sechs Betrieben**

Betrieb	Untersuchungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 RE in %	Befund 2 RE in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	1	60,7	0,0	39,3	56	n.s.
	2	55,4	7,1	37,5	56	
	3	62,5	12,5	25,0	56	
Gesamt		59,5	6,5	33,9	168	
2	1	56,4	2,6	41,0	39	n.s.
	2	71,8	5,1	23,1	39	
	3	79,5	0,0	20,5	39	
Gesamt		69,2	2,6	28,2	117	
3	1	28,9	2,6	68,4	38	$P \leq 0,001$
	2	68,4	7,9	28,9	38	
	3	78,9	4,4	13,2	38	
Gesamt		58,8	14,3	36,8	114	
4	1	67,9	14,3	17,9	28	n.s.
	2	82,1	10,7	7,1	28	
	3	82,1	3,6	14,3	28	
Gesamt		77,4	9,5	13,1	84	
5	1	74,1	0,0	25,9	27	$P \leq 0,05$
	2	70,4	11,1	18,5	27	
	3	96,3	0,0	3,7	27	
Gesamt		80,2	3,7	16,0	81	
6	1	85,3	2,9	11,8	34	$P \leq 0,01$
	2	58,8	2,9	38,2	34	
	3	94,1	2,9	2,9	34	
Gesamt		79,4	2,9	17,6	102	

Auch Tabelle 18 zeigt, dass es zwischen den Befundklassen für den Befund Klauenrehe (RE) in den Betrieben 3, 5 und 6 an den drei Untersuchungsterminen

signifikante (Betrieb 5) bis höchstsignifikante (Betrieb 3) Unterschiede gibt. In den Betrieben 1, 2 und 4 sind die Unterschiede zwischen den Befundklassen für den Befund Klauenrehe (RE) nicht signifikant.

In den Betrieben 3, 5 und 6 gibt es über den gesamten Untersuchungszeitraum eine deutliche Zunahme der Tiere ohne Befund. Aber auch in den Betrieben 2 und 4 ist diese Tendenz erkennbar.

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) gehen nach neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi in den Betrieben 3, 5 und 6 zurück. Diese Tendenz zeigt sich auch in den Betrieben 1 und 2.

Geringgradige Befunde (Befund 1) bleiben bei Betrieb 6 gleich und bei Betrieb 3 und 5 nehmen sie zum Untersuchungstermin 2 zu und gehen am Untersuchungstermin 3 wieder zurück.

#### 4.3.2.2 Weiße Linien Defekt (WLD)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Weiße Linien Defekt (WLD) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, vor Einbau (Untersuchungstermin 1), drei Monate (Untersuchungstermin 2) und neun Monate (Untersuchungstermin 3) nach Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi, ist in Tabelle 19 dargestellt.

**Tabelle 19: Entwicklung des Befundes Weiße Linien Defekt (WLD) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen**

Untersuchungs-termin	Befund 0 in %	Befund 1 WLD in %	Befund 2 WLD in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	76,1	14,0	10,0	222	P <sub>≤</sub> 0,05
2	81,5	14,0	4,5	222	
3	83,8	14,4	1,8	222	
Gesamt	80,5	14,1	5,4	666	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Weiße Linien Defekt (WLD) an den drei Untersuchungsterminen signifikante Unterschiede.

Vor dem Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi waren 76,1 % der untersuchten Tiere ohne Befund. Über den gesamten Untersuchungszeitraum gibt es eine Zunahme der Tiere ohne Befund auf 83,8%.

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) hatten zu Beginn der Untersuchung 10,0 % der Tiere. Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus

Gummi ging die Anzahl der Tiere mit mittelgradigen bis hochgradigen Befunden auf 1,8 % zurück.

Die Häufigkeit geringgradiger Befunde (Befund 1) hat sich nicht verändert. Zu Beginn der Untersuchung hatten 14,0 % der Tiere geringgradige Befunde. Nach drei und neun Monaten sind es weiterhin 14,0 % bzw. 14,4 % geringgradige Befunde.

Um zu überprüfen, ob der Gummiboden für diese Entwicklung der Befunde verantwortlich ist, oder ob die Veränderung der Befunde nur durch einen Betrieb verursacht wird, wurde die Berechnung für jeden einzelnen Betrieb wiederholt.

**Tabelle 20: Entwicklung des Befundes Weiße Linien Defekt (WLD) nach drei und neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi in den sechs Betrieben**

Betrieb	Untersuchungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 WLD in %	Befund 2 WLD in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	1	62,5	17,9	19,6	56	P <sub>≤</sub> 0,05
	2	66,1	25,0	8,9	56	
	3	85,7	12,5	1,8	56	
Gesamt		71,4	18,5	10,1	168	
2	1	59,0	17,9	23,1	39	P <sub>≤</sub> 0,05
	2	82,1	12,8	5,1	39	
	3	79,5	15,4	5,1	39	
Gesamt		73,5	15,4	11,1	117	
3	1	89,5	5,3	5,3	38	n.s.
	2	78,9	18,4	2,6	38	
	3	81,6	15,8	2,6	38	
Gesamt		83,3	13,2	3,5	114	
4	1	89,3	10,7	0,0	28	P <sub>≤</sub> 0,05
	2	100,0	0,0	0,0	28	
	3	75,0	25,0	0,0	28	
Gesamt		88,1	11,9	0,0	84	
5	1	92,6	7,4	0,0	27	n.s.
	2	88,9	7,4	3,7	27	
	3	92,6	7,4	0,0	27	
Gesamt		91,4	7,4	1,2	81	
6	1	79,4	20,6	0,0	34	n.s.
	2	88,2	8,8	2,9	34	
	3	88,2	11,8	0,0	34	
Gesamt		85,3	13,7	1,0	102	

Auch Tabelle 20 zeigt, dass es zwischen den Befundklassen für den Befund Weiße Linien Defekt (WLD) in den Betrieben 1, 2 und 4 an den drei Untersuchungsterminen signifikante Unterschiede gibt. In den Betrieben 3, 5 und 6 sind die Unterschiede zwischen den Befundklassen für den Befund Weiße Linien Defekt (WLD) nicht signifikant.

In den Betrieben 1 und 2 gibt es über den gesamten Untersuchungszeitraum eine deutliche Zunahme der Tiere ohne Befund. Im Betrieb 4 nimmt die Anzahl der Tiere ohne Befund ab. Tendenziell gibt es auch in Betrieb 6 eine Zunahme der Tiere ohne Befund.

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) gehen nach neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi in den Betrieben 1 und 2 zurück. In Betrieb 4 tritt diese Befundkategorie nicht auf.

Geringgradige Befunde (Befund 1) gehen nach neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi in den Betrieben 1 und 2 zurück. In Betrieb 4 gehen die Befunde von 10,7 % auf 0 % am Untersuchungstermin 2 zurück um dann wieder auf 25,0 % am Untersuchungstermin 3 zuzunehmen.

#### 4.3.2.3 Wandläsion (WL)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Wandläsion (WL) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, vor Einbau (Untersuchungstermin 1), drei Monate (Untersuchungstermin 2) und neun Monate (Untersuchungstermin 3) nach Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi, ist in Tabelle 21 dargestellt.

**Tabelle 21: Entwicklung des Befundes Wandläsion (WL) in den drei Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen**

Untersuchungs-termin	Befund 0 in %	Befund 1 WL in %	Befund 2 WL in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	97,3	2,7	0	222	n.s.
2	96,4	3,6	0	222	
3	97,3	2,7	0	222	
Gesamt	97,0	3,0	0	666	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Wandläsion (WL) an den drei Untersuchungsterminen keine signifikanten Unterschiede. An den drei

Untersuchungsterminen wurde der Befund auch nur bei 3 % der Tiere also insgesamt nur 20 Mal festgestellt.

#### 4.3.2.4 Doppelte Sohle (DS)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Doppelte Sohle (DS) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, vor Einbau (Untersuchungstermin 1), drei Monate (Untersuchungstermin 2) und neun Monate (Untersuchungstermin 3) nach Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi, ist in Tabelle 22 dargestellt.

**Tabelle 22: Entwicklung des Befundes Doppelte Sohle (DS) in den drei Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen**

Untersuchungs-termin	Befund 0 in %	Befund 1 DS in %	Befund 2 DS in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	59,9	22,5	17,6	222	$P \leq 0,001$
2	83,8	12,6	3,6	222	
3	77,5	18,0	4,5	222	
Gesamt	73,7	17,7	8,6	666	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Doppelte Sohle (DS) an den drei Untersuchungsterminen höchstsignifikante Unterschiede.

Vor dem Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi waren 59,9 % der untersuchten Tiere ohne Befund. Über den gesamten Untersuchungszeitraum gibt es eine Zunahme der Tiere ohne Befund auf 77,5 %.

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) hatten zu Beginn der Untersuchung 17,6 % der Tiere. Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus Gummi ging die Anzahl der Tiere mit mittelgradigen bis hochgradigen Befunden auf 4,5 % zurück.

Zu Beginn der Untersuchung hatten 22,5 % der Tiere geringgradige Befunde. Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus Gummi ging die Anzahl der Tiere mit geringgradigen Befunden auf 18,0 % zurück.

Um zu überprüfen, ob der Gummiboden für diese Entwicklung der Befunde verantwortlich ist, oder ob die Veränderung der Befunde nur durch einen Betrieb verursacht wird, wurde die Berechnung für jeden einzelnen Betrieb wiederholt.

**Tabelle 23: Entwicklung des Befundes Doppelte Sohle (DS) nach drei und neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi in den sechs Betrieben**

Betrieb	Untersuchungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 DS in %	Befund 2 DS in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	1	60,7	23,2	16,1	56	$P \leq 0,001$
	2	92,9	7,1	0,0	56	
	3	80,4	14,3	5,4	56	
Gesamt		78,0	14,9	7,1	168	
2	1	49,7	15,4	35,9	39	$P \leq 0,001$
	2	92,3	5,1	2,6	39	
	3	71,8	20,5	7,7	39	
Gesamt		70,9	13,7	15,4	117	
3	1	84,2	15,8	0,0	38	n.s.
	2	73,7	15,8	10,5	38	
	3	71,1	21,1	7,9	38	
Gesamt		76,3	17,5	6,1	114	
4	1	82,1	14,3	3,6	28	n.s.
	2	82,1	17,9	0,0	28	
	3	71,4	25,0	3,6	28	
Gesamt		78,6	19,0	2,4	84	
5	1	37,0	25,9	37,0	27	$P \leq 0,001$
	2	85,2	11,1	3,7	27	
	3	85,2	14,8	0,0	27	
Gesamt		69,1	17,3	13,6	81	
6	1	44,1	41,2	14,7	34	$P \leq 0,01$
	2	70,6	23,5	5,9	34	
	3	85,3	14,7	0,0	34	
Gesamt		66,7	26,5	6,9	102	

Auch Tabelle 23 zeigt, dass es zwischen den Befundklassen für den Befund Doppelte Sohle (DS) in den Betrieben 1, 2, 5 und 6 an den drei Untersuchungsterminen hochsignifikante (Betrieb 6) und höchstsignifikante Unterschiede gibt. In den Betrieben 3 und 4 sind die Unterschiede zwischen den Befundklassen für den Befund Doppelte Sohle (DS) nicht signifikant.

In den vier Betrieben 1, 2, 5 und 6 gibt es über den gesamten Untersuchungszeitraum eine deutliche Zunahme der Tiere ohne Befund

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) gehen nach neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi in den vier Betrieben zurück.

Geringgradige Befunde (Befund 1) gehen nach neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi in den Betrieben 1, 5 und 6 zurück. In Betrieb 2 gehen die Befunde von 15,4 % auf 5,1 % am Untersuchungstermin 2 zurück um dann wieder auf 20,5 % am Untersuchungstermin 3 zuzunehmen.

#### 4.3.2.5 Ballenhornfäule (BF)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Ballenhornfäule (BF) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, vor Einbau (Untersuchungstermin 1), drei Monate (Untersuchungstermin 2) und neun Monate (Untersuchungstermin 3) nach Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi, ist in Tabelle 24 dargestellt.

**Tabelle 24: Entwicklung des Befundes Ballenhornfäule (BF) in den drei Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen**

Untersuchungs-termin	Befund 0 in %	Befund 1 BF in %	Befund 2 BF in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	56,8	3,2	40,1	222	P <sub>≤</sub> 0,001
2	63,1	0,5	36,5	222	
3	91,4	0,0	8,6	222	
Gesamt	70,4	1,2	28,4	666	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Ballenhornfäule (BF) an den drei Untersuchungsterminen höchstsignifikante Unterschiede.

Vor dem Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi waren 56,8 % der untersuchten Tiere ohne Befund. Über den gesamten Untersuchungszeitraum gibt es eine Zunahme der Tiere ohne Befund auf 91,4 %.

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) hatten zu Beginn der Untersuchung 40,1 % der Tiere. Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus Gummi ging die Anzahl der Tiere mit mittelgradigen bis hochgradigen Befunden auf 8,6 % zurück.

Zu Beginn der Untersuchung hatten 3,2 % der Tiere geringgradige Befunde. Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus Gummi ging die Anzahl der Tiere mit geringgradigen Befunden auf 0 % zurück.

Um zu überprüfen, ob der Gummiboden für diese Entwicklung der Befunde verantwortlich ist, oder ob die Veränderung der Befunde nur durch einen Betrieb verursacht wird, wurde die Berechnung für jeden einzelnen Betrieb wiederholt.

**Tabelle 25: Entwicklung des Befundes Ballenhornfäule (BF) nach drei und neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi in den sechs Betrieben**

Betrieb	Untersuchungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 BF in %	Befund 2 BF in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	1	91,1	5,4	3,6	56	P <sub>≤</sub> 0,05
	2	78,6	1,8	19,6	56	
	3	92,9	0,0	7,1	56	
Gesamt		87,5	2,4	10,1	168	
2	1	38,5	2,6	59,0	39	P <sub>≤</sub> 0,001
	2	0,0	0,0	100,0	39	
	3	79,5	0,0	20,5	39	
Gesamt		39,3	0,9	59,8	117	
3	1	21,1	5,3	73,7	38	P <sub>≤</sub> 0,001
	2	68,4	0,0	31,6	38	
	3	97,4	0,0	2,6	38	
Gesamt		62,3	1,8	36,0	114	
4	1	14,3	0,0	85,7	28	P <sub>≤</sub> 0,001
	2	78,6	0,0	21,4	28	
	3	85,7	0,0	14,3	28	
Gesamt		59,5	0,0	40,5	84	
5	1	55,6	3,7	40,7	27	P <sub>≤</sub> 0,01
	2	63,0	0,0	37,0	27	
	3	96,3	0,0	3,7	27	
Gesamt		71,6	1,2	27,2	81	
6	1	97,1	0,0	2,9	34	n.s.
	2	91,2	0,0	8,8	34	
	3	97,1	0,0	2,9	34	
Gesamt		95,1	0,0	4,9	102	

Auch Tabelle 25 zeigt, dass es zwischen den Befundklassen für den Befund Ballenhornfäule (BF) in den Betrieben 1, 2, 3, 4 und 5 an den drei

Untersuchungsterminen signifikante (Betrieb 1), hochsignifikante (Betrieb 5) und höchstsignifikante (Betriebe 2, 3, 4) Unterschiede gibt. Im Betrieb 6 sind die Unterschiede zwischen den Befundklassen für den Befund Ballenhornfäule (BF) nicht signifikant.

In den vier Betrieben 2, 3, 4 und 5 gibt es über den gesamten Untersuchungszeitraum eine deutliche Zunahme der Tiere ohne Befund. In Betrieb 1 geht die Anzahl der Tiere ohne Befund von 91,1 % auf 78,6 % am Untersuchungstermin 2 zurück um dann wieder auf 92,9 % am Untersuchungstermin 3 zuzunehmen.

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) gehen nach neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi in den Betrieben 3, 4 und 5 zurück. In Betrieb 1 und 2 nehmen die Befunde von 3,6 % auf 19,6 % und 59,0 auf 100 % am Untersuchungstermin 2 zu um dann wieder auf 7,1 % (Betrieb 1) und 20,5 % (Betrieb 2) am Untersuchungstermin 3 abzunehmen.

Geringgradige Befunde (Befund 1) gehen nach neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi in den Betrieben 1, 2, 3 und 5 über den gesamten Untersuchungszeitraum zurück und treten in Betrieb 4 nicht auf.

#### 4.3.2.6 Klauenfäule (DID)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Klauenfäule (DID) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, vor Einbau (Untersuchungstermin 1), drei Monate (Untersuchungstermin 2) und neun Monate (Untersuchungstermin 3) nach Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi, ist in Tabelle 26 dargestellt.

**Tabelle 26: Entwicklung des Befundes Klauenfäule (DID) in den drei Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen**

Untersuchungs-termin	Befund 0 in %	Befund 1 DID in %	Befund 2 DID in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	95,5	3,6	0,9	222	n.s.
2	97,7	1,8	0,5	222	
3	98,2	1,4	0,5	222	
Gesamt	97,1	2,3	0,6	666	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Klauenfäule (DID) an den drei Untersuchungsterminen keine signifikanten Unterschiede. An den drei Untersuchungsterminen wurde der Befund auch nur bei 2,9 % der Tiere also insgesamt nur 19 Mal festgestellt.

#### 4.3.2.7 Mortellarosche Krankheit (DD)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Mortellarosche Krankheit (DD) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, vor Einbau (Untersuchungstermin 1), drei Monate (Untersuchungstermin 2) und neun Monate (Untersuchungstermin 3) nach Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi, ist in Tabelle 27 dargestellt.

**Tabelle 27: Entwicklung des Befundes Mortellarosche Krankheit (DD) in den drei Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen**

Untersuchungs-termin	Befund 0 in %	Befund 1 DD in %	Befund 2 DD in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	61,7	4,1	34,4	222	n.s.
2	59,5	5,9	34,8	222	
3	70,7	4,5	25,0	222	
Gesamt	64,0	4,8	31,2	666	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Mortellarosche Krankheit (DD) an den drei Untersuchungsterminen keine signifikanten Unterschiede.

Tendenziell gibt es über den gesamten Untersuchungszeitraum eine Zunahme der Tiere ohne Befund und mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) gehen tendenziell nach neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi zurück

#### 4.3.2.8 Steingalle (STG)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Steingalle (STG) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, vor Einbau (Untersuchungstermin 1), drei Monate (Untersuchungstermin 2) und neun Monate (Untersuchungstermin 3) nach Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi, ist in Tabelle 28 dargestellt.

**Tabelle 28: Entwicklung des Befundes Steingalle (STG) in den drei Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen**

Untersuchungs-termin	Befund 0 in %	Befund 1 STG in %	Befund 2 STG in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	54,1	29,3	16,8	222	P <sub>≤</sub> 0,05
2	66,7	23,4	9,9	222	
3	66,2	27,0	6,9	222	
Gesamt	62,3	26,6	11,1	666	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Steingalle (STG) an den drei Untersuchungsterminen signifikante Unterschiede.

Vor dem Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi waren 54,1 % der untersuchten Tiere ohne Befund. Über den gesamten Untersuchungszeitraum gibt es eine Zunahme der Tiere ohne Befund auf 66,2 %.

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) hatten zu Beginn der Untersuchung 16,8 % der Tiere. Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus Gummi ging die Anzahl der Tiere mit mittelgradigen bis hochgradigen Befunden auf 6,9 % zurück.

Zu Beginn der Untersuchung hatten 29,3 % der Tiere geringgradige Befunde. Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus Gummi ging die Anzahl der Tiere mit geringgradigen Befunden auf 27,0 % gering zurück.

Um zu überprüfen, ob der Gummiboden für diese Entwicklung der Befunde verantwortlich ist, oder ob die Veränderung der Befunde nur durch einen Betrieb verursacht wird, wurde die Berechnung für jeden einzelnen Betrieb wiederholt.

**Tabelle 29: Entwicklung des Befundes Steingalle (STG) nach drei und neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi in den sechs Betrieben**

Betrieb	Untersuchungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 STG in %	Befund 2 STG in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	1	75,0	16,1	8,9	56	P <sub>≤</sub> 0,05
	2	91,1	7,1	1,8	56	
	3	94,6	5,4	0,0	56	
Gesamt		86,9	9,5	3,6	168	
2	1	38,5	30,8	30,8	39	n.s.
	2	46,2	30,8	23,1	39	
	3	46,2	43,6	10,3	39	
Gesamt		43,6	35,0	21,4	117	
3	1	44,7	42,1	13,2	38	n.s.
	2	55,3	36,8	7,9	38	
	3	52,6	36,8	10,5	38	
Gesamt		50,9	38,6	10,5	114	
4	1	25,0	46,4	28,6	28	P <sub>≤</sub> 0,05
	2	39,3	35,7	25,0	28	
	3	67,9	17,9	14,3	28	
Gesamt		44,0	33,3	22,6	84	
5	1	66,7	14,8	18,5	27	n.s.
	2	70,4	25,9	3,7	27	
	3	55,6	40,7	3,7	27	
Gesamt		64,2	27,2	8,6	81	
6	1	61,8	32,4	5,9	34	n.s.
	2	82,4	14,7	2,9	34	
	3	64,7	29,4	5,9	34	
Gesamt		69,6	25,5	4,9	102	

Die Ergebnisse aus Tabelle 29 zeigen, dass es zwischen den Befundklassen für den Befund Steingalle (STG) nur in den in den Betrieben 1 und 4 an den drei Untersuchungsterminen signifikante Unterschiede gibt. In den Betrieben 2, 3, 5 und 6 sind die Unterschiede zwischen den Befundklassen für den Befund Steingalle (STG) nicht signifikant.

In den Betrieben 1 und 4 gibt es über den gesamten Untersuchungszeitraum eine deutliche Zunahme der Tiere ohne Befund. Tendenziell ist dies auch in den Betrieben 2 und 3 erkennbar.

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) gehen nach neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi in den Betrieben 1 und 4 zurück. In Betrieb 2 ist diese Tendenz auch zu erkennen.

Geringgradige Befunde (Befund 1) gehen nach neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi in den Betrieben 1 und 4 über den gesamten Untersuchungszeitraum zurück.

#### 4.3.2.9 Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, vor Einbau (Untersuchungstermin 1), drei Monate (Untersuchungstermin 2) und neun Monate (Untersuchungstermin 3) nach Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi, ist in Tabelle 30 dargestellt.

**Tabelle 30: Entwicklung des Befundes Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen**

Untersuchungs-termin	Befund 0 in %	Befund 1 RSG in %	Befund 2 RSG in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	83,8	1,4	14,9	222	P <sub>≤</sub> 0,001
2	82,9	3,2	14,0	222	
3	77,5	15,3	7,2	222	
Gesamt	81,4	6,6	12,0	666	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG) an den drei Untersuchungsterminen höchstsignifikante Unterschiede.

Vor dem Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi waren 83,8 % der untersuchten Tiere ohne Befund. Über den gesamten Untersuchungszeitraum gibt es eine Abnahme der Tiere ohne Befund auf 77,5%.

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) hatten zu Beginn der Untersuchung 14,9 % der Tiere. Nach 9 Monaten auf Laufgangauflagen aus Gummi ging die Anzahl der Tiere mit mittelgradigen bis hochgradigen Befunden auf 7,2 % zurück.

Umgekehrt verhält es sich mit den geringgradigen Befunden (Befund 1), diese nehmen von 1,4 % zu Beginn der Untersuchung auf 15,3 % am Ende der Untersuchung zu.

Um zu überprüfen, ob der Gummiboden für diese Entwicklung der Befunde verantwortlich ist, oder ob die Veränderung der Befunde nur durch einen Betrieb verursacht wird, wurde die Berechnung für jeden einzelnen Betrieb wiederholt.

**Tabelle 31: Entwicklung des Befundes Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG) nach drei und neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi in den sechs Betrieben**

Betrieb	Untersuchungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 RSG in %	Befund 2 RSG in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	1	98,2	0,0	1,8	56	n.s.
	2	98,2	0,0	1,8	56	
	3	92,9	5,4	1,8	56	
Gesamt		96,4	1,8	1,8	168	
2	1	82,1	5,1	12,8	39	$P \leq 0,001$
	2	66,7	2,6	30,8	39	
	3	59,0	28,2	12,8	39	
Gesamt		69,2	12,0	18,8	117	
3	1	63,2	0,0	36,8	38	$P \leq 0,001$
	2	86,8	2,6	10,5	38	
	3	71,1	18,4	10,5	38	
Gesamt		73,7	7,0	19,3	114	
4	1	64,3	0,0	35,7	28	$P \leq 0,05$
	2	53,6	10,7	35,7	28	
	3	67,9	21,4	10,7	28	
Gesamt		61,9	10,7	27,4	84	
5	1	88,9	3,7	7,4	27	n.s.
	2	96,3	3,7	0,0	27	
	3	88,9	11,1	0,0	27	
Gesamt		91,4	6,2	2,5	134	
6	1	97,1	0,0	2,9	34	n.s.
	2	85,3	2,9	11,8	34	
	3	79,4	11,8	8,8	34	
Gesamt		87,3	4,9	7,8	102	

Die Ergebnisse aus Tabelle 31 zeigen, dass es zwischen den Befundklassen für den Befund Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG) in den in den Betrieben 2, 3 und 4 an den drei Untersuchungsterminen signifikante (Betrieb 4) und

höchstsignifikante (Betriebe 2 und 3) Unterschiede gibt. In den Betrieben 1, 5 und 6 sind die Unterschiede zwischen den Befundklassen für den Befund Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG) nicht signifikant.

In Betrieb 2 gibt es über den gesamten Untersuchungszeitraum eine Abnahme der Tiere ohne Befund. Tendenziell ist dies noch in Betrieben 6 erkennbar. In Betrieb 3 nimmt die Anzahl der Tiere ohne Befund von 63,2 % auf 86,8 % am Untersuchungstermin 2 zu um dann wieder auf 71,1 % am Untersuchungstermin 3 abzunehmen. In Betrieb 4 nimmt die Anzahl der Tiere ohne Befund von 64,3 % auf 53,6 % am Untersuchungstermin 2 ab um dann wieder auf 67,9 % am Untersuchungstermin 3 zuzunehmen.

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) gehen nach neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi in den Betrieben 3 und 4 zurück. In Betrieb 5 ist dies tendenziell auch zu erkennen.

Geringgradige Befunde (Befund 1) nehmen nach neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi in den Betrieben 2, 3 und 4 über den gesamten Untersuchungszeitraum zu.

#### 4.3.2.10 Klauensohlengeschwür (KSG)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Klauensohlengeschwür (KSG) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, vor Einbau (Untersuchungstermin 1), drei Monate (Untersuchungstermin 2) und neun Monate (Untersuchungstermin 3) nach Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi, ist in Tabelle 32 dargestellt.

**Tabelle 32: Entwicklung des Befundes Klauensohlengeschwür (KSG) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen**

Untersuchungs-termin	Befund 0 in %	Befund 1 KSG in %	Befund 2 KSG in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	97,3	0,0	2,7	222	n.s.
2	98,6	0,5	0,9	222	
3	95,9	2,7	1,4	222	
Gesamt	97,2	1,1	1,7	666	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Klauensohlengeschwür (KSG) an den drei Untersuchungsterminen keine signifikanten Unterschiede. An

den drei Untersuchungsterminen wurde der Befund auch nur bei 2,8 % der Tiere also insgesamt nur 19 Mal festgestellt.

#### 4.3.2.11 Zwischenklauenwulst (LI)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Zwischenklauenwulst (LI) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, vor Einbau (Untersuchungstermin 1), drei Monate (Untersuchungstermin 2) und neun Monate (Untersuchungstermin 3) nach Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi, ist in Tabelle 33 dargestellt.

**Tabelle 33: Entwicklung des Befundes Zwischenklauenwulst (LI) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen**

Untersuchungs-termin	Befund 0 in %	Befund 1 LI in %	Befund 2 LI in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	87,4	7,7	5,0	222	n.s.
2	87,4	9,9	2,7	222	
3	84,7	13,5	1,8	222	
Gesamt	86,4	10,4	3,2	666	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Zwischenklauenwulst (LI) an den drei Untersuchungsterminen keine signifikanten Unterschiede. An den drei Untersuchungsterminen wurde der Befund bei 13,6 % der Tiere also insgesamt 90 Mal festgestellt.

#### 4.3.3 Einfluss der Verformbarkeit des Gummis auf die Entwicklung der Klauenerkrankungen nach drei und neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi

Die Messung der Verformbarkeit der sechs Laufgangauflagen hat, wie unter Punkt 4.1 beschrieben, ergeben, dass drei Laufgangauflagen (Produkte C, D und F) eine relativ geringe Verformbarkeit von nur 1,4 bis 2,2 mm und drei Laufgangauflagen (Produkte A, B und E) eine relativ große Verformbarkeit von 3,45 bis 4,85 mm aufweisen.

Um festzustellen welchen Einfluss die Verformbarkeit einer Laufgangauflage aus Gummi auf die Entwicklung der Klauenbefunde hat und ob die Verformbarkeit ein

geeigneter Parameter ist um Laufgangauflagen beurteilen zu können, wurden deshalb zwei Gruppen gebildet.

Es wurde mit den Laufgangauflagen C, D und F die Gruppe „harter Gummi“ gebildet und mit den Laufgangauflagen A, B und E die Gruppe „weicher Gummi“ gebildet. Die Anzahl der untersuchten Tiere ist in beiden Gruppen auch annähernd gleich groß. Bei den Laufgangauflagen mit dem harten Gummi wurden 100 Tiere und bei den Laufgangauflagen mit dem weichen Gummi 122 Tiere untersucht.

#### 4.3.3.1 Klauenrehe (RE)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Klauenrehe (RE) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den jeweils drei Betrieben mit weichem und hartem Gummi, ist in Tabelle 34 dargestellt.

**Tabelle 34: Entwicklung des Befundes Klauenrehe (RE) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi**

Verformbarkeit	Untersuchungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 RE in %	Befund 2 RE in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
weicher Gummi	1	62,3	0,8	36,9	122	$P \leq 0,05$
	2	63,9	7,4	28,7	122	
	3	75,4	5,7	18,9	122	
Gesamt		67,2	4,6	28,1	366	
harter Gummi	1	59,0	6,0	35,0	100	$P \leq 0,01$
	2	69,0	5,0	26,0	100	
	3	85,0	5,0	10,0	100	
Gesamt		71,0	5,3	23,7	300	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Klauenrehe (RE) an den drei Untersuchungsterminen sowohl in den Betrieben mit weichem Gummi als auch in den Betrieben mit hartem Gummi signifikante (weicher Gummi) und hochsignifikante (harter Gummi) Unterschiede.

Über den gesamten Untersuchungszeitraum gibt es bei den Betrieben mit weichem und mit hartem Gummi eine Zunahme der Tiere ohne Befund von 62,3 % auf 75,4 % (weicher Gummi) und von 59,0 % auf 85,0 % (harter Gummi).

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) hatten zu Beginn der Untersuchung 36,9 % (weicher Gummi) und 35,0 % (harter Gummi) der Tiere. Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus Gummi ging die Anzahl der Tiere

mit mittelgradigen bis hochgradigen Befunden auf 18,9 % (weicher Gummi) und 10,0 % (harter Gummi) zurück.

In den Betrieben mit hartem Gummi hat sich die Anzahl der Tiere mit geringgradigen Befunden im Untersuchungszeitraum nicht verändert.

In den Betrieben mit weichem Gummi hatten zu Beginn der Untersuchung 0,8 % der Tiere geringgradige Befunde. Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus Gummi nahm die Anzahl der Tiere mit geringgradigen Befunden auf 5,7 % zu.

#### 4.3.3.2 Weiße Linien Defekt (WLD)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Weiße Linie Defekt (WLD) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den jeweils drei Betrieben mit weichem und hartem Gummi, ist in Tabelle 35 dargestellt.

**Tabelle 35: Entwicklung des Befundes Weiße Linie Defekt (WLD) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi**

Verformbarkeit	Untersuchungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 WLD in %	Befund 2 WLD in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
weicher Gummi	1	68,0	15,6	16,4	122	P ≤ 0,01
	2	76,2	17,2	6,6	122	
	3	85,2	12,3	2,5	122	
Gesamt		76,5	15,0	8,5	366	
harter Gummi	1	86,0	12,0	2,0	100	n.s.
	2	88,0	10,0	2,0	100	
	3	82,0	17,0	1,0	100	
Gesamt		85,3	13,0	1,7	300	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Weiße Linie Defekt (WLD) an den drei Untersuchungsterminen nur in den Betrieben mit weichem Gummi hochsignifikante Unterschiede.

Über den gesamten Untersuchungszeitraum gibt es bei den Betrieben mit weichem Gummi eine Zunahme der Tiere ohne Befund von 68,0 % auf 85,2 %.

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) hatten zu Beginn der Untersuchung 16,4 % der Tiere in den Betrieben mit weichem Gummi. Nach neun

Monaten auf Laufgangauflagen aus weichem Gummi ging die Anzahl der Tiere mit mittelgradigen bis hochgradigen Befunden auf 2,5 % zurück.

In den Betrieben mit weichem Gummi hatten zu Beginn der Untersuchung 15,6 % der Tiere geringgradige Befunde. Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus Gummi nahm die Anzahl der Tiere mit geringgradigen Befunden auf 12,3 % ab.

In den Betrieben mit hartem Gummi sind die Unterschiede zwischen den Befundklassen an den drei Untersuchungsterminen nicht signifikant.

#### 4.3.3.3 Wandläsion (WL)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Wandläsion (WL) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den jeweils drei Betrieben mit weichem und hartem Gummi, ist in Tabelle 36 dargestellt.

**Tabelle 36: Entwicklung des Befundes Wandläsion (WL) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi**

Verformbarkeit	Untersuchungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 WL in %	Befund 2 WL in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
weicher Gummi	1	96,7	3,3	0	122	n.s.
	2	96,7	3,3	0	122	
	3	97,5	2,5	0	122	
Gesamt		97,0	3,0	0	366	
harter Gummi	1	98,0	2,0	0	100	n.s.
	2	96,0	4,0	0	100	
	3	97,0	3,0	0	100	
Gesamt		97,0	3,0	0	300	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Wandläsion (WL) an den Untersuchungsterminen sowohl in den Betrieben mit weichem Gummi als auch in den Betrieben mit hartem Gummi keine signifikanten Unterschiede.

#### 4.3.3.4 Doppelte Sohle (DS)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Doppelte Sohle (DS) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den jeweils drei Betrieben mit weichem und hartem Gummi, ist in Tabelle 37 dargestellt.

**Tabelle 37: Entwicklung des Befundes Doppelte Sohle (DS) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi**

Verformbarkeit	Untersuchungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 DS in %	Befund 2 DS in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
weicher Gummi	1	51,6	21,3	27,0	122	$P \leq 0,001$
	2	91,0	7,4	1,6	122	
	3	78,7	16,4	4,9	122	
Gesamt		73,8	15,0	11,2	366	
harter Gummi	1	70,0	24,0	6,0	100	n.s.
	2	75,0	19,0	6,0	100	
	3	76,0	20,0	4,0	100	
Gesamt		73,7	21,0	5,3	300	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Doppelte Sohle (DS) an den drei Untersuchungsterminen nur in den Betrieben mit weichem Gummi höchstsignifikante Unterschiede.

Über den gesamten Untersuchungszeitraum gibt es bei den Betrieben mit weichem Gummi eine Zunahme der Tiere ohne Befund von 51,6 % auf 78,7 %.

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) hatten zu Beginn der Untersuchung 27,0 % der Tiere in den Betrieben mit weichem Gummi. Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus weichem Gummi ging die Anzahl der Tiere mit mittelgradigen bis hochgradigen Befunden auf 4,9 % zurück.

In den Betrieben mit weichem Gummi hatten zu Beginn der Untersuchung 21,3 % der Tiere geringgradige Befunde. Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus Gummi nahm die Anzahl der Tiere mit geringgradigen Befunden auf 16,4 % ab.

In den Betrieben mit hartem Gummi sind die Unterschiede zwischen den Befundklassen an den drei Untersuchungsterminen nicht signifikant.

#### 4.3.3.5 Ballenhornfäule (BF)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Ballenhornfäule (BF) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den jeweils drei Betrieben mit weichem und hartem Gummi, ist in Tabelle 38 dargestellt.

**Tabelle 38: Entwicklung des Befundes Ballenhornfäule (BF) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi**

Verformbarkeit	Untersuchungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 BF in %	Befund 2 BF in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
weicher Gummi	1	66,4	4,1	29,5	122	P <sub>≤</sub> 0,001
	2	50,0	0,8	49,2	122	
	3	89,3	0,0	10,7	122	
Gesamt		68,6	1,6	29,8	366	
harter Gummi	1	45,0	2,0	53,0	100	P <sub>≤</sub> 0,001
	2	79,0	0,0	21,0	100	
	3	94,0	0,0	6,0	100	
Gesamt		72,7	0,7	26,7	300	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Ballenhornfäule (BF) an den drei Untersuchungsterminen sowohl in den Betrieben mit weichem Gummi als auch in den Betrieben mit hartem Gummi höchstsignifikante Unterschiede.

Über den gesamten Untersuchungszeitraum gibt es bei den Betrieben mit weichem und mit hartem Gummi eine Zunahme der Tiere ohne Befund von 66,4 % auf 89,3 % (weicher Gummi) und von 45,0 % auf 94,0 % (harter Gummi).

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) hatten zu Beginn der Untersuchung 29,5 % (weicher Gummi) und 53,0 % (harter Gummi) der Tiere. Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus Gummi ging die Anzahl der Tiere mit mittelgradigen bis hochgradigen Befunden auf 10,7 % (weicher Gummi) und 6,0 % (harter Gummi) zurück.

Geringgradige Befunde hatten zu Beginn der Untersuchung 4,1 % (weicher Gummi) und 2,0 % (harter Gummi) der Tiere. Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus Gummi nahm die Anzahl der Tiere mit geringgradigen Befunden auf weichem und hartem Gummi auf 0 % ab.

#### 4.3.3.6 Klauenfäule (DID)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Klauenfäule (DID) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den jeweils drei Betrieben mit weichem und hartem Gummi, ist in Tabelle 39 dargestellt.

**Tabelle 39: Entwicklung des Befundes Klauenfäule (DID) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi**

Verformbarkeit	Untersuchungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 DID in %	Befund 2 DID in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
weicher Gummi	1	96,7	2,5	0,8	122	n.s.
	2	99,2	0,8	0,0	122	
	3	99,2	0,0	0,8	122	
Gesamt		98,4	1,1	0,5	366	
harter Gummi	1	94,0	5,0	1,0	100	n.s.
	2	96,0	3,0	1,0	100	
	3	97,0	3,0	0,0	100	
Gesamt		95,7	3,7	0,8	300	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Klauenfäule (DID) an den Untersuchungsterminen sowohl in den Betrieben mit weichem Gummi als auch in den Betrieben mit hartem Gummi keine signifikanten Unterschiede.

#### 4.3.3.7 Mortellarosche Krankheit (DD)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Mortellarosche Krankheit (DD) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den jeweils drei Betrieben mit weichem und hartem Gummi, ist in Tabelle 40 dargestellt.

**Tabelle 40: Entwicklung des Befundes Mortellarosche Krankheit (DD) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi**

Verformbarkeit	Untersuchungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 DD in %	Befund 2 DD in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
weicher Gummi	1	69,7	4,1	26,2	122	n.s.
	2	77,9	4,1	18,0	122	
	3	86,9	4,1	9,0	122	
Gesamt		78,0	4,1	17,9	366	
harter Gummi	1	52,0	4,0	44,0	100	n.s.
	2	37,0	8,0	55,0	100	
	3	51,0	5,0	44,0	100	
Gesamt		46,6	5,7	47,7	300	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Mortellarosche Krankheit (DD) an den Untersuchungsterminen sowohl in den Betrieben mit weichem

Gummi als auch in den Betrieben mit hartem Gummi keine signifikanten Unterschiede.

Auf weichem Gummi besteht jedoch die Tendenz, dass die Anzahl der Tiere ohne Befund (Befund 0) zunimmt und die Anzahl der Tiere mit mittelgradigem bis hochgradigem Befund (Befund 2) nach drei und neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus weichem Gummi abnimmt.

#### 4.3.3.8 Steingalle (STG)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Steingalle (STG) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den jeweils drei Betrieben mit weichem und hartem Gummi, ist in Tabelle 41 dargestellt.

**Tabelle 41: Entwicklung des Befundes Steingalle (STG) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi**

Verformbarkeit	Untersuchungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 STG in %	Befund 2 STG in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
weicher Gummi	1	61,5	20,5	18,0	122	$P \leq 0,05$
	2	72,1	18,9	9,0	122	
	3	70,5	25,4	4,1	122	
Gesamt		68,0	21,6	10,4	366	
harter Gummi	1	45,0	40,0	15,0	100	n.s.
	2	60,0	29,0	11,0	100	
	3	61,0	29,0	10,0	100	
Gesamt		55,3	32,7	12,0	300	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Steingalle (STG) an den drei Untersuchungsterminen nur in den Betrieben mit weichem Gummi signifikante Unterschiede.

Über den gesamten Untersuchungszeitraum gibt es bei den Betrieben mit weichem Gummi eine Zunahme der Tiere ohne Befund von 61,5 % auf 70,5 %.

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) hatten zu Beginn der Untersuchung 18,0 % der Tiere in den Betrieben mit weichem Gummi. Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus weichem Gummi ging die Anzahl der Tiere mit mittelgradigen bis hochgradigen Befunden auf 4,1 % zurück.

In den Betrieben mit weichem Gummi hatten zu Beginn der Untersuchung 20,5 % der Tiere geringgradige Befunde. Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus Gummi nahm die Anzahl der Tiere mit geringgradigen Befunden auf 25,4 % gering zu.

In den Betrieben mit hartem Gummi sind die Unterschiede zwischen den Befundklassen an den drei Untersuchungsterminen nicht signifikant. Die Anzahl der Tiere ohne Befund nimmt tendenziell zu, mittelgradige bis hochgradige und geringgradige Befunde nehmen tendenziell ab.

#### 4.3.3.9 Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den jeweils drei Betrieben mit weichem und hartem Gummi, ist in Tabelle 42 dargestellt.

**Tabelle 42: Entwicklung des Befundes Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi**

Verformbarkeit	Untersuchungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 RSG in %	Befund 2 RSG in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
weicher Gummi	1	91,0	2,5	6,6	122	P <sub>≤</sub> 0,001
	2	87,7	1,6	10,7	122	
	3	81,1	13,9	4,9	122	
Gesamt		86,6	6,0	7,4	366	
harter Gummi	1	75,0	0,0	25,0	100	P <sub>≤</sub> 0,001.
	2	77,0	5,0	18,0	100	
	3	73,0	17,0	10,0	100	
Gesamt		75,0	7,3	17,7	300	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG) an den drei Untersuchungsterminen sowohl in den Betrieben mit weichem Gummi als auch in den Betrieben mit hartem Gummi höchstsignifikante Unterschiede.

Über den gesamten Untersuchungszeitraum gibt es bei den Betrieben mit weichem Gummi eine Abnahme der Tiere ohne Befund von 91,0 % auf 81,1 %. Bei den Betrieben mit hartem Gummi bleibt die Anzahl der Tiere annähernd gleich.

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) hatten zu Beginn der Untersuchung 6,6 % (weicher Gummi) und 25,0 % (harter Gummi) der Tiere. Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus Gummi ging die Anzahl der Tiere mit mittelgradigen bis hochgradigen Befunden auf 4,9 % (weicher Gummi) und 10,0 % (harter Gummi) zurück.

Geringgradige Befunde hatten zu Beginn der Untersuchung 2,5 % (weicher Gummi) und 0 % (harter Gummi) der Tiere. Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus Gummi nahm die Anzahl der Tiere mit geringgradigen Befunden auf 13,9 % (weicher Gummi) und 17,0 % (harter Gummi) zu.

#### 4.3.3.10 Klauensohlengeschwür (KSG)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Klauensohlengeschwür (KSG) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den jeweils drei Betrieben mit weichem und hartem Gummi, ist in Tabelle 43 dargestellt.

**Tabelle 43: Entwicklung des Befundes Klauensohlengeschwür (KSG) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi**

Verformbarkeit	Untersuchungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 KSG in %	Befund 2 KSG in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
weicher Gummi	1	100,0	0,0	0,0	122	n.s.
	2	97,5	0,8	1,6	122	
	3	95,1	3,3	1,6	122	
Gesamt		97,5	1,4	1,1	366	
harter Gummi	1	94,0	0,0	6,0	100	$P \leq 0,05$ .
	2	100,0	0,0	0,0	100	
	3	97,0	2,0	1,0	100	
Gesamt		97,0	0,7	2,3	300	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Klauensohlengeschwür (KSG) an den drei Untersuchungsterminen nur in den Betrieben mit hartem Gummi signifikante Unterschiede.

Über den gesamten Untersuchungszeitraum ist die Anzahl der Tiere ohne Befund auf hartem Gummi annähernd gleich. Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) nehmen nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus hartem Gummi

von 6,0 % auf 1,0 % ab und die Anzahl der Tiere mit geringgradigen Befunden nimmt von 0 % auf 2 ,0 % zu. An den drei Untersuchungsterminen wurde der Befund auch nur bei 3 % der Tiere also insgesamt nur 3 Mal festgestellt.

In den Betrieben mit weichem Gummi sind die Unterschiede zwischen den Befundklassen an den drei Untersuchungsterminen nicht signifikant.

#### 4.3.3.11 Zwischenklauenwulst (LI)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Zwischenklauenwulst (LI) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den jeweils drei Betrieben mit weichem und hartem Gummi, ist in Tabelle 44 dargestellt.

**Tabelle 44: Entwicklung des Befundes Zwischenklauenwulst (LI) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi**

Verformbarkeit	Untersuchungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 LI in %	Befund 2 LI in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
weicher Gummi	1	89,3	7,4	3,3	122	n.s.
	2	89,3	9,8	0,8	122	
	3	86,1	11,5	2,5	122	
Gesamt		88,2	9,6	2,2	366	
harter Gummi	1	85,0	8,0	7,0	100	n.s.
	2	85,0	10,0	5,0	100	
	3	83,0	16,0	1,0	100	
Gesamt		84,3	11,3	4,4	300	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Zwischenklauenwulst (LI) an den Untersuchungsterminen sowohl in den Betrieben mit weichem Gummi als auch in den Betrieben mit hartem Gummi keine signifikanten Unterschiede.

#### 4.3.4 Einfluss der Bodengestaltung planbefestigt / geschlossen oder perforiert (Spaltenboden) auf die Entwicklung der Klauenerkrankungen nach drei und neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi

Um zu überprüfen ob die Entwicklung der Klauenbefunde bei Einsatz von Laufgangauflagen aus Gummi auch durch die Bodengestaltung beeinflusst wird, wurden zwei Gruppen gebildet. Die Einsatzbetriebe 5 und 6 in denen die perforierten Laufgangauflagen E und F eingebaut wurden bilden die Gruppe

perforiert (Spaltenboden). Die Einsatzbetriebe 1, 2, 3 und 4 in denen die geschlossenen Laufgangauflagen A, B, C und D eingebaut wurden bilden die Gruppe geschlossen. In der Gruppe mit perforierten Laufgangauflagen im Laufgang wurden 61 Tiere und in der Gruppe mit geschlossenen Laufgangauflagen 161 Tiere untersucht.

#### 4.3.4.1 Klauenrehe (RE)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Klauenrehe (RE) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen aus Gummi, ist in Tabelle 45 dargestellt.

**Tabelle 45: Entwicklung des Befundes Klauenrehe (RE) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen**

Bodenge- staltung	Untersuch- ungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 RE in %	Befund 2 RE in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
gesch- lossen	1	53,4	3,7	42,9	161	P <sub>≤</sub> 0,001
	2	67,1	6,2	26,7	161	
	3	73,9	6,8	19,3	161	
Gesamt		64,8	5,6	29,6	483	
perforiert	1	80,3	1,6	18,0	61	P <sub>≤</sub> 0,001
	2	63,9	6,6	29,5	61	
	3	95,1	1,6	3,3	61	
Gesamt		79,8	3,3	16,9	183	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Klauenrehe (RE) an den drei Untersuchungsterminen sowohl in den Betrieben mit perforierten als auch in den Betrieben mit geschlossenen Laufgangauflagen höchstsignifikante Unterschiede gibt.

Über den gesamten Untersuchungszeitraum gibt es bei den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen eine Zunahme der Tiere ohne Befund von 53,4 % auf 73,9 % (geschlossen) und von 80,3 % auf 95,1 % (perforiert).

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) hatten zu Beginn der Untersuchung 42,9 % (geschlossen) und 18,0 % (perforiert) der Tiere. Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus Gummi ging die Anzahl der Tiere mit mittelgradigen bis hochgradigen Befunden auf 19,3 % (geschlossen) und 3,3 % (perforiert) zurück.

In den Betrieben mit perforierten Laufgangauflagen hat sich die Anzahl der Tiere mit geringgradigen Befunden nach neun Monaten nicht verändert.

In den Betrieben mit geschlossenen Laufgangauflagen hatten zu Beginn der Untersuchung 3,7 % der Tiere geringgradige Befunde. Nach neun Monaten nahm die Anzahl der Tiere mit geringgradigen Befunden auf 6,8 % zu.

#### 4.3.4.2 Weiße Linien Defekt (WLD)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Weiße Linie Defekt (WLD) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen aus Gummi, ist in Tabelle 46 dargestellt.

**Tabelle 46: Entwicklung des Befundes Weiße Linie Defekt (WLD) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen**

Bodenge- staltung	Untersuch- ungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 WLD in %	Befund 2 WLD in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
gesch- lossen	1	72,7	13,7	13,7	161	P <sub>≤</sub> 0,01
	2	78,9	16,1	5,0	161	
	3	81,4	16,1	2,5	161	
Gesamt		77,6	15,3	7,0	483	
perforiert	1	85,2	14,8	0,0	61	n.s.
	2	88,5	8,2	3,3	61	
	3	90,2	9,8	0,0	61	
Gesamt		88,0	10,9	1,1	183	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Weiße Linie Defekt (WLD) an den drei Untersuchungsterminen nur in den Betrieben mit geschlossenen Laufgangauflagen hochsignifikante Unterschiede.

Über den gesamten Untersuchungszeitraum gibt es bei den Betrieben mit geschlossenen Laufgangauflagen eine Zunahme der Tiere ohne Befund von 72,7 % auf 81,4 %.

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) hatten zu Beginn der Untersuchung 13,7 % der Tiere. Nach neun Monaten auf geschlossenen Laufgangauflagen aus Gummi ging die Anzahl der Tiere mit mittelgradigen bis hochgradigen Befunden auf 2,5 % zurück.

In den Betrieben mit geschlossenen Laufgangauflagen hat die Anzahl der Tiere mit geringgradigen Befunden nach neun Monaten gering von 13,7 auf 16,1 zugenommen.

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Weiße Linie Defekt (WLD) an den Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten Laufgangauflagen keine signifikanten Unterschiede.

#### 4.3.4.3 Wandläsion (WL)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Wandläsion (WL) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen aus Gummi, ist in Tabelle 47 dargestellt.

**Tabelle 47: Entwicklung des Befundes Wandläsion (WL) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen**

Bodenge- staltung	Untersuch- ungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 WL in %	Befund 2 WL in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
gesch- lossen	1	96,3	3,7	0,0	161	n.s.
	2	96,3	3,7	0,0	161	
	3	96,9	3,1	0,0	161	
Gesamt		96,5	3,5	0,0	483	
perforiert	1	100,0	0,0	0,0	61	n.s.
	2	96,7	3,3	0,0	61	
	3	98,4	1,6	0,0	61	
Gesamt		98,4	1,6	0,0	183	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Wandläsion (WL) an den Untersuchungsterminen sowohl in den Betrieben mit geschlossenen Laufgangauflagen als auch in den Betrieben mit perforierten Laufgangauflagen keine signifikanten Unterschiede.

#### 4.3.4.4 Doppelte Sohle (DS)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Doppelte Sohle (DS) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen aus Gummi, ist in Tabelle 48 dargestellt.

**Tabelle 48: Entwicklung des Befundes Doppelte Sohle (DS) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen**

Bodenge- staltung	Untersuch- ungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 DS in %	Befund 2 DS in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
gesch- lossen	1	67,1	18,0	14,9	161	P ≤ 0,001
	2	86,3	10,6	3,1	161	
	3	74,5	19,3	6,2	161	
Gesamt		76,0	15,9	8,1	483	
perforiert	1	41,0	34,4	24,6	61	P ≤ 0,001
	2	77,0	18,0	4,9	61	
	3	85,2	14,8	0,0	61	
Gesamt		67,8	22,4	9,8	183	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Doppelte Sohle (DS) an den drei Untersuchungsterminen sowohl in den Betrieben mit perforierten als auch in den Betrieben mit geschlossenen Laufgangauflagen höchstsignifikante Unterschiede.

Über den gesamten Untersuchungszeitraum gibt es bei den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen eine Zunahme der Tiere ohne Befund von 67,1 % auf 74,5 % (geschlossen) und von 41,0 % auf 85,2 % (perforiert).

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) hatten zu Beginn der Untersuchung 14,9 % (geschlossen) und 24,6 % (perforiert) der Tiere. Nach neun

Monaten auf Laufgangauflagen aus Gummi ging die Anzahl der Tiere mit mittelgradigen bis hochgradigen Befunden auf 6,2 % (geschlossen) und 0 % (perforiert) zurück.

In den Betrieben mit geschlossenen Laufgangauflagen hat sich die Anzahl der Tiere mit geringgradigen Befunden nach neun Monaten nicht verändert.

In den Betrieben mit perforierten Laufgangauflagen hatten zu Beginn der Untersuchung 34,4 % der Tiere geringgradige Befunde. Nach neun Monaten nahm die Anzahl der Tiere mit geringgradigen Befunden auf 14,8 % zurück.

#### 4.3.4.5 Ballenhornfäule (BF)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Ballenhornfäule (BF) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen aus Gummi, ist in Tabelle 49 dargestellt.

**Tabelle 49: Entwicklung des Befundes Ballenhornfäule (BF) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen**

Bodenge- staltung	Untersuch- ungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 BF in %	Befund 2 BF in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
gesch- lossen	1	48,4	3,7	47,8	161	P <sub>≤</sub> 0,001
	2	57,1	0,6	42,2	161	
	3	89,4	0,0	10,6	161	
Gesamt		65,0	1,4	33,5	483	
perforiert	1	78,7	1,6	19,7	61	P <sub>≤</sub> 0,05
	2	78,7	0,0	21,3	61	
	3	96,7	0,0	3,3	61	
Gesamt		84,7	0,5	14,8	183	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Ballenhornfäule (BF) an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten Laufgangauflagen signifikante und in den Betrieben mit geschlossenen Laufgangauflagen höchstsignifikante Unterschiede.

Über den gesamten Untersuchungszeitraum gibt es bei den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen eine Zunahme der Tiere ohne

Befund von 48,4 % auf 89,4 % (geschlossen) und von 78,7 % auf 96,7 % (perforiert).

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) hatten zu Beginn der Untersuchung 47,8 % (geschlossen) und 19,7 % (perforiert) der Tiere. Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus Gummi ging die Anzahl der Tiere mit mittelgradigen bis hochgradigen Befunden auf 10,6 % (geschlossen) und 3,3 % (perforiert) zurück.

In den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen ging nach neun Monaten die Anzahl der Tiere mit geringgradigen Befunden von 3,7 % (geschlossen) und 1,6 % (perforiert) auf 0 % zurück.

#### 4.3.4.6 Klauenfäule (DID)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Klauenfäule (DID) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen aus Gummi, ist in Tabelle 50 dargestellt.

**Tabelle 50: Entwicklung des Befundes Klauenfäule (DID) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen**

Bodenge- staltung	Untersuch- ungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 DID in %	Befund 2 DID in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
gesch- lossen	1	95,0	3,7	1,2	161	n.s.
	2	96,9	2,5	0,6	161	
	3	97,5	1,9	0,6	161	
Gesamt		96,5	2,7	0,8	483	
perforiert	1	96,7	3,3	0,0	61	n.s.
	2	100,0	0,0	0,0	61	
	3	100,0	0,0	0,0	61	
Gesamt		98,9	1,1	0,0	183	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Klauenfäule (DID) an den Untersuchungsterminen sowohl in den Betrieben mit geschlossenen Laufgangauflagen als auch in den Betrieben mit perforierten Laufgangauflagen keine signifikanten Unterschiede.

#### 4.3.4.7 Mortellarosche Krankheit (DD)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Mortellarosche Krankheit (DD) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen aus Gummi, ist in Tabelle 51 dargestellt.

**Tabelle 51: Entwicklung des Befundes Mortellarosche Krankheit (DD) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen**

Bodenge- staltung	Untersuch- ungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 DD in %	Befund 2 DD in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
gesch- lossen	1	59,0	4,3	36,6	161	P <sub>≤</sub> 0,05
	2	65,2	5,0	29,8	161	
	3	74,5	5,0	20,5	161	
Gesamt		66,3	4,8	29,0	483	
perforiert	1	68,9	3,3	27,9	61	n.s.
	2	44,3	8,2	47,5	61	
	3	60,7	3,3	36,1	61	
Gesamt		57,9	4,9	37,2	183	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Mortellarosche Krankheit (DD) an den drei Untersuchungsterminen nur in den Betrieben mit geschlossenen Laufgangauflagen signifikante Unterschiede.

Über den gesamten Untersuchungszeitraum gibt es bei den Betrieben mit geschlossenen Laufgangauflagen eine Zunahme der Tiere ohne Befund von 59,0 % auf 74,5 %.

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) hatten zu Beginn der Untersuchung 36,6 % der Tiere. Nach neun Monaten auf geschlossenen Laufgangauflagen aus Gummi ging die Anzahl der Tiere mit mittelgradigen bis hochgradigen Befunden auf 20,5 % zurück.

In den Betrieben mit geschlossenen Laufgangauflagen hat die Anzahl der Tiere mit geringgradigen Befunden nach neun Monaten sich nicht verändert.

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Mortellarosche Krankheit (DD) an den Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten Laufgangauflagen keine signifikanten Unterschiede. In der Tendenz nimmt die

Anzahl der Tiere ohne Befund von 68,9 % auf 60,7 % ab und die Anzahl der Tiere mit mittelgradigen bis hochgradigen Befunden von 27,9 % auf 36,1 % zu.

#### 4.3.4.8 Steingalle (STG)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Steingalle (STG) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen aus Gummi, ist in Tabelle 52 dargestellt.

**Tabelle 52: Entwicklung des Befundes Steingalle (STG) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen**

Bodenge- staltung	Untersuch- ungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 STG in %	Befund 2 STG in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
gesch- lossen	1	50,3	31,1	18,6	161	P <sub>≤</sub> 0,01
	2	62,7	24,8	12,4	161	
	3	68,3	24,2	7,5	161	
Gesamt		60,5	26,7	12,8	483	
perforiert	1	63,9	24,6	11,5	61	n.s.
	2	77,0	19,7	3,3	61	
	3	60,7	34,4	4,9	61	
Gesamt		67,2	26,2	6,6	183	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Steingalle (STG) an den drei Untersuchungsterminen nur in den Betrieben mit geschlossenen Laufgangauflagen hochsignifikante Unterschiede.

Über den gesamten Untersuchungszeitraum gibt es bei den Betrieben mit geschlossenen Laufgangauflagen eine Zunahme der Tiere ohne Befund von 50,3 % auf 68,3 %.

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) hatten zu Beginn der Untersuchung 18,6 % der Tiere. Nach neun Monaten auf geschlossenen Laufgangauflagen aus Gummi ging die Anzahl der Tiere mit mittelgradigen bis hochgradigen Befunden auf 7,5 % zurück.

In den Betrieben mit geschlossenen Laufgangauflagen ging die Anzahl der Tiere mit geringgradigen Befunden nach neun Monaten von 31,1 % auf 24,2 % zurück.

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Steingalle (STG) an den Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten Laufgangauflagen keine signifikanten Unterschiede.

#### 4.3.4.9 Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen aus Gummi, ist in Tabelle 53 dargestellt.

**Tabelle 53: Entwicklung des Befundes Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen**

Bodenge- staltung	Untersuch- ungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 RSG in %	Befund 2 RSG in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
gesch- lossen	1	80,1	1,2	18,6	161	P <sub>≤</sub> 0,001
	2	80,1	3,1	16,8	161	
	3	75,2	16,8	8,1	161	
Gesamt		78,5	7,0	14,5	483	
perforiert	1	93,4	1,6	4,9	61	n.s.
	2	90,2	3,3	6,6	61	
	3	83,6	11,5	4,9	61	
Gesamt		89,1	5,5	5,5	183	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG) an den drei Untersuchungsterminen nur in den Betrieben mit geschlossenen Laufgangauflagen höchstsignifikante Unterschiede.

Über den gesamten Untersuchungszeitraum gibt es bei den Betrieben mit geschlossenen Laufgangauflagen eine geringe Abnahme der Tiere ohne Befund von 80,1 % auf 75,2 %.

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) hatten zu Beginn der Untersuchung 18,6 % der Tiere. Nach neun Monaten auf geschlossenen Laufgangauflagen aus Gummi ging die Anzahl der Tiere mit mittelgradigen bis hochgradigen Befunden auf 8,1 % zurück.

In den Betrieben mit geschlossenen Laufgangauflagen nahm die Anzahl der Tiere mit geringgradigen Befunden nach neun Monaten von 1,2 % auf 16,8 % zu.

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG) an den Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten Laufgangauflagen keine signifikanten Unterschiede.

#### 4.3.4.10 Klauensohlengeschwür (KSG)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Klauensohlengeschwür (KSG) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen aus Gummi, ist in Tabelle 54 dargestellt.

**Tabelle 54: Entwicklung des Befundes Klauensohlengeschwür (KSG) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen**

Bodenge- staltung	Untersuch- ungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 KSG in %	Befund 2 KSG in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
gesch- lossen	1	97,5	0,0	2,5	161	P <sub>≤</sub> 0,05
	2	98,1	0,6	1,2	161	
	3	95,0	3,7	1,2	161	
Gesamt		96,9	1,4	1,7	483	
perforiert	1	96,7	0,0	3,3	61	n.s.
	2	100,0	0,0	0,0	61	
	3	98,4	0,0	1,6	61	
Gesamt		98,4	0,0	1,6	183	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Klauensohlengeschwür (KSG) an den drei Untersuchungsterminen nur in den Betrieben mit geschlossenen Laufgangauflagen signifikante Unterschiede.

Über den gesamten Untersuchungszeitraum gibt es bei den Betrieben mit geschlossenen Laufgangauflagen eine geringe Abnahme der Tiere ohne Befund von 97,5 % auf 95,0 %.

Mittelgradige bis hochgradige Befunde (Befund 2) hatten zu Beginn der Untersuchung 2,5 % der Tiere. Nach neun Monaten auf geschlossenen

Laufgangauflagen aus Gummi ging die Anzahl der Tiere mit mittelgradigen bis hochgradigen Befunden auf 1,2 % zurück.

In den Betrieben mit geschlossenen Laufgangauflagen nahm die Anzahl der Tiere mit geringgradigen Befunden nach neun Monaten von 0 % auf 3,7 % zu.

An den drei Untersuchungsterminen wurde der Befund in den Betrieben mit geschlossenen Laufgangauflagen nur bei 3,1 % der Tiere also insgesamt nur 5 Mal festgestellt.

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Klauensohlengeschwür (KSG) an den Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten Laufgangauflagen keine signifikanten Unterschiede.

#### 4.3.4.11 Zwischenklauenwulst (LI)

Die Entwicklung und die Häufigkeit des Befundes Zwischenklauenwulst (LI) bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen aus Gummi ist in Tabelle 55 dargestellt.

**Tabelle 55: Entwicklung des Befundes Zwischenklauenwulst (LI) in den Befundkategorien 0, 1, und 2 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen**

Bodenge- staltung	Untersuch- ungstermin	Befund 0 in %	Befund 1 LI in %	Befund 2 LI in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
gesch- lossen	1	85,1	9,3	5,6	161	n.s.
	2	82,6	13,7	3,7	161	
	3	80,1	17,4	2,5	161	
Gesamt		82,6	13,5	3,9	483	
perforiert	1	93,4	3,3	3,3	61	n.s.
	2	100,0	0,0	0,0	61	
	3	96,7	3,3	0,0	61	
Gesamt		96,7	2,2	1,1	183	

Zwischen den Befundklassen gibt es für den Befund Zwischenklauenwulst (LI) an den Untersuchungsterminen sowohl in den Betrieben mit geschlossenen Laufgangauflagen als auch in den Betrieben mit perforierten Laufgangauflagen keine signifikanten Unterschiede.

#### 4.4 Entwicklung des Dorsalwandzuwachses

Wie unter Punkt 3.4 beschrieben wurde auch die Dorsalwandlänge gemessen. Dies erfolgte um eine Aussage über das Klauenlängenwachstum treffen zu können.

Der Zuwachs der Dorsalwandlänge wurde als Differenz der Dorsalwandlänge zwischen dem zweiten und dritten Klauenbonitiertermin (Zeitraum sechs Monate) als Zuwachs in Millimetern (mm) in 6 Monaten berechnet. Dieser Zeitraum wurde bewusst gewählt, da bei Haltung in Laufställen eine zweimalige Klauenpflege pro Jahr (also alle sechs Monate) empfohlen wird.

##### 4.4.1 Entwicklung des Dorsalwandzuwachses nach sechs Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi

In Tabelle 56 sind die mittleren Dorsalwandlängenzuwächse in sechs Monaten (Differenz zwischen dem zweiten und dritten Klauenbonitiertermin) gesamt und für alle acht einzelnen Klauen angegeben.

**Tabelle 56: Mittlere Dorsalwandlängenzuwächse der Klauen in mm nach sechs Monaten  
Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi**

Bezeichnung der Klauen	Anzahl der Klauen	Dorsalwandlängenzuwachs Minimum mm	Dorsalwandlängenzuwachs Maximum mm	Dorsalwandlängenzuwachs Mittelwert mm	Standardabweichung
VLA	222	-1,0	25,0	7,9	4,652
VLI	222	0,0	25,0	8,4	4,516
VRI	222	0,0	28,0	8,3	6,025
VRA	222	0,0	27,0	7,7	5,283
HLA	222	-3,0	33,0	6,8	5,667
HLI	222	-5,0	33,0	6,3	5,184
HRI	222	-5,0	33,0	6,4	5,940
HRA	222	-5,0	35,0	7,1	5,868
Alle Klauen	1776	-5,0	35,0	7,4	4,159

Nach sechs Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi konnte im Mittel bei allen 1776 untersuchten Klauen ein Zuwachs der Dorsalwandlänge um 7,4 mm festgestellt werden

Betrachtet man die einzelnen Klauen, so kann festgestellt werden, dass bei den vier vorderen Klauen die beiden Aussenklauen einen vergleichsweise etwas

geringeren Zuwachs haben als die beiden Innenklauen. Bei den vier hinteren Klauen ist dies genau umgekehrt. Hier haben die beiden Innenklauen einen vergleichsweise etwas geringeren Zuwachs als die Aussenklauen.

#### 4.4.2 Einfluss der Verformbarkeit des Gummis auf die Entwicklung des Dorsalwandzuwachses nach sechs Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi

Um festzustellen, welchen Einfluss die Verformbarkeit einer Laufgangauflage aus Gummi auf die Entwicklung des Dorsalwandzuwachses in sechs Monaten hat, wurden zwei Gruppen gebildet.

Es wurde mit den Laufgangauflagen C, D und F die Gruppe „harter Gummi“ gebildet und mit den Laufgangauflagen A, B und E die Gruppe „weicher Gummi“ gebildet. Die Anzahl der untersuchten Tiere ist in beiden Gruppen annähernd gleich groß. Bei den Laufgangauflagen mit dem harten Gummi wurden 100 Tiere und bei den Laufgangauflagen mit dem weichen Gummi 122 Tiere untersucht.

Die folgende Tabelle 57 zeigt den mittels T-Test durchgeführten Mittelwertvergleich der gemessenen mittleren Dorsalwandzuwächse in den Gruppen weicher und harter Gummi.

**Tabelle 57: Mittlere Dorsalwandlängenzuwächse der Klauen in mm nach sechs Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus weichem und hartem Gummi**

Verformbarkeit	Anzahl der Tiere	Dorsalwandlängenzuwachs Mittelwert mm	Standardabweichung	Signifikanz
weich	122	6,86	3,614	P ≤ 0,05
hart	100	7,97	4,686	

Die Mittelwerte der beiden Gruppen weicher und harter Gummi unterscheiden sich signifikant. Die Tiere die sechs Monate auf Laufgangauflagen aus hartem Gummi gehalten wurden haben einen um 1,1 mm größeren Dorsalwandlängenzuwachs.

#### 4.4.3 Einfluss der Bodengestaltung planbefestigt / geschlossen oder perforiert (Spaltenboden) auf die Entwicklung des Dorsalwandzuwachses nach sechs Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi

Um zu überprüfen, ob der Dorsalwandzuwachs bei Einsatz von Laufgangauflagen aus Gummi auch durch die Bodengestaltung beeinflusst wird, wurden zwei Gruppen gebildet. Die Einsatzbetriebe 5 und 6 in denen die perforierten Laufgangauflagen E und F eingebaut wurden bilden die Gruppe perforiert (Spaltenboden). Die Einsatzbetriebe 1, 2, 3 und 4 in denen die geschlossenen Laufgangauflagen A, B, C und D eingebaut wurden bilden die Gruppe geschlossen. In der Gruppe mit perforierten Laufgangauflagen im Laufgang wurden 61 Tiere und in der Gruppe mit geschlossenen Laufgangauflagen 161 Tiere untersucht.

Die folgende Tabelle 58 zeigt den mittels T-Test durchgeführten Mittelwertvergleich der gemessenen mittleren Dorsalwandzuwächse in den Gruppen geschlossene und perforierte Bodengestaltung.

**Tabelle 58: Mittlere Dorsalwandlängenzuwächse der Klauen in mm nach sechs Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus geschlossenem und perforiertem Gummi**

Bodengestaltung	Anzahl der Tiere	Dorsalwandlängenzuwachs Mittelwert mm	Standardabweichung	Signifikanz
geschlossen	161	6,58	3,180	P ≤ 0,001
perforiert	61	9,41	5,557	

Die Mittelwerte der beiden Gruppen geschlossene und perforierte Bodengestaltung unterscheiden sich höchstsignifikant. Die Tiere die sechs Monate auf Laufgangauflagen aus perforiertem Gummi gehalten wurden haben eine um 2,8 mm größeren Dorsalwandlängenzuwachs.

Da in den beiden Betrieben 5 und 6 weiche und harte perforierter Laufgangauflagen aus Gummi verlegt wurden sind in Tabelle 59 die mittleren Dorsalwandlängenzuwächse in den sechs Betrieben dargestellt.

**Tabelle 59: Mittlere Dorsalwandlängenzuwächse der Klauen in den sechs Betrieben in mm nach sechs Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus geschlossenem und perforiertem Gummi**

Betrieb Nr.	Bodengestaltung	Anzahl der Tiere	Dorsalwandlängenzuwachs Mittelwert mm	Standardabweichung
1	geschlossen	56	4,78	2,387
2	geschlossen	39	8,15	3,583
3	geschlossen	38	6,06	1,990
4	geschlossen	28	8,73	3,052
5	perforiert	27	9,32	3,449
6	perforiert	34	9,49	6,837

Die Mittelwerte der Dorsalwandzuwächse in Tabelle 59 lassen erkennen, dass in den Betrieben 5 und 6 es vergleichbare Zuwächse gibt. In den vier Betrieben mit geschlossener Bodengestaltung gibt es deutliche Unterschiede zwischen den Betrieben. So haben die Betriebe 1 und 3 einen um 2 bis 4 mm geringeren Zuwachs an Dorsalwandlänge als die Betriebe 2 und 4.

#### 4.5 Entwicklung der Tragrandform

Wie unter Punkt 3.4 beschrieben wurde die Form des Tragrandes der Klauen nach dem in Tabelle 13 dargestellten Bewertungsschema erfasst. Für die Bewertung runder oder überstehender Tragrand können sich pro Tier, durch das Addieren der Bewertung jeder Klaue, 25 verschiedene Gesamtbewertung ergeben.

Wenn an allen acht Klauen kein überstehender oder kein runder Tragrand festzustellen war, dann ergibt dies die Bewertung 0. Wenn an allen 8 Klauen die Bewertung vollständig runder (R3) oder vollständig überstehender Tragrand (Ü3) festzustellen war, dann ergibt dies die Bewertung 24. Zwischen den Bewertungen 0 und 24 liegen die anderen möglichen Kombinationen aus den Bewertungen 0, R1, R2, R3, Ü1, Ü 2 und Ü 3.

Für die Bewertung planer Tragrand können sich pro Tier, durch das Addieren der Bewertungen jeder Klaue, 9 verschiedene Gesamtbewertung ergeben. Wenn an allen acht Klauen kein planer Tragrand festzustellen war ergibt dies die Bewertung 0. Wenn an allen 8 Klauen die Bewertung planer Tragrand festzustellen war ergibt dies die Bewertung 8.

Um festzustellen, ob die Veränderungen bei der Tragrandform durch die Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi, durch die Verformbarkeit des Gummis oder die Ausführung der Lauffläche (planbefestigt/geschlossen oder perforiert) beeinflusst wird, wurde die jeweilige Bewertung der acht Klauen für jede Tragrandbewertung (plan, rund, überstehend) in drei Gruppen unterteilt.

#### Bewertung Tragrand rund:

In der Gruppe R 0 wurden alle Tiere zusammengefasst die an allen 8 Klauen keinen runden Tragrand hatten. In der Gruppe R 1 bis 10 wurden alle Tiere zusammengefasst, bei denen die Aufsummierung der Tragrandbewertungen bis zu 10 ergeben hat und die somit nur eine geringe runde Tragrandform aufweisen. In der Gruppe R 11 bis 24 wurden alle Tiere zusammengefasst, bei denen die Aufsummierung der Tragrandbewertungen 11 bis 24 ergeben hat und die somit eine deutlich runde Tragrandform aufweisen.

#### Bewertung Tragrand überstehend:

In der Gruppe Ü 0 wurden alle Tiere zusammengefasst die an allen 8 Klauen keinen überstehenden Tragrand hatten. In der Gruppe Ü 1 bis 10 wurden alle Tiere zusammengefasst, bei denen die Aufsummierung der Tragrandbewertungen bis zu 10 ergeben hat und die somit nur eine geringe überstehende Tragrandform aufweisen. In der Gruppe Ü 11 bis 24 wurden alle Tiere zusammengefasst, bei denen die Aufsummierung der Tragrandbewertungen 11 bis 24 ergeben hat und die somit eine deutlich überstehende Tragrandform aufweisen.

#### Bewertung Tragrand plan:

In der Gruppe Tragrand P 0 wurden alle Tiere zusammengefasst die an allen 8 Klauen keinen planen Tragrand hatten. In der Gruppe P 1 bis 4 wurden alle Tiere zusammengefasst, die an einer oder bis zu vier Klauen einen planen Tragrand hatten und die somit nur eine geringe plane Tragrandform aufweisen. In der Gruppe P 5 bis 8 wurden alle Tiere zusammengefasst, die an fünf oder an allen Klauen einen planen Tragrand hatten und die somit eine deutliche plane Tragrandform aufweisen.

Die Verteilung und die Häufigkeit für die Bewertungen runder oder überstehender Tragrand bei den 666 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen ist

in Tabelle 60 (runder Tragrand) und Tabelle 61 (überstehender Tragrand) dargestellt.

**Tabelle 60: Die Verteilung und die Häufigkeit der Bewertung runder Tragrand bei den 666 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen**

Bewertung runder Tragrand	Anzahl Tiere (n)	Prozent	kumulierte Prozente
0	375	56,3	56,3
1	13	2,0	58,3
2	23	3,5	61,7
3	9	1,4	63,1
4	17	2,6	65,6
5	8	1,2	66,8
6	8	1,2	68,0
7	5	0,8	68,8
8	9	1,4	70,1
9	2	0,3	70,4
10	15	2,3	72,7
11	15	2,3	74,9
12	11	1,7	76,6
13	7	1,1	77,6
14	3	0,5	78,1
15	7	1,1	79,1
16	30	4,5	83,6
17	7	1,1	84,7
18	15	2,3	86,9
19	3	0,5	87,4
20	7	1,1	88,4
21	5	0,8	89,2
22	9	1,4	90,5
23	5	0,8	91,3
24	58	8,7	100,0
Gesamt	666	100,0	

Tabelle 60 zeigt, dass 56,3 % der Tiere keinen runden Tragrand haben und damit der Gruppe 0 angehören. 16,4 % der Tiere haben eine Tragrandbewertung von 1 bis 10 und gehören somit der Gruppe 1 bis 10 an. Der Gruppe runder Tragrand 11 bis 24 gehören 27,3 % der Tiere an.

**Tabelle 61: Die Verteilung und die Häufigkeit der Bewertung überstehender Tragrand bei den 666 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen**

Bewertung überstehender Tragrand	Anzahl Tiere (n)	Prozent	kumulierte Prozente
0	219	32,9	32,9
1	13	2,0	34,8
2	28	4,2	39,0
3	11	1,7	40,7
4	20	3,0	43,7
5	17	2,6	46,2
6	27	4,1	50,3
7	40	6,0	56,3
8	25	3,8	60,1
9	23	3,5	63,5
10	27	4,1	67,6
11	21	3,2	70,7
12	22	3,3	74,0
13	25	3,8	77,8
14	21	3,2	80,9
15	11	1,7	82,6
16	31	4,7	87,2
17	14	2,1	89,3
18	13	2,0	91,3
19	17	2,6	93,8
20	14	2,1	95,6
21	9	1,4	97,3
22	9	1,4	98,6
23	5	0,8	99,4
24	4	0,6	100,0
Gesamt	666	100,0	

Aus Tabelle 61 wird deutlich, dass 32,9 % der Tiere keinen überstehenden Tragrand haben und damit der Gruppe 0 angehören. 34,7 % der Tiere haben eine Tragrandbewertung von 1 bis 10 und gehören somit der Gruppe 1 bis 10 an. Der Gruppe überstehender Tragrand 11 bis 24 gehören 32,4 % der Tiere an.

Die Verteilung und die Häufigkeit für die Bewertungen planer Tragrand bei den 666 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen ist in Tabelle 62 dargestellt.

**Tabelle 62: Die Verteilung und die Häufigkeit der Bewertung planer Tragrand bei den 666 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen**

Bewertung planer Tragrand	Anzahl Tiere (n)	Prozent	kumulierte Prozente
0	335	50,3	50,3
1	88	13,2	63,5
2	96	14,4	77,9
3	36	5,4	83,3
4	43	6,5	89,8
5	19	2,9	92,6
6	26	3,9	96,5
7	7	1,1	97,6
8	16	2,4	100
Gesamt	666	100,0	

Aus Tabelle 62 wird deutlich, dass 50,3 % der Tiere keinen planen Tragrand haben und damit der Gruppe 0 angehören. 39,4 % der Tiere haben eine Tragrandbewertung von 1 bis 4 und gehören somit der Gruppe 1 bis 4 an. Der Gruppe planer Tragrand 5 bis 8 gehören 10,3 % der Tiere an.

#### **4.5.1 Entwicklung der Tragrandform nach drei und neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi**

Wie sich die Tragrandform im Verlauf der Untersuchung verändert hat ist in den drei Tabellen 63, 64 und 65 angegeben.

**Tabelle 63: Entwicklung der runden Tragrandform in den Befundklassen R 0, R 1 bis 10, und R 11 bis 24 an den drei Untersuchungsterminen**

Untersuchungs-termin	Befund R 0 in %	Befund R 1 bis 10 in %	Befund R 11 bis 24 in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	7,2	18,0	74,8	222	P <sub>≤</sub> 0,001
2	72,1	21,2	6,8	222	
3	89,6	9,9	0,5	222	
Gesamt	56,3	16,4	27,3	666	

Die Ergebnisse in Tabelle 63 zeigen, dass es zwischen den Befundklassen für die runde Tragrandform an den drei Untersuchungsterminen höchstsignifikante Unterschiede gibt.

Vor dem Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi hatten nur 7,2 % der Tiere keinen runden Tragrand (Befund R 0). Über den gesamten Untersuchungszeitraum gibt es eine Zunahme der Tiere die keinen runden Tragrand aufweisen auf 89,6 %.

Eine geringe runde Tragrandform (Befund R 1 bis 10) hatten zu Beginn der Untersuchung 18,0 % der Tiere. Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus Gummi ging die Anzahl der Tiere mit geringer runder Tragrandform auf 9,9 % zurück.

Zu Beginn der Untersuchung hatten 74,8 % der Tiere eine deutlich runde Tragrandform (Befund R 11 bis 24). Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus Gummi ging die Anzahl der Tiere mit einer deutlich runden Tragrandform auf 0,5 % zurück.

**Tabelle 64: Entwicklung der überstehenden Tragrandform in den Befundklassen Ü 0, Ü 1 bis 10, und Ü 11 bis 24 an den drei Untersuchungsterminen**

Untersuchungs-termin	Befund Ü 0 in %	Befund Ü 1 bis 10 in %	Befund Ü 11 bis 24 in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	84,2	11,7	4,1	222	P <sub>≤</sub> 0,001
2	9,9	51,4	38,7	222	
3	4,5	41,0	54,5	222	
Gesamt	32,9	34,7	32,4	666	

Zwischen den Befundklassen für die überstehende Tragrandform gibt es an den drei Untersuchungsterminen höchstsignifikante Unterschiede.

Vor dem Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi hatten 84,2 % der Tiere keinen überstehenden Tragrand (Befund Ü 0). Über den gesamten Untersuchungszeitraum gibt es eine Abnahme der Tiere die keinen überstehenden Tragrand aufweisen auf 4,5 %.

Eine geringe überstehende Tragrandform (Befund Ü 1 bis 10) hatten zu Beginn der Untersuchung 11,7 % der Tiere. Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus Gummi nahm die Anzahl der Tiere mit geringer überstehender Tragrandform auf 41,0 % zu.

Zu Beginn der Untersuchung hatten nur 4,1 % der Tiere eine deutlich überstehende Tragrandform (Befund Ü 11 bis 24). Nach neun Monaten auf

Laufgangauflagen aus Gummi nahm die Anzahl der Tiere mit einer deutlich überstehenden Tragrandform auf 54,5 % zu.

**Tabelle 65: Entwicklung der planen Tragrandform in den Befundklassen P 0, P 1 bis 4, und P 5 bis 8 an den drei Untersuchungsterminen**

Untersuchungs-termin	Befund P 0 in %	Befund P 1 bis 4 in %	Befund P 5 bis 8 in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	80,2	17,6	2,3	222	P ≤ 0,001
2	33,8	48,2	18,0	222	
3	36,9	52,7	10,4	222	
Gesamt	50,3	39,5	10,2	666	

Die Ergebnisse in Tabelle 65 zeigen, dass es zwischen den Befundklassen für die plane Tragrandform an den drei Untersuchungsterminen höchstsignifikante Unterschiede gibt.

Vor dem Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi hatten 80,2 % der Tiere keinen planen Tragrand (Befund P 0). Über den gesamten Untersuchungszeitraum gibt es eine Abnahme der Tiere die keinen planen Tragrand aufweisen auf 36,9 %.

Eine geringe plane Tragrandform (Befund P 1 bis 4) hatten zu Beginn der Untersuchung 17,6 % der Tiere. Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus Gummi nahm die Anzahl der Tiere mit geringer planer Tragrandform auf 52,7 % zu.

Zu Beginn der Untersuchung hatten nur 4,1 % der Tiere eine deutlich plane Tragrandform (Befund P 5 bis 8). Nach neun Monaten auf Laufgangauflagen aus Gummi nahm die Anzahl der Tiere mit einer deutlich planen Tragrandform auf 10,4 % zu.

Wie unter Punkt 3.3 beschrieben wurden bei jedem Tier die rechten Hinterklauen vor und nach der Klauenpflege mit einer Digitalkamera aufgenommen. Die beiden Abbildungen 30 und 31 zeigen als Beispiel die rechten Hinterklauen der Kuh Nummer 157 aus dem Betrieb 5 vor und neun Monate nach dem Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi. Auch diese beiden Bilder verdeutlichen wie sich die Tragrandform der Klauen im Verlauf der Untersuchung verändert hat. Denn aus Tabelle 64 geht deutlich hervor, dass vor dem Einbau der Laufgangauflagen 84,2 % der Tiere keine überstehende Tragrandform hatten. Nach neun Monaten auf den Laufgangauflagen aus Gummi hatten nur noch 4,5 % der Tiere keine

überstehende Tragrandform. Bei der Kuh 157 hat sich die Tragrandform von der Bewertung R 11 für alle acht Klauen vor dem Einbau auf Bewertung Ü 18 für alle acht Klauen nach neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi verändert.



**Abbildung 30: Klaue hinten rechts  
Kuh Nr. 157 in Betrieb 5 vor dem Einbau der  
Laufgangauflagen aus Gummi**



**Abbildung 31: Klaue hinten rechts  
Kuh Nr. 157 in Betrieb 5 neun Monate nach  
Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi**

#### **4.5.2 Einfluss der Verformbarkeit des Gummis auf die Entwicklung der Tragrandform nach drei und neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi**

Um festzustellen welchen Einfluss die Verformbarkeit einer Laufgangauflage aus Gummi auf die Entwicklung der Tragrandform an den drei Untersuchungsterminen hat wurden zwei Gruppen gebildet.

Es wurde mit den Laufgangauflagen C, D und F die Gruppe „harter Gummi“ gebildet und mit den Laufgangauflagen A, B und E die Gruppe „weicher Gummi“ gebildet. Die Anzahl der untersuchten Tiere ist in beiden Gruppen annähernd gleich groß. Bei den Laufgangauflagen mit dem harten Gummi wurden 100 Tiere und bei den Laufgangauflagen mit dem weichen Gummi 122 Tiere untersucht.

Die Entwicklung und die Häufigkeit der Tragrandform runder Tragrand bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den jeweils drei Betrieben mit weichem und hartem Gummi, ist in Tabelle 66 dargestellt.

**Tabelle 66: Entwicklung der runden Tragrandform in den Befundklassen R 0, R 1 bis 10, und R 11 bis 24 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi**

Untersuchungstermin	Verformbarkeit	Befund R 0 in %	Befund R 1 bis 10 in %	Befund R 11 bis 24 in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	weich	2,5	22,1	75,4	122	$P \leq 0,01$
	hart	13,0	13,0	74,0	100	
Gesamt		7,2	18,0	74,8	222	
2	weich	58,2	32,0	9,8	122	$P \leq 0,001$
	hart	89,0	8,0	3,0	100	
Gesamt		72,1	21,2	6,8	222	
3	weich	90,2	9,8	0,0	122	n.s.
	hart	89,0	10,0	1,0	100	
Gesamt		89,6	9,9	0,5	222	

Die Ergebnisse in Tabelle 66 zeigen, dass es zwischen den Befundklassen für die Entwicklung der runden Tragrandform an den Untersuchungsterminen eins und zwei in den Betrieben mit weichem Gummi als auch in den Betrieben mit hartem Gummi hochsignifikante (Untersuchungstermin 1) und höchstsignifikante (Untersuchungstermin 2) Unterschiede gibt.

Am Untersuchungstermin 1 hatten in den Betrieben mit weichem Gummi nur 2,5 % der Tiere keine runde Tragrandform und 22,1 % der Tiere eine geringe runde Tragrandform. 75,4 % der Tiere in den Betrieben mit weichem Gummi hatten am Untersuchungstermin 1, also vor Einbau der Laufgangauflagen, eine runde Tragrandform. Fast gleich hoch mit 74,0 % ist dieser Anteil der Tiere in den Betrieben mit hartem Gummi. Wobei am Untersuchungstermin 1 in den Betrieben mit hartem Gummi 13,0 % der Tiere keine runde Tragrandform und 13,0 % der Tiere eine geringe runde Tragrandform aufwiesen.

Am Untersuchungstermin 2 hatten in den Betrieben mit weichem Gummi 58,2 % der Tiere keine runde Tragrandform und 32,0 % der Tiere eine geringe runde Tragrandform. Nur noch 9,8 % der Tiere in den Betrieben mit weichem Gummi hatten am Untersuchungstermin 2, also drei Monate nach Einbau der

Laufgangauflagen, eine runde Tragrandform. Noch geringer mit nur 3,0 % ist dieser Anteil der Tiere in den Betrieben mit hartem Gummi. Wobei am Untersuchungstermin 2 in den Betrieben mit hartem Gummi schon 89,0 % der Tiere keine runde Tragrandform und 8,0 % der Tiere eine geringe runde Tragrandform aufwiesen.

Am Untersuchungstermin 3 gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Befundklassen für die Entwicklung der runden Tragrandform in den Betrieben mit weichem Gummi als auch in den Betrieben mit hartem Gummi. Der Anteil der Tiere die keine runde Tragrandform aufweisen ist mit 90,2 % (weicher Gummi) und mit 89,0 % (harter Gummi) fast gleich, wie auch der Anteil der Tiere die eine geringe runde Tragrandform aufweisen 9,8 % (weicher Gummi) und 10,0 % (harter Gummi).

In den Betrieben mit weichem Gummi gibt es, neun Monate nach Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi, keine Tiere mehr die eine runde Tragrandform aufweisen und in den Betrieben mit hartem Gummi nur noch 1,0 %.

Die Entwicklung und die Häufigkeit der Tragrandform überstehender Tragrand bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den jeweils drei Betrieben mit weichem und hartem Gummi, ist in Tabelle 67 dargestellt.

**Tabelle 67: Entwicklung der überstehenden Tragrandform in den Befundklassen Ü 0, Ü 1 bis 10, und Ü 11 bis 24 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi**

Untersuchungstermin	Verformbarkeit	Befund Ü 0 in %	Befund Ü 1 bis 10 in %	Befund Ü 11 bis 24 in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	weich	93,4	4,9	1,6	122	P ≤ 0,001
	hart	73,0	20,0	7,0	100	
Gesamt		84,2	11,7	4,1	222	
2	weich	7,4	46,7	45,9	122	P ≤ 0,05
	hart	13,0	57,0	30,0	100	
Gesamt		9,9	51,4	38,7	222	
3	weich	2,5	27,0	70,5	122	P ≤ 0,001
	hart	7,0	58,0	35,0	100	
Gesamt		4,5	41,0	54,5	222	

Zwischen den Befundklassen für die Entwicklung der überstehenden Tragrandform gibt es an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit

weichem Gummi als auch in den Betrieben mit hartem Gummi signifikante (Untersuchungstermin 2) und höchstsignifikante (Untersuchungstermin 1 und 3) Unterschiede.

Am Untersuchungstermin 1 hatten in den Betrieben mit weichem Gummi 93,4 % der Tiere keine überstehende Tragrandform und 4,9 % der Tiere eine gering überstehende Tragrandform. Nur 1,6 % der Tiere in den Betrieben mit weichem Gummi hatten am Untersuchungstermin 1, also vor Einbau der Laufgangauflagen, eine deutlich überstehende Tragrandform. Auch gering mit 7,0 % ist dieser Anteil der Tiere in den Betrieben mit hartem Gummi. Wobei am Untersuchungstermin 1 in den Betrieben mit hartem Gummi 73,0 % der Tiere keine überstehende Tragrandform und 20,0 % der Tiere eine geringe überstehende Tragrandform aufwiesen.

Am Untersuchungstermin 2 hatten in den Betrieben mit weichem Gummi nur noch 7,2 % der Tiere keine überstehende Tragrandform und 46,7 % der Tiere eine geringe überstehende Tragrandform. 45,9 % der Tiere in den Betrieben mit weichem Gummi hatten am Untersuchungstermin 2, also drei Monate nach Einbau der Laufgangauflagen, eine deutlich überstehende Tragrandform.

13,0 % der Tiere in den Betrieben mit hartem Gummi hatten am Untersuchungstermin 2 keine überstehende Tragrandform, schon 57,0 % eine gering überstehende Tragrandform und 30,0 % der Tiere eine deutlich überstehende Tragrandform.

Am Untersuchungstermin 3 hatten in den Betrieben mit weichem Gummi nur noch 2,5 % der Tiere keine überstehende Tragrandform und 27,0 % der Tiere eine geringe überstehende Tragrandform. 70,5 % der Tiere in den Betrieben mit weichem Gummi hatten am Untersuchungstermin 3, also neun Monate nach Einbau der Laufgangauflagen, eine deutlich überstehende Tragrandform.

7,0 % der Tiere in den Betrieben mit hartem Gummi hatten am Untersuchungstermin 3 keine überstehende Tragrandform, 58,0 % eine gering überstehende Tragrandform und 35,0 % der Tiere eine deutlich überstehende Tragrandform.

Die Entwicklung und die Häufigkeit der Tragrandform planer Tragrand bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den jeweils drei Betrieben mit weichem und hartem Gummi, ist in Tabelle 68 dargestellt.

**Tabelle 68: Entwicklung der planen Tragrandform in den Befundklassen P 0, P 1 bis 4, und P 5 bis 8 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit weichem und hartem Gummi**

Untersuchungstermin	Verformbarkeit	Befund P 0 in %	Befund P 1 bis 4 in %	Befund P 5 bis 8 in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	weich	77,0	18,9	4,1	122	n.s.
	hart	84,0	16,0	0,0	100	
Gesamt		80,2	17,6	2,3	222	
2	weich	39,3	56,6	4,1	122	P <sub>≤</sub> 0,001
	hart	27,0	38,0	35,0	100	
Gesamt		33,8	48,2	18,0	222	
3	weich	40,2	51,6	8,2	122	n.s.
	hart	33,0	54,0	13,0	100	
Gesamt		36,9	52,7	10,4	222	

Die Ergebnisse in Tabelle 68 zeigen, dass es zwischen den Befundklassen für die Entwicklung der planen Tragrandform nur am Untersuchungstermin 2 in den Betrieben mit weichem Gummi als auch in den Betrieben mit hartem Gummi höchstsignifikante Unterschiede gibt.

Am Untersuchungstermin 2 hatten in den Betrieben mit weichem Gummi 39,3 % der Tiere keine plane Tragrandform und 56,6 % der Tiere eine geringe plane Tragrandform. Nur 4,1 % der Tiere in den Betrieben mit weichem Gummi hatten am Untersuchungstermin 2, also drei Monate nach Einbau der Laufgangauflagen, eine deutlich plane Tragrandform.

27,0 % der Tiere in den Betrieben mit hartem Gummi hatten am Untersuchungstermin 2 keine plane Tragrandform, schon 38,0 % eine geringe plane Tragrandform und 35,0 % der Tiere eine deutlich plane Tragrandform.

Am Untersuchungstermin 1 und 3 gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Befundklassen für die Entwicklung der planen Tragrandform in den Betrieben mit weichem Gummi, als auch in den Betrieben mit hartem Gummi.

### 4.5.3 Einfluss der Bodengestaltung planbefestigt/geschlossen oder perforiert (Spaltenboden) auf die Entwicklung der Tragrandform nach drei und neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi

Um zu überprüfen ob die Entwicklung der Tragrandform bei Einsatz von Laufgangauflagen aus Gummi auch durch die Bodengestaltung beeinflusst wird, wurden zwei Gruppen gebildet. Die Einsatzbetriebe 5 und 6 in denen die perforierten Laufgangauflagen E und F eingebaut wurden bilden die Gruppe perforiert (Spaltenboden). Die Einsatzbetriebe 1, 2, 3 und 4 in denen die geschlossenen Laufgangauflagen A, B, C und D eingebaut wurden bilden die Gruppe geschlossen. In der Gruppe mit perforierten Laufgangauflagen im Laufgang wurden 61 Tiere und in der Gruppe mit geschlossenen Laufgangauflagen 161 Tiere untersucht.

Die Entwicklung und die Häufigkeit der Tragrandform runder Tragrand bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen aus Gummi, ist in Tabelle 69 dargestellt.

**Tabelle 69: Entwicklung der runden Tragrandform in den Befundklassen R 0, R 1 bis 10, und R 11 bis 24 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen**

Untersuchungstermin	Bodengestaltung	Befund R 0 in %	Befund R 1 bis 10 in %	Befund R 11 bis 24 in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	geschlossen	1,9	11,8	86,3	161	$P \leq 0,001$
	perforiert	21,3	34,4	44,3	61	
Gesamt		7,2	18,0	74,8	222	
2	geschlossen	61,5	29,2	9,3	161	$P \leq 0,001$
	perforiert	100,0	0,0	0,0	61	
Gesamt		72,1	21,2	6,8	222	
3	geschlossen	85,7	13,7	0,6	161	$P \leq 0,05$
	perforiert	100,0	0,0	0,0	61	
Gesamt		89,6	9,9	0,5	222	

Zwischen den Befundklassen für die Entwicklung der runden Tragrandform gibt es an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit geschlossener als auch in den Betrieben mit perforierter Bodengestaltung signifikante

(Untersuchungstermin 3) und höchstsignifikante (Untersuchungstermin 1 und 2) Unterschiede.

Am Untersuchungstermin 1 hatten in den Betrieben mit geschlossener Bodengestaltung nur 1,9 % der Tiere keine runde Tragrandform und 11,8 % der Tiere eine geringe runde Tragrandform. 86,3 % der Tiere in den Betrieben mit geschlossener Bodengestaltung hatten am Untersuchungstermin 1, also vor Einbau der Laufgangauflagen, eine deutlich runde Tragrandform.

In den Betrieben mit perforierter Bodengestaltung hatten 21,3 % der Tiere keine runde Tragrandform und 34,4 % der Tiere eine geringe runde Tragrandform. 44,3 % der Tiere in den Betrieben mit perforierter Bodengestaltung hatten am Untersuchungstermin 1, also vor Einbau der Laufgangauflagen, eine deutlich runde Tragrandform.

Am Untersuchungstermin 2 hatten in den Betrieben mit geschlossener Bodengestaltung 61,5 % der Tiere keine runde Tragrandform und 29,2 % der Tiere eine geringe runde Tragrandform. Nur 9,3 % der Tiere in den Betrieben mit geschlossener Bodengestaltung hatten am Untersuchungstermin 2, also drei Monate nach Einbau der Laufgangauflagen, noch eine deutlich runde Tragrandform.

Bereits am Untersuchungstermin 2 hatten 100,0 % der Tiere in den Betrieben mit perforierter Bodengestaltung keine runde Tragrandform mehr. Dies ist auch am Untersuchungstermin 3 der Fall.

Am Untersuchungstermin 3 hatten in den Betrieben mit geschlossener Bodengestaltung nur noch 0,6 % der Tiere eine deutlich runde Tragrandform und 13,7 % der Tiere eine geringe runde Tragrandform. 85,7 % der Tiere in den Betrieben mit geschlossener Bodengestaltung hatten am Untersuchungstermin 3, also neun Monate nach Einbau der Laufgangauflagen, keine runde Tragrandform.

Die Entwicklung und die Häufigkeit der Tragrandform überstehender Tragrand bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen aus Gummi, ist in Tabelle 70 dargestellt.

**Tabelle 70: Entwicklung der überstehenden Tragrandform in den Befundklassen Ü 0, Ü 1 bis 10, und Ü 11 bis 24 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen**

Untersuchungstermin	Bodengestaltung	Befund Ü 0 in %	Befund Ü 1 bis 10 in %	Befund Ü 11 bis 24 in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	geschlossen	96,3	1,9	1,9	161	P ≤ 0,001
	perforiert	52,5	37,7	9,8	61	
Gesamt		84,2	11,7	4,1	222	
2	geschlossen	11,2	59,0	29,8	161	P ≤ 0,001
	perforiert	6,6	31,1	62,3	61	
Gesamt		9,9	51,4	38,7	222	
3	geschlossen	5,6	46,0	48,4	161	n.s.
	perforiert	1,6	27,9	70,5	61	
Gesamt		4,5	41,0	54,5	222	

Zwischen den Befundklassen für die Entwicklung der überstehenden Tragrandform gibt es an den Untersuchungsterminen 1 und 2 in den Betrieben mit geschlossener als auch in den Betrieben mit perforierter Bodengestaltung höchstsignifikante Unterschiede.

Am Untersuchungstermin 1 hatten in den Betrieben mit geschlossener Bodengestaltung 96,3 % der Tiere keine überstehende Tragrandform und 1,9 % der Tiere eine gering überstehende Tragrandform. Nur 1,9 % der Tiere in den Betrieben mit geschlossener Bodengestaltung hatten am Untersuchungstermin 1, also vor Einbau der Laufgangauflagen, eine deutlich überstehende Tragrandform.

In den Betrieben mit perforierter Bodengestaltung hatten 52,5 % der Tiere keine überstehende Tragrandform und 37,7 % der Tiere eine gering überstehende Tragrandform. 9,8 % der Tiere in den Betrieben mit perforierter Bodengestaltung hatten am Untersuchungstermin 1, also vor Einbau der Laufgangauflagen, eine deutlich überstehende Tragrandform.

Am Untersuchungstermin 2 hatten in den Betrieben mit geschlossener Bodengestaltung 11,2 % der Tiere keine überstehende Tragrandform und 59,0 % der Tiere eine gering überstehende Tragrandform. 29,8 % der Tiere in den Betrieben mit geschlossener Bodengestaltung hatten am Untersuchungstermin 2, also drei Monate nach Einbau der Laufgangauflagen, eine deutlich überstehende Tragrandform.

Bereits am Untersuchungstermin 2 hatten nur noch 6,6 % der Tiere in den Betrieben mit perforierter Bodengestaltung keine überstehende Tragrandform mehr. 31,1 % der Tiere hatten eine gering überstehende Tragrandform und 62,3 % eine deutlich überstehende Tragrandform.

Am Untersuchungstermin 3 gibt es zwischen den Befundklassen für die Entwicklung der überstehenden Tragrandform in den Betrieben mit geschlossener als auch in den Betrieben mit perforierter Bodengestaltung keine signifikanten Unterschiede.

Die Entwicklung und die Häufigkeit der Tragrandform planer Tragrand bei den 222 untersuchten Tieren an den drei Untersuchungsterminen, in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen aus Gummi, ist in Tabelle 71 dargestellt.

**Tabelle 71: Entwicklung der planen Tragrandform in den Befundklassen P 0, P 1 bis 4, und P 5 bis 8 an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit perforierten und geschlossenen Laufgangauflagen**

Untersuchungstermin	Bodengestaltung	Befund P 0 in %	Befund P 1 bis 4 in %	Befund P 5 bis 8 in %	Anzahl Tiere (n)	Signifikanz
1	geschlossen	83,9	13,0	3,1	161	$P \leq 0,05$
	perforiert	70,5	29,5	0,0	61	
Gesamt		80,2	17,6	2,3	222	
2	geschlossen	28,6	51,6	19,9	161	$P \leq 0,05$
	perforiert	47,5	39,3	13,2	61	
Gesamt		33,8	48,2	18,0	222	
3	geschlossen	28,6	58,4	13,0	161	$P \leq 0,001$
	perforiert	59,0	37,7	3,3	61	
Gesamt		36,9	52,7	10,4	222	

Zwischen den Befundklassen für die Entwicklung der planen Tragrandform gibt es an den drei Untersuchungsterminen in den Betrieben mit geschlossener als auch in den Betrieben mit perforierter Bodengestaltung signifikante (Untersuchungstermin 1 und 2) und höchstsignifikante (Untersuchungstermin 3) Unterschiede.

Am Untersuchungstermin 1 hatten in den Betrieben mit geschlossener Bodengestaltung 83,9 % der Tiere keine plane Tragrandform und 13,0 % der Tiere eine geringe plane Tragrandform. Nur 3,1 % der Tiere in den Betrieben mit

geschlossener Bodengestaltung hatten am Untersuchungstermin 1 eine deutlich plane Tragrandform.

In den Betrieben mit perforierter Bodengestaltung hatten 70,5 % der Tiere keine plane Tragrandform und 29,5 % der Tiere eine geringe plane Tragrandform. Keines der untersuchten Tiere in den Betrieben mit perforierter Bodengestaltung hatte eine deutlich plane Tragrandform.

Am Untersuchungstermin 2 hatten in den Betrieben mit geschlossener Bodengestaltung 28,6 % der Tiere keine plane Tragrandform und 51,6 % der Tiere eine geringe plane Tragrandform. 19,9 % der Tiere in den Betrieben mit geschlossener Bodengestaltung hatten am Untersuchungstermin 2, also drei Monate nach Einbau der Laufgangauflagen, eine deutlich plane Tragrandform.

In den Betrieben mit perforierter Bodengestaltung hatten 47,5 % der Tiere keine plane Tragrandform und 39,3 % der Tiere eine geringe plane Tragrandform. 13,2 % der untersuchten Tiere in den Betrieben mit perforierter Bodengestaltung hatte eine deutlich plane Tragrandform am Untersuchungstermin 2.

Am Untersuchungstermin 3 hatten in den Betrieben mit geschlossener Bodengestaltung 28,6 % der Tiere keine plane Tragrandform und 58,4 % der Tiere eine geringe plane Tragrandform. 13,0 % der Tiere in den Betrieben mit geschlossener Bodengestaltung hatten am Untersuchungstermin 3 eine deutliche plane Tragrandform.

In den Betrieben mit perforierter Bodengestaltung hatten 59,0 % der Tiere keine plane Tragrandform und 37,7 % der Tiere eine geringe plane Tragrandform. 3,3 % der untersuchten Tiere in den Betrieben mit perforierter Bodengestaltung hatte eine deutlich plane Tragrandform am Untersuchungstermin 3.

## 5. Diskussion

### 5.1. Verformbarkeit des Bodens

Voges et al. (2004) stellten fest, dass die Verformbarkeit, beziehungsweise auch das Gegenteil die Härte eines Bodens, für Rinder eine große Bedeutung hat. Die Härte des Bodens hat offensichtlich einen wesentlich größeren Einfluss auf die Hornstruktur als individuelle oder genetische Faktoren, wie in einer sehr umfangreichen Analyse von Hornproben gezeigt werden konnte. Diese Ergebnisse liefern eine Erklärung für die beschriebene Abnahme von Klauenproblemen in Herden, die auf Gummimatten gehalten werden (Benz 2002, Benz et al. 2002, Benz und Wandel 2004). In der Literatur finden sich jedoch kaum Angaben welche Verformbarkeit Gummimatten für den Laufgang haben oder haben sollten.

Die Ergebnisse der Verformbarkeitsmessungen dieser Arbeit zeigen, dass Laufgangauflagen aus Gummi sehr unterschiedliche Verformbarkeiten aufweisen. Es wurden Eindringtiefen bei 2000 N Belastung von 1,4 bis 4,85 mm gemessen. Dies zeigt, dass die angebotenen Laufgangauflagen sich hinsichtlich ihrer Verformbarkeit deutlich unterscheiden. In der Literatur werden die Verformbarkeit und die Weichheit von Laufflächenauflagen vielfach positiv bewertet (Steiner 2004, Nilsson 1998, Steiner u. Van Caenegem 2003, Rushen et al. 2004), jedoch fehlt hier die Angabe der Verformbarkeit der untersuchten Böden. Es wird nur zwischen harten zum Beispiel Betonboden und weichem Gummiboden unterschieden. Es wird in diesen Untersuchungen davon ausgegangen oder unterstellt, dass Gummiböden beziehungsweise elastische Laufflächen aus Gummi grundsätzlich weich und verformbar sind. Es wird nicht berücksichtigt, dass Gummi sehr unterschiedliche Verformbarkeiten haben kann, wie die Messergebnisse dieser Arbeit zeigen. Auch die Ergebnisse der bisher 10 von der DLG getesteten Laufflächenauflagen aus Gummi machen dies deutlich (DLG Prüfberichte 5415, 5405, 5404, 5403, 5603, 5355F, 5454F, 5512F, 5531F). Es fehlt in der Literatur größtenteils die notwendige Beschreibung des Gummibodens und eine Differenzierung bezüglich der Eigenschaften wie zum Beispiel Verformbarkeit und Rutschfestigkeit. Auch wenn von hartem Gummi gesprochen wird (Fregonesi et al. 2004) wird dieser relativ ungenau quantifiziert (Gummibelag für Förderbänder). Diese Problematik haben auch Rushen et al. (2004) erkannt. Sie geben an, dass

der Grad der Weichheit besonders wichtig ist, jedoch ist noch unklar welcher Grad der Weichheit notwendig ist und welche der angebotenen Materialien tauglich sind. Unter dem Gesichtspunkt einer Differenzierung der Verformbarkeit von Gummiböden, oder unter dem Aspekt welche Verformbarkeit Laufflächen aus Gummi haben sollten, sind nur wenigen Literaturangaben zu finden. So wird, um eine ausreichende Rutschfestigkeit zu erreichen, eine Verformbarkeit von mindestens 3 bis 4 mm gefordert (Benz 2002, KTBL 2006, ART 2007). Nur im DLG Prüfprogramm wird eine Differenzierung der Verformbarkeit für Laufflächenauflagen aus Gummi vorgenommen. Eine Verformbarkeit von mehr als 3,0 mm wird hier mit (++) bewertet. Hat eine Laufflächenauflage eine Verformbarkeit von 1,0 bis 2,9 mm wird dies mit (+) bewertet. Bei einer Verformbarkeit unter einem Millimeter wird als Bewertung (o = Standard) vergeben.

Jedoch ist die alleinige Messung der Verformbarkeit nicht sehr aussagekräftig. Ziel dieser Arbeit war es auch zu klären welche Verformbarkeit notwendig ist, um eine ausreichende Rutschfestigkeit zu erreichen und welchen Einfluss die Verformbarkeit auf die Entwicklung der Klauenerkrankungen und das Klauenwachstum hat. In den folgenden Kapiteln wird der Einfluss der Verformbarkeit auf die Rutschfestigkeit und die Entwicklung der Klauenerkrankungen und das Klauenwachstum diskutiert.

Die Ergebnisse bezüglich der Rutschfestigkeit zeigen, dass eine gute Rutschfestigkeit bereits ab einer Verformbarkeit von etwa 1,4 mm erreicht werden kann. Natürlich spielt auch die Gestaltung der Oberfläche eine Rolle. Bei den drei Produkten, die eine Verformbarkeit von 1,4 bis 2,5 mm aufweisen, waren drei unterschiedliche Oberflächengestaltungen vorhanden. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass neben der Oberflächengestaltung auch die Verformbarkeit einen Einfluss auf die Rutschfestigkeit hat.

Die Entwicklung der Klauenerkrankungen macht deutlich, dass auf den Laufgangauflagen aus Gummi die Befunde Klauenrehe, Weiße Linien Defekt, Doppelte Sohle, Ballenhornfäule, Steingalle signifikant reduziert werden. Dies bedeutet, dass eine verformbare Lauffläche sich positiv auf die Klauengesundheit auswirkt. Hinsichtlich des Grades der Verformbarkeit von Laufgangauflagen kann festgestellt werden, dass nur bei den Befunden Weiße Linien Defekt und Doppelte

Sohle weicher Gummi eine signifikante Reduzierung bringt. Allerdings ist festzustellen, dass die Tiere in der Gruppe mit den weichen Laufgangauflagen erst nach neun Monaten das Niveau der Tiere ohne Befund erreichen, das die Tiere auf hartem Gummi schon zu Beginn der Untersuchung haben. Aufgrund dieser unterschiedlichen Ausgangssituation in den beiden Gruppen kann die Frage nicht eindeutig beantwortet werden, welchen Einfluss weiche oder harte Laufgangauflagen auf Klauenerkrankungen haben. Auch muss beachtet werden, dass der Zeitraum der Untersuchung in jedem Betrieb nur neun Monate betrug. Ob bei hartem Gummi die Veränderung der Klauenbefunde vielleicht nur etwas langsamer oder verzögert abläuft und ob auf weichem Gummi die Reduzierung der Befunde anhält, kann deshalb nicht beantwortet werden.

Die Messung der Verformbarkeit von Laufflächenauflagen aus Gummi ist als Parameter zur Beurteilung der Laufflächenauflagen gut geeignet. Bereits ab 1,4 mm Verformbarkeit werden eine gute Rutschfestigkeit und eine Reduzierung von Klauenerkrankungen erreicht.

Die Angabe der Verformbarkeit eines Gummibodens ist deshalb unverzichtbar um einschätzen zu können, welche Eigenschaften dieser Boden bezüglich der Rutschfestigkeit und welche Auswirkungen dieser Boden auf die Klauengesundheit und das Klauenwachstum haben wird.

## 5.2 Rutschfestigkeit

Mit der Messung der Rutschfestigkeit allein können nur Aussagen über die Materialeigenschaften eines Bodens oder Bodenbelages gemacht werden. Wichtig sind deshalb der Bezug zum Tier und die für die Tiere mindestens erforderliche Rutschfestigkeit. Dadurch kann gewährleistet werden, dass für die Tiere eine ausreichende Trittsicherheit vorhanden ist und Verletzungen durch ausrutschen auf zu glatten Böden vermieden wird.

Um jedoch genaue Aussagen zur Trittsicherheit der Tiere machen zu können sind umfangreiche Tier- und Verhaltensbeobachtungen mit der Messung von Parametern wie zum Beispiel Schrittlängen, Laufgeschwindigkeit, Kopfhaltung und Tieraktivität notwendig. Im Rahmen einer weiteren Dissertation an der Justus Liebig Universität im Fachbereich Veterinärmedizin wurde deshalb der Einfluß der in dieser Arbeit untersuchten elastischen Laufgangauflagen auf das Tierverhalten und auch auf die Trittsicherheit untersucht. Deshalb wird in dieser Arbeit nicht näher auf die Trittsicherheit bzw. auf das Verhalten der Tiere auf den untersuchten Laufgangauflagen eingegangen.

In der Literatur gibt es verschiedene Angaben ab welchen Haft- bzw. Gleitreibungskoeffizienten eine ausreichende Trittsicherheit für Milchkühe/Rinder gewährleistet ist. In Tabelle 72 sind die Angaben zusammengefasst:

**Tabelle 72: Grenzwerte für Gleit- und Haftreibungswerte nach verschiedenen Literaturangaben**

Literaturquelle	Gleitreibungswert $\mu$	Haftreibungswert $\mu$
TGL 32456 (1983)	0,30 bis 0,40	-
Wander (1970)	0,33 bis 0,50	-
Phillips und Morris (2001)	-	0,40 bis 0,50
DLG Prüfprogramm (2004)	0,45	-
Webb und Clark (1981)	0,20 bis 0,60	-
Nilsson (1998)	0,35 bis 0,40	-

Die Ergebnisse der eigenen Messungen zeigen, dass alle gemessenen Haft- und Gleitreibungskoeffizienten, der sechs untersuchten Bodenbeläge, die in der Literatur angegebenen Grenzwerte erfüllen oder übertreffen. Die Rutschfestigkeitsmessungen zeigen deutlich, dass mit den untersuchten elastischen Laufgangauflagen aus Gummi eine gute Rutschfestigkeit bereits ab

einer Verformbarkeit von 1,5 mm erreicht werden kann. Wobei in der Literatur (Benz 2002, KTBL 2006) eine Verformbarkeit von mindestens 3 bis 4 mm gefordert wird. Steiner (2004) und Nilsson (1998) stellen grundsätzlich fest, dass weiche elastische Bodenbeläge eine zusätzliche Rutschfestigkeit durch ihre Verformbarkeit erreichen. Das Einsinken der Klauen in den Boden gibt zusätzlichen Halt.

Die Messergebnisse bei den geschlossenen Laufgangauflagen lassen die Tendenz erkennen, dass die beiden Produkte A und B, die auch eine höhere Verformbarkeit aufweisen, bei den Messungen im Neuzustand etwas höhere Reibkoeffizienten aufweisen. Bei den Messungen in der Praxis auf verschmutzten Laufgangauflagen gibt es jedoch keine erkennbaren Unterschiede zwischen den Produkten mit unterschiedlicher Verformbarkeit. Die durchgeführten Mittelwertvergleiche bestätigen ebenfalls, dass es bei den Haft- und Gleitreibkoeffizienten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen mit weichem und hartem Gummi und den Gruppen mit perforierter oder geschlossener Oberfläche gibt. Neben der Verformbarkeit ist demnach auch die Profilierung der Oberfläche für eine ausreichende Rutschfestigkeit entscheidend.

Auch die Untersuchungen von De Belie et al. (2002) zeigen wie wichtig die Rauheit und damit die Profilierung der Bodenoberfläche für einen sicheren Auftritt der Klauen ist.

Die Ergebnisse zeigen auch, dass die Verschmutzung im Praxiseinsatz einen Einfluss auf den Haft- und Gleitreibkoeffizienten hat. Bei allen sechs Produkten sind die Haft- und Gleitreibkoeffizienten (Ausnahme Produkt C) im Praxisbetrieb kleiner als die im Labor gemessenen Werte. Wobei starke Verschmutzung den Haftreibkoeffizienten deutlicher verringert als geringe Verschmutzung. Die Gleitreibkoeffizienten werden im Vergleich zu den Haftreibkoeffizienten durch starke Verschmutzung weniger beeinflusst. Auffallend ist, dass bei Produkt E die Messwerte bei 50% Schlitzanteil kaum geringer sind als die Messwerte bei voller Auftrittsbreite. Die Ergebnisse machen deutlich, dass die Verschmutzung der Laufflächen in der Praxis die Rutschfestigkeit beeinflusst aber die untersuchten Produkte auch unter Praxisbedingungen immer noch eine gute Rutschfestigkeit aufweisen. Andererseits wird auch deutlich, dass bezüglich der Rutschfestigkeit Messungen in der Praxis bei unterschiedlichen Bedingungen notwendig sind.

Aufgrund der Ergebnisse dieser Arbeit kann festgestellt werden, dass die Messung der Rutschfestigkeit als Parameter geeignet ist um elastische Laufgangauflagen zu bewerten. Es können bisher jedoch nur dazu Aussagen gemacht werden, ob die gemessenen Reibkoeffizienten die Grenzwerte erreichen oder übertreffen, die für die notwendige Trittsicherheit der Tiere erforderlich sind. Ob hohe Reibkoeffizienten auch eine bessere Trittsicherheit gewährleisten, oder zu Problemen wie zum Beispiel starkem Klauenabrieb, Klauen- oder Gelenkverletzungen führen dazu sind in der Literatur keine Angaben zu finden. Um die Auswirkungen von unterschiedlichen Reibkoeffizienten auf die Trittsicherheit von Rindern zu beurteilen sind, wie bereits ausgeführt, Tier- und Verhaltensbeobachtungen erforderlich. Die Auswertungen der Klauenbefunde im Rahmen dieser Arbeit lassen jedoch den Schluss zu, dass die gemessenen mittleren Haft- oder Gleitreibungskoeffizienten von bis zu  $0,96 \mu$  bei elastischen Laufgangauflagen aus Gummi zu keinen Problemen wie starkem Klauenabrieb oder Klauen- und Gelenkverletzungen führen. Ob dies auf nicht elastische Böden, wie zum Beispiel Laufflächen aus Gussasphalt, übertragbar ist, muss in weiteren Untersuchungen geklärt werden.

### 5.3 Klauenerkrankungen

Die im Rahmen dieser Untersuchung erfassten Befunde zeigen, wie in Kapitel 4.3.1 dargestellt eine unterschiedliche Häufigkeit. Die fünf Befunde Steingalle STG, Ballenhornfäule BF, Doppelte Sohle DS, Mortellarosche Krankheit DD und Klauenrehe RE treten über den gesamten Untersuchungszeitraum am häufigsten auf. Wobei die Häufigkeit dieser fünf Befunde zu Beginn der Untersuchung bei etwa 40 % liegt (38,5 % (DD) bis 46,1 % (STG)). In der Literatur sind für diese Befunde sehr unterschiedliche Häufigkeiten zu finden. Die Häufigkeit von Steingallen STG wird mit 1,2 % (Cook, 2002) bis 30,5 % (Herrmann, 1996), die Häufigkeit von Ballenhornfäule mit 2,1 % (Cook, 2002) bis 61 % (Schlimm, 1999), die Häufigkeit von Doppelten Sohlen DS mit 4,9 % (Smits et al., 1992) bis 27,7 % (Schlimm, 1999), die Häufigkeit der Mortellaroschen Krankheit DD mit 0 % (Berger, 1998) bis 52,6 % (Cook, 2002), die Häufigkeit von Klauenrehe RE mit 8,4 % (Cook, 2002) bis 74,7 % (Smits et al., 1992) angegeben.

Die Befunde Weiße Linie Defekt WLD, Rusterholzsches Sohlengeschwür RSG und Zwischenklauenwulst LI treten mit einer Häufigkeit zwischen 12,7 % LI und 24,0 % WLD zu Beginn der Untersuchung auf. In der Literatur sind auch für diese Befunde sehr unterschiedliche Häufigkeiten zu finden. Die Häufigkeit von Weiße Linie Defekten WLD wird mit 0 % (Huber, 2002) bis 58,8 % (Berger, 1998), die Häufigkeit von Rusterholzsches Sohlengeschwüren RSG mit 0,5 % (Schlimm, 1999) bis 55,8 % (Berger, 1998), die Häufigkeit von Zwischenklauenwulst LI mit 3,6 % (Huber, 2002) bis 83,6 % (Berger, 1998) angegeben.

Die Befunde Wandläsion WL, Klauenfäule DID und Klauensohlengeschwür KSG treten zu Beginn der Untersuchung vergleichsweise gering auf. Weniger als 5 % der untersuchten 222 Kühe haben diese Befunde. Die Häufigkeit von Wandläsionen WL wird 7,6 % (Smits et al., 1992) bis 34,7 % (Hermann, 1996), die Häufigkeit von Klauenfäule DID mit 25,6 % (Wiedenhöft, 2005) bis 83,1 % (Smits et al., 1992) angegeben. Der Befund Klauensohlengeschwür KSG wird in der Literatur nicht gesondert aufgeführt. Es wird allgemein von Sohlengeschwüren gesprochen und es findet keine Differenzierung statt.

Der Vergleich mit den Häufigkeiten der Befunde in der Literatur zeigt, dass die in dieser Untersuchung festgestellten Häufigkeiten durchaus mit anderen Untersuchungen vergleichbar sind, wobei eine große Schwankungsbreite für die

Befunde festzustellen ist. Lediglich die Häufigkeit für die Befunde Steingalle STG und Doppelte liegt etwas über den Literaturangaben und die Häufigkeit der Befunde Wandläsion und Klauenfäule DID liegt etwas unter den Literaturangaben. Dies kann auch an der nicht immer einheitlichen Befunderfassung und Befunddefinition liegen. Die Bonitierung der Befunde dieser Arbeit erfolgte nach dem bundeseinheitlichen Diagnoseschlüssel (Fiedler 2004 b, Landmann, Herrmann 2007). In der Literatur wurden und werden teilweise andere Befunddefinitionen zugrunde gelegt, was die unterschiedlichen Häufigkeiten erklären kann.

Ob und welcher Klauenbefund geeignet ist elastische Laufgangauflagen beurteilen zu können wird nachfolgend diskutiert.

### **5.3.1 Klauenrehe (RE)**

Auch wenn die Ursachen der Klauenrehe nicht genau nachzuweisen und vielfältig sind (Nuss u. Steiner, 2004, Vermunt, 2000), so wird als Ursache von vielen Autoren (Bergsten, 1994, Bergsten u. Frank, 1996, Faull et al., 1996, Hoblet et al., 2000, Vermunt u. Greenough, 1996, Reszler, 2006) vor allem die Art und Qualität der Bodenoberfläche und Beschaffenheit der Liege- und Verkehrsflächen genannt.

Mangelnde Bewegung aber auch Gehen und Stehen der Kühe auf hartem Untergrund wird als Ursache für Reheerkrankungen (Belastungsrehe) genannt (Nuss und Steiner 2004, Reszler, 2006, Weaver, 1988, Greenough, 1990, Dewse, 1979). Auch Lischer (2000 b) und Sekul (2008) nennen, neben der Fütterung, die eine entscheidende Rolle spielt, harte und glitschige Stallböden als Ursachen für eine Klauenrehe.

Dass neben der Fütterung die Bodenbeschaffenheit und hier vor allem harte Böden mit als Ursache für Klauenrehe anzusehen sind, wird durch die Ergebnisse dieser Arbeit bestätigt. Die Häufigkeit der Tiere ohne den Befund Klauenrehe nimmt durch die Haltung auf elastischen Laufgangauflagen aus Gummi signifikant zu. Waren zu Beginn der Untersuchung rund 61 % der Tiere ohne Befund, so stieg der Anteil der Tiere ohne Befund nach neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi auf rund 80 %. Vor allem die mittel- bis hochgradigen Befunde haben deutlich abgenommen. Wobei die Häufigkeit

Klauenrehe sowohl auf hartem und weichem Gummi als auch bei geschlossener und perforierter Bodengestaltung gleichermaßen signifikant abnimmt.

Der Befund Klauenrehe kann somit als Parameter zur Beurteilung von elastischen Laufgangauflagen genutzt werden. Jedoch kann, da die Ursachen für Klauenrehe vielfältig sein können und die Fütterung eine entscheidende Rolle spielt, die Klauenrehe nur bedingt und vor allem nicht als alleiniger Parameter zur Beurteilung von Laufgangauflagen herangezogen werden.

### **5.3.2 Weiße Linien Defekt (WLD)**

Die Weiße Linie, die das harte Horn der Klauenplatte mit dem weicheren Horn der Sohle verbindet ist ein besonderer Schwachpunkt der Klaue. Der Weiße Linien Defekt, die so genannte Zusammenhangstrennung der Weißen Linie, wird durch harte Böden mit Unregelmäßigkeiten oder beschädigte Spaltenböden begünstigt (Budras et al., 1996, Mülling et al., 1994).

Dass vor allem die Bodengestaltung als Ursache für Weiße Linien Defekte zu sehen ist, zeigt die signifikante Zunahme der Tiere ohne Befund nach Monaten Haltung auf elastischen Laufgangauflagen aus Gummi. Vor allem die mittel- bis hochgradigen Befunde haben von 10 % auf 1,8 % deutlich abgenommen. Auch Guhl und Müller (2006) kommen zu dem Ergebnis, dass das Auftreten von Defekten der Weißen Linie bei Tieren, die auf Gummibelag laufen im Gegensatz zu planbefestigtem Betonboden signifikant gesenkt werden konnte.

Betrachtet man die Häufigkeiten des Befundes bei den Tieren, die auf weichem oder hartem Gummi gehalten wurden wird jedoch deutlich, dass dieser Rückgang nur bei der Haltung auf weichem Gummi zu erkennen ist. Auf Laufgangauflagen aus weichem Gummi hatten zu Beginn der Untersuchung nur 68 % der Tiere keine Weiße Linien Defekte, nach neun Monaten auf weichem Gummi waren es schon 85 %. Auf hartem Gummi gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Befundklassen und auch in der Tendenz ist kaum eine Veränderung erkennbar. Allerdings sind auf hartem Gummi schon zu Beginn der Untersuchung 86 % der Tiere ohne Befund und nach neun Monaten immer noch 82 %.

Auf hartem Gummi war also schon zu Beginn der Untersuchung das Häufigkeitsniveau der Erkrankung festzustellen, das die Tiere in den Betrieben mit weichem Gummi durch die Haltung auf weichem Gummi erst nach neun Monaten

erreicht haben. Aufgrund dieser Ergebnisse ist nicht eindeutig zu klären wie der Einfluss der Verformbarkeit zu bewerten ist. Um diesen Sachverhalt zu klären wäre ein längerer Untersuchungszeitraum notwendig gewesen. Damit könnte geklärt werden, ob bei hartem Gummi noch eine Verbesserung bzw. Veränderung erfolgen wird und bei hartem Gummi eine Zunahme der Tiere ohne Befund nur langsamer erfolgt und deshalb mehr Zeit als neun Monaten benötigt wird. Auch bei weichem Gummi wäre in diesem Fall ein längerer Untersuchungszeitraum sinnvoll gewesen damit geklärt werden könnte, ob bei Laufgangauflagen aus weichem Gummi diese signifikante Zunahme der Tiere ohne Befund sich noch fortsetzt und dann sogar das Niveau der Tiere auf hartem Gummi übertrifft.

Die Entwicklung des Befundes Weiße Linien Defekt in den beiden Gruppen mit geschlossener oder perforierter Bodengestaltung macht deutlich, dass nur in den vier Betrieben mit geschlossenen Laufgangauflagen es signifikante Unterschiede in den Befundklassen gibt. Die Tiere ohne Befund nehmen von 72,7 % auf 81,4 % zu und die Tiere mit mittel- bis hochgradigen Befunden nehmen von 13,7 % auf 2,5 % ab. In der Gruppe mit perforierten Laufgangauflagen gibt es keine signifikanten Unterschiede, wobei in der Tendenz auch die Tiere ohne Befund leicht zunehmen. Auch hier haben die Tiere auf den perforierten Laufflächen schon zu Beginn der Untersuchung weniger Weiße Linien Defekte als die Tiere auf geschlossenen Laufflächen am Ende der Untersuchung. Um zu klären welchen Einfluss die Bodengestaltung auf den Befund Weiße Linien Defekt hat wäre auch hier ein längerer Untersuchungszeitraum sinnvoll gewesen.

Der Befund Weiße Linien Defekt ist als Parameter zur Beurteilung von Laufgangauflagen aus Gummi geeignet. Es ist eindeutig zu erkennen, dass bei Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi die Tiere ohne Befund zunehmen. Im Untersuchungszeitraum von 9 Monaten war allerdings keine eindeutige Differenzierung bezüglich Verformbarkeit oder Bodengestaltung von Laufgangauflagen möglich.

### **5.3.3 Wandläsion (WL)**

Wandläsionen entstehen durch rehebbedingte Defekte entlang der weißen Linie, es dringen Schmutz und Bakterien in das Wandhorn ein. Die Infektion der Lederhaut breitet sich meist bis zum Kronsaum aus und das Wandhorn hat keine Verbindung mehr zur Lederhaut (Nuss u. Steiner, 2004, Collick et al., 1997). Die Ergebnisse dieser Arbeit lassen erkennen, dass der Befund Wandläsion durch die Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi keine signifikante Veränderung erfährt. Die Tiere ohne Befund bleiben über den Untersuchungszeitraum gleich. Der Befund wurde auch nur bei 3 % der untersuchten Tiere also insgesamt nur 20 Mal festgestellt. Der Befund Wandläsion ist deshalb als Parameter zur Beurteilung von Laufgangauflagen aus Gummi nicht geeignet, zumal auch für die Entstehung dieses Befundes die Bodengestaltung nichtprimär als Ursache anzusehen ist.

### **5.3.4 Doppelte Sohle (DS)**

Nach großflächigen Quetschungen der Sohlenlederhaut bei Klauenrehe kann sich das Sohlenhorn von der Lederhaut ablösen. In der Regel erholt sich die hornbildende Schicht wieder und es wird darunter neues Horn gebildet. Aber es bleibt zwischen der alten und neuen Hornschicht ein Spalt (Doppelte Sohle) in den Kot und Schmutz eindringen können (Lischer, 2000 b, Fiedler, 2004 b). Wenn also bei Klauenrehe die Belastung oder Quetschung der Sohlenlederhaut zu einer Doppelten Sohle führen kann ist, wie auch bei der Klauenrehe, grundsätzlich die Bodengestaltung mit zu beachten. Denn wie bereits unter 5.3.1 aufgezeigt wird die Bodengestaltung mit als Ursache für Klauenrehe genannt. Deshalb verwundert es auch nicht, dass es, wie beim Befund Klauenrehe, beim Befund Doppelte Sohle nach neun Monaten Haltung auf Laufgangbelägen aus Gummi höchstsignifikante Unterschiede in den Befundklassen gibt. Die Tiere ohne Befund haben von 60 % auf 77,5 % zugenommen und die Tiere mit mittel- bis hochgradigen Befunden von 17,6 % auf nur noch 4,5 % abgenommen. Auch Benz (2002) kommt in ihrer Arbeit zum dem Ergebnis, dass die Haltung auf Gummiboden zu signifikant positiven Veränderungen beim Befund Doppelte Sohle führt. Dass die Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi sich beim Befund Doppelte Sohle positiv auswirkt bestätigen auch die Ergebnisse bezüglich der Bodengestaltung. Sowohl bei geschlossener als auch bei perforierter Bodengestaltung gibt es höchstsignifikante

Veränderungen in den Befundklassen. Die Anzahl der Tiere ohne Befund nimmt in beiden Gruppen zu und die Anzahl der Tiere mit mittel- bis hochgradigen Befunden deutlich ab. Beim Vergleich der Verformbarkeit zeigt sich wieder, dass nur bei weichem Gummi es höchstsignifikante Veränderungen gibt. So nimmt die Anzahl der Tiere ohne Befund um 27,1 % zu und die Anzahl der Tiere mit mittel- bis hochgradigen Befunden um 22,1 % ab. Bei hartem Gummi gibt es keine signifikanten Unterschiede, wobei die Anzahl der Tiere ohne Befund tendenziell etwas zunimmt. Es ist aber auch hier, wie beim Befund Weiße Linien Defekt, festzustellen, dass auf hartem Gummi schon zu Beginn der Untersuchung in etwa so viele Tiere ohne Befund waren wie in den Betrieben mit weichem Gummi erst nach neun Monaten Haltung auf weichem Gummi. Deshalb wäre auch hier interessant zu sehen, wie sich der Befund weiter entwickelt. Dann könnte geklärt werden, ob der Befund nur bei weichem Gummi reduziert wird oder ob es bei hartem Gummi nur mehr Zeit benötigt um eine Verbesserung zu erreichen.

Der Befund Doppelte Sohle kann als Parameter zur Beurteilung von elastischen Laufgangauflagen genutzt werden. Da aber bei der Entstehung von doppelten Sohlen die Klauenreihe eine Rolle spielt, sollte der Befund nur bedingt und nicht als alleiniger Parameter zur Beurteilung von Laufgangauflagen herangezogen werden.

### **5.3.5 Ballenhornfäule (BF)**

Als Ursache für Ballenhornfäule spielen feuchte Haltungsbedingungen, chemische Zersetzungs Vorgänge durch Kot und Urin sowie Bakterien die wesentliche Rolle (Nuss u. Steiner, 2004). Zusätzlich wird noch eine rehebdingte verminderte Hornqualität genannt (Collick, 1997). Nach Fiedler (2004 b) wird die Ballenhornfäule als Sekundärerkrankung der Klauenreihe zugeordnet. Herrmann und Wlcek (1996) geben an, dass in Laufställen mit planbefestigten Laufflächen die Ballenhornfäule gehäuft auftritt. Obwohl die Ursachen der Ballenhornfäule nicht bei der Bodengestaltung liegen, so gibt es durch die Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi höchstsignifikante Veränderungen in den Befundklassen. So hat die Anzahl der Tiere ohne Befund um fast 35 % auf 91,4 % zugenommen. Und die Anzahl der Tiere mit mittel- und hochgradigen Befunden um 31,5 % auf 8,6% abgenommen. Diese Entwicklung zeigt sich auch bei den Ergebnissen von weichem und hartem Gummi und bei perforierter und

geschlossener Bodengestaltung. Diese Ergebnisse stehen im Widerspruch zu den Aussagen von Bergsten (2004) und Kremer (2006). Kremer hat in ihrer Untersuchung festgestellt, dass die Inzidenz von Ballenhornfäule in der Versuchsgruppe mit Gummiboden höher war als in der Gruppe mit Betonboden. Wobei hier zu beachten ist das in diesem Versuch der Gummiboden zweimal täglich mit Wasser benetzt wurde und deshalb der Boden feuchter war. Bergsten (2004) gibt beim Verlegen von Gummimatten zu Bedenken, dass dies die Hygiene beeinflussen kann. Aufgrund der Ergebnisse dieser Arbeit können beide Aussagen nicht bestätigt werden. Es ist demnach durchaus möglich bei verlegten Laufgangauflagen aus Gummi die Häufigkeit von Ballenhornfäule zu verringern. Allerdings ist aufgrund der Ursachen für die Entstehung von Ballenhornfäule davon auszugehen, dass der Gummiboden nicht die primäre Ursache für diese höchstsignifikante Reduzierung des Befundes ist. Dies deckt sich auch mit den Aussagen in den DLG Prüfberichten (DLG Prüfberichte Nummer 5415, 5603, 5654, 5405, 5404, 5403). Hier wird darauf hingewiesen, dass kein Einfluss der Laufgangauflagen auf den Befund Fäule festgestellt wurde.

Vielmehr ist anzunehmen, dass durch die dreimalige professionelle Klauenpflege und -behandlung in nur neun Monaten sich diese Erkrankung so deutlich verbessern konnte. Aber auch das Hygienemanagement in den Betrieben kann hier als Ursache genannt werden. So haben zwei der vier Betriebsleiter nach dem Einbau der Laufgangauflagen aus Gummi die Räumfrequenz der Entmistungsschieber erhöht. Als Begründung wurde angegeben, dass bei dem bisherigen Gussasphalt im Laufgang der Verschleiß am Schieber sehr hoch war und dies Reparaturen erforderlich machte. Auf Gummiboden ist dieser Verschleiß nicht zu erwarten und deshalb kann der Entmistungsschieber häufiger laufen.

Als Parameter zur Beurteilung von Laufgangauflagen ist der Befund Ballenhornfäule somit nicht geeignet, da einerseits die Ursachen für Ballenhornfäule, als auch die positiven Effekte durch den Gummiboden, nicht primär auf die Bodengestaltung im Laufgang zurückzuführen sind.

### **5.3.6 Klauenfäule (DID)**

Die Klauenfäule entsteht dadurch, dass die Zwischenklauenhaut aufgeweicht wird und dann eiweißzersetzende Enzyme von Bakterien die Oberhaut zersetzen (Nuss u. Steiner, 2004). Aufgrund der Ursachen für die Entstehung der

Erkrankung verwundert es nicht, dass durch die Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi es über den Untersuchungszeitraum zu keiner signifikanten Veränderung in den Befundklassen kommt. Die Tiere ohne Befund bleiben über den Untersuchungszeitraum fast gleich. Der Befund wurde auch nur bei 2,9 % der untersuchten Tiere also insgesamt nur 19 Mal festgestellt.

Der Befund Klauenfäule ist somit als Parameter zur Beurteilung von Laufgangauflagen aus Gummi nicht geeignet, zumal auch für die Entstehung dieses Befundes die Bodengestaltung nicht als Ursache anzusehen ist.

### **5.3.7 Mortellarosche Krankheit (DD)**

Die Ursachen und Entstehung der Mortellaroschen Krankheit sind nicht geklärt beziehungsweise unbekannt (Fiedler, 2004 b, Lischer, 2000 b). Read und Walker (1998) gehen davon aus, dass aufgrund der infektiösen Komponente eine durch Urin und Kot vorgeschädigte Haut von Keimen kolonisiert wird. Aufgrund der Ursachen für die Entstehung der Erkrankung ist es, wie beim Befund Klauenfäule, nicht verwunderlich, dass durch die Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi es über den Untersuchungszeitraum zu keiner signifikanten Veränderung in den Befundklassen kommt. Die Tiere ohne Befund nehmen über den Untersuchungszeitraum lediglich tendenziell etwas ab. Dies ist auch bei den Gruppen mit weichem und harten Laufgangauflagen aus Gummi so. Lediglich in der Gruppe mit geschlossenen Laufgangauflagen kommt es zu einer signifikanten Veränderung in den Befundklassen. Die Anzahl der Tiere ohne Befund hat um 15,5% auf 74,5 % zugenommen. Und die Anzahl der Tiere mit mittel- und hochgradigen Befunden hat um 16,1 % auf 20,5 % abgenommen. Diese Ergebnisse stehen im Widerspruch zu den Ergebnissen von Kremer (2006). Kremer hat in ihrer Untersuchung festgestellt, dass die Inzidenz von Dermatitis Digitalis in der Versuchsgruppe mit Gummiboden deutlich höher war als in der Gruppe mit Betonboden. Aufgrund der unklaren Entstehungsweise für die Mortellarosche Krankheit ist davon auszugehen, dass die Bodengestaltung keinen direkten Einfluss ausübt. Dies deckt sich auch mit den Aussagen in den DLG Prüfberichten (DLG Prüfberichte Nummer 5415, 5603, 5654, 5405, 5404, 5403), hier wird darauf hingewiesen, dass kein Einfluss der Laufgangauflagen auf den Befund Mortellarosche Krankheit festgestellt wurde. Dass in der Gruppe mit den geschlossenen Laufgangauflagen trotzdem eine signifikante Zunahme der Tiere

ohne Befund stattfindet kann wie in 5.3.5 beschrieben an der Häufigkeit der Klauenpflege und der erhöhten Frequenz des Entmistungsschiebers liegen.

Als Parameter zur Beurteilung von Laufgangauflagen ist der Befund Mortellarosche Krankheit somit nicht geeignet, da einerseits die Ursachen für die Mortellarosche Krankheit als auch die positiven Effekte durch den Gummiboden nicht primär auf die Bodengestaltung im Laufgang zurückzuführen sind.

### **5.3.8 Steingalle (STG) und Rusterholzsches Sohlengeschwür (RSG)**

Bei übermäßiger Belastung des stoßbrechenden Ballenpolsters durch Fehlstellung und spitzwinklige Klauenform (fehlerhafte Klauenpflege), insbesondere verbunden mit verstärktem Druck bei rehebendiger Klauenbeinsenkung, treten Blutbestandteile aus und minderwertiges Horn wird abgeschoben. Bei unvollständiger Erholung des Gefäßsystems und fortwährender Fehlbelastung, kommt es zu dauerhaften Gefäßverschlüssen mit Bildung von Granulationsgewebe dem klassischen "Lederhautvorfall" (Rusterholzsches Sohlengeschwür) (Nuss u. Steiner 2004).

Da aus dem Befund Steingalle, bei unvollständiger Erholung des Gefäßsystems durch fortwährende Fehlbelastung, der klassische "Lederhautvorfall" das Rusterholzsches Sohlengeschwür resultiert, erscheint es sinnvoll die Ergebnisse der beiden Befunde gemeinsam zu betrachten

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass durch elastische Laufgangauflagen es zu einer signifikanten Veränderung der Befundklassen bei beiden Befunden kommt.

Beim Befund Steingalle hat die Anzahl der Tiere ohne Befund um 12,1 % auf 66,2 % zugenommen. Und die Anzahl der Tiere mit mittel- und hochgradigen Befunden um 9,9 % auf 6,9% abgenommen. Diese Entwicklung zeigt sich auch bei den Ergebnissen von weichem und hartem Gummi und bei perforierter und geschlossener Bodengestaltung. Zwar ist die Veränderung in der Gruppe mit hartem Gummi nicht signifikant, aber in der Tendenz ist diese Entwicklung auch hier zu sehen. Auffallend ist aber, dass auch nach 9 Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi der Anteil der Tiere ohne Befund nur bei 66 % liegt. Dieser Befund kam zu Beginn der Untersuchung mit 46,1 % am häufigsten vor.

Auch nach neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi ist dieser Befund noch am häufigsten, bei etwa einem Drittel der Tiere, zu finden.

Beim Befund Rusterholzsches Sohlengeschwür hat die Anzahl der Tiere ohne Befund um 6,3 % auf 77,5 % und die Anzahl der Tiere mit mittel- und hochgradigen Befunden um 7,7 % auf 7,2% abgenommen. Die geringgradigen Befunde haben um 13,9 % zugenommen. Diese Entwicklung zeigt sich auch bei den Ergebnissen von weichem und hartem Gummi und bei perforierter und geschlossener Bodengestaltung. Zwar ist die Veränderung in der Gruppe mit perforierter Bodengestaltung nicht signifikant, aber in der Tendenz ist diese Entwicklung auch hier zu sehen.

Fehlstellungen und spitzwinklige Klauenform, verbunden mit verstärktem Druck bei rehebender Klauenbeinsenkung, werden als Ursachen für die Entstehung der Befunde Steingalle und Rusterholzsches Sohlengeschwür genannt. Wenn man den im Kapitel 4.4.1 beschriebenen Zuwachs der Dorsalwandlänge berücksichtigt, kann die nicht noch stärkere Abnahme des Befundes Steingalle und die Zunahme des Befundes Rusterholzsches Sohlengeschwür dadurch erklärt werden. Die Klauen werden länger und dadurch verändert sich auch der Ballenwinkel. Es kommt zu einer Verschiebung der physiologischen Belastungsverhältnisse von der Spitze zum Ballen. Dies kann eine größere Belastung des stoßbrechenden Ballenpolsters zur Folge haben. Auch Kremer (2006) beschreibt, dass diese Entwicklung ein gehäuftes Auftreten von Rusterholzsches Sohlengeschwüren und Druckstellen verursacht.

Da aus dem Befund Steingalle der klassische "Lederhautvorfall" das Rusterholzsches Sohlengeschwür resultiert, kann vermutet werden, dass die Abnahme des Befundes Steingalle und die Zunahme des Befundes Rusterholzsches Sohlengeschwür zusammenhängen. Es erscheint möglich, dass die festgestellten mittel- bis hochgradigen Befunde Steingalle sich zu geringgradigen Befunde Rusterholzsches Sohlengeschwür entwickelt haben. Denn die mittel- bis hochgradigen Befunde Steingalle haben sich im Untersuchungszeitraum um 9,9 % vermindert und die geringgradigen Befunde Rusterholzsches Sohlengeschwür um 13,9 % erhöht. Dies wäre eine mögliche Erklärung für die Abnahme des Befundes Steingalle und die Zunahme des Befundes Rusterholzsches Sohlengeschwür.

Dass elastische Laufgangauflagen aus Gummi, trotz der durch den Dorsalwandzuwachs verursachten Verschiebung der physiologischen Belastungsverhältnisse, positive Effekte haben zeigt sich dadurch, dass beim Befund Rusterholzsches Sohlengeschwür die mittel- bis hochgradigen Befunde deutlich abnehmen. Auch Benz (2002) konnte feststellen, dass bei Quetschungen und Geschwüren sich der Schweregrad und auch die Häufigkeit des Auftretens auf Gummilaufflächen verringerten. Dies kann für den Befund Steingalle und für den Befund Rusterholzsches Sohlengeschwür, allerdings nur für die mittel- bis hochgradigen Befunde, durch die Ergebnisse dieser Arbeit bestätigt werden kann.

Die Ergebnisse dieser Arbeit machen bei diesen beiden Befunden deutlich, wie wichtig neben der Bodengestaltung auch die Klauenpflege und vor allem das Klauenpflegeintervall ist. Das Klauenpflegeintervall sollte bei Laufgangauflagen aus Gummi demnach kürzer, als das für Laufställe ohne Gummiboden empfohlene Intervall von sechs Monaten (Lischer u. Näf, 2000, Fiedler et al., 2004), sein. Auch Samel (2005) folgert aus den Ergebnissen ihrer Arbeit, dass auf Gummiboden die Klauenpflegeintervalle verkürzt werden müssen, da der Klauenhornzuwachs zu einer Deformation des Hornschuhs und zu Belastungsveränderungen führt.

Die Befunde Steingalle und Rusterholzsches Sohlengeschwür sind aufgrund der Ergebnisse als Parameter zur Bewertung von Laufgangauflagen durchaus geeignet. Einerseits zeigen sie sehr deutlich, dass, wenn sich die Belastungsverhältnisse an der Klaue ändern, es zu einer Zunahme der Befunde kommen kann. Andererseits kann mit Ihnen der Zeitraum für das optimale Klauenpflegeintervall ermittelt werden. In weiteren Untersuchungen ist zu klären, welches Intervall für die Klauenpflege in Betrieben mit elastischen Laufgangauflagen optimal ist und wie sich bei kürzeren Pflegeintervallen die beiden Befunde verändern. Zu erwarten ist, dass bei kürzeren Intervallen es keine Belastungszunahme durch den Klauenhornzuwachs gibt und beide Befunde deutlich abnehmen. Dadurch würden sich auch die Kosten für eine zusätzliche Klauenpflege lohnen.

### **5.3.9 Klauensohlengeschwür (KSG)**

Klauensohlengeschwüre werden nicht wie das Rusterholzsches Sohlengeschwür durch Fehlbelastungen sondern durch akute Traumata (Steine, eingetretene Fremdkörper) verursacht (Collick et al., 1997).

Aufgrund der Ursachen für die Entstehung der Erkrankung verwundert es nicht, dass durch die Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi es über den Untersuchungszeitraum zu keiner signifikanten Veränderung in den Befundklassen kommt. Zwar gibt es bei hartem Gummi und bei geschlossenen Laufgangauflagen signifikante Unterschiede in den Befundklassen, was aber aufgrund der Häufigkeit des Befundes in diesen Klassen nicht zu hoch bewertet werden darf. So ist der Befund bei hartem Gummi dreimal und bei geschlossenen Laufgangauflagen nur fünfmal aufgetreten.

Der Befund Klauensohlengeschwür ist somit als Parameter zur Beurteilung von Laufgangauflagen aus Gummi nicht geeignet, zumal auch für die Entstehung dieses Befundes akute Traumata die Ursache sind.

### **5.3.10 Zwischenklauenwulst (LI)**

Der Zwischenklauenwulst ist die Folge von Fehlstellungen an der Klaue er kommt vorwiegend an den Hintergliedmaßen vor. Die Haut im Zwischenzehenbereich wird übermäßig gedehnt und reagiert mit Verdickung (Fiedler 2004 b). Dauerhafte mechanische (Kot), chemische (Gülle) oder bakterielle (Klauenfäule) Reizungen sind auch als Ursache möglich (Collick et al. 1997).

Die Ergebnisse dieser Arbeit lassen erkennen, dass der Befund Zwischenklauenwulst durch die Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi keine signifikante Veränderung erfährt. Die Tiere ohne Befund bleiben über den Untersuchungszeitraum gleich. Auch Kremer (2006) stellt in ihrer Untersuchung fest, dass die Häufigkeit von Limax in den beiden Versuchsgruppen (Betonboden und Gummiboden) über den Untersuchungszeitraum gleich blieb. Dies deckt sich auch mit den Aussagen in den DLG Prüfberichten (DLG Prüfberichte Nummer 5415, 5603, 5654, 5405, 5404, 5403), hier wird darauf hingewiesen, dass kein Einfluss der Laufgangauflagen auf den Befund Limax festgestellt wurde

Der Befund Zwischenklauenwulst ist deshalb als Parameter zur Beurteilung von Laufgangauflagen aus Gummi nicht geeignet, zumal auch für die Entstehung dieses Befundes die Bodengestaltung nicht als Ursache anzusehen ist.

#### **5.4 Dorsalwandzuwachs**

Betrachtet man das Hornwachstum an der Klaue, so ist zwischen dem Hornwachstum und dem Hornzuwachs zu unterscheiden. Im Rahmen dieser Arbeit wurde der Hornzuwachs an der Dorsalwand der Klaue erfasst. Das Hornwachstum und die Einflüsse von Laufflächen aus Gummi werden in der Literatur von mehreren Autoren beschrieben.

Das Hornwachstum ist in den einzelnen Klauenregionen und bei einzelnen Tieren unterschiedlich. Das Wachstum wird wahrscheinlich durch stärkere Durchblutung und damit auch durch Bewegung gefördert. Pro Monat wächst das Kronhorn im Mittel um 5 mm, das Sohlenhorn um 3 mm und das Horn am Ballen um 5 bis 6 mm (Geyer et al., 2000, Maierl u. Mülling, 2004).

Mehrere Autoren (Vokey et al., 2001, Samel, 2005, Guhl u. Müller, 2006, Kremer, 2006, Benz, 2002) haben das Hornwachstum beziehungsweise den Hornzuwachs auf Gummiböden im Vergleich zu Betonböden untersucht. Obwohl die Autoren unterschiedliche Messgrößen (Hornwachstum, Hornzuwachs) haben wird aber von allen festgestellt, dass es auf Gummiböden zu einem teilweise signifikant stärkeren Hornwachstum oder auch Hornzuwachs als auf Betonböden kommt.

Das Hornwachstum auf harten Böden wird von Friedli und Lischer (2000) unter dem Aspekt der Abnutzung kritisch gesehen. Das feuchte Boden-Milieu im Laufstall hat zur Folge, dass das Klauenhorn grundsätzlich weicher ist und dadurch stärker abgenutzt wird. Die stärkere Abnutzung ist jedoch auch eine Folge der täglichen Bewegung auf den harten Böden der Laufgänge. Dies führt dazu, dass in Laufställen das Hornwachstum die Abnutzung oft nur noch knapp überwiegt. Bereits 1989 hat Toussaint Raven (1989) dies beschrieben.

Deshalb ist das stärkere Hornwachstum oder der Hornzuwachs auf Gummiböden das Zeichen eines geringeren Abriebs und einer geringeren Abnutzung. Aufgrund des geringeren Hornabriebs auf Gummiböden, was zu einem stärkeren Wachstum der Dorsalwand führt, kommen Kremer et al. (2004) zu dem Ergebnis, dass kürzere Klauenpflegeintervalle erforderlich sind.

Welche Veränderungen durch den verminderten Hornabrieb entstehen beschreibt Kremer (2006). Durch den auf Gummiboden verminderten Hornabrieb kommt es zu einer progressiven Veränderung des Hornschuhs. Die Klaue wird länger, dadurch verändert sich der Ballenwinkel und es kommt zu einer Verschiebung der physiologischen Belastungsverhältnisse von der Spitze zum Ballen. Die Entwicklung verursacht ein gehäuftes Auftreten von Rusterholzchen Sohlengeschwüren und Druckstellen in diesem Bereich, bei einem Klauenpflegeintervall von 5 Monaten.

Bezüglich des Hornzuwachses an der Dorsalwand ist der in dieser Arbeit festgestellte mittlere Dorsalwandzuwachs etwas geringer als der von Benz (2002) festgestellte. Rechnet man den in 6 Monaten festgestellten Zuwachs von im Mittel 7,4 mm auf 100 Tage um sind es nur 4,1mm im Vergleich zu 7,7 mm bei Benz. Bei den im Rahmen der DLG SignumTests (DLG Prüfberichte Nummer 5415, 5405, 5404, 5403, 5603, 5654) durchgeführten Messungen wurde nach sechs Monaten, auf den Laufflächenauflagen aus Gummi, ein mittlerer Längenzuwachs der Klauendorsalwand von 0,5 cm bis 0,9 cm festgestellt. Dies ist mit den Ergebnissen dieser Arbeit vergleichbar.

Betrachtet man die Ergebnisse der beiden Gruppen weicher und harter Gummi sowie perforierte und geschlossene Bodengestaltung wird deutlich, dass es zwischen den Gruppen signifikante (weicher und harter Gummi) und höchstsignifikante (Bodengestaltung perforiert und geschlossen) Unterschiede gibt.

Die Tiere auf harten Laufgangauflagen aus Gummi haben im Mittel einen um 1,1 mm größeren Dorsalwandlängenzuwachs als die Tiere auf weichen Laufgangauflagen. Wie von Ossent et al. (1987) beschrieben führt übermäßige Belastung zu einer Steigerung der Hornproduktion. Auch Maierl und Mülling (2004) geben an, dass mechanische Reize und Belastung der Klaue auf die lebende Epidermis einwirken und somit das Hornwachstum beeinflussen. Wenn man diese Aussagen zum Hornwachstum berücksichtigt, dann zeigt der Hornzuwachs in den Gruppen mit weichem und hartem Gummi, dass es auf hartem Gummi wohl deshalb zu einer größeren Hornproduktion kommt, weil die Belastung etwas größer ist als bei weichem Gummi. Verbunden mit dem auf Gummi generell geringeren Abrieb kann daraus der etwas höhere

Dorsalwandlängenzuwachs resultieren. Auch der Unterschied in den Gruppen mit geschlossenen und perforierten Laufgangauflagen könnte so entstehen. Auch auf perforierten Laufgangauflagen scheint die Belastung höher zu sein, was auch hier zu dem erhöhten Zuwachs führt.

Der Dorsalwandzuwachs ist aufgrund der Ergebnisse als Parameter zur Bewertung von Laufgangauflagen durchaus geeignet. Die Messung des Hornzuwachses bei Tieren die auf Laufgangauflagen aus Gummi gehalten werden gibt Aufschluss, wie die Belastung und der Hornabrieb an den Klauen ist. Dadurch ist es möglich den Zeitraum für das bei Laufgangauflagen aus Gummi erforderliche Klauenpflegeintervall zu ermitteln. Aufgrund des geringeren Hornabriebs und des damit verbundenen Hornzuwachses sollte das Klauenpflegeintervall bei Laufgangauflagen aus Gummi verkürzt werden.

#### **5.4 Tragrandform**

Wie sehr der Tragrand des Klauenhorns durch die Haltung auf Beton- oder Asphaltböden beeinträchtigt wird beschreibt Kümper (2000 a). Er hat festgestellt, dass der harte, nasse und rutschige Boden eine große Belastung für die Klauen ist. Das Horn des Tragrandes nutzt sich schnell ab, so dass die ganze Sohlenfläche mit dem Boden Kontakt bekommt. Auch Fiedler et al. (2004) bemängeln den starken Abrieb der Sohlenfläche auf Beton oder Asphaltböden.

Dass der Tragrand der Klaue durch die Haltung auf Beton- oder Asphaltböden stark abgenutzt wird, belegen auch die Ergebnisse dieser Arbeit. Da die Entwicklung der runden und planen Tragrandform im Prinzip gegenteilig zur Entwicklung des überstehenden Tragrandes verläuft, wird in der Diskussion nur die Entwicklung des überstehenden Tragrandes besprochen.

Zu Beginn der Untersuchung (vor Einbau der Laufgangauflagen) hatten nur 15,8 % der untersuchten Tiere einen überstehenden Tragrand. Bei den restlichen 84,2 % der Tiere war kein überstehender Tragrand festzustellen. Der Tragrand dieser Tiere war rund und die Klauen waren so stark abgenutzt dass eine plane Fläche/Sohle entstanden war. Nach neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi war nur noch bei 4,5 % der Tiere kein überstehender Tragrand festzustellen. Diese höchstsignifikante Veränderung in der Tragrandform wird

auch durch die Ergebnisse von Benz (2002) und den DLG SignumTests (DLG Prüfberichte Nummer 5415, 5405, 5404, 5403, 5603, 5654) bestätigt.

Betrachtet man die Entwicklung der Tragrandform in den Gruppen weicher und harter Gummi, so sind an allen drei Untersuchungsterminen die Unterschiede zwischen den Gruppen für den Befund überstehender Tragrand signifikant und höchstsignifikant. Bereits nach drei Monaten und vor allem nach neun Monaten Haltung auf weichen Laufgangauflagen aus Gummi gibt es hier 15 % (Untersuchungstermin 2) und 35 % (Untersuchungstermin 3) mehr Tiere mit einer deutlich überstehenden Tragrandform als in der Gruppe mit hartem Gummi. Auf weichem Gummi ist anscheinend die Belastung für die Klauen noch geringer als auf hartem Gummi, was die Ausbildung eines deutlich überstehenden Tragrandes fördert.

Auch in den Gruppen mit geschlossener oder perforierter Bodengestaltung sind am Untersuchungstermin 2 höchstsignifikante Unterschiede zwischen den Gruppen festzustellen. Bereits nach drei Monaten Haltung auf perforierten Laufgangauflagen aus Gummi haben 62,3 % der Tiere einen deutlich überstehenden Tragrand und auf geschlossenen Laufgangauflagen nur 29,8 %. Der Unterschied zwischen den Gruppen ist am Untersuchungstermin 3 nicht mehr signifikant, aber in der Tendenz zeigt sich auch hier ein vergleichbarer Unterschied. Auch hier ist auf perforierten Laufgangauflagen anscheinend die Belastung für die Klauen geringer als auf geschlossenen Laufgangauflagen, was die Ausbildung eines deutlich überstehenden Tragrandes fördert.

Die Form des Tragrandes der Rinderklaue ist aufgrund der Ergebnisse als Parameter zur Bewertung von Laufgangauflagen geeignet. An der Tragrandform kann man erkennen wie die Bodengestaltung die Rinderklaue belastet und welcher Hornabrieb hervorgerufen wird. Harte und raue Böden nutzen das Horn des Tragrandes schnell ab (runde und plane Tragrandform), so dass die ganze Sohlenfläche mit dem Boden Kontakt bekommt. Laufgangauflagen aus Gummi reduzieren die Belastung und nutzen das Klauenhorn geringer ab, so dass ein deutlich überstehender Tragrand entsteht.

## 6. Schlussfolgerungen und Ausblick

Das Auftreten von Klauenkrankheiten und Klauenschäden ist beträchtlich. Neben umfangreicher Literaturanalyse konnte dies nach eigenen Untersuchungen betätigt werden. Der Einfluss der Bodenausführung bei Laufflächen ist deutlich. Tittsichere, weichere Ausführungen reduzieren in Verbindung mit sachgemäßer Klauenpflege die Klauenbelastungen und damit Krankheiten und Schäden in erfreulicher Weise.

Die elf ausgewerteten Klauenerkrankungen zeigen unterschiedliche Entwicklungen auf den elastischen Laufgangauflagen. Die Ergebnisse bei den Befunden Klauenrehe, Weiße Linien Defekt, Doppelte Sohle, Ballenhornfäule und Steingalle zeigen eine signifikante Zunahme der Tiere ohne Befund bei Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi. Dieses Ergebnis deckt sich auch mit den Angaben in der Literatur. Von mehreren Autoren wird beschrieben, dass die Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi eine Verbesserung der Klauengesundheit oder eine Verminderung von Klauenerkrankungen bewirkt (Bergsten und Frank, 1996, Benz, 2002, Benz, 2003, Bergsten, 2004, Venegas et al., 2006, Vokey et al., 2001, DLG Prüfberichte 5415,5603, 5654, 5405, 5404, 5403). Nur Samel (2005) kommt in ihrer Arbeit zu dem Ergebnis, dass eine Verminderung der Prävalenzen sowie der Schweregrade von Klauenerkrankungen von auf Gummiböden gehaltenen Tieren, im Vergleich zu Betonboden, nicht festgestellt werden konnte.

Keine Veränderung bei den Befundhäufigkeiten konnte nur bei den Befunden Wandläsion, Klauenfäule, Mortellarosche Krankheit, Klauensohlengeschwür und Zwischenklauenwulst festgestellt werden. Dies liegt bei den Befunden Klauenfäule, Mortellarosche Krankheit und Zwischenklauenwulst daran, dass die Bodengestaltung nicht als Ursache für die Erkrankungen zu sehen ist. Bei den Befunden Wandläsion und Klauensohlengeschwür war die Häufigkeit insgesamt zu gering. Diese Befunde sind somit nicht als Parameter zur Beurteilung von Laufgangauflagen aus Gummi geeignet.

In dieser Untersuchung zeigte sich nur beim Befund Rusterholzsches Sohlengeschwür eine signifikante Abnahme der Tiere ohne Befund. In weiteren Untersuchungen ist zu klären, ob bei Haltung auf elastischen Laufgangauflagen

durch eine Verkürzung des Klauenpflegeintervalls auch beim Rusterholzschon Sohlengeschwür ein Rückgang dieses Befundes erreicht werden kann.

Als Parameter zur Beurteilung von elastischen Laufflächenauflagen sind, aufgrund der nachgewiesenen signifikanten Einflüsse von Laufgangauflagen aus Gummi, die Befunde Klauenrehe, Weiße Linien Defekt, Doppelte Sohle, Steingalle und Rusterholzschon Sohlengeschwür geeignet. Jedoch muss bei der Beurteilung berücksichtigt werden, dass es noch weitere Faktoren gibt, die die Klauengesundheit beeinflussen. Dies sind zum Beispiel die Fütterung, die Klauenpflege und die Leistung und das Alter der Tiere.

Beim Befund Weiße Linien Defekt wurde deutlich, dass im Untersuchungszeitraum von 9 Monaten keine eindeutige Differenzierung bezüglich Verformbarkeit oder Bodengestaltung von Laufgangauflagen möglich war. Deshalb wäre es sinnvoll in weiteren Untersuchungen zu klären welchen Einfluss die Verformbarkeit von Laufflächenauflagen und die Bodengestaltung längerfristig auf die Klauen und die Klauengesundheit haben.

Aufgrund des festzustellenden geringeren Klauenhornabriebs wird einerseits durch Laufgangauflagen aus Gummi die Tragrandform positiv beeinflusst, andererseits sind deshalb kürzere Klauenpflegeintervalle zu empfehlen. In weiteren Untersuchungen ist zu klären, in welchem Intervall die Klauenpflege auf Gummiböden durchgeführt werden sollte. Auch wenn das Klauenpflegeintervall bei Laufgangauflagen aus Gummi verkürzt werden muss, so wird dies jedoch nicht zwangsläufig die Wirtschaftlichkeit beeinträchtigen. Bei der Entwicklung der Befundhäufigkeiten beim Befund Ballenhornfäule ist zu erkennen, welche positiven Entwicklungen, beziehungsweise Verringerungen der Befundhäufigkeiten, daraus resultieren oder zu erwarten sind. So hat sich beim Befund Ballenhornfäule, der nicht primär durch die Bodengestaltung verursacht wird, die Häufigkeit dieses Befundes im Untersuchungszeitraum sehr deutlich reduziert. Hier hat sicher auch die dreimalige Klauenpflege im Untersuchungszeitraum dazu beigetragen, dass bei diesem Befund, am deutlichsten von allen Befunden, die Anzahl der Tiere ohne Befund um 35 % auf 91,4 % zugenommen hat.

Die Ausführung der Laufflächen im Milchviehlaufstall hat wie die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, einen großen Einfluss auf die Klauengesundheit. Wenn man die in Kapitel 2.2.4 beschriebenen wirtschaftlichen Verluste und Kosten von

Klauenerkrankungen berücksichtigt kann gefolgert werden, dass durch die Haltung auf elastischen Laufgangauflagen aus Gummi nicht nur die Klauengesundheit verbessert werden kann, sondern auch die Wirtschaftlichkeit der Milchviehhaltung.

## 7. Zusammenfassung

Die tiergerechte Gestaltung von Laufflächen hat aus tierschützerischen und ökonomischen Gründen eine große Bedeutung. Der Klauenzustand in Milchviehlaufställen ist nicht zufriedenstellend. Deutlich schädigende Belastungen gehen von den Laufflächen aus. Ihrer Analyse dient diese Arbeit.

Dazu gehören die Beteiligten dieses Problemkomplexes wie die Klauen selbst, ihr anatomischer Aufbau in Verbindung mit der Biomechanik und der Klauenpflege sowie die technisch – baulichen Gegebenheiten von Stallböden. In der einschlägigen Literatur gibt es vielfältige Ausführungen und Hinweise zu dieser Problematik, welche in dieser Arbeit mit aufgegriffen werden.

Sechs unterschiedliche Laufgangauflagen aus Gummi, zwei Produkte für Spaltenböden und vier Produkte für planbefestigte Laufflächen, wurden in sechs Milchviehbetrieben eingebaut. Durch Verwendung ausgereifter Messtechnik wurden die Verformbarkeit (Eindruckversuche im Labor mit künstlichem Kuhfuß) und die Rutschfestigkeit (Messung Haft- und Gleitreibung im Labor und in der Praxis) der Laufflächen gemessen. Vor Einbau sowie drei und neun Monate nach Einbau der Produkte erfolgte eine Bonitierung der Klauen aller Kühe nach dem bundeseinheitlichen Diagnoseschlüssel. Es wurden die Klauenbefunde, die Tragrandform und die Dorsalwandlänge bei 222 Kühen erfasst. Die statistisch unterstützte Aufarbeitung der Messergebnisse ist eindeutig vorgestellt.

Die erarbeiteten Messergebnisse gliedern sich in zwei Abschnitte. Zunächst geht es um materialbedingte Untersuchungen zu Verformbarkeit und Rutschfestigkeit unter einschlägigen Stallbedingungen. Je nach Herstellungszustand weisen diese Ergebnisse deutlich bessere Werte als sogenannte harte Böden nach. Des weiteren liegen Ergebnisse zum Dorsalwandzuwachs, zur Tragrandform und zur Häufigkeit des Auftretens von Klauenerkrankungen, unterteilt nach 11 einzelnen Krankheiten, vor. Die Veränderungen an den Klauen werden nach dreimaliger Untersuchung innerhalb von 9 Monaten beschrieben.

Die Diskussion gibt einen Überblick über den Einfluss der Laufgangauflagen aus Gummi auf die Klauen und die Klauengesundheit und die Eignung der untersuchten Parameter zur Beurteilung der Laufgangauflagen.

- Die Messung der Verformbarkeit von Laufflächenauflagen aus Gummi ist als Parameter zur Beurteilung der Laufflächenauflagen gut geeignet. Bereits ab 1,4 mm Verformbarkeit werden eine gute Rutschfestigkeit und eine Reduzierung von Klauenerkrankungen erreicht. Die Angabe der Verformbarkeit eines Gummibodens ist unverzichtbar um einschätzen zu können, welche Eigenschaften dieser Boden bezüglich Rutschfestigkeit und welche Auswirkungen dieser Boden auf die Klauengesundheit und das Klauenwachstum haben wird.
- Die Messung der Rutschfestigkeit von Laufflächenauflagen ist auch als Parameter geeignet um Laufflächenauflagen aus Gummi zu bewerten. Jedoch ist hier nur die Aussage möglich, dass die in der Literatur angegebenen Grenzwerte erreicht oder übertroffen werden und somit eine ausreichende Rutschfestigkeit gegeben ist. Eine weitere Differenzierung ist nicht möglich.
- Die Ergebnisse bei den Befunden Klauenrehe, Weiße Linien Defekt, Doppelte Sohle, Ballenhornfäule und Steingalle zeigen eine signifikante Zunahme der Tiere ohne Befund bei Haltung auf elastischen Laufgangauflagen aus Gummi. Klauenrehe: Zunahme Tiere ohne Befund um 18,9 %. Weiße Linien Defekt: Zunahme Tiere ohne Befund um 7,7 %. Doppelte Sohle: Zunahme Tiere ohne Befund um 17,6 %. Ballenhornfäule: Zunahme Tiere ohne Befund um 31,6 %. Steingalle: Zunahme Tiere ohne Befund um 12,1 %.
- Die Häufigkeit der Tiere mit dem Befund Rusterholzsches Sohlengeschwür hat durch die Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi von 16,3 % auf 22,5% signifikant zugenommen.
- Als Parameter zur Beurteilung von elastischen Laufflächenauflagen sind die Befunde Klauenrehe, Weiße Linien Defekt, Doppelte Sohle, Steingalle und Rusterholzsches Sohlengeschwür geeignet.
- Als Parameter zur Beurteilung von Laufgangauflagen ist der Befund Ballenhornfäule nicht geeignet. Die Ursachen für Ballenhornfäule als auch die positiven Effekte durch den Gummiboden sind nicht primär auf die Bodengestaltung im Laufgang zurückzuführen.

- Die Häufigkeit der Befunde Wandläsion, Klauenfäule, Mortellarosche Krankheit, Klauensohlengeschwür und Zwischenklauenwulst wird durch die Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi nicht signifikant verändert. Diese Befunde sind als Parameter zur Beurteilung von Laufgangauflagen aus Gummi nicht geeignet.
- Der Dorsalwandzuwachs ist als Parameter zur Bewertung von Laufgangauflagen aus Gummi geeignet. Nach sechs Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi wurde im Mittel ein Zuwachs der Dorsalwandlänge um 7,4 mm festgestellt. Die Messung des Hornzuwachses bei Tieren, die auf Laufgangauflagen aus Gummi gehalten werden, gibt Aufschluss wie die Belastung und der Hornabrieb an den Klauen ist. Dadurch ist es möglich den Zeitraum für das bei Laufgangauflagen aus Gummi erforderliche Klauenpflegeintervall zu ermitteln. Aufgrund des geringeren Hornabriebs und des damit verbundenen Hornzuwachses sollte das Klauenpflegeintervall bei Laufgangauflagen aus Gummi verkürzt werden.
- Die Form des Tragrandes der Rinderklaue ist als Parameter zur Bewertung von Laufgangauflagen geeignet. Vor Einbau der Laufgangauflagen hatten nur 15,8 % der Tiere einen überstehenden Tragrand. Nach neun Monaten Haltung auf Laufgangauflagen aus Gummi hatten 95,5 % der Tiere einen überstehenden Tragrand. An der Tragrandform ist erkennbar wie die Bodengestaltung die Rinderklaue belastet und welcher Hornabrieb hervorgerufen wird. Laufgangauflagen aus Gummi reduzieren die Belastung und nutzen das Klauenhorn geringer ab, so dass ein deutlich überstehender Tragrand entsteht.

Mehr Tiergerechtigkeit beim Stehen und Gehen ist durch elastische Laufgangauflagen aus Gummi möglich wie die Ergebnisse der Arbeit zeigen. Die positiven Auswirkungen weicher Böden auf die Klauen machen deutlich, welches Potenzial in der Laufflächengestaltung für die Verbesserung der Klauengesundheit liegt.

## 8 Summary

Designing animal friendly flooring is of utmost importance with regard to animal welfare and economy. Claw health in loose-housing barns for dairy cows is not satisfying. Definitely hurtful exposures emanate from flooring. This thesis serves as analysis of them.

Part of this set of problems is the claw as such, its anatomy in conjunction with biomechanics and claw trimming as well as the technical and constructional conditions of barn flooring. Respective publications state varied explanations and indications towards this problem, these seized in this research.

Six different walking way covers made of rubber, two products for slats and four products for flat walking ways, were build in in six dairy farms. With the utilization of technically mature measurement technique the deformability (indentation tests in the lab with an artificial cow foot) and the slip resistance (measurement of static and sliding friction in the lab and on the farms) of the walking way covers was measured. Before and three and nine month after build in the products a claw examination of all cows was done after the German standard diagnostic system. The statistically refurbishment of the measurement results are clear presented.

The developed measurement results divided in two parts. Firstly the material-dependent examination of deformability and slip resistance was done under practical barn conditions. Depending on the manufacturing condition the results show clear better effects as so called hard floors. Furthermore results for the growth of the dorsal wall, shape of the weight bearing surface and for the frequency of claw lesions, subdivided into eleven lesions, are existent. The changes on the claws are described after the three times claw examination in nine month.

The discussion gives an overview about the effect of the walking way covers made of rubber to the claws, the claw health and the suitability of the examined parameters to evaluate the walking way covers.

- The deformability measurement of walking way covers made of rubber is good adapted to evaluate walking way covers. Beginning with a deformability of 1,4 mm a good slip resistance and the reduce of claw lesions are achieved. The declaration of the deformability of a rubber floor

is essential to appreciate what kind of attribute this floor will have for slip resistance and what effects this floor will have for claw health and claw growing.

- The slip resistance measurement of walking way covers made of rubber is also adapted to evaluate walking way covers. But with this measurement only the conclusion is possible that the in the literature denoted limit value is achieved or excelled and an adequate slip resistance is existing. A further differentiation is not possible.
- The results by the findings laminitis, white line disease, double sole, heel horn erosion and sole bruising show significant increase of cows without the findings, when the cows were kept on elastic walking way covers made of rubber. Laminitis: increase of cows without the finding 18.9%. White line disease: increase of cows without the finding 7.7 %. Double sole: increase of cows without the finding 17.6 %. Heel horn erosion: increase of cows without the finding 31.6 %. Sole bruising: increase of cows without the finding 12.1 %.
- The frequency of cows with the finding sole ulcer at the typical location has increased significant from 16.3 % up to 22.5 %, when the cows were kept on elastic walking way covers made of rubber.
- As parameter for evaluation of the elastic walking way covers the findings laminitis, white line disease, double sole, sole bruising and sole ulcer at the typical location are adapted.
- As parameter for evaluation of the elastic walking way covers the finding heel horn erosion is not adapted. Because the reasons for heel horn erosion and the effects of the rubber floor are primary not affected by the flooring constitution.
- The frequency of cows with the findings wall fissure, foot root, digital dermatitis, sole ulcer and interdigital growth has not significant changed, when the cows were kept on elastic walking way covers made of rubber. These findings are not adapted as parameters to evaluate elastic walking way covers.

- The growing of the dorsal wall is adapted as a parameter to evaluate walking way covers made of rubber. The average increase of the dorsal wall growing was 7.4 mm after six month, were the cows were kept on the walking way covers made of rubber. The measurement of the horn growth, of cows kept on walking way covers made of rubber, shows how the exposure and the abrasion of the horn on the claws are. So it is possible to find out the period for necessary claw trimming on walking way covers made of rubber. Because of the reduced horn abrasion and the horn growing the period for claw trimming on walking way covers made of rubber has to be shortened.
- The shape of the weight bearing surface is adapted to evaluate walking way covers. Without the walking way covers made of rubber only 15.8 % of the cows had an overlaying weight bearing surface. After nine month on the walking way covers made of rubber 95.5 % of the cows had an overlaying weight bearing surface. With the shape of the weight bearing surface it is cognizable how the constitution of the floor loads the claws and cause horn abrasion. Walking way covers made of rubber reduce the exposure and the wear of the claw horn and so a clear overlaying weight bearing surface occurs.

The results of these study shows that with walking way covers made of rubber more animal welfare for cows, when they are walking or standing, is possible. The positive effects of soft floors for the claws show clear what kind of potential in the flooring constitution lies for the improvement of the claw health.

## 9 Literaturverzeichnis

- AID (2000): Klauenpflege und Klauenerkrankungen beim Rind, aid 1407/2000, Bonn, ISBN 3-89661-877-6
- ART (2007): Sanierung von Beton Laufflächen, ART (Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon) Bericht 690/2007
- Bahrs, E. (2005): Verhalten und Gesundheitsstatus von Mastbullen auf Gummispaltenboden, Inaugural-Dissertation Ludwig-Maximilians-Universität München, 2006
- Bähr, H.; E. Krause; D. Hermann (1978): Erste Ergebnisse zur Stallfußbodenbeurteilung mit einem Gleitreibungsmessgerät. Agrartechnik 1/78, 28 Jahrgang, 25-27
- Beiersmann, K. (2002): Untersuchungen zum Auftreten von aseptischen Klauenerkrankungen in Milchviehherden unter besonderer Berücksichtigung der Klauenrehe. Inaugural-Dissertation, Freie Universität Berlin, 2002
- Benz, B. (2002): Elastische Beläge für Betonspaltenböden in Liegeboxenlaufställen. Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG) 394, Dissertation 2002
- Benz, B. (2003): Weiche Laufflächen für Milchvieh bringen den notwendigen Kuhkomfort. Nutztierpraxis Aktuell, Ausgabe 4, März 2003
- Benz, B.; H. Wandel (2004): Soft-Elastic Floorings For Paved Walking Areas In Cubicle Housing Systems for Dairy Cattle. Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Symposium and 5<sup>th</sup> Conference on Lameness in Ruminants. 11<sup>th</sup>-15<sup>th</sup> February 2004, Congress and Convention Center Habakuk, Maribor, Slovenija, 212-213
- Benz, B.; H. Wandel; T. Jungblut (2002): Yielding walking areas in loose house systems.  
In: Shearer JK (ed) 12<sup>th</sup> International Symposium on Lameness in Ruminants. 2002 Jan. 9-13; Orlando, USA 2002; 280-283

- Benz, B.; T. Jungbluth; H. Wandel (2001): Entwicklung weicher Laufflächen und deren Einfluss auf Lokomotion und Klauengesundheit. Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Hohenheim 6.-7. März 2001
- Berg J.N., L.F. Craig (2000): Interdigital phlegmon a.k.a. interdigital necrobacillosis a.k.a. acute foot rot of cattle: Considerations in etiology, diagnosis and treatment. 11<sup>th</sup> Int. Symp. Disorders Rum Digit, Parma, Italy, Sept 3-7 2000, 27-30
- Berger, G. (1988): Art und Verteilung von Klauenerkrankungen auf die einzelnen Zehen bei Kühen in einstreuloser Laufstallhaltung. Mh. Vet. Med., 43:821-823, 1988
- Bergsten C. (1997): Infectious diseases of the claw. In: Greenough PR, Weaver AD. Lameness in cattle. 3<sup>rd</sup> edition, WB Saunders, Philadelphia, USA 1997, 89-100
- Bergsten, C. (1994): Haemorrhages of the sole horn of dairy cows as a retrospective indicator of laminitis: an epidemiological study. Acta vet. Scand., 1994, 35: 55-66
- Bergsten, C. (2004): Causes, Risks and Prevention of Laminitis and Claw Lesions. 1. Internationaler Trendreport Klauengesundheit. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.; 21-38, 2004
- Bergsten, C.; A.H. Herlin (1996): Sole haemorrhages and heel horn erosion in dairy cows: the influence of housing systems on their prevalence and severity. Acta vet. Scand.; 1996, 37: 395-408
- Bergsten, C.; B. Frank (1996): Sole Haemorrhages in Tied Primiparous Cows as an Indicator of Periparturient Laminitis: Effects of Diet, Flooring and Season. Acta Vet. Scand., 1996, 37: 383-394
- Bergsten, C.; B. Petterson (1992): The cleanliness of cows in tied stall and the health of their hooves as influenced by the use of electric trainers. Prevent Vet Med 1992; 229-238

- Bergsten, C.; J. Hultgren (2001): Effects of a rubber-slat system on cleanliness, foot health, and behaviour in tied dairy cows. *Prev. Vet. Med* 2001, 52: 75-89
- Bergsten, C.; J. Hultgren; T. Manske (1998): Claw traits and foot lesions in Swedish dairy cows in relation to trimming interval and housing system. A preliminary report. 10<sup>th</sup> International Symposium on Lameness in Ruminants 1998 Sept. 7-10; Luzern, Switzerland: University of Zürich 1998; 46-48
- Bickert, W.G.; J. Cermak (1997): Housing considerations relevant to lameness of dairy cows. In: Grennough PR, Weaver AD (eds). *Lameness in cattle*. 3 ed. Philadelphia, USA; Saunders 1997; 300-307
- Bielefeldt, J.Ch. (2004): Investigation on Functional Traits in Swiss Dairy Production Systems. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität Kiel. 2004
- Blowey, R. (1993): *Cattle Lameness and Hoofcare*. Farming Press, 1993
- Blowey, R. (2005): Factors Associated with lameness in dairy cattle. In *Practice* 2005, 27: 154-162
- Blowey, R.W. (2002): Claw trimming-how should it be done? A comparison of two approaches. In: Shearer J.K. (ed). 12th International Symposium on Lameness in Ruminants. 2002 Jan. 9-13; Orlando, USA; 2002; 122- 126
- Blowey, R.W., Green L.E., Collis V. J., Packington A.J. (2004): The effects of season and stages of lactation on lameness in 900 dairy cows. Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Symposium on Diseases of the Ruminant Digit, Maribor, Slovenija, February 11.- 15., 43-45, 2004
- Bockisch, F. J.; H.D. Gründer (1993): Bedeutung der Laufgangausführung in Kuhställen hinsichtlich Tiergesundheit und Tierleistung. Beiträge zur 1. Internationalen Tagung Bau und Technik in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Gießen 1993, 16. und 17. März, 75-86
- Boxberger, J.; H. Eichhorn; H. Seufert (1994): *Stallmist - fest und flüssig: Entmisten, Lagern, Ausbringen*. Schriftenreihe der Bauberatung Zement. Beton Verlag, Düsseldorf, 1994, 25-49
- Boxberger, J.; W. Pfadler (1982): Anforderungen an Spaltenböden im Liegeboxenlaufstall. *Landtechnik* 1982, 35: 227-231

- Brade, W. (2001): Wichtige Verhaltenscharakteristika des Rindes. Milchpraxis 39, Jg. (3), 146-149, 2001
- BUDRAS, K.D., C. MÜLLING UND A. HOROWITZ (1996): The rate of keratinization of the wall segment of the cattle hoof and its relationship to width and structure of the zona alba (white line) with respect to claw disease. Am. J. Vet. Res. 57, S. 444-555
- Burgi, K. (1998): Determine maintenance hoof trimming by observing movement. In: Lischer C. Ossent P. (eds). 10<sup>th</sup> International Symposium on Lameness in Ruminants. 1998 Sept. 7-10; Luzern, Schweiz: University of Zürich 1998: 20-22
- Cermak, J. (1998): Design of slip-resistant surfaces for dairy cattle buildings. Bovine Pract. 1998; 23: 76-78
- Clarkson, D.A.; W.R. Ward (1991): Farm tracks stockman's herding and lameness in dairy cattle. Vet. Rec. 1991; 129: 511-512
- Clarkson, M. (1996): Incidence and prevalence of lameness in dairy cattle. Vet. Rec. 1996; 138: 563- 567
- Clarkson, M.J.; D.Y. Downham; W.B. Faul; J.B. Manson; R.D. Merritt; R.D. Murray; W.B. Russel; J.E. Sutherst; W.R. Ward (1996): Incidence and prevalence of lameness in cattle, Vet. Rec. 1996; 138: 563-567
- Clemente, C.K. (1995): Klauenpflege beim Rind, Verlagsunion Agrar, Frankfurt am Main, 1995
- Collick D.W. (1997): Heel Horn Erosions. In: Greenough PR, Weaver AD. Lameness in cattle. 3<sup>rd</sup> edition, WB Saunders, Philadelphia, USA, 116-118
- Collick, D.W., P.R. Greenough, A.D. Weaver (1997): Interdigital space and claw. In: Greenough P.R., A.D. Weaver. Lameness in cattle. 3<sup>rd</sup> edition, WB Saunders, Philadelphia, USA, 101-122
- Collick, D.W.; W.R. Ward; H. Dobson (1989): Associations between types of lameness and fertility. The Veterinary Record, 1989, 125: 103-106
- Cook N.B. (2002): Lameness, cow comfort and hygiene in Wisconsin dairy herds. Proceedings of the Hoof Health Conference 2002, Columbus, Ohio, 27-29

- Cook, N. B.; K. Nordlund (2003): Interrelationship between Housing and Herd Health. *Advances in Dairy Technology*. 2003; Volume 15: 85-95
- De Belie, N.; E. Rombaut; K. Simoens; J. De Baerdemaeker (2002): Effect of surface roughness on pressure distribution in the foot-to-ground contact area for cattle. AG ENG Budapest 2002, Paper Number 20-SE-004
- De Kruif, A.; R. Mansfeld; M. Hoedermaker (1998): Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. *Vetprax*, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1998
- Deutsches Tierschutzgesetz (1998): In der Fassung der Bekanntmachung vom 25. Mai 1998 (Bundesgesetzblatt I Seite 1105) geändert durch Artikel 2 des Gesetzes zur Bekämpfung gefährlicher Hunde vom 12. April 2001 (BGBl. I S. 530)
- Dewes, H. (1979): Transit-related lameness in a group of Jersey heifers. *New Zealand Evt Journal*, 1979, 27: 45
- DIN 18908 (1992): Fußböden für Stallanlagen, Spaltenböden aus Stahlbeton und Holz. Mai 1992
- DIN EN ISO 2039-1, Ausgabe:2003-06 (2003): Kunststoffe - Bestimmung der Härte - Teil 1: Kugeleindruckversuch (ISO 2039-1:2001); Deutsche Fassung EN ISO 2039-1:2003
- Dirksen, G. (1997): Stallbau- und Haltungsfehler als Ursache von Klauen- und Gliedmaßenerkrankungen in Rinderbeständen. *Prakt. Tierarzt* 1997; 78: 870-879
- Distl, O. (1996): Verbesserung von Gesundheit als neues züchterisches Ziel in der Selektion auf Fundamentmerkmale beim Rind. *Tierärztliche Umschau*, 1996, 51, 331-340
- DLG Prüfbericht Nummer 5355F (2005): DeLaval Laufgangauflage R 16, <http://www.dlg-test.de>
- DLG Prüfbericht Nummer 5403 (2004): Huber Laufflächenbelag für Rinder Typ N 15 plus, <http://www.dlg-test.de>
- DLG Prüfbericht Nummer 5404 (2004): Kraiburg Laufflächenbelag für Rinder Typ KURA S, <http://www.dlg-test.de>

- DLG Prüfbericht Nummer 5405 (2004): Kraiburg Laufflächenbelag für Rinder Typ KURA P, <http://www.dlg-test.de>
- DLG Prüfbericht Nummer 5415 (2004): Lely Laufflächenbelag für Rinder Typ Compedes, <http://www.dlg-test.de>
- DLG Prüfbericht Nummer 5454F (2005): DeLaval Laufgangauflage R 10, <http://www.dlg-test.de>
- DLG Prüfbericht Nummer 5512F (2005): Supra Rubber – Gummi Matte, <http://www.dlg-test.de>
- DLG Prüfbericht Nummer 5531F (2005): FerroX Rubber – Rubber stal mat, <http://www.dlg-test.de>
- DLG Prüfbericht Nummer 5603 (2006): Agriprom Laufflächenbelag für Rinder Easy Fix, <http://www.dlg-test.de>
- DLG Prüfbericht Nummer 5654 (2006): Agrotel Laufflächenbelag Soft Care Mat, <http://www.dlg-test.de>
- DLG Prüfprogramm (2004): Beurteilungsmerkmale für die Prüfung von elastischen Auflagen für Laufgänge (planbefestigt und perforiert) in Liegeboxenlaufställen. September 2004
- Doll, K.; W. Kehler (1997): Klauenkrankheiten – Vorbeugen ist besser als behandeln. Milchpraxis 1997; 35: 12-15
- Espinase, J.; M. Savey; C. Thorley; E.T. Raven; A. Weaver (1984): Color Atlas on disorders of cattle and sheep digit – international terminology. Editions Point Veterinaire, France: Maisons-Alfort 1984
- Enting, H., D. Kooij, A.A. Dijkhuizen, R.B. M. Huirne, E.N. Noordhuizen-Stassen (1997): Economic losses due to clinical lameness in dairy cattle, Livest Prod Sci 1997,49, 259-267
- Faull, W.B.; J.W. Huges; M.J. Clarkson; D.Y. Downham; F.J. Manson; J.B. Merrit; R.D. Murray; W.B. Russel; J.E. Sutherst; W.R. Ward (1996): Epidemiology of lameness in dairy cattle: the influence of cubicles and indoor and outdoor walking surfaces. Vet. Record, 1996, 139: 130-136

- Feucker, W.; M. Eise; M. Kloò; D. Landmann (2004): Dokumentations- und Informationssystem Klauengesundheit. 1. Internationaler Trendreport Klauengesundheit. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V., 2004, 199-205
- Fiedler, A. (2000): Comparative studies about the prevalence of a claw-disease in tie-stall and loose-housing systems in Bavaria 1998 and 1999. 11<sup>th</sup> International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit. Parma, Italy 2000, 157-159
- Fiedler, A. (2002): Funktionelle Klauenpflege-Grundlagen erfolgreicher Therapie, Großtrier Vet., Ausgabe 2, Februar 2002
- Fiedler, A. (2004 a): Der Einfluss von Haltungsbedingungen und Fütterung auf die Klauengesundheit. In: Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes, Hrsg. Fiedler A., Maierl J., Nuss K., Stuttgart: Schattauer 2004, 185-196
- Fiedler, A. (2004 b): Der neue bundeseinheitliche Diagnoseschlüssel. In 1. Internationaler Trendreport Klauengesundheit, Hrsg. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Frankfurt: DLG Verlag 2004, 163-186
- Fiedler, A.; J. Maierl; K. Nuss (2004): Funktionelle Klauenpflege. In: Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes, Hrsg. Fiedler, A.; J. Maier; K. Nuss. Stuttgart: Schattauer 2004, 44-62
- Fregonesi, J.A.; C. Tucker; D.M. Weary; F.C. Flower; T. Vittie (2004): Effect of rubber flooring of the feed bunk on the time budgets of dairy cattle. Journal of Dairy Science 2004, 87: 1203-1207
- Frerking, H. (1999): Abgangsursachen von ganzjährig milchleistungsgeprüften Kühen im Bereich der Landwirtschaftskammer Hannover von 1958-1997. Der praktische Tierarzt. 80:607-612, 1999
- Friedli, K.; Ch. Lischer (2000): Klauenprobleme, Ursachen und vorbeugende Maßnahmen, In: Handbuch zur Pflege und Behandlung der Klauen beim Rind, Lischer Ch. (Hrsg.), Geyer H., Ossent P., Friedli K., Näf I., Pijl R., 2. erw. Auflage Berlin: Parey 2000, 115-136

- Gerwing, T.H. (2003): Beeinflussung der Lastverteilung durch Klauenpflege innerhalb der Einzelklauen und der Klauenpaare der Hintergliedmaßen von schwarzbuntern Milchkühen der Rasse Deutsche Holsteins, Inaugural-Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover, 2003
- Geyer, H.; A. Fürst; Ch. Warzecha (2000): Anatomie der Rinderklaue. In: Handbuch zur Pflege und Behandlung der Klauen beim Rind, Lischer Ch. (Hrsg.), Geyer H., Ossent P., Friedli K., Näf I., Pijl R. 2. erw. Auflage Berlin: Parey 2000, 13-30
- Gjestang, K.E.; K.A. Loken (1980): Slipperiness of concrete floors and rubber mats in tie stalls. Norges Landbrukshogskole, Institute for bygningsteknikk, Stenssiltrykk No. 161 1980  
In: Nillson C., Floors in Animal Houses, Dissertation Swedish University of Agricultural Sciences, 1988
- Gooch, C. A. (2003): Flooring Considerations for Dairy Cows. Natural Resource, Agriculture and Engineering Service, NRAES-148, February 2003
- Gräfen, H. (1991): Lexikon Werkstofftechnik, Hrsg. Hubert Gräfen, Düsseldorf VDI Verlag, 1079-1080, 1991
- Green, I. E.; V.J. Hedges; Y.H. Schukken; R.W. Blowey; A.J. Packington (2002): The Impact of Clinical Lameness on the Milk Yield of Dairy Cows. J Dairy Sci. 2002; 85: 2250-2256
- Greenough, P.R. (1990): Observations on bovine laminitis. In Pract. 1990; 169-173
- Greenough, P.R.; A.D. Weaver; D.M. Broom; R.J. Eslemont; F.A. Galindo (1997): Basic concepts of bovine lameness.  
In: Lameness in cattle eds. Greenough P.R., Weaver A.D., 3<sup>rd</sup> edn, Philadelphia, W.B. Saunders, 3-13, 1997
- Groth, W. (1985): Kriterien für die Beurteilung von Haltungssystemen für Milchkühe und Mastbullen aus klinischer Sicht. Tierärztliche Umschau, 1985, 40: 739-750

- Guard, C. (2000): Environmental Risk Factors Contributing to Lameness in Dairy Cattle. Proceedings from the Dairy Housing and Equipment Systems Conference. NRAES-129. Natural Resource, Agricultural and Engineering Service. Cornell University , Ithaca, New York, 2000
- Guhl, E., K. E. Müller (2006) : Auswirkungen von Laufflächen aus Gummi auf das Hornwachstum und die Klauengesundheit. 6. Berlin-Brandenburgischer Rindertag, Berlin, 5.-7.10.2006, Mensch & Buch Verlag, 2006, 238-241
- Günter, M. (1991): Klauenkrankheiten, Gustav Fischer Verlag, Jena, 1991
- Habermehl, K.-H. (1996): Haut und Hautorgane der Wiederkäuer. In: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band III, 3. Auflage Nickel R., Schummer A., Seiferle E., Hrsg. Habermehl K.-H. Vollmerhaus B., Wilhens H., Waibl H., Berlin: Parey 1996; 516-553
- Hahn, M.V.; B.T. Mc Daniel; J.C. Wilk (1986): Rates of hoof growth and wear in holstein cattle. Journal of Dairy Science, 69, 2148-2156  
In: Samel M. (2005): Gummibeschichtete Laufflächen für Milchkühe und deren Einfluss auf Klauenwachstumsparameter und Klauengesundheit im Vergleich zu betonierte Laufflächen. Inaugural Dissertation. Tierärztliche Hochschule Hannover
- Hernandez, J., J.K. Shearer, D.W. Webb (2002): Lameness and milk production in dairy cows, 12<sup>th</sup> International symposium on lameness in Ruminants, Orlando, 2002
- Hermann, H.-J.; K. Müller (2002): Entwicklung eines Messgeräts zur Optimierung von Laufflächen hinsichtlich Rutschfestigkeit und Klauengesundheit, Bauen für die Landwirtschaft 2/2002, 29-32
- Herrmann, H.-J. (1996): Methodische Untersuchung zum Einfluss unterschiedlicher Laufflächen auf die Klauengesundheit und das Verhalten von Rindern. Dissertation, Universität Gesamthochschule Kassel, 1996
- Herrmann, H.-J.; D. Landmann (2004): Klauen- und Gliedmaßenkrankungen zurückdrängen. Bauförderung Landwirtschaft (Hrsg.): Baubrief Landwirtschaft Nr. 44 Milchviehhaltung. Münster. Landwirtschaftsverlag , 2004, 97-99

- Herrmann, H.J.; S. Wlcek (1996): Planbefestigte Laufflächen – Stand der Diskussion, ALB Fachtagung, Stuttgart Hohenheim. 1996
- Heyden, H.; O. Dietz (1990): Sicherung der Standfestigkeit bei Rindern unter Laufstallbedingungen. Mh. Vet.-Med. 1990, 45: 741-745
- Hoblet, K.; W. Weiss; L. Midla; R. Smilie (2000): Subclinical laminitis in dairy cattle: maintaining healthy hoof horns. Compend. Contin. Educ. Pract. Vet. 22, 97-107
- Huber, J. (2002): Klauenerkrankungen bei Milchkühen in verschiedenen Haltungsformen im Vergleich Anbindehaltung und Laufstallhaltung. Inaugural-Dissertation, Veterinärmedizinische Universität Wien, 2002
- Hultgren, J.; T. Manske; C. Bergsten (2004): Associations of sole ulcer at claw trimming with reproductive performance, udder health, milk yield and culling in Swedish dairy cattle. Prev. Vet. Med. 2004, 62, 233-251
- HVL (2005): Hessischer Verband für Leistungs- und Qualitätsprüfungen in der Tierzucht e.V., Jahresbericht 2005
- Irps, H. (1988): Jungrinderaufzucht und Mastbullenhaltung auf gummierten Betonspaltenböden. Bauen für die Landwirtschaft 1988, 2: 7-9
- Jongebreur, A. A. (1998): Preface. Impact of floor surface on behaviour, locomotion and foot lesions in cattle. Rapport 98-09, Institut voor Milieu en Agritechniek, imag-dlo, Wageningen, 1998
- Junge W. (1997): Einflußfaktoren auf die Klauengesundheit von Milchkühen. Züchtungskunde 1997; 69: 122-129
- Karrer, M. (2002): Die wichtigsten Erkenntnisse vom Stallbau. Grub: Management Seminar 2002. In: Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes, Hrsg. Fiedler A., Maierl J., Nuss K., Stuttgart: Schattauer 2004
- Kehler, W.; T.J. Sohr (2000): Standard measurements of the normal hind claw of Holstein-Friesian cows: the relation between the internal anatomical structure and the horn capsule. 11<sup>th</sup> International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit. 2000 Sept. 3-7; Parma Italy: Fondazione iniziative zooprofilattiche e zootecniche 2000; 260-261

- Kloß, Ch. (1992): Untersuchungen über den Einfluss von Klauenerkrankungen auf die jährliche Milchmenge, den prozentualen Milchfettgehalt, die jährliche Milchfettmenge, die Zwischenkalbezeit und den Besamungsaufwand in einer ehemaligen 1930er Milchviehanlage. Dissertation, Humbolt Universität Berlin, 1992
- Koberg, J.; W. Hofmann; H. Irps; R. Daenicke (1989): Rindergesundheit bei Betonspaltenhaltung. Der praktische Tierarzt 1989, 1:12-17
- Köbrich, S. (1993): Adspektorisch und palpatorisch feststellbare Schäden an Haut, Gelenken und Klauen bei Milchkühen in Abhängigkeit von der Boxengestaltung im Liegeboxenlaufstall unter Berücksichtigung der tierindividuellen Körpermaße. Vet. Med. Dissertation. Justus Liebig Universität Giessen, 1993
- Kofler, J. (1999): Clinical study of toe ulcer and necrosis of the apex of the distel phalanx in 53 cattle. Vet. Journal 1999; 157: 139-147
- Kofler, J. (2001): Beziehungen zwischen Fütterung und Gliedmaßen-erkrankungen bei Rindern, Diagnostik, Therapie und Prophylaxe, 28. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, 2.-3. Mai 2001, 75-92
- Kossaibati, M.A.; R.J. Esslemont (2000): The incidence of lameness in 50 dairy herds in England. Proceedings of 11<sup>th</sup> International Symposium on Disorders of the ruminant digit, Parma 2000, Italy, 160-162
- Kremer, P. (2006): Vergleich von Klauengesundheit, Milchleistung und Aktivität bei Kühen auf Betonspaltenboden und auf Spaltenboden mit elastischen Auflagen, Inaugural-Dissertation Ludwig-Maximilians-Universität München, 2006
- Kremer, P.; S. Nüske; A. Scholz; M. Förster (2004): Influence Of Different Floor Conditions On Claw Development, Metabolism And Milk Yield In Dairy Cows Housed IN Stalls With Free Traffic. Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Symposium and 5<sup>th</sup> Conference on Lameness in Ruminants. 11<sup>th</sup>-15<sup>th</sup> February 2004, Congress and Convention Center Habakuk, Maribor, Slovenija, 210-212

- KTBL Heft 60 (2006): Laufflächen für Milchkühe, Ausführung und Sanierung, ISBN 13: 978-3-939371-10-06
- Kümper, H. ( 1993): Probleme mit aufstellungsbedingten Lahmheiten bei Milchkühen. Collegium Veterinarium XXIV 1993
- Kümper, H. (2000 a): Controlling of the shape and function of cattle claws by the help of a new measuring device. In: Mortellaro C.M., De Vecchis L., Brizzi A. (eds). 11<sup>th</sup> International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit. 2000 Sept- 3-7; Parma, Italy: Fondazione iniziative zooprofilattiche e zootecnica 2000, 262-263
- Kümper, H. (2000 b): Entstehungsweise, Therapie und Prophylaxe von Gliedmaßenkrankungen bei Kühen. Großtierpraxis 5: 6-24, 2000
- Kümper, H. (2001): Gesunde Klauen im Laufstall durch vorbeugenden Klauenschnitt. Milchpraxis, 39. Jg., (1), 2001
- Kümper, H. (2007): Bestandsanalysen beim Problemkreis Lahmheit und Technopathie, Laufflächengestaltung und Klauengesundheit, Arbeitskreis Milchviehhaltung im ökologischen Landbau, 02.Juli 2007
- Landmann, D. (2005): Leitfaden Rinderhaltung, Lehr- und Versuchsanstalt für Tierhaltung Echem der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, 2005
- Landmann, D., H.-J Herrmann (2007): Diagnoseschlüssel für Klauenerkrankungen vervollständigt. In 2. Report Klauengesundheit, Hrsg. DLG e.V., Frankfurt: DLG Verlag 2007, 6-11
- Lischer, Ch. (2000 a): Einleitung, In: Handbuch zur Pflege und Behandlung der Klauen beim Rind, Lischer Ch. (Hrsg.), Geyer H., Ossent P., Friedli K., Näf I., Pijl R., 2. erw. Auflage Berlin: Parey 2000, 9-12
- Lischer, Ch. (2000 b): Häufige Klauenkrankheiten. In: Handbuch zur Pflege und Behandlung der Klauen beim Rind, Lischer Ch. (Hrsg.), Geyer H., Ossent P., Friedli K., Näf I., Pijl R., 2. erw. Auflage Berlin, Parey 2000, 95-114
- Lischer, Ch.; I. Näf (2000) : Technik der Klauenpflege. In: Handbuch zur Pflege und Behandlung der Klauen beim Rind, Lischer Ch. (Hrsg.), Geyer H., Ossent P., Friedli K., Näf I., Pijl R., 2. erw. Auflage Berlin: Parey 2000, 63-71

- Lischer, Ch.; P. Ossent (1994): Klauenrehe beim Rind: eine Literaturübersicht. Tierärztliche Praxis 22, 424-432
- Lischer, Ch.; P. Ossent (2000): Sole ulcers in dairy cattle – what´s new about an old disease? Proceedings of the 12<sup>th</sup> International symposium on disorders of the Ruminant Digit., Parma, Italy, 3-7 September, 2000
- Lischer, Ch.; P. Ossent; U. Iselin; U. Braun (1994): Diagnose der Klauenrehe beim Rind 183 Fälle (1982-1993). Wien. Tierärztl. Mschr. 81, 108-116
- Loeffler, K.; D. Marx (1983): Haltungs- und zuchtbedingte Schäden am Bewegungsapparat landwirtschaftlicher Nutztiere. Tierärztliche Praxis 1983, 11: 23-36
- Loof-Siercks, W. (2004): Untersuchungen zum Einfluss des Säure-Base Status auf die Häufigkeit von Klauenerkrankungen bei Milchkühen. Inaugural-Dissertation Freie Universität Berlin, 2004
- Lucey, S.; G.J. Rowland; A.M.; A.M. Russell (1986): The association between lameness and fertility in dairy cows. The Veterinary Record 1986, 118: 628-631
- Mac Daniel, B.T.; J.C. Wilk (1991): Lameness in dairy cows. Proceedings of the British Cattle Vet. Association. 1991, 66-80
- Macuhova, J.; M. Kilian; B. Haidn (2006): Laufflächen und Klauenpflege, Landtechnik, 61. Jahrgang, 1/2006, 46-47
- Maierl, J.; Ch. Mülling (2004): Funktionelle Anatomie. In: Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes, Hrsg. Fiedler A., Maierl J., Nuss K., Stuttgart, Schattauer 2004, 1-27
- Molz, Ch. (1989): Beziehungen zwischen haltungstechnischen Faktoren und Schäden beim Milchvieh in Boxenlaufställen. Inaugural-Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität-München
- Mülleder, C.; S. Waiblinger; J. Troxler (2004): Auftreten von Lahmheiten bei Milchkühen in 80 Liegeboxenställen. 11. Freiland- Tagung / 17. IGN Tagung 2004
- Müller M. (2003): Die Sohlengeschwüre des Rindes: Eine Beschreibung aus der Sicht der Pathologie, GTP 5, 2003

- Müller, K. (2003): Entwicklung eines mobilen Gerätes zur Messung der Rutschfestigkeit in Milchviehställen. Diplomarbeit, Institut für Landtechnik Giessen 2003
- MÜLLING, C., H. BRAGULLA, K.-D. BUDRAS UND S. REESE (1994): Strukturelle Faktoren mit Einfluss auf die Hornqualität und Prädilektionsstellen für Erkrankungen an der Fußungsfläche der Rinderklaue. Schw. Arch. Tierheilkd. 136, S. 49-57
- Mülling, Ch. (1993): Struktur, Verhornung und Hornqualität in Ballen, Sohle und weißer Linie der Rinderklaue und ihre Bedeutung für Klauenerkrankungen. Diss. med. vet., Berlin 1993
- Mülling, Ch. (2002): Funktionelle Anatomie der Rinderklaue. In: Innere Medizin und Chirurgie des Rindes, 4. Auflage, Hrsg. Dirksen G., Gründer H.-D., Stöber M., Berlin: Parey 2002, 914-921
- Mülling, Ch.; Th. Voges (2004): Beziehungen zwischen Stallboden, Hornstruktur und Klauenfunktion. In: 1. Internationaler Trendreport Klauengesundheit, Hrsg. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Frankfurt: DLG Verlag 2004, 127-140
- Murray, R.D.; D.Y. Downham; M.J. Clarkson; W.B. Faull; J.W. Hughes; F.J. Manson; J.B. Merritt; W.B. Russel; J.E. Sutherst; W.R. Ward (1996): Epidemiology of lameness in dairy cattle: description and analysis of foot lesions. Vet. Rec. 138, 586-591
- Nanda, A.S.; H. Dobson; W.R. Ward (1990): Relationship between an increase in plasma cortisol during transport-induced stress and failure of oestradiol to induce a luteinizing hormone surge in dairy cows. Res. Vet. Sci., 49, 25-48
- Nickel, R.; A. Schummer; K.H. Wille; H. Wilkens (1992): Passiver Bewegungsapparat, Skelettsystem. In: Nickel R., Summer A., Seiferle E. (Hrsg). Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. 6. Auflage Berlin, Parey 1992; 15-272
- Nillson, C. (1988): Floors in Animal Houses, Dissertation Swedish University of Agricultural Sciences 1988

- Nuss, K. (2002): Pododermatitis aseptica diffusa (Klauenrehe). *Großtierpraxis* 2002; 1:20-30
- Nuss, K.; A. Steiner (2004): Spezielle Diagnostik und Therapie. In: *Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes*, Hrsg. Fiedler A., Maierl J., Nuss K., Schattauer, Stuttgart, New York: 2004, 77-129
- Olson, J.D. (1997): The relationship between nutrition and management to lameness in dairy cattle. *Bov. Practice* 31: 65-68, 1997
- Ossent, P., P.R Greenough, J. J. Vermunt: (1997): Laminitis. In: Greenough, P.R. and A.D. Weaver (eds.): *Lameness in cattle*. 3<sup>rd</sup> edition. Philadelphia, London: W. B. Saunders Company, 277-292
- Ossent, P.; D.J. Peterse; H.C. Schamhardt (1987): Distribution of load between the lateral and medial hoof of the bovine hind limb. *Journal Vet. Med. A* 1987; 34; 296-300
- Peterse, D.J. (1986): Lameness in cattle. *Proceedings of the 14th World Congress on Disease of Cattle*, Dublin, Ireland, 1015-1024
- Petrie, L.; J. Campbell; F. Schumann (1998): The prevalence of sand cracks (vertical fissures) in the Saskatchewan beef cow herd. In: Lischer C., Ossent P. (eds). *10<sup>th</sup> International Symposium on Lameness in Ruminants*. 1998 Sept. 7-10; Luzern, Schweiz: University of Zürich 1998; 139-140
- Phillips, C.J.C.; I.D. Morris (2001): The Locomotion of Dairy Cows on Floor Surfaces with Different Frictional Properties. *Journal of Dairy Science* 2001, 84: 623-628
- Räber, M.; M.R.L. Scheeder and others (2002): The influence of load and age on the fat content and the fatty acid profile of the bovine digital cushion. In: Shearer J. (ed.), *Proceedings of the 12<sup>th</sup> International symposium on lameness in Ruminants*, Orlando, 194, 2002
- Rajala, P.J.; Y.T. Gröhn (1998): Disease occurrence and risk factor analysis in Finish Ayrshire cows. *Acta Vet. Scand.* 1998, 39, 1-13
- Read D.H., R.L. Walker (1998): Experimental transmission of papillomatous digital dermatitis (footwarts) in dairy cattle. *10<sup>th</sup> Int. Symp. Lam Rum*, Luzern, Switzerland, Sept 7-10 1998, 270

- Reszler, G. (2006): Klauenrehe – Zivilisationskrankheit der Milchkuh. Milchpraxis 4/2006, 128-132
- Reusch, S. (1999): Adspektorisch und palpatorisch feststellbare Schäden an Haut, Gelenken und schwerpunktmäßig an Klauen bei Milchkühen in Einflächen-Tieflaufställen und in Zweiflächen-Tieflaufställen mit planbefestigten Laufgängen. Inaugural-Dissertation, Justus Liebig Universität Giessen, 1999
- Richter, T. (2001 a): Trittsicherheit von Stallfußböden aus Beton. Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Hohenheim 6.-7- März 2001
- Richter, T. (2001 b): Trittsicherheit von Stallfußböden aus Beton. Bauen für die Landwirtschaft. 2001; 3:13-17
- Robinson, P.H. (2001): Locomotion Scoring Cows. California Dairy 2001, [www.de.availa4.com](http://www.de.availa4.com)
- Rushen, J.; A.M. de Passille (2006): Effects of Roughness and Compressibility of Flooring on Cow Locomotion. Journal of Dairy Science 2006, 89: 2965-2972
- Rushen, J.; A.M. de Passille; F. Borderas; C. Tucker; D. Weary (2004): Designing better environments for cows to walk or stand. Advances in Dairy Technology 2004, Volume 16: 55-64
- Rüsse, M.W. (1986): Bessere Fruchtbarkeit beim Rind – Störungen sind vermeidbar. Verlagsunion Agrar, DLG-Verlags GmbH, Frankfurt, 50-51, 1986
- Rusterholz, A. (1920): Das spezifisch-traumatische Klauenensohlengeschwür des Rindes. Schweiz Arch. Tierheilk. 1920; 62:412-466, 505-525
- Sagues, A.G. (2002): The biomechanics of weight bearing and its significance with lameness. In: Shearer J.K. (ed). 12th International Symposium on Lameness in Ruminants. 2002 Jan. 9-13; Orlando, USA; 2002; 117- 121

- Samel, M. (2005): Gummibeschichtete Laufflächen für Milchkühe und deren Einfluss auf Klauenwachstumsparameter und Klauengesundheit im Vergleich zu betonierte Laufflächen. Inaugural Dissertation. Tierärztliche Hochschule Hannover
- Schlimm, M. (1999): Adspektorisch und palpatorisch feststellbare Veränderungen an Klauen von Milchkühen in Abhängigkeit von der speziellen Laufflächenausführung in Liegeboxenlaufställen. Inaugural-Dissertation, Justus-Liebig-Universität Giessen, 1999
- Seibt, W. (1996): Physik für Mediziner. Chapman&Hall; 1996; 55-57
- Seiferle E.; J. Frewein (1992): Aktiver Bewegungsapparat, Muskelsystem, Myologia. In: Nickel R., Schummer A., Seiferle E. (Hrsg.). Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Bd. 1; 6 Aufl. Berlin: P. Parey 1992; 273-585
- Sekul, W. (2008): Wenn die Füße schmerzen – Dauerbrenner Klauenrehe. Bildungs- und Wissenszentrum Aulendorf, <http://www.landwirtschaft-bw.info>
- Seufert, H. (1975): Liegeboxenlaufställe – Funktion und Bauausführung verschiedener Stallbereiche unter Berücksichtigung von Flüssigmistungsverfahren. Arbeitsgemeinschaft zur Verbesserung der Agrarstruktur in Hessen e.V., Heft 32: 144-162, 1975
- Smilie, R.; K. Hoblet; W. Weiss; M. Eastridge; D. Rings; G. Schmitkey (1996): Prevalence of lesions associated with subclinical laminitis in first-lactation cows from herds with high milk production. J. Am. Vet. Med. Ass. 1996; 208: 1445-1451
- Smits, M.C.J.; K. Frankena; J.H.M. Metz; J.P.M. Noordhuizen (1992): Prevalence of digital disorders in zero-grazing dairy cows. Livestock Production, 1992, 32: 231-244
- Socha, M.T.; D.J. Tomlinson; A.B. Johnson (2000): Improved hooves through improved trace mineral nutrition. Proceedings of 11<sup>th</sup> International Symposium on Disorders of the ruminant digit, Parma 2000, Italy, 67-69
- Sommers, J.G.C.J.; K. Frankena; E.N. Noordhuizen-Stassen; J.H.M. Metz (2003): Prevalence of Claw Disorders in Dutch Dairy Cows Exposed to Several Floor Systems. Journal of Dairy Science 2003, 86: 2082-2093

- Sommers, J.G.C.J.; W.G.P. Schouten; K. Frankena; E.N. Noordhuizen-Stassen; J.H.M. Metz (2005): Development of Claw Traits and Claw Lesion in Dairy Cows Kept on Different Floor Systems. *Journal of Dairy Science* 2005, 88: 110-120
- Stanek, C. (1997): Housing and nutrition related claw diseases of dairy cattle. *Isr. J. Vet. Med.* 1997, 52: 80-85
- Steiner, B. (2004): Anforderungen und Lösungen für Laufflächen in Rinderställen, ITB – Schwerpunktseminar des Lehr- und Versuchsgutes Oberschleißheim, Aufbau – Seminar „Rund um die Rinderklaue“ II, Einflüsse von Haltungsbedingungen und Fütterung auf die Klauengesundheit, Oberschleißheim, 09. – 10. Oktober 2004.  
In : Kremer, P. (2006): Vergleich von Klauengesundheit, Milchleistung und Aktivität bei Kühen auf Betonspaltenboden und auf Spaltenboden mit elastischen Auflagen, Inaugural-Dissertation Ludwig-Maximilians-Universität München, 2006
- Steiner, B.; L. Van Caenegem (2003): Laufflächen in Ställen tiergerechter gestalten. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), FAT Bericht Nr. 594, 2003
- Sternemann, K. (1999): Adspektorisch und palpatorisch feststellbare Schäden an Haut, Gelenken und schwerpunktmäßig an Klauen bei Milchkühen in Zweiflächen-Tieflausställen mit perforiertem Laufgang und in Zweiflächen-Tretmistställen mit planbefestigtem Laufgang. Inaugural-Dissertation Justus-Liebig-Universität, Giessen, 1999
- Stöber, M. (1984): Klauenkrankheiten des Weiderindes. *Collegium Veterinarium* XV; 87-90, 1984
- Stokka, G.; J.F. Smith; J.R. Dunham; T. Van Anne (1997): Lameness in Dairy Cattle. Kansas State University, Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. MF-2070, *Dairy Science* 4, January 1997
- TGL 32456 (1983): Deutsche Demokratische Republik, Stallfußboden – Allgemeine Anforderungen. Juli 1983

- Thio, T.; L. Gyga; K. Friedli; C. Mayer; P. Ossent (2005): Einfluss von gummimodifizierten Spaltenböden auf die Klauengesundheit von Mastbullen. *Tierärztliche Praxis* 2005; 33: 77-84
- Toussaint Raven, E. (1989): *Cattle footcare and claw trimming*. 3. Aufl. Ipswich, UK: Farming Press 1989
- Toussaint Raven, E. (1998): *Klauenpflege beim Rind*. Universität Utrecht, Deutsche Übersetzung durch Döpfer D. 1998
- Tucker C.B.; D.M. Weary; A.M. de Passille; B. Campbell; J. Rushen (2006): Flooring in Front of the Feed Bunk Affects Feeding Behavior and Use of Freestalls by Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 2006, 89: 2065-2071
- Van Amstel, S.R.; J.K. Shearer (2000): Toe abscess: a serious cause of lameness in the U.S. dairy industry. In: Mortellaro CM, De Vecchis L. Brizzi A. (eds). *International Symposium on Lameness in Ruminants*. 2000 Sept. 3-7; Parma, Italy: Fondazione iniziative zooprofilattiche e zootechniche 2000; 212-214
- Vanegas J., M. Overton, S.L. Berry, W.M. Sisco (2006): Effect of Rubber Flooring on Claw Health in Lactating Dairy Cows Housed in Free-Stall Barns. *Journal of Dairy Science* 2006, 89: 4251-4258
- Vermunt, J.J. (2000): Risk factors of laminitis – an overview. In: Mortellaro CM, De Vecchis L., Brizzi A. (eds). *International Symposium on Lameness in Ruminants*. 2000 Sept. 3-7; Parma, Italy: Fondazione iniziative zooprofilattiche e zootechniche 2000; 34-45
- Vermunt, J.J.; P.R. Greenough (1994 a): Sole haemorrhages in dairy heifers managed under different underfoot and environment conditions. *British Vet. Journal*; 152, 57-73
- Vermunt, J.J.; P.R. Greenough (1994 b): Predisposing factors of laminitis in cattle. *British Vet. Journal* 1994; 150: 151-164
- Vermunt, J.J.; P.R. Greenough (1997): Management and control of claw lameness – an overview. In: Greenough P.R., Weaver A.D. (eds). *Lameness in cattle*. 3<sup>rd</sup> ed, Philadelphia, USA: Saunders 1997, 308-315

- VOGES, T., B. BENZ, G. LENDNER UND C. MÜLLING (2004): Morphometrical analysis of the microstructure of hoof horn and its interaction with flooring systems. In: Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Symposium on Lameness in Ruminants, Maribor/Slovenia, Zemljic & Company, S. 86-88
- Vokey, F.J.; C.L. Guard; H.N. Erb; D.M. Galton (2001): Effects of Alley and Stall Surfaces on Indices of Claw and Leg Health in Dairy Cattle Housed in a Free-Stall Barn. J. Dairy Sci. 2001. 84: 2686-2699
- Von Keyserlingk, M.; T. De Vries (2004): Designing better environment for cows to feed. Advances in Dairy Technology 2004; 16: 65-73
- Wander, J.F. (1970): Einige Ansprüche der Rinder an den Stallfußboden. Commission Internationale du Génie Rural (CIGR), Section 2 Conference, Gent, Vol. 1, pp. 13.1-13.9, 1970.  
In: Nillson C., Floors in Animal Houses, Dissertation Swedish University of Agricultural Sciences, 1988
- Wangler, A. (2004): Praxiserfahrungen zur Klauengesundheit, Nutztierpraxis Aktuell; Ausgabe 9, Juni 2004
- Ward, W. (1996): Housing and lameness. In: Bargai U. Efron Y., Meir E. (eds). The 9<sup>th</sup> International Symposium on Disorders of Ruminant Digit and the International Conference on Lameness in Cattle. 1996 April 14-19; Jerusalem, Israel: Koret School of Veterinary Medicine 1996
- Warnick, L.D.; C.L. Janssen; L. Guard; Y.T. Gröhn (2001): The Effect of Lameness on Milk Production in Dairy Cows. Journal of Dairy Science, 2001, 84: 1988-1997
- Weaver, AD. (1988): Laminitis. Bov. Pract. 1988; 23:85-87
- Webb, N.G.; M. Clark (1988): Livestock foot-floor interactions measured by force and pressure plate. Farm Building Progress, No 66, October, pp 138, 140-141  
In: Nillson C., Floors in Animal Houses, Dissertation Swedish University of Agricultural Sciences 1988

- Westerfeld, I.; Ch. Mülling; K.D. Budras (2000): Suspensory apparatus of the distal phalanx (PH III) in the bovine hoof. In Mortellaro C.M., de Vecchis L., Brizzi A. (eds.), Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Symposium on lameness in Ruminants, Parma Italy, 103- 105, 2000
- Whitaker, D.A.; A.I. Macrae; E. Burrough (2002): Disposal and disease rates in British dairy herds between April 1998 and March 2002, Veterinary Record 2004,155: 43-47
- Whitaker, D.A.; J.M. Kelly; S. Smith (2000): Disposal and disease rates in 340 British dairy herds. Vet. Rec. 146: 363-367, 2000
- Wiedenhöft, D. (2005): Einfluss von Lahmheiten auf die Fruchtbarkeitsleistung von Milchkühen, Inaugural-Dissertation Tierärztliche Hochschule Hannover, 2005
- Zeddies, J. (1996): Ökonomische Effekte des Einsatzes von Tierarzneimitteln bei Rindern und Schweinen. Vet. Impuls 1996; 5: 1-2

## 10 Anhang

### 10.1 Tabellen und Abbildungen

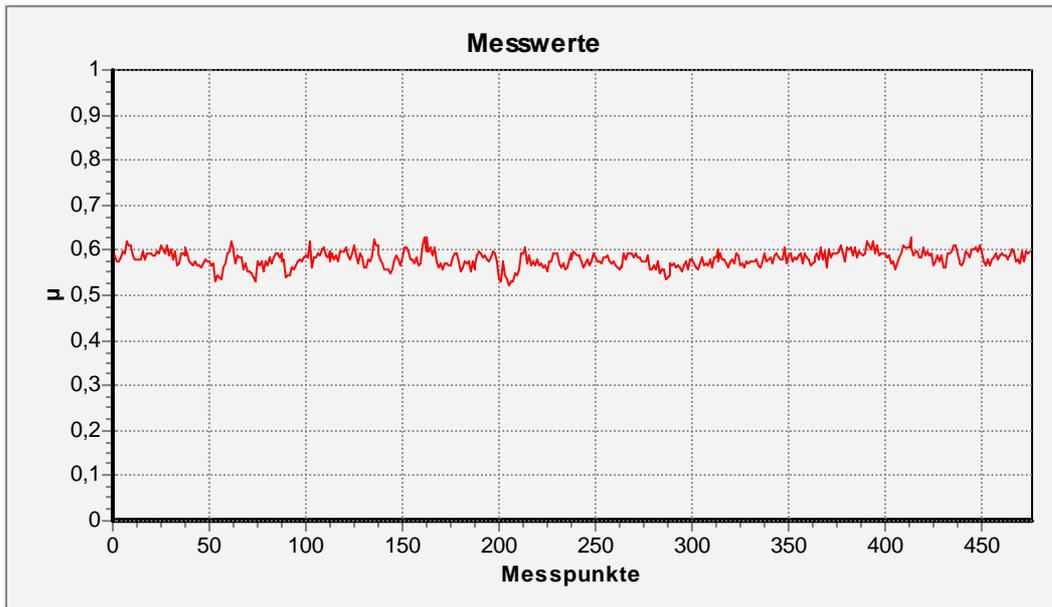


Abbildung 32: Gleitreibung im Praxisbetrieb Produkt A stark verschmutzt

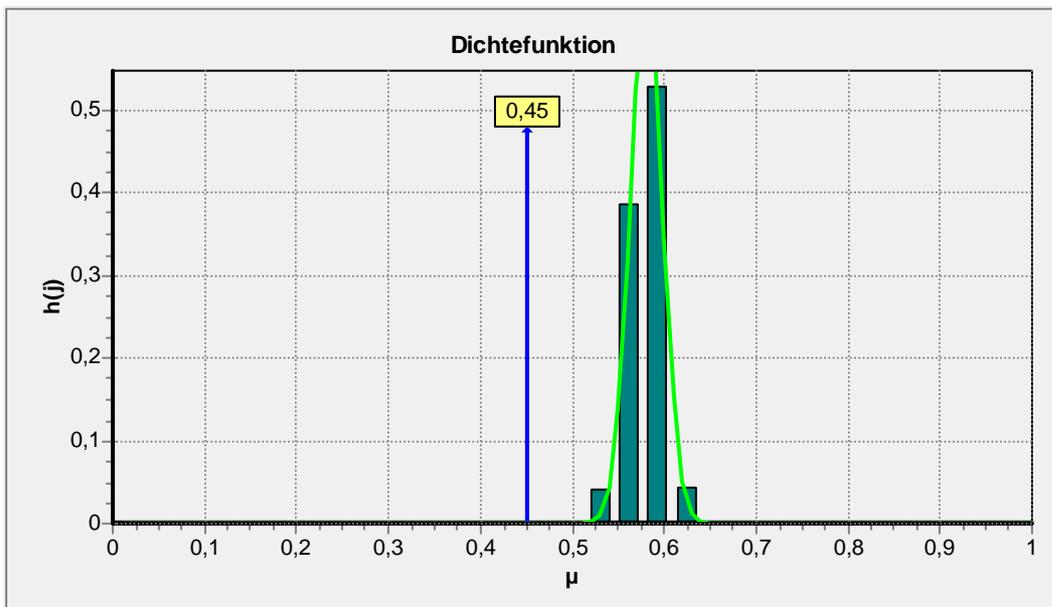


Abbildung 33: Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte für Produkt A, stark verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung:  $s = 0,018$ , Variationskoeffizient:  $VK = 0,030$

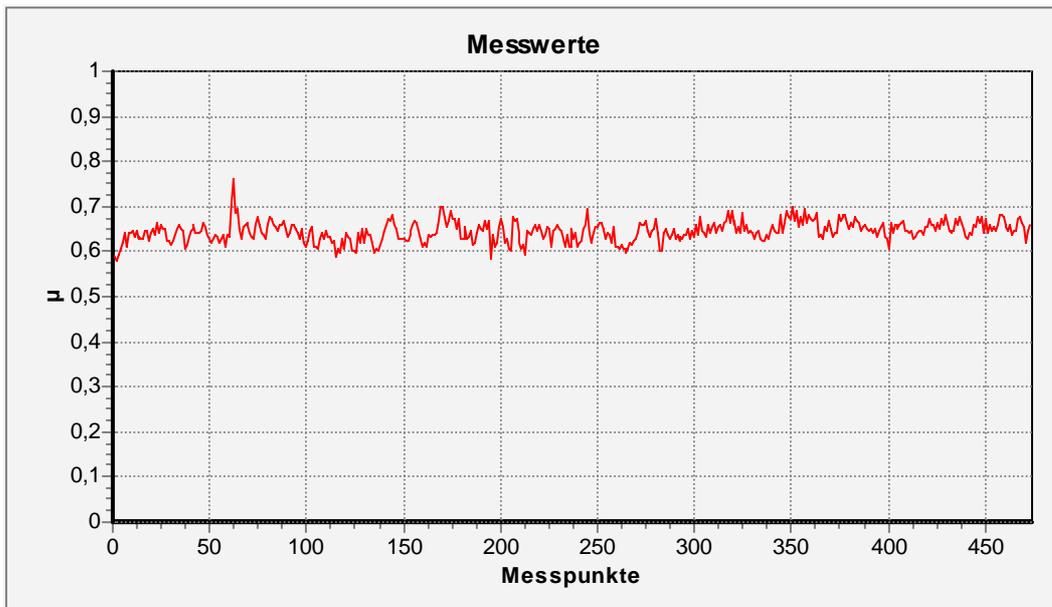


Abbildung 34: Gleitreibung im Praxisbetrieb Produkt A gering verschmutzt

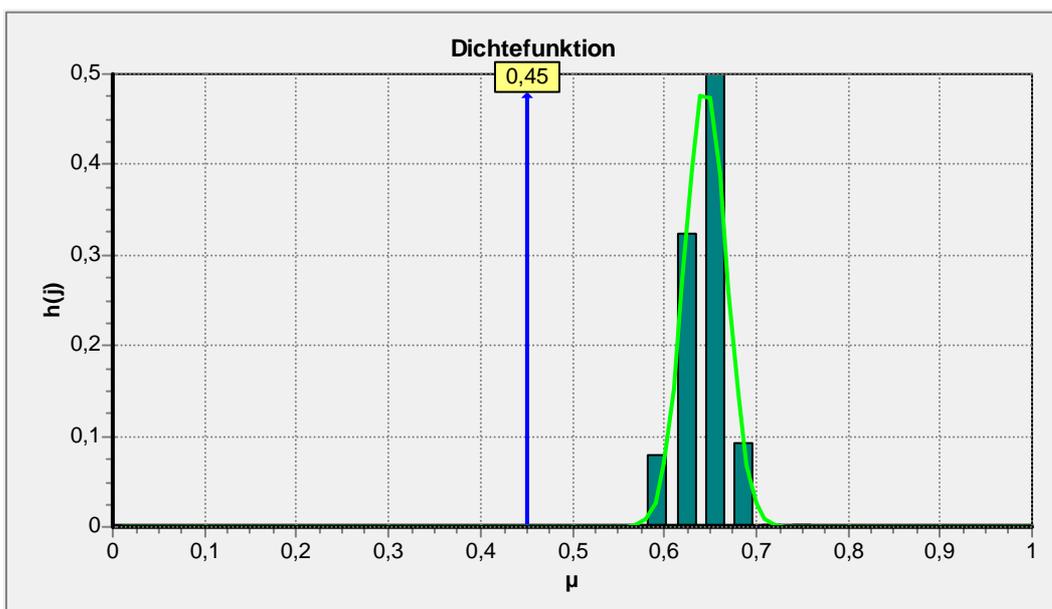


Abbildung 35: Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte für Produkt A, gering verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung:  $s = 0,023$ , Variationskoeffizient:  $VK = 0,035$

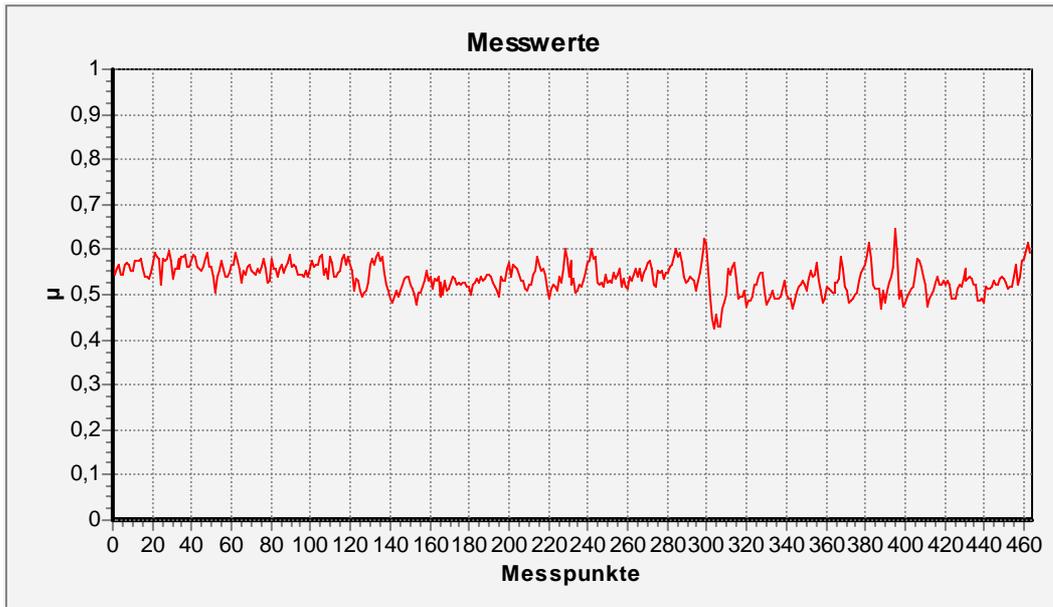


Abbildung 36: Gleitreibung im Praxisbetrieb Produkt B stark verschmutzt

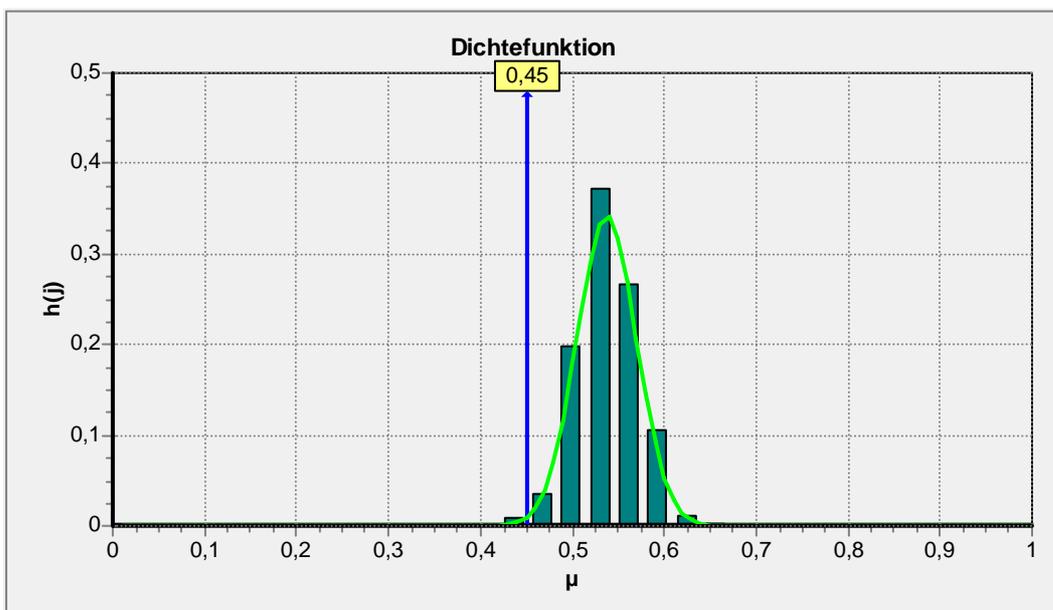


Abbildung 37: Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte für Produkt B, stark verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung:  $s = 0,032$ , Variationskoeffizient:  $VK = 0,060$

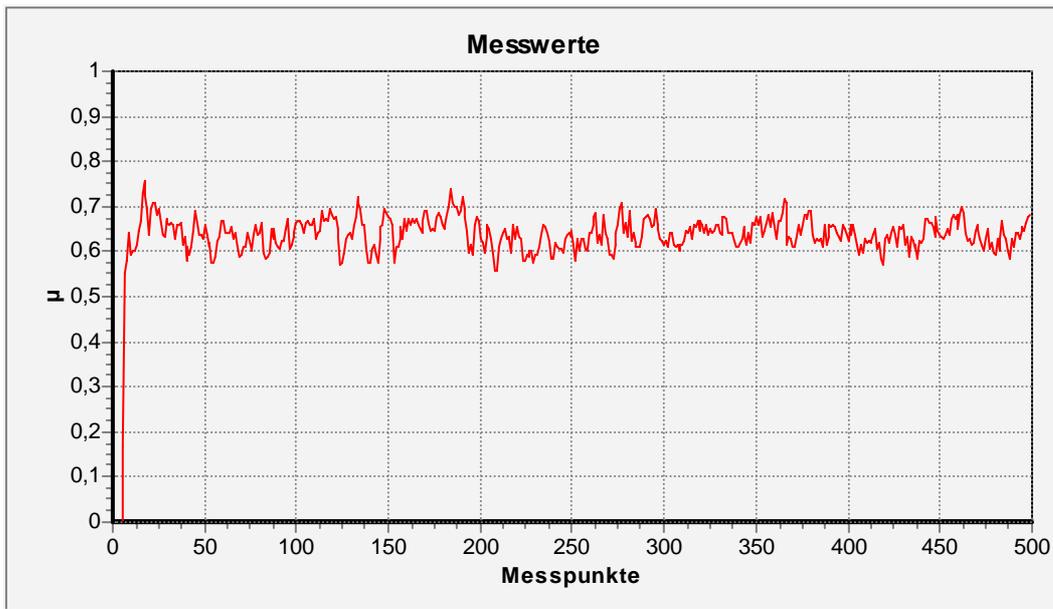


Abbildung 38: Gleitreibung im Praxisbetrieb Produkt B gering verschmutzt

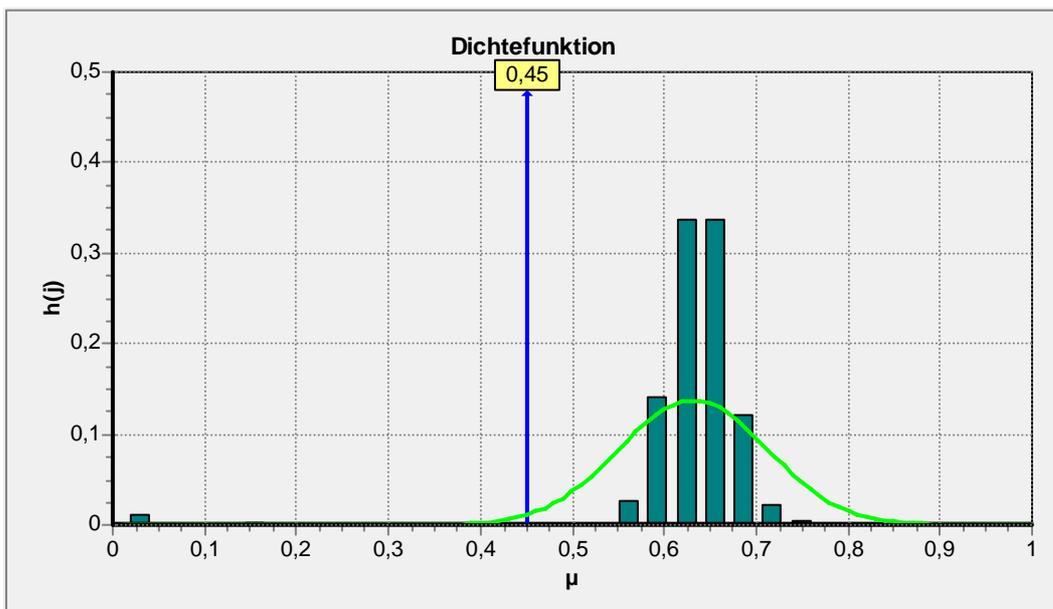


Abbildung 39: Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte für Produkt B, gering verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung:  $s = 0,081$ , Variationskoeffizient:  $VK = 0,128$

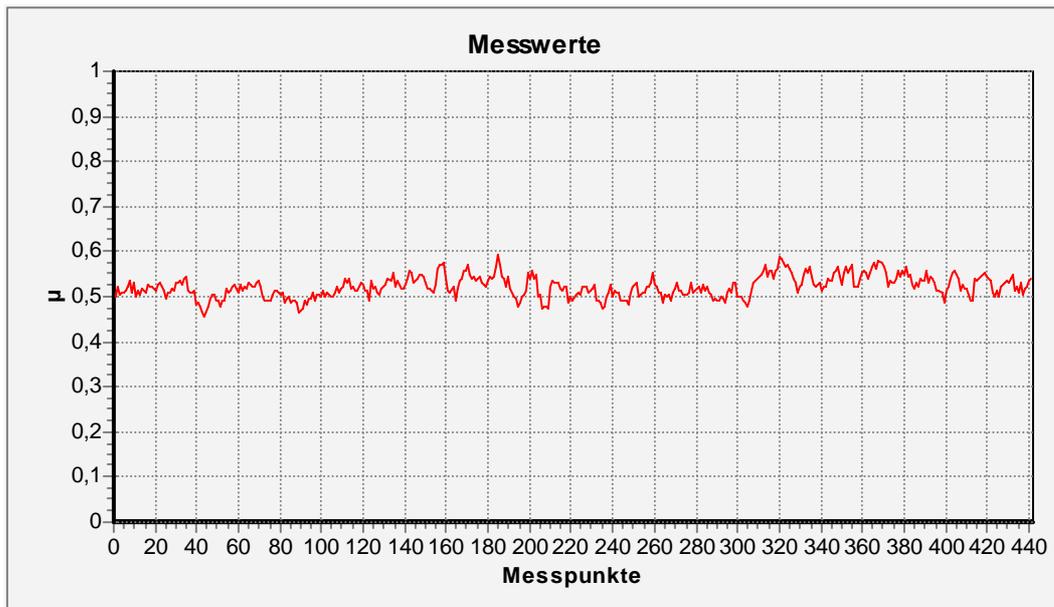


Abbildung 40: Gleitreibung im Praxisbetrieb Produkt C stark verschmutzt

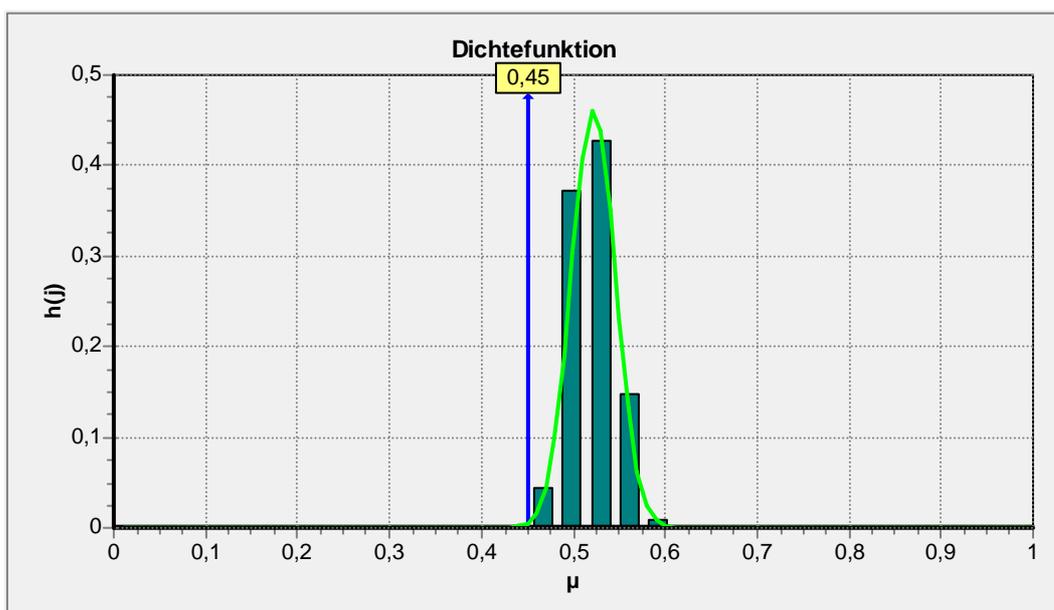


Abbildung 41: Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte für Produkt C, stark verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung:  $s = 0,024$ , Variationskoeffizient:  $VK = 0,046$

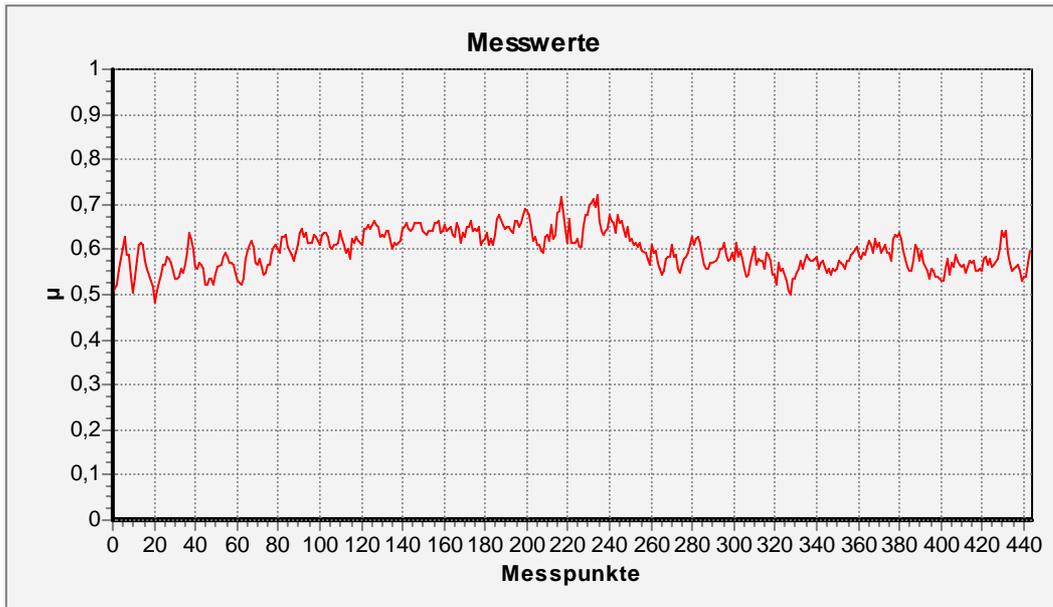


Abbildung 42: Gleitreibung im Praxisbetrieb Produkt C gering verschmutzt

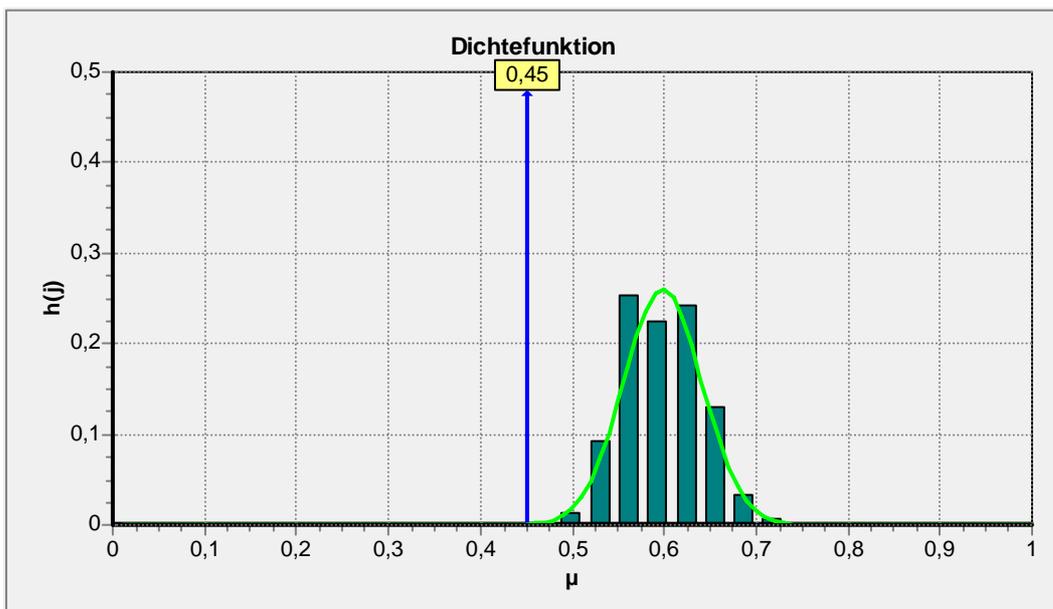


Abbildung 43: Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte für  
Produkt C, gering verschmutzt, im Praxisbetrieb,  
Streuung:  $s = 0,043$ , Variationskoeffizient:  $VK = 0,071$

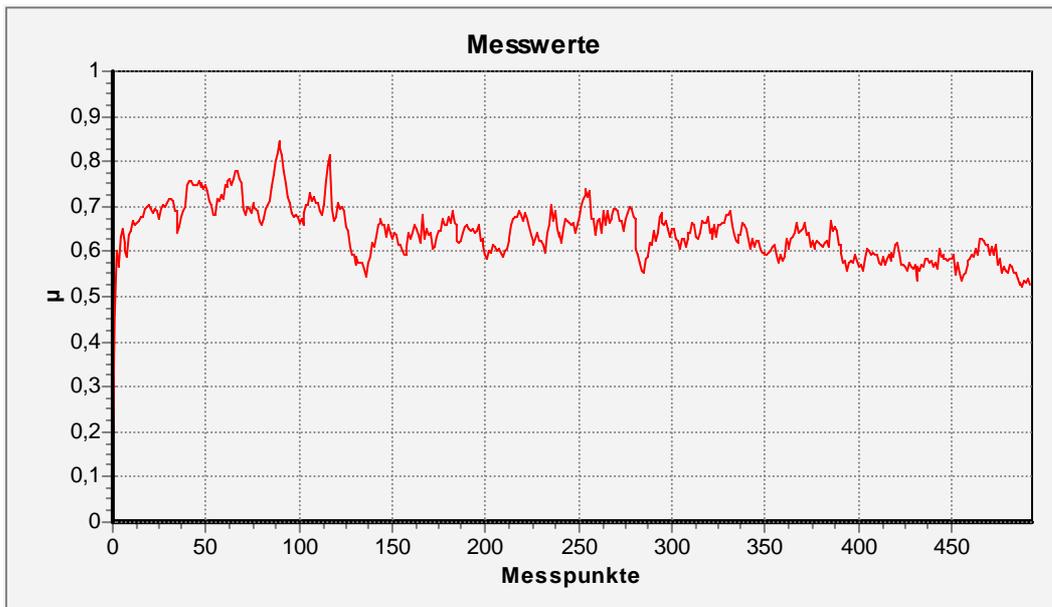


Abbildung 44: Gleitreibung im Praxisbetrieb Produkt D stark verschmutzt

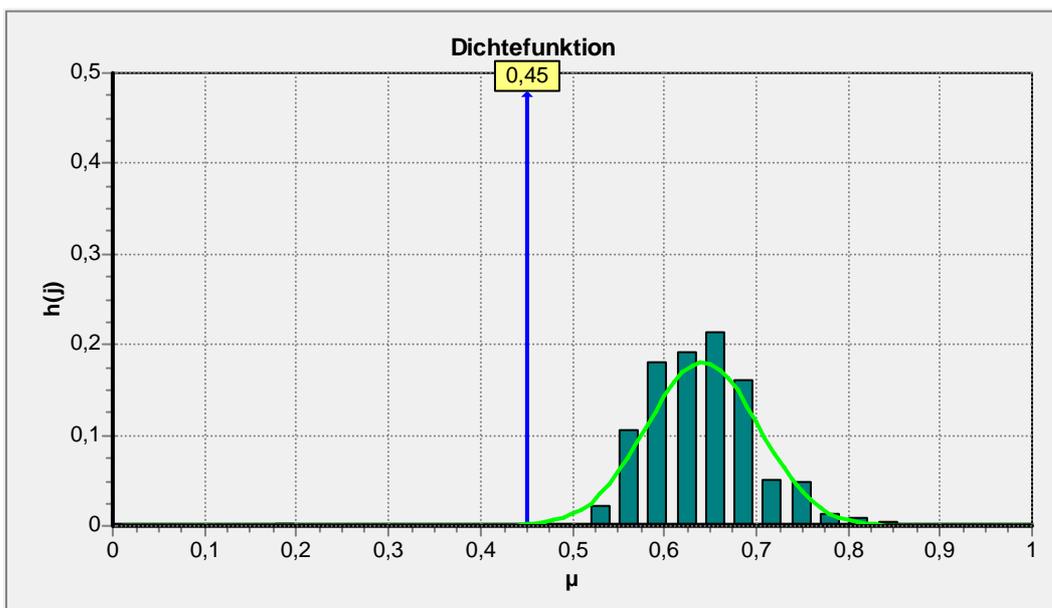


Abbildung 45: Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte für Produkt D, stark verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung:  $s = 0,061$ , Variationskoeffizient:  $VK = 0,096$

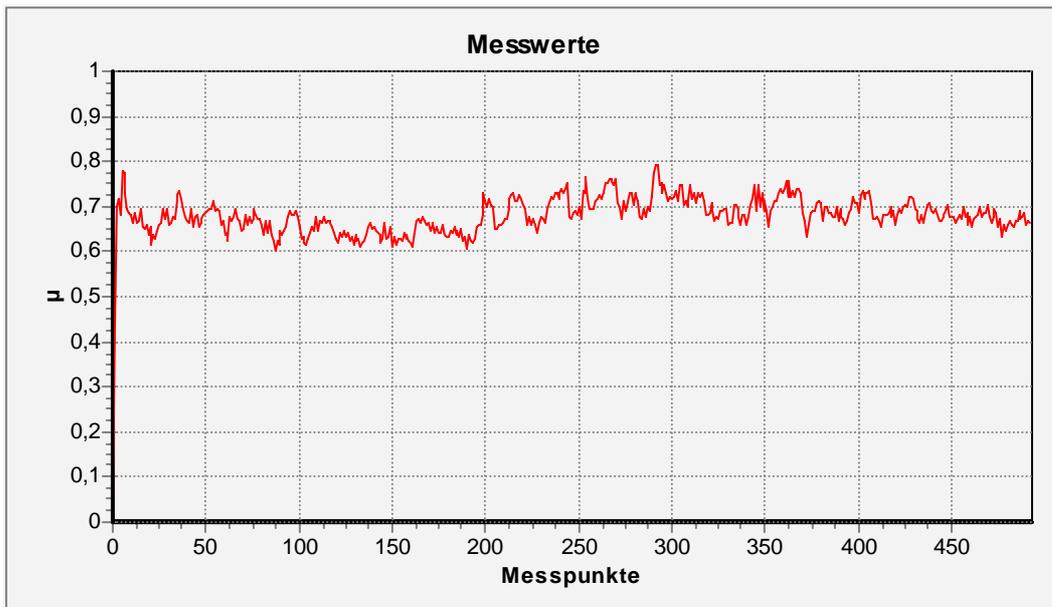


Abbildung 46: Gleitreibung im Praxisbetrieb Produkt D gering verschmutzt

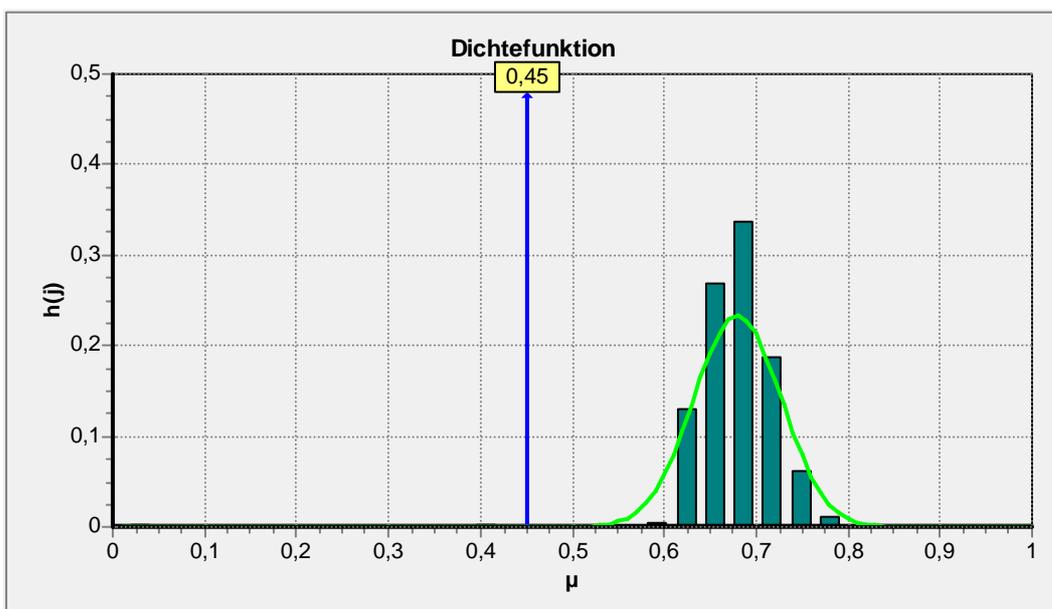


Abbildung 47: Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte für  
Produkt D, gering verschmutzt, im Praxisbetrieb,  
Streuung:  $s = 0,048$ , Variationskoeffizient:  $VK = 0,070$

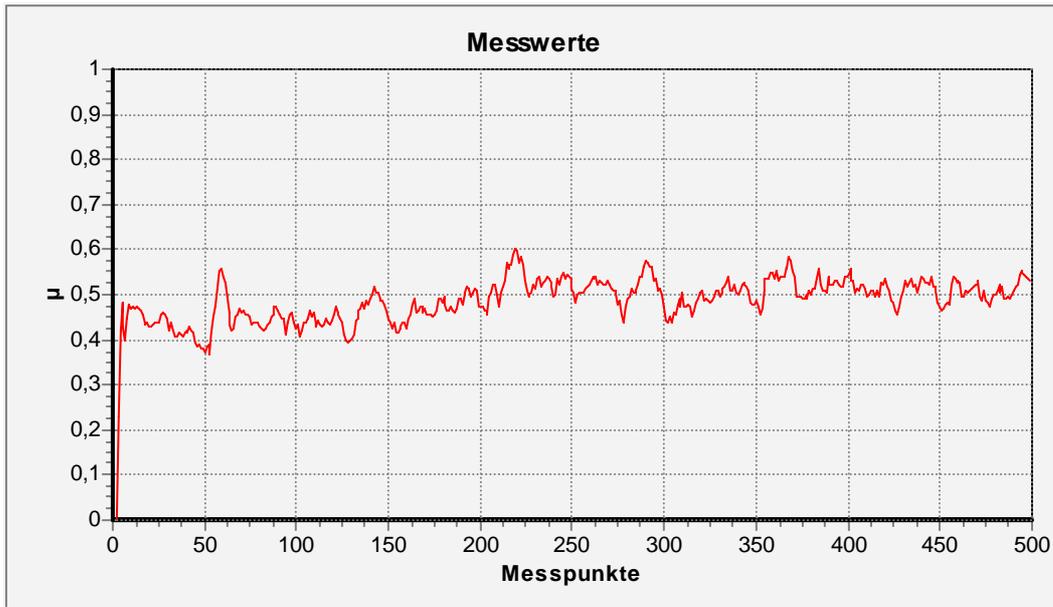


Abbildung 48: Gleitreibung auf der Auftrittsfläche im Praxisbetrieb Produkt E stark verschmutzt

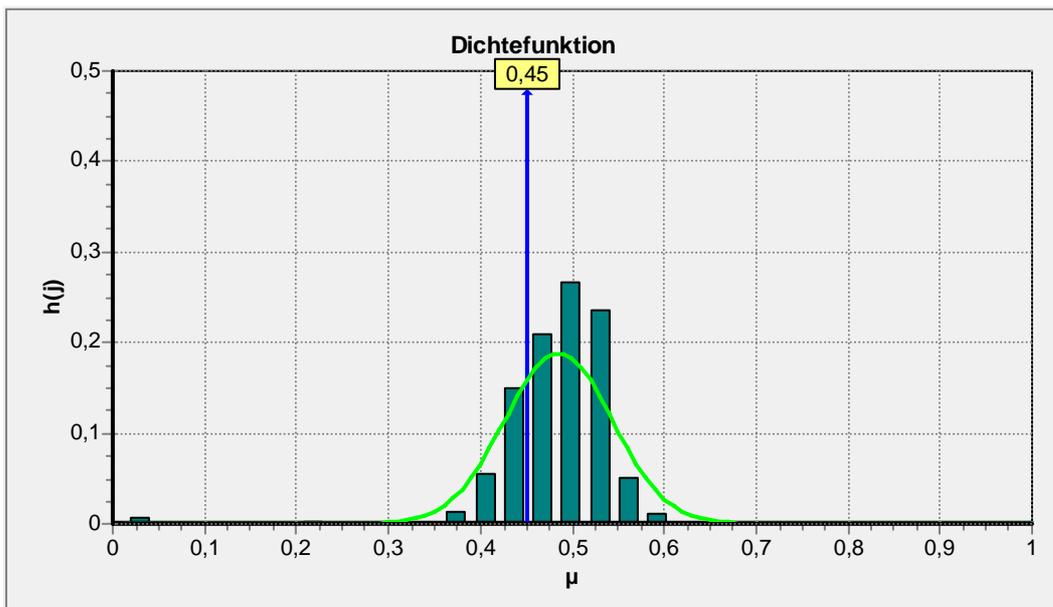


Abbildung 49: Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte auf der Auftrittsfläche für Produkt E, stark verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung:  $s = 0,059$ , Variationskoeffizient:  $VK = 0,121$

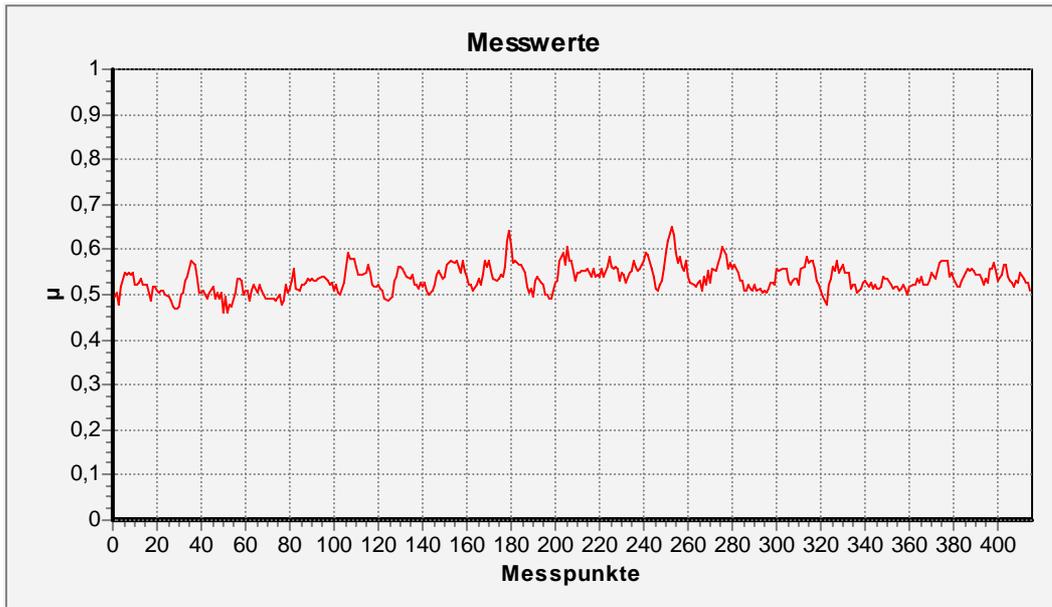


Abbildung 50: Gleitreibung auf der Auftrittsfläche im Praxisbetrieb Produkt E gering verschmutzt

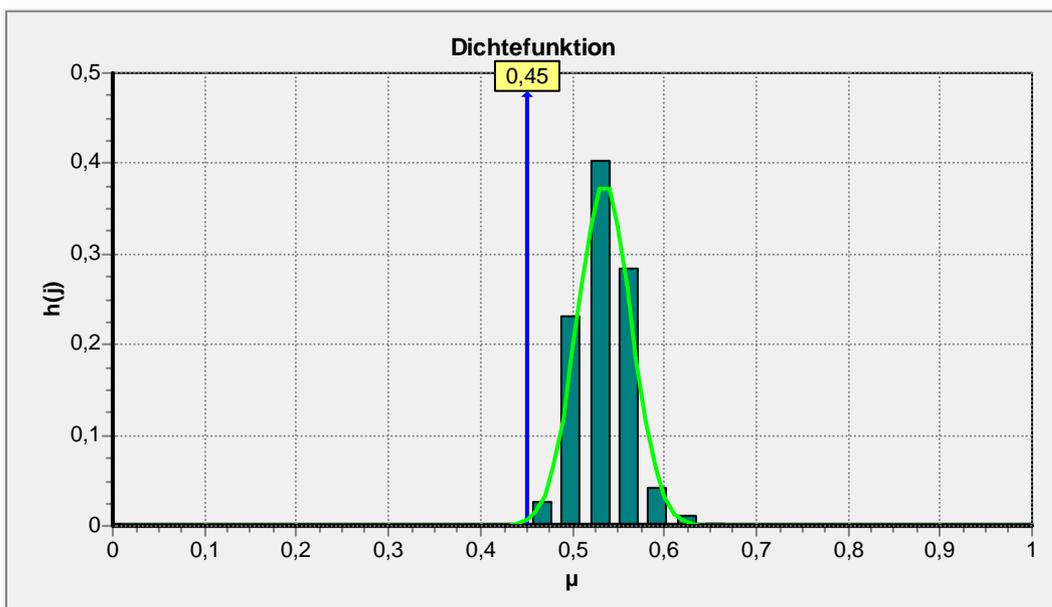
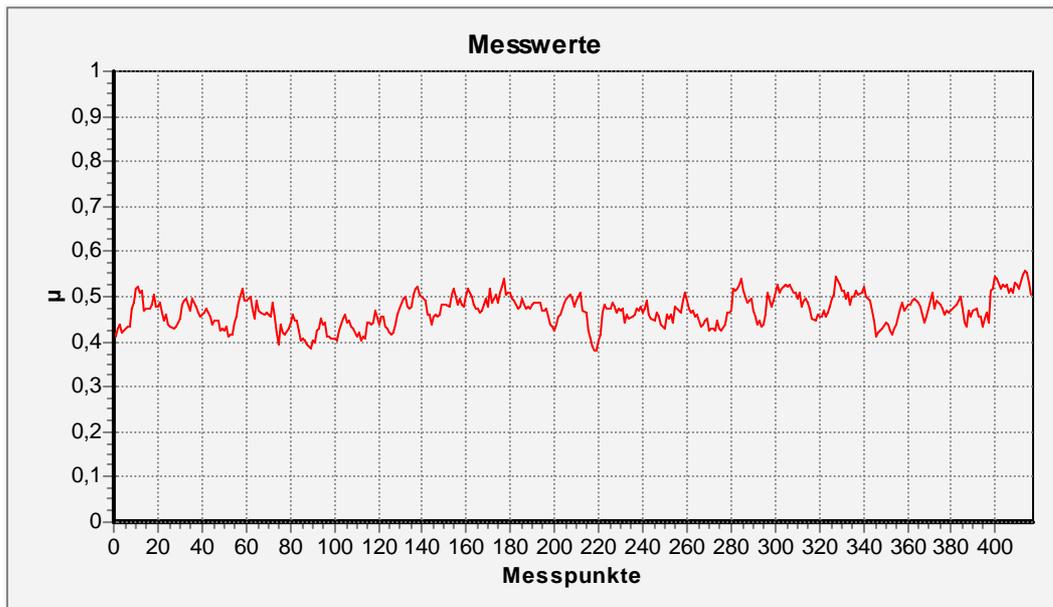
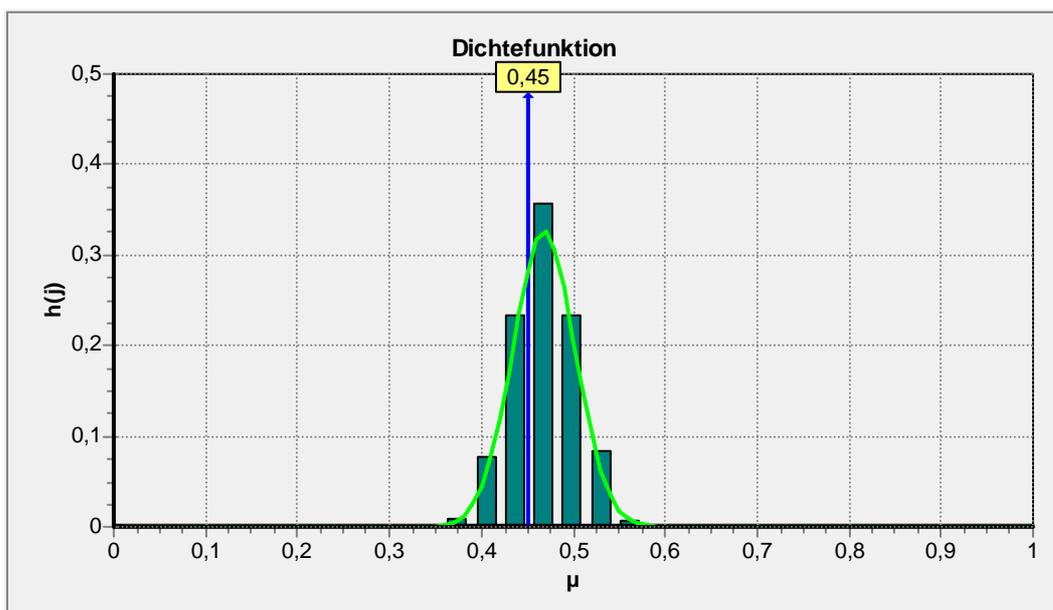


Abbildung 51: Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte auf der Auftrittsfläche für Produkt E, gering verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung:  $s = 0,029$ , Variationskoeffizient:  $VK = 0,055$



**Abbildung 52: Gleitreibung bei 50% Schlitzanteil im Praxisbetrieb Produkt E stark verschmutzt**



**Abbildung 53: Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte bei 50% Schlitzanteil für Produkt E, stark verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung:  $s = 0,034$ , Variationskoeffizient:  $VK = 0,073$**

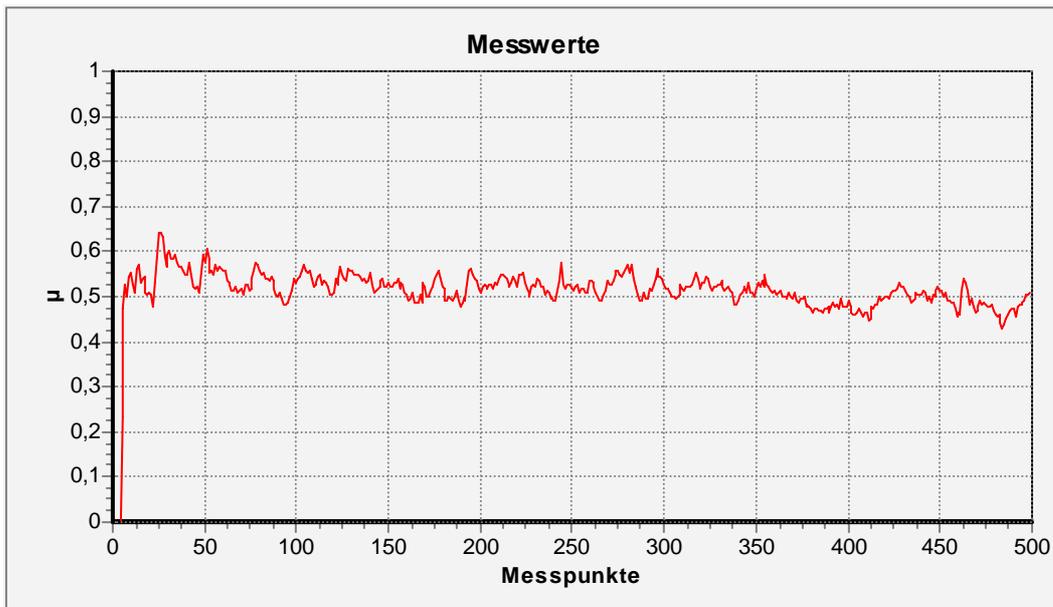


Abbildung 54: Gleitreibung bei 50% Schlitzanteil im Praxisbetrieb Produkt E gering verschmutzt

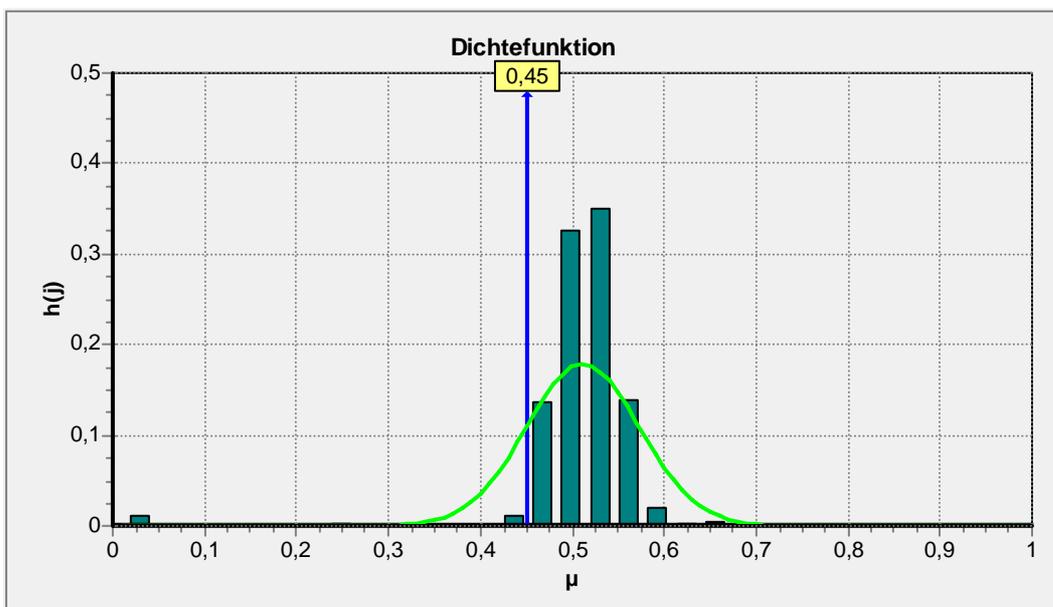


Abbildung 55: Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte bei 50% Schlitzanteil für Produkt E, gering verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung:  $s = 0,062$ , Variationskoeffizient:  $VK = 0,122$

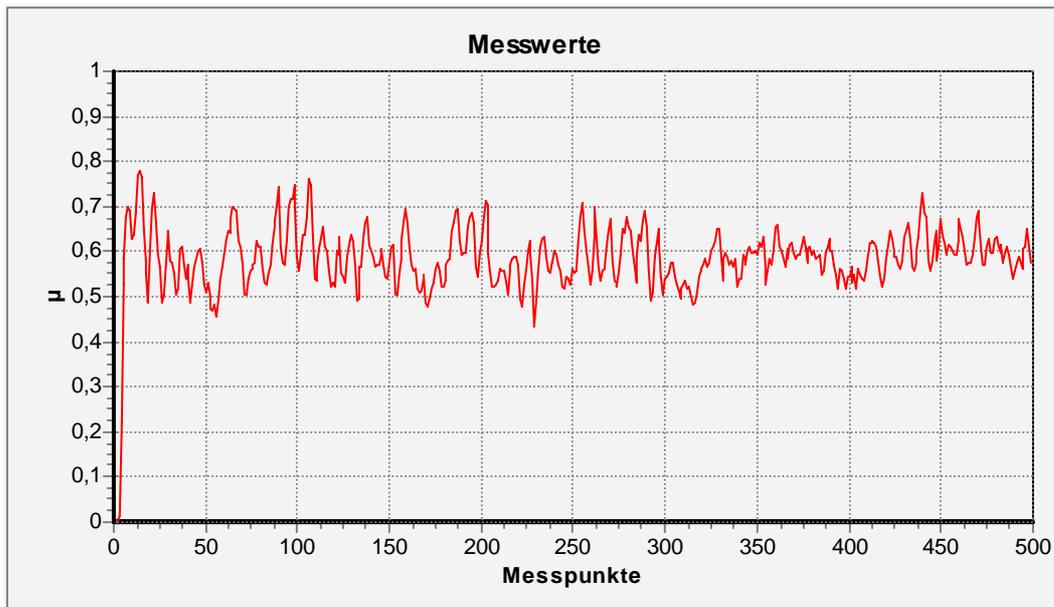


Abbildung 56: Gleitreibung auf der Auftrittsfläche im Praxisbetrieb Produkt F stark verschmutzt

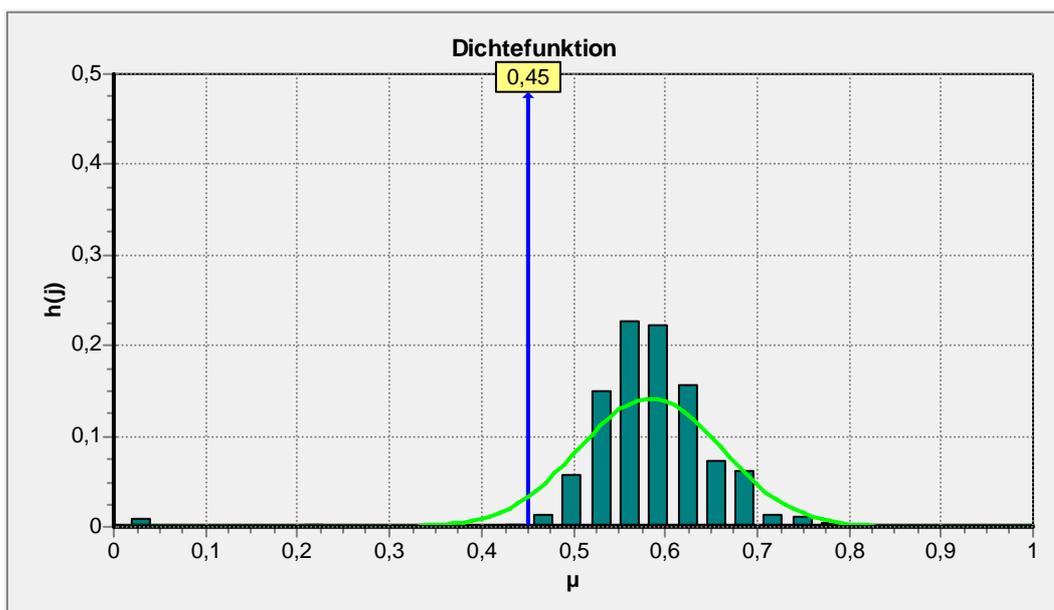


Abbildung 57: Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte auf der Auftrittsfläche für Produkt F, stark verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung:  $s = 0,078$ , Variationskoeffizient:  $VK = 0,134$

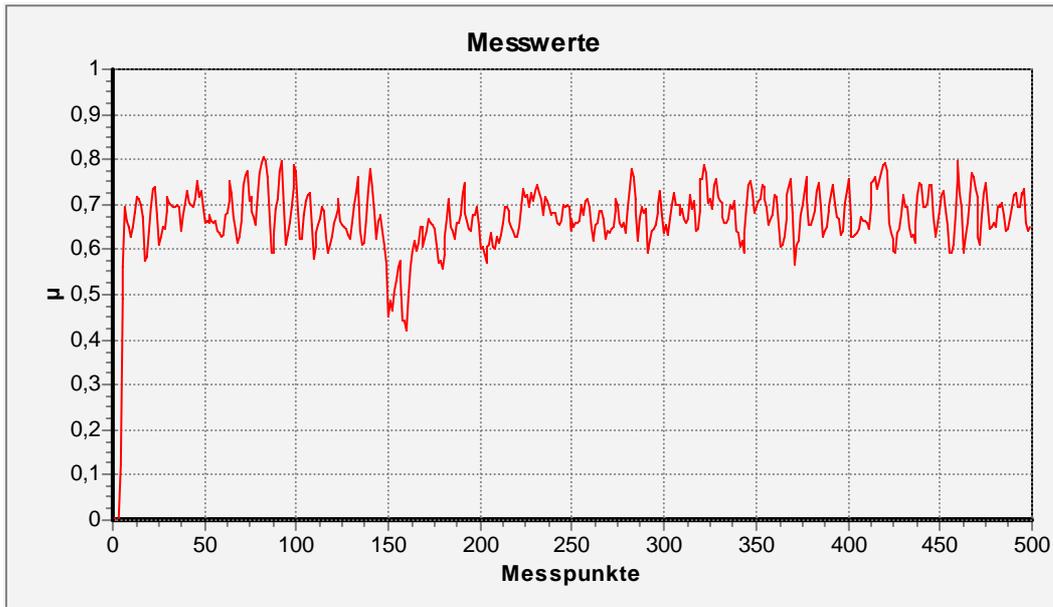


Abbildung 58: Gleitreibung auf der Auftrittsfläche im Praxisbetrieb Produkt F gering verschmutzt

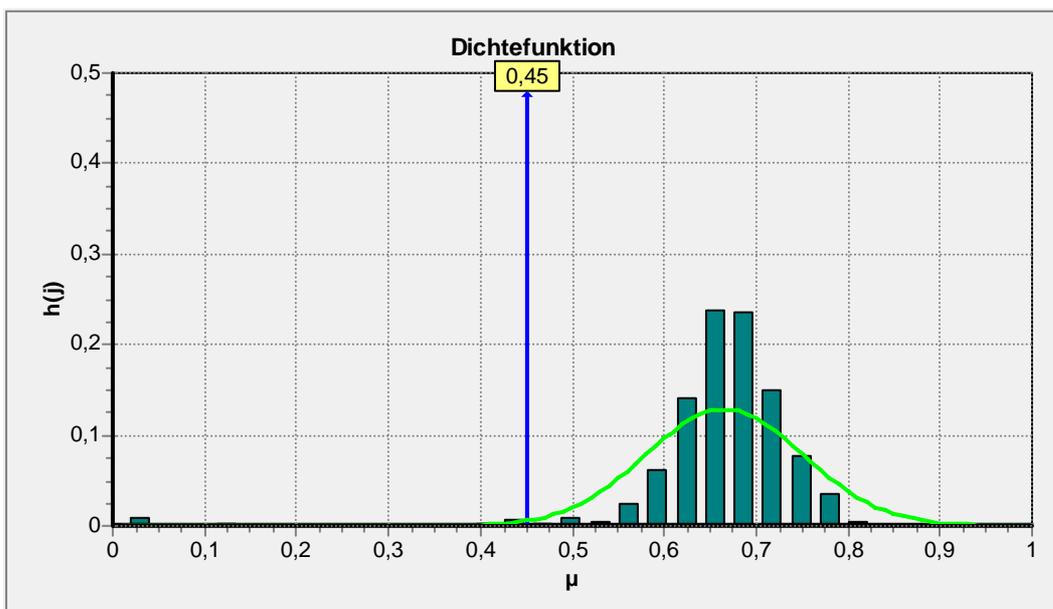


Abbildung 59: Klassierung und Normalverteilung der Gleitreibungsmesswerte auf der Auftrittsfläche für Produkt F, gering verschmutzt, im Praxisbetrieb, Streuung:  $s = 0,086$ , Variationskoeffizient:  $VK = 0,129$

## 10.2 Erfassungsbogen der Versuchsbetriebe

### Fragebogen zur Betriebsstruktur im Rahmen einer Dissertation über elastische Laufgangbeläge

Ihre Anschrift: Name: \_\_\_\_\_  
 Adresse: \_\_\_\_\_  
 Telefonnummer: \_\_\_\_\_  
 E-Mail: \_\_\_\_\_

#### I. Allgemeine Angaben

- a) Betriebsgröße: \_\_\_\_\_ ha LN  
 Anteile: Betriebsfläche \_\_\_\_\_ Ackerfläche \_\_\_\_\_ Grünlandfläche \_\_\_\_\_  
 b) Arbeitskräfte (durchschnittlich): \_\_\_\_\_  
 Durchschnittliche Arbeitszeit im Stall: \_\_\_\_\_ Stunden pro Tag

#### II. Tierspezifische Daten Milchkühe

##### 1. Allgemeine Daten

- a) Herdbuchbetrieb:  ja  nein  
 b) Art der Befruchtung:  Zuchtbulle  Künstliche Besamung  
 c) Milchkontrollbetrieb:  ja  nein  
 d) Anzahl der gehaltenen Milchkühe: \_\_\_\_\_ Stück, Rasse: \_\_\_\_\_  
 e) enthornt:  ja  nein  
 f) Ganzjährige Stallhaltung:  ja  nein  kombiniert  
 Wenn nein, wie lange Weidegang: ca. \_\_\_\_\_ Stunden pro Tag ca. \_\_\_\_\_ Tage pro Jahr  
 g) Fütterung:  
 TMR  Computer-gesteuerte-Kraffutterfütterung  
 h) Trockensteher: Aufstallung: \_\_\_\_\_  
 Fütterung: \_\_\_\_\_

##### 2. Tiergesundheits-Kenndaten

- a) Gynäkologisch  
 ØErstkalbealter: \_\_\_\_\_ Monate ØAnzahl der Laktationen: \_\_\_\_\_  
 ØZwischenkalbezeit: \_\_\_\_\_ Tage ØNon-Return-Rate: \_\_\_\_\_  
 ØAnzahl der Besamungen pro Gravidität: \_\_\_\_\_  
 b) Milchkenndaten (LKV)  
 Durchschnittliche Milchleistung: \_\_\_\_\_ kg Milchgüteklasse: \_\_\_\_\_  
 Milchfettgehalt \_\_\_\_\_ % \_\_\_\_\_ kg  
 Milcheiweißgehalt \_\_\_\_\_ % \_\_\_\_\_ kg  
 Milchwurststoffgehalt \_\_\_\_\_ g/1000ml  
 c) Altersverteilung (Anzahl Tiere): <3Jahre \_\_\_\_\_ <4Jahre \_\_\_\_\_  
 <5Jahre \_\_\_\_\_ <6Jahre \_\_\_\_\_  
 <7Jahre \_\_\_\_\_ >7Jahre \_\_\_\_\_

d) Abgangsursachen (2000 bis 2003, LKV):

	2000	2001	2002	2003
Zucht				
Alter				
Geringe Leistung				
Unfruchtbarkeit				
Eutererkrankung				
schlechte Melkbarkeit				
Stoffwechselerkrankungen				
Gliedmaßen- und Klauenerkrankung				
Sonstige Gründe				

**III. Stallspezifische Daten Milchviehstall****1. Allgemeine Daten**

a) Baujahr des Stalles: \_\_\_\_\_

b) Bauart:  Kaltstall/ Offenstall  Warmstall

c) Anzahl der Laufgänge: \_\_\_\_\_

d) Ist ein Laufhof vorhanden?  nein  ja, Größe: \_\_\_\_\_

e) Grundriss des Stalls (auf Rückseite oder Kopie)

f) Besatzdichte: Liegeplätze: \_\_\_\_\_ Lauffläche etwa \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

Tier-Liegeplatzverhältnis: \_\_\_\_\_ Tier-Fressplatzverhältnis: \_\_\_\_\_

g) Liegeboxengestaltung (Matratze, Gummimatte, Fabrikat...): \_\_\_\_\_

Größe: \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ cm

Einstreumaterial: \_\_\_\_\_ Menge: \_\_\_\_\_

Einstreu wie oft: \_\_\_\_\_

h) Wasserversorgung: Art: \_\_\_\_\_ Anzahl: \_\_\_\_\_

i) Stallklima: Mechanische Lüftung (Ventilator: Firma, Typ, Leistung) \_\_\_\_\_

Lichtverhältnisse: \_\_\_\_\_

**2. Laufgänge:** planbefestigt  Spaltenboden wenn planbefestigt:  Beton  GussasphaltEntmistung:  Schieber  mobile Technik (Schlepper...)

Reinigung, wie oft pro Tag: \_\_\_\_\_

Spaltenboden:  Einzelspalten  Zwillingsspalten  Drillingsspalten Flächenelemente  Digoboden  Vierlingsspalten

Schlitzweite: \_\_\_\_\_ cm

- Verschmutzungsgrad:  stark  mittel  gering  
 Zustand des Bodenbelags:  gut  mittel  schlecht  
 Niveauunterschiede:  keine  \_\_\_\_\_mm  
 Findet eine Reinigung statt?  ja  nein  
 Wenn ja, wie oft und wie: \_\_\_\_\_

Wurde der Laufgang schon einmal aufgeraut?

- ja  nein Wenn ja, wann und wie oft: \_\_\_\_\_

- Bodenbelag im Melkstand: \_\_\_\_\_

### 3. Laufgangbelag

a) Laufgangbelag seit: \_\_\_\_\_

b) Sind alle Laufgänge/ -flächen mit dem gleichen Belag ausgestattet?  ja  nein

c) Rutschfestigkeit des Laufgangbelages:

- hohe** Rutschfestigkeit, ein Ausrutschen der Tiere wird **nicht** beobachtet.
- zufriedenstellende** Rutschfestigkeit, ein Ausrutschen der Tiere wird **vereinzelt** beobachtet
- geringe** Rutschfestigkeit, ein Ausrutschen der Tiere wird **häufiger** beobachtet.

Rutschfestigkeitswerte: \_\_\_\_\_

### IV. Stallspezifische Daten Jungviehstall

a) Baujahr des Stalles: \_\_\_\_\_

b) Bauart:  Kaltstall  Warmstall  
 planbefestigt  Spaltenboden  Tiefstreu

- planbefestigt:  Beton  Gussasphalt  
 Entmistung:  Schieber  mobile Technik (Schlepper...)

Reinigung - wie oft pro Tag: \_\_\_\_\_

- Spaltenboden:  Einzelspalten  Zwillingspalten  Vierlingsspalten  
 Flächenelemente  Digoboden  Vollspaltenboden

Findet eine Reinigung statt?  ja  nein

Wenn ja, wie oft und wie: \_\_\_\_\_

- Tiefstreu: Reinigung, wie oft? \_\_\_\_\_  
 mobile Technik (Schlepper...)  sonstiges \_\_\_\_\_

c) Ganzjährige Stallhaltung:  ja  nein

Wenn nein, wie lange Weidegang? ca. \_\_\_\_\_ Monate pro Jahr

d) Fütterung: \_\_\_\_\_

### V. Beurteilung der tierspezifischen Eigenschaften des Laufgangbelages

1. a) Annahme des Laufgangbelages

sehr gut / gut  zufriedenstellend  nicht zufriedenstellend

b) Liegen seit Einbau des Laufgangbelages vermehrt Kühe im Laufgang?

ja  nein

2. Tierbeobachtungen

Zeigen die Tiere seit Einbau des Laufgangbelages eine Verhaltensänderung?

- a) größere Schrittlänge?  ja  nein  
b) andere Kopfhaltung?  ja  nein  
c) aktiveres Brunstverhalten?  ja  nein

Bemerkungen: \_\_\_\_\_

**3. Klauengesundheit**

a) Sind seit Einbau des Laufgangbelages Klauenverletzungen (z.B. Sohlengeschwüre, Druckstellen,...) zurückgegangen?  ja  nein

b) Konnten Sie nach Einbau des Laufgangbelages Veränderungen an der Klaue (Tragrand, Klauenlänge, Hornwachstum...) feststellen?  ja  nein

Wenn ja, welche: \_\_\_\_\_

**VI. Abschließende Beurteilung des Laufgangbelages**

**1.** Gezahlter Preis pro m<sup>2</sup> \_\_\_\_\_ €

Der Preis für den Laufgangbelag war:  gering  angemessen  zu hoch

**2. Gesamturteil:**  sehr gut  gut

zufriedenstellend  ausreichend  nicht zufriedenstellend

**3.** Warum haben Sie sich für den Einbau des Laufgangbelages entschieden?

Laufgang zu glatt  Probleme mit der Klauengesundheit

andere Gründe: \_\_\_\_\_

**4.** Was ist ihrer Meinung nach der größte Vorteil bzw. der größte Nachteil des Laufgangbelages?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**5.** Würden Sie den Laufgangbelag im Bedarfsfall wieder anschaffen?  ja  nein

Bemerkungen: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## Danksagung

Ich danke allen ganz herzlich, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Herrn Prof. Dr. Herrmann Seufert danke ich für die Überlassung des Themas und die gewährte fachliche Unterstützung während der Durchführung und Anfertigung dieser Arbeit.

Herrn Prof. Dr. Steffen Hoy danke ich für die Hilfe bei der statistischen Auswertung der Daten und für die fruchtbaren Diskussionen und fachlichen Anregungen.

Besonderer Dank gilt Herrn Reinhold Müller vom Institut für Betriebswirtschaft, Fachgebiet Technik, der Forschungsanstalt Geisenheim für die freundliche und tatkräftige Unterstützung bei der Aufbereitung der Daten. Auch Herrn Prof. Dr. Kai Velten von der Forschungsanstalt Geisenheim sei an dieser Stelle für die mathematische Beratung gedankt.

Ohne die Mitarbeit der Landwirte, in deren Betrieben die Untersuchungen stattgefunden haben, wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen. Daher sei allen Betriebsleitern und ihren Familien hiermit herzlich gedankt. Leider können Sie aus Gründen des Datenschutzes nicht namentlich genannt werden. Danken möchte ich auch Herrn Wolfram Holz und seinem Klauenpflegeteam für die vielen fachlichen Diskussionen und Ratschläge vor Ort.

Mein Dank gilt auch der Mehl-Mülhens-Stiftung für die finanzielle Unterstützung zur Betreuung und Durchführung dieser Arbeit.

Meinen beiden ehemaligen Arbeitskollegen Herrn Dr. Hans Joachim Herrmann und Herrn Harald Kögler, die mir mit Rat und Tat zur Seite standen, danke ich für die fachlichen Diskussionen und die aufmunternden Worte.

Bei meinen Eltern bedanke ich mich für die stetige Unterstützung und dass sie mir meine schulische Ausbildung und das Studium ermöglicht haben.

Mein ganz besonderer Dank gilt meiner Frau Marion und meinen beiden Töchtern Jennifer und Kim Lea für die Unterstützung, das Verständnis und ihre Geduld sowie den Verzicht auf viele gemeinsame Tage und Urlaubswochen.

Erbach/Ebersberg, den 25. April 2008

### **Erklärung**

Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbstständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus öffentlichen Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.