

Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen  
Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

Arbeit angefertigt unter der Leitung von Priv.-Doz. Dr. med.vet. Johann Maierl

## Einfluss einer Klauenwaschanlage auf die Klauengesundheit einer Milchviehherde

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

von Nora Berivan Elisabeth Silbernagl

aus Rosenheim

München 2012

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Braun  
Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. Maierl  
Korreferent/en: Priv.-Doz. Dr. Scholz

Tag der Promotion: 11. Februar 2012

**Meinen Eltern**

**und**

**meiner Großmutter Maria Silbernagl**



## INHALTSVERZEICHNIS

<b>I.</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>9</b>
<b>II.</b>	<b>LITERATURÜBERSICHT .....</b>	<b>11</b>
<b>1.</b>	<b>Anatomie der Rinderklaue.....</b>	<b>11</b>
1.1.	Allgemein.....	11
1.2.	Belastungsverhältnisse.....	11
1.3.	Aufbau.....	12
1.4.	Skelettgrundlage .....	15
<b>2.</b>	<b>Erkrankungen der Klauen des Rindes.....</b>	<b>18</b>
2.1.	Dermatitis digitalis.....	18
2.2.	Dermatitis digitalis assoziierte Erkrankungen .....	24
2.3.	Zusammenhang zwischen Haltungssystem und Lahmheit .....	26
<b>3.</b>	<b>Therapie und Prophylaxe der Dermatitis digitalis .....</b>	<b>28</b>
3.1.	Einzeltierbehandlung .....	28
3.2.	Haltungsmanagement.....	30
3.3.	Vakzination .....	31
3.4.	Klauenbäder .....	32
3.5.	Klauenwaschanlagen.....	38
<b>III.</b>	<b>MATERIAL UND METHODEN .....</b>	<b>41</b>
<b>1.</b>	<b>Der Betrieb .....</b>	<b>41</b>
1.1.	Auswahl des Betriebes.....	41
1.2.	Betriebsdaten.....	41
<b>2.</b>	<b>Klauenwaschanlage.....</b>	<b>42</b>
2.1.	Technische Daten.....	42
2.2.	Funktionsweise .....	42
<b>3.</b>	<b>Zeitlicher Rahmen .....</b>	<b>43</b>
<b>4.</b>	<b>Sammeln von Tierdaten .....</b>	<b>44</b>
4.1.	Beurteilung der Klauen.....	44
4.2.	Locomotion Score.....	47
<b>5.</b>	<b>Wasserproben.....</b>	<b>48</b>

---

<b>6.</b>	<b>Einteilung der Tiere</b> .....	<b>48</b>
6.1.	Einteilung in die Gruppen.....	48
6.2.	Verfahren mit Zu- und Abgänge.....	49
<b>7.</b>	<b>Datenerfassung und Verarbeitung</b> .....	<b>49</b>
7.1.	Erfassung der Klauendaten.....	49
7.2.	Statistische Methoden.....	50
<b>IV.</b>	<b>VERSUCHSABLAUF</b> .....	<b>52</b>
<b>1.</b>	<b>Phase 1</b> .....	<b>52</b>
1.1.	Verlauf.....	52
1.2.	Anzahl der Tiere.....	52
<b>2.</b>	<b>Phase 2</b> .....	<b>52</b>
2.1.	Wasserstoffperoxid-Konzentration.....	52
2.2.	Verlauf.....	54
2.3.	Anzahl der Tiere.....	54
<b>3.</b>	<b>Phase 3</b> .....	<b>55</b>
3.1.	Verlauf.....	55
3.2.	Anzahl der Tiere.....	56
<b>V.</b>	<b>ERGEBNISSE</b> .....	<b>57</b>
<b>1.</b>	<b>Phase 1</b> .....	<b>57</b>
1.1.	Dermatitis digitalis.....	57
1.2.	Locomotion Score.....	65
1.3.	Behandlungen.....	65
<b>2.</b>	<b>Phase 2</b> .....	<b>67</b>
2.1.	Dermatitis digitalis.....	67
2.2.	Erosio ungulae.....	74
2.3.	Dermatitis interdigitalis.....	75
2.4.	Locomotion Score.....	75
2.5.	Behandlungen.....	76
<b>3.</b>	<b>Phase 3</b> .....	<b>77</b>
3.1.	Dermatitis digitalis.....	77
3.2.	Dermatitis interdigitalis.....	84
3.3.	Erosio ungulae.....	85

---

3.4.	Locomotion Score .....	85
3.5.	Behandlungen .....	86
<b>4.</b>	<b>Wasserproben.....</b>	<b>87</b>
<b>VI.</b>	<b>DISKUSSION.....</b>	<b>89</b>
<b>1.</b>	<b>Versuchsordnung.....</b>	<b>90</b>
1.1.	Platzierung der Anlage.....	90
1.2.	Versuchsdauer.....	90
1.3.	Beurteilungsintervall.....	91
1.4.	Probleme der technischen Einrichtungen.....	91
1.5.	Vergleichbarkeit der einzelnen Phasen .....	93
1.6.	Waschen mit Wasser.....	94
1.7.	Chemische Zusätze .....	95
1.8.	Einteilung der Tiere .....	99
<b>2.</b>	<b>Beurteilung und Datenauswertung .....</b>	<b>100</b>
2.1.	M-Einteilung nach Döpfer .....	100
2.2.	Das Punktesystem nach Döpfer .....	103
2.3.	Dermatitis interdigitalis und Erosio ungulae .....	104
2.4.	Locomotion Score.....	105
2.5.	Statistische Auswertung - Methodik.....	106
2.6.	Wasserproben.....	107
<b>3.</b>	<b>Klauenwaschanlagen in Studien.....</b>	<b>109</b>
<b>4.</b>	<b>Möglichkeiten und Grenzen einer Klauenwaschanlage.....</b>	<b>111</b>
<b>VII.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>114</b>
<b>VIII.</b>	<b>SUMMARY .....</b>	<b>115</b>
<b>IX.</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>116</b>
	<b>DANKSAGUNG.....</b>	<b>127</b>

**ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS**

Ah	Amperestunde
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung
bzw.	Beziehungsweise
cm	Zentimeter
CMR	cancerogen, mutagen, reproduktionstoxisch
CTC	Chlortetracyclin
DD, Dd	Dermatitis digitalis
DID	Dermatitis interdigitalis
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
Dpunkte	Punkte nach Döpfer
EU	Erosio unguiae
KbE	Kolonie bildende Einheit
kg	Kilogramm
l	Liter
Loc.S.	Locomotion Score
M1	Mortellaro-Klasse 1
M2	Mortellaro-Klasse 2
M3	Mortellaro-Klasse 3
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
M4	Mortellaro-Klasse 4
M5	Mortellaro-Klasse 5
ml	Milliliter
mm	Millimeter
Nr.	Nummer
NSAID	Nicht-steroidale Antiphlogistika
P	Irrtumswahrscheinlichkeit
RSG	Rusterholz'sches Sohlengeschwür
S.	Seite
SNP	Single Nucleotide Polymorphism
V	Volt
Wdh	Wiederholungs
ZKS	Zwischenklauenspalt

## I. EINLEITUNG

Dermatitis digitalis ist aufgrund ihres Charakters als multifaktorielle Erkrankung mit infektiöser Komponente seit ihrer Vorstellung auf dem Internationalen Symposium „Disorders of the Ruminant Digit“ 1986 durch Cheli und Mortellaro Gegenstand vieler Forschungsarbeiten (CHELI und MORTELLARO, 1986).

Im Jahre 2000 äußerte sich Dörte Döpfer über die Erkrankung als „Herausforderung für das Klauengesundheitsmanagement, da eine optimale Behandlungs- und Präventionsstrategie noch nicht entwickelt wurde“ (DÖPFER, 2000). Doch während feststeht, dass die Haltungsumwelt einen starken Einflussfaktor darstellt (LAVEN, 2004), wird auch heute noch nach einer nachhaltigen Lösungsstrategie für befallene Stallhaltungssysteme geforscht.

Die effektivste Maßnahme bei einer akuten Läsion besteht nach wie vor aus der zeit- und arbeitsintensiven Einzeltierbehandlung. Klassischer Weise zur Vorbeugung angewandte Methode sind Klauenbäder, welche jedoch nach entsprechenden Tierpassagen einen erheblichen Konzentrationsverlust erleiden (HOLZHAUER et al., 2004b). Hierbei wurden bislang meist Substanzen verwendet, die für den Landwirt günstig und einfach erhältlich waren: Einerseits das Desinfektionsmittel Formaldehyd, welches von der WHO und dem BfR als krebserregend für den Menschen eingestuft wurde sowie das als Futtermittelzusatz, Dünge- und Schädlingsbekämpfungsmittel verkaufte Kupfersulfat, dessen Einsatz in der Klauenhygiene in Deutschland jedoch nicht mehr erlaubt ist (BUETTNER-PETER, 2009; JUSTIZ, 2011; RISIKOBEWERTUNG, 2006; WORLD HEALTH ORGANISATION, 2006). Zudem konnten Alternativen wie spezielle Schaumbäder, Schaumgummimatratzen und Pulverbäder keine bessere Heilung und Prävention erzielen oder boten eine ausreichende Wirkung nur in Verbindung mit sehr hohen Kosten und erheblichem Arbeitseinsatz. Antibiotische Zusätze lassen die Läsionen zuverlässig abheilen, doch das Risiko, Resistenzen zu fördern ist zu hoch für eine regelmäßige Anwendung.

Eine erhebliche Bedeutung fällt damit der Optimierung der Haltungsumwelt zur Vorbeugung von Ausbrüchen zu. Zusätzlich lässt die Berechnung von Milchausfallquoten durch Schmerzhaftigkeit und Lahmheit erkrankter Tiere und die damit einhergehenden finanziellen Verluste einen zunehmenden

Investitionswillen bei den Landwirte entstehen (HULEK, 2004; ZEMLJIC, 2006). In letzter Zeit brachten verschiedene Firmen Vorrichtungen auf den Markt die geplagten Milchviehhaltern Erleichterung versprechen: Klauenschuh, Ballen und Zwischenklauenspalt werden durch diese mehr oder minder ähnlichen Anlagen gereinigt und desinfiziert. Dabei soll eine Verringerung des Infektionsdruckes und in Folge dessen eine merkliche Verbesserung der Klauengesundheit erreicht werden. Diese Anlagen sind wie ein neuer Stern am Kuhhimmel, im Internet werden sie hoch gelobt. Doch können sie diesen Erwartungen entsprechen?

Untersuchungen unter streng wissenschaftlichen Kriterien gab es zu Beginn der Versuche noch keine, daher war es das Ziel, die Auswirkung einer Klauenwaschanlage auf die Klauengesundheit einer Milchviehherde zu untersuchen und zu bewerten.

## **II. LITERATURÜBERSICHT**

### **1. Anatomie der Rinderklaue**

#### **1.1. Allgemein**

Das Rind besitzt, wie alle Paarhufer, um die Endphalangen eine Hornkapsel welche der biomechanischen Kraftübertragung sowie dem Schutz vor äußeren Einwirkungen dient. Da Zehen- und Mittelfußknochen steil aufgerichtet sind, wird der Schritt über das überstreckte Fesselgelenk, die Bänder, die die Klauen abfedern und auseinander weichen lassen, sowie durch die Bauweise des Ballens abgedämpft (NICKEL et al., 2005). Lediglich der dritte und vierte Strahl tragen das Körpergewicht, der zweite und fünfte Strahl sind nur noch rudimentär als Afterzehen ohne Skelettverbindung vorhanden. Der erste Strahl ist stets zurückgebildet (AHNE et al., 2000; MAIERL und MÜLLING, 2004; NICKEL et al., 2001).

#### **1.2. Belastungsverhältnisse**

Der Bau der Vorder- und Hinterklauen unterscheidet sich leicht aufgrund ihrer unterschiedlichen Funktionalität. Während die Vordergliedmaße mit etwa 55 % der Hauptträger des Körpergewichts ist (TOUSSAINT RAVEN, 1998), liefert die Hintergliedmaße den Großteil der Schubkräfte zur Vorwärtsbewegung (NICKEL et al., 2001). Die mediale Zehe der Vordergliedmaße sowie die laterale Zehe der Hintergliedmaße weisen eine stärkere Belastung auf (VAN DER TOL et al., 2002). Dadurch ergibt sich eine verstärkte Durchblutung, welche die Hornproduktionsrate steigert. Dies führt wiederum zu einem wachsenden Größenunterschied der Klauen eines Fußes (SAGUES, 2002). Um pathologische Zustände zu vermeiden sollten diese Klauen im Zuge der regelmäßigen Klauenpflege zurückgeschnitten und an die Größe der kleineren Partnerklaue angepasst werden (HULEK, 2005a). Allerdings stellte Hinterhofer an einem bereits gepflegten Hinterfuß weiterhin eine ungleiche Belastungsverteilung fest. Eine vermehrte Belastung trat bei der Außenklaue in einem kleinen Areal von plantar bis zur Spitze und im Bereich unterhalb des Tuberculum flexorium auf, an der Innenklauen hingegen im distalen Bereich der abaxialen Wand (HINTERHOFER et al., 2007).

### 1.3. Aufbau

Die Klaue ist als spezifisches haarloses Hautorgan wie die Haut aus mehreren Schichten aufgebaut. Die Subcutis wird auch als *Tela subcutanea unguulae* (Klauenunterhaut) bezeichnet, sie bildet je nach Lokalisation eine Polsterschicht bzw. das Periost aus. Daran schließen sich in Richtung Hautoberfläche die Dermis oder *Corium unguulae* genannte Klauenlederhaut und die *Epidermis unguulae*, die Klauenoberhaut, an.

Die *Epidermis unguulae* bildet den verhornten Klauenschuh, hier können wiederum zwei Schichten unterschieden werden. Die innere Schicht besteht aus den an die Lederhaut angrenzenden lebenden Zellen, weiter außen schließen sich die abgestorbenen, verhornten Zellen an. Betrachtet man den histologischen Aufbau der *Epidermis* genauer fällt auf, dass das *Stratum granulosum* zwar im Saumsegment und im proximalen Bereich des Ballensegmentes ausgebildet ist, im Kron- und Wandsegment jedoch fehlt. Hier erscheinen die oberflächlichen Zelllagen des *Stratum spinosum* stark abgeplattet und gehen direkt in das *Stratum lucidum* über.

In der Dermis unterscheidet man das *Stratum papillare*, welches die Versorgung und Verankerung der *Epidermis* zur Aufgabe hat und das *Stratum reticulare*, welches über ein System aus Kollagenfasern die Verbindung zur Unterhaut oder zum Knochen herstellt. Dermis und *Tela subcutanea unguulae* bilden ein spezifisches Oberflächenrelief, das an Saum-, Kron-, Sohlen- und Ballensegment *Papillae coriales* und an der Wandlederhautoberfläche *Lamellae coriales* ausbildet. Dadurch wird ein Großteil des Gewichts des Tieres in den Hornschuhen aufgehängt.

Die Subcutis bildet im Bereich des Wand- und Sohlensegments einen Teil des Periosts, um eine direkte Kraftübertragung vom Klauenbein auf die Klauenkapsel zu ermöglichen. Im Saum- und Ballenbereich ist sie hingegen als Polsterschicht ausgebildet. Die Ballenpolster aus Baufettgewebe, auch *Pulvini digitales* genannt, liegen im Bindegewebe als inkompressible Fettzellen zwischen elastischen Faserelementen und federn so einen Teil des Drucks des Klauenbeins auf die Sohle ab (MAIERL und MÜLLING, 2004; NICKEL et al., 2005). Mit fortschreitendem Alter und Geburtenanzahl ist bei Milchkühen jedoch eine Reduktion des Ballenfettgewebes festzustellen (LISCHER und OSSENT, 2000).

Der Klauenschuh ist anatomisch sowie histologisch in mehrere Segmente gegliedert, deren Hornwachstum strukturelle Unterschiede aufweist. Das Saumsegment befindet sich am dorsalen Übergang der Haut zum Hornschuh, läuft palmar bzw. plantar in das Ballensegment aus und bildet axial die Haut im Zwischenklauenspalt. Es bedeckt das Kronhorn im proximalen Drittel mit einer dünnen Schicht aus weichem, distal bröckeligem Röhrenhorn, welches einen hohen Lipidgehalt und gutes Wasserbindungsvermögen aufweist.

Am Kronsegment entsteht das härteste Horn und damit der Kraftträger der Gliedmaße. Lange, dünne Lederhautpapillen bilden unterhalb des Kronsaumes eine harte Hornschicht, die dem Wandhorn aufliegt und den Rand der Fußungsfläche bildet. Das Wandsegment ist aus drei Schichten aufgebaut, dem Blättchenhorn, das in den Lamellen im unteren Drittel der Klauenwand entsteht, dem Kappenhorn und dem Terminalhorn. Diese Schichten sind auf der Fußungsfläche als weiße Linie zu erkennen. Durch die kurze Versorgung während der Bildung des Kappen- und Terminalhorns einerseits sowie durch die große mechanische Beanspruchung als Verbindungsglied zwischen Saumhorn und Sohlenhorn andererseits neigen diese Schichten vor allem bei ungepflegten oder stark belasteten Klauen dazu, aus den härteren Wandhornschichten heraus zu bröckeln. Dabei entstehen Lücken, die es Schmutz und Bakterien ermöglichen einzudringen. Das Sohlensegment überzieht nur einen kleinen, halbmondförmigen Teil der Fußungsfläche, der an der Weißen Linie innen anliegt und aus sehr festem Röhrenhorn besteht.

Eine nach apikal dünner werdende Subcutis bildet den federnden Grundbau des Ballensegmentes, welches in natürlichem Zustand axial eine Hohlkehlung aufweist. Man unterscheidet das harte Ballenhorn, welches komplett auf der Fußungsfläche gebildet wird und das sich kaudal daran anschließende weiche Ballenhorn. Letzteres weist ein schnelleres Wachstum auf und tendiert deswegen dazu sich über das harte Ballenhorn zu schieben und so vor allem im Bereich der Hohlkehlung eine Ungleichheit in der Belastung der Klaue hervorzurufen. Dadurch wird die Entstehung eines Rusterholz'schen Sohlengeschwüres begünstigt (MAIERL und MÜLLING, 2004). Doch auch bei einer frisch geschnittenen Klaue kann die Druckbelastung auf Innen- und Außenklaue noch unterschiedlich sein. Hinterhofer et al. veröffentlichten 2006 eine Studie, bei der eine Hinterklaue einer Computertomographie unterzogen und mittels der aus dem

Ingenieurwesen stammenden Finite-Elemente-Methode analysiert wurde. Dabei fanden sie heraus, dass die laterale Klauenkapsel in der Gegend unter dem Tuberculum flexorium sowie an einer Stelle plantar an der Spitze der Phalanx distalis der größten Belastung ausgesetzt war, wohingegen die mediale Klauenkapsel im distalen Bereich ihrer abaxialen Wand ihre Druckspitze hatte (HINTERHOFER et al., 2007). González Sagues stellte fest, dass bei lahmen Tieren, die frühzeitig diagnostiziert und behandelt wurden, kaum größere biomechanische Veränderungen gegeben waren und leitetet daraus ab, dass in vielen Fällen übermäßiges Wachstum des Ballenhorns als Konsequenz der schmerzbedingten Schonung und nicht als Ursache der Lahmheit anzusehen ist (SAGUES, 2006).

Die Struktur zur Aufhängung des Klauenbeins im Wandsegment wird als Klauenbeinträger bezeichnet. Ihr bindegewebiger und epidermaler Anteil sind fest über die Basalmembran miteinander verbunden. Am Klauenbein inserieren sehnenähnlich bindegewebige Faserbündel über eine chondroapophysäre Insertionszone (MAIERL und MÜLLING, 2004). Vier Kräfte wirken auf diesen Klauenaufhängeapparat ein: Der Druck des Körpergewichtes, die Spannung der Sehnen des M. extensor digitorum longus und lateralis sowie des M. flexor digitorum profundus und die Spannung der Bänder, insbesondere des distalen Zwischenzehenbandes. Diese Spannungsverhältnisse lassen sich mittels mikroskopischer Betrachtung der Kollagenfasern zwischen dem Os ungulare und der Hornkapsel nachvollziehen (MAIERL und MÜLLING, 2004; WESTERFELD et al., 2000).

Diverse Federmechanismen des Rinderfußes sorgen für eine effektive Stoßbrechung. Der Klauenmechanismus umfasst die Dynamik der Klauenplatte auf Zugbelastung sowie das elastische Ballenpolster das von Ballenfettposter und weichem Ballenhorn gebildet wird. Das Ligamentum interdigitale distale erlaubt ein Auseinanderweichen und Abfedern der dorsalen Abschnitte der gestreckten Zehen auf weichem Untergrund und bildet außerdem die axiale Aufhängung des Klauenbeins. Die spezifischen Gelenkformen des Klauen- und Krongelenkes lassen eine geringe seitliche Bewegung zur Anpassung an Bodenunebenheiten zu. Der Fesseltrageapparat stützt das Fesselgelenk federnd über Zwischenzehenbänder, Musculus interosseus medius, Sesambeinbänder und Beugesehnen (MAIERL und MÜLLING, 2004).

Lischer zeigte einen direkten Zusammenhang zwischen dem Absinken des Klauenbeins und der Entwicklung von Sohlengeschwüren auf und erkannte durch Mikroskopische Untersuchungen, dass eine erhöhte Elastizität der fibrösen Lederhaut dafür verantwortlich war (LISCHER et al., 2000).

Durch die Prüfung der Zugfestigkeit am Klauenbeinträger von Kühen mit unterschiedlicher Anzahl von Trächtigkeiten stellte Widauer fest, dass mit steigender Geburtenzahl vor allem das Stratum reticulare an Zugfestigkeit verliert (WIDAUER, 2006).

#### **1.4. Skelettgrundlage**

Der anatomische Grundbau des Metacarpus bzw. Metatarsus und den sich distal anschließenden Zehenknochen des Rindes sieht folgendermaßen aus: Unterhalb der *Articulationes carpometacarpeae / tarsometatarsae* schließen sich die miteinander zum Hauptmittelfußknochen verwachsenen *Ossa metacarpalia/ metatarsalia III und IV* an. Das *Os metacarpale V* ist sehr stark zurückgebildet, medioproximal des Metatarsus ist manchmal ein *Os sesamoideum metatarsale* ausgebildet. Die distale Trochlea des Röhrebeins besteht aus den zwei ursprünglichen Köpfen der *Ossa metacarpalia/ metatarsalia III und IV*, die durch eine *Incisura intertrochlearis* von einander getrennt sind. Diese bilden ein Gelenk mit den *Ossa digiti III und IV*. Über die *Articulatio metacarpo- / metatarsophalangea* (Fesselgelenk) schließen sich die *Ossa digitorum manus bzw. pedis* an. Die *Phalanx proximalis* (*Os compedale*, Fesselbein) ist mit der *Phalanx media* (*Os coronale*, Kronbein) über die *Articulatio interphalangea proximalis* (Krongelenk) verbunden. Diese artikuliert wiederum über die *Articulatio interphalangea distalis* (Klauengelenk) mit der *Phalanx distalis* (*Os ungulare*, Klauenbein). Zusätzlich werden die Gelenke von *Ossa sesamoidea* unterstützt, wovon vier proximal im *Articulatio metacarpophalangea* und zwei distal im *Articulatio interphalangea distalis* liegen. Die Afterzehen werden von ein- bis zweigliedrigen Rudimenten der *Ossa digiti II und V* unterlagert, welche mit dem Skelett durch Bänder verbunden sind (NICKEL et al., 2001).

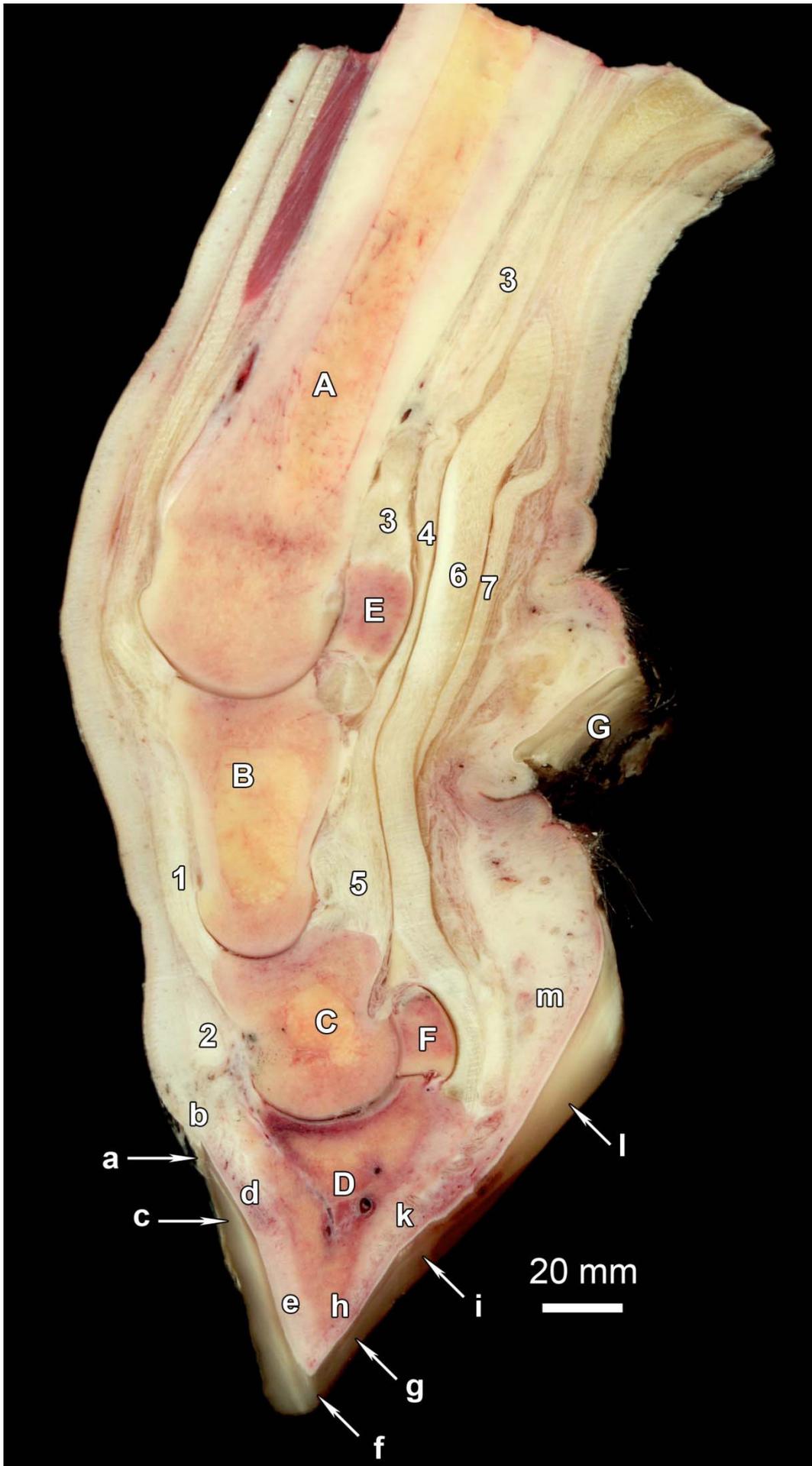


Abbildung 1: **Sagittalschnitt durch die laterale Zehe der linken Beckengliedmaße eines Zuchtbullen.** A = Hauptmittelfußknochen; B = Fesselbein; C = Kronbein; D = Klauenbein; E = axiales Fesselsesambein; F = Klauensesambein; G = Afterklaue; a = Saumhorn; b = Saumlederhaut und Saumpolster; c = Kronhorn; d = Kronlederhaut und Kronpolster; e = Wandepidermis und Wandlederhaut; f = Kappen- und Terminalhorn der Weißen Linie; g = Sohlenhorn; h = Sohlenlederhaut; i = Ballenhorn (distaler Teil des Ballensegments); k = Ballenlederhaut und Ballenpolster; l = Ballenhorn (proximaler Teil des Ballensegments); m = Ballenlederhaut und Ballenpolster (proximal); 1 = Sehne des Kronbeinstreckers, hier der Musculus extensor digitorum lateralis; 2 = Sehne des Klauenbeinstreckers, hier der Musculus extensor digitorum longus; 3 = Musculus interosseus medius; 4 = seine Verbindungsplatte zur oberflächlichen Beugesehne; 5 = Sehne des Musculus flexor digitorum superficialis; 6 = Sehne des Musculus flexor digitorum profundus; 7 = Manica flexoria der oberflächlichen um die tiefe Beugesehne (DIRKSEN, 2006; MAIERL und MÜLLING, 2004).

## **2. Erkrankungen der Klauen des Rindes**

### **2.1. Dermatitis digitalis**

Die Dermatitis digitalis ist eine multifaktorielle Entzündung der Haut im Bereich der Klauen, welche von Cheli und Mortellaro 1986 im Rahmen des „International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit“ ausführlich beschrieben wurde. Seitdem ist sie Gegenstand intensiver Forschung, nicht zuletzt aufgrund der infektiösen Komponente und der damit einhergehenden stetig steigenden Verbreitung (CHELI und MORTELLARO, 1986; DIRKSEN, 2006; DÖPFER, 2000; METZNER, 2001; THOMSEN et al., 2008a).

#### **2.1.1. Ätiologie**

Infektionsversuche haben gezeigt, dass es sich bei der Infektion mit Dermatitis digitalis um ein multifaktorielles Geschehen handelt. Nur in einem geeigneten Umfeld gelang es mittels Übertragung von Läsionsmaterial, die Krankheit hervorzurufen. Das alleinige Beschädigen der Hautoberfläche und Auftragen von Läsionsmaterial erkrankter Tiere auf gesunde Jungtiere konnte keine typischen Veränderungen hervorrufen. Erst eine Behandlung der Füße mit konstanter Feuchtigkeit und reduzierter Luftzufuhr machte eine Übertragung möglich (READ und WALKER, 1998a). Manabe et al. veröffentlichten 2008 einen Bericht darüber, dass die Bakterien auf den Läsionen unter einem Biofilm geschützt sind. Nach der Zerstörung desselben stellte sich eine Heilung ein (MANABE et al., 2008). Wangler erreichte 2004 eine Reduktion der Befallsrate von 21 % auf 4 % einer Milchviehherde durch Verbesserung der Stallhygiene, der Liegeflächen sowie des Klauenbadregimes des gesamten Bestandes inklusive der Trockensteher und des Jungviehs (WANGLER, 2004). Liebhart berichtete 2009 über eine Reduktion der Befallsrate mit Dermatitis digitalis von 17,3 % auf 11,7 % durch Umsiedelung der Herde in einen neuen Stall (LIEBHART, 2009).

Laven et al. stellten fest, dass Tiere, die in der Zeit um den Abkalbetermin an Dermatitis digitalis erkrankt waren ein signifikant höheres Risiko hatten 12 Wochen später ebenfalls erkrankt zu sein als ihre Herdengenossinnen, die während der Kalbung nicht befallen waren (LAVEN et al., 2000).

### 2.1.1.1. Infektiöse Ursachen

Prinzipiell wird die Dermatitis digitalis als Mischinfektion angesehen, bei der diverse Mikroorganismen wie *Sphaerophorus necrophorus*, *Fusobacterium necrophorum* und *Dichelobacter* sp. (NUSS und STEINER, 2004) zur Mazeration der Haut führen und dadurch Treponemaartigen das Eindringen in tiefere Hautschichten ermöglichen:

Döpfer et al. wiesen auf Abstrichen von erkrankten Hautläsionen sechs verschiedene Mikroorganismen nach, darunter *Campylobacter faecalis* und lange, dünne spiralige Organismen, von denen sie annahmen, sie seien von der Spezies *Fusobacterium* oder Spirochäten. Histopathologische Untersuchungen erkrankter Hautareale enthüllten eine Vielzahl von Spirochäten auf der Hautoberfläche, im Stratum corneum und vereinzelt im Stratum granulosum, die eine Wachstumsstruktur entlang der Hornsäulen aufwiesen (DÖPFER, 1997).

Schränk benannte 1999 *Treponema brennaborensis*, welche sie mittels 16S-rDNA Sequenzanalyse aus den Proben von 25 Klauenbioptaten Dermatitis digitalis befallener Tiere isolierte und von der sie 27 Phylotypen beschrieb. Außerdem fand sie eine enge phylogenetische Verwandtschaft dieser *Treponema* Spezies zu *Treponema maltophilum*, die in menschlichem subgingivalen Plaquematerial vorkommt (SCHRÄNK, 1999).

Capion et al. wiesen 2008 mit Hilfe von 16S-rDNA Amplifizierung und Fluoreszenz in situ Hybridisierung von Material aus 40 Läsionen zehn verschiedene *Treponema*-Phylotypen nach, darunter auch *T. brennaborensis*, die 90 % der gesamten Bakterienpopulation der Wunde ausmachten und allein in tiefere Hautschichten vorgedrungen waren. Dabei wiesen die meisten Läsionen drei oder mehr unterschiedliche *Treponema*-Phylotypen auf (CAPION et al., 2008a). In einer weiterführenden Studie identifizierten sie drei hauptsächlich in Läsionen vorkommende Phylotypen, wovon zwei in den tiefen Schichten der Epidermis siedelten und eine an der Oberfläche, während einige Phylotypen nur zusammen mit vielen anderen vorkamen (CAPION et al., 2008b).

Nebel et al. kultivierten *Treponema denticola* und *Treponema brennaborensis* auf zuvor desinfizierten Keratinozyten eines Rinderfußes. Dabei zeigten die Zellen mit zunehmender Inkubationszeit morphologische Schäden. Die *Treponema* hafteten an der Oberfläche und zwischen den oberflächlichen Epidermiszellen an,

einige konnten auch in den tiefen Schichten der Epidermis nachgewiesen werden (NEBEL et al., 2004).

Auch Gomez et al. wiesen Treponemaartige im Stratum spinosum sowie in der Dermis nach, selbst nach einer Behandlung der Läsionen mit Oxytetracyclin-Spray und oberflächlich abgeheilte Hautoberfläche (GOMEZ et al., 2011b).

#### **2.1.1.2. Nicht infektiöse Ursachen**

Schon Cheli und Mortellaro erkannten, dass feuchte Umgebung, schlechte hygienische Bedingungen und Kotverschmutzung die Hautstruktur schädigen und diese für Verletzungen und das Eindringen von bakteriellen Erregern anfällig machen (CHELI und MORTELLARO, 1986).

Eine hohe Wahrscheinlichkeit für die Verschlechterung der Erkrankung entsteht durch die Zustallung infizierter Tiere in die Herde (ZEMPLJIC, 2004), sowie in einer Umgebung, in der die Tiere vermehrt feuchte und schmutzige Klauen aufweisen (READ und WALKER, 1998b). So konnte Wangler 1991 durch eine Optimierung von Haltungsbedingungen und Umwelthygiene der laktierenden Kühe sowie des Jungviehs die Dermatitis digitalis Erkrankungsrate von 21 % auf 4 % senken (WANGLER, 2004). Auch Blowey et al. stellten in einer Untersuchung zum Einfluss von Jahreszeit und Laktationsphase auf die Lahmheit von 900 Milchkühen fest, dass im Winter die Dermatitis digitalis Rate am höchsten war und mit Beginn der Weidesaison zurückging (BLOWEY et al., 2004).

Laven et al. erkannten, dass auf Stroh gehaltene Tiere signifikant weniger Dermatitis-digitalis-Läsionen aufwiesen als Tiere auf anderem Untergrund, auch wenn dieser regelmäßig mit einem Schieber gereinigt wurde (LAVEN, 2004).

Ein Zusammenhang zwischen der Anfälligkeit, an Dermatitis digitalis zu erkranken und der Genetik wurde schon länger vermutet, vor allem da bestimmte Tiere immer wieder Läsionen aufweisen während andere Tiere der selben Herde nie Symptome entwickelten (NIELSEN et al., 2011; VAN DER WAAIJ et al., 2005). Auf dem internationalen Lahmheitssymposium 2011 stellten Scholey et al. Ergebnisse vor, nach denen sie Gene identifiziert hatten, die mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Rolle im Befall mit oder der Resistenz gegen Dermatitis digitalis spielen. Außerdem fanden sie viele SNPs die krankheitsassoziiert verändert waren (SCHOLEY et al., 2011).

### **2.1.2. Klinisches Erscheinungsbild**

Das äußere Erscheinungsbild der Dermatitis digitalis ist abhängig von dem Erkrankungsstadium. Sie befindet sich meist in der Ballenfurche, kann aber auch im Zwischenklauenspalt, dorsal am Kronsaum in der Verlängerung des Zwischenklauenspalts sowie um die Afterklauen auftreten und sich mitunter bis unter den Hornschuh ausbreiten. Im Zuge dessen können dort massive Verhornungsstörungen entstehen.

Die ersten makroskopisch erkennbaren Anzeichen sind nur wenige Millimeter kleine, haarlose Stellen deren Oberfläche hyperkeratotisch oder rötlich gereizt erscheint. Auch ist mitunter schon ein weißer Epithelrand ausgebildet, der die Läsion zur gesunden Hautumgebung abgrenzt.

Die klassische Form der Dermatitis digitalis besteht aus 1 bis 5 cm durchmessenden, rundlichen Entzündungserscheinungen mit einer roten, schmerzhaften, erosiv „erdbeerartigen“ oder proliferativen Oberfläche. Die Hautstruktur ist verloren und die Epidermis nekrotisch verändert oder zerstört, so dass die Dermis frei liegt. Solche Läsionen wölben sich meist konvex über die Hautoberfläche der Umgebung vor, frühere Stadien können aber auch flach auf der Ebene der Haut liegen oder konkav „wie ausgestanzt“ erscheinen. Um das veränderte Areal herum sind die Haare meist ausgefallen oder länger als in den unveränderten Bereichen, oftmals stehen sie durch die ödematös geschwollene Haut ab. Des Weiteren können ein weißlicher Hautrand um die entzündete Stelle herum sowie ein süßlich-käsiger Geruch auftreten.

Als chronische Stadien werden die papillomatöse oder verruköse Form angesehen, die von haut- oder hornartigen Zubildungen auf der Läsionsoberfläche geprägt sind, die warzenartig oder filamentös gestaltet sein können (DIRKSEN, 2006; HULEK, 2005a; NUSS und STEINER, 2004).

### **2.1.3. Wirtschaftliche Bedeutung**

In den meisten Gebieten, in denen eine intensive Milchviehhaltung betrieben wird, bei der die Tiere zumindest einen Teil des Jahre aufgestellt sein müssen, wird der Befall mit Dermatitis digitalis als problematisch angesehen.

In einer Studie an 30 Herden in England die Lahmheit als Problem im Tierbestand bezeichneten wiesen knapp über 40 % der untersuchten Erstkalbinnen zwischen dem 60. und dem 120. Melktag Dermatitis-digitalis-Läsionen auf (BELL et al.,

2004). Im gleichen Jahr ergab die Auswertung von Fragebögen von 155 Herden in England eine Befallsrate mit Dermatitis digitalis von 16 %, höhere Erkrankungsraten wiesen lediglich Sohlengeschwüren und Weiße Linie Defekt auf (AMORY et al., 2004).

Bei der Auswertung von Daten von 10 Herden in Wisconsin über 12 Monate hinweg waren 56 % der Lahmheitsbehandlungen bedingt durch Dermatitis digitalis, erst weit dahinter rangierten Sohlengeschwüre (18,4 %) und Weiße Linie Defekte (10,43 %) (COOK, 2004).

In Dänemark waren bei der Auswertung von Klauenpflagedaten von 348 Herden 22 % aller Tiere von Dermatitis digitalis befallen (HOLZHAUER et al., 2004a).

Im Iran ergab die Auswertung von Klauenpflegeprotokollen von 9480 Kühen eine Inzidenz von 34,7 %, wobei nur 7 der insgesamt 10 untersuchten Farmen betroffen waren. Alle anderen untersuchten Klauenkrankheiten besaßen eine deutlich niedrigere Gesamtinzidenz (MOHAMADNIA, 2008).

In den meisten Fällen führt Dermatitis digitalis jedoch nicht zu einer Lahmheit. Bei 14 an Dermatitis digitalis erkrankten Tieren konnte vor und nach der Therapie mit Chlortetracyclin Hydrochlorid Spray weder eine Lahmheit noch ein Unterschied in der Schrittzahl pro 24 Stunden festgestellt werden. Jedoch erhöhte sich nach der Therapie sowohl die Anzahl der Besuche an der Futterraufe als auch die aufgenommene Menge Raufutter signifikant (METZNER et al., 2000).

Wenn Dermatitis digitalis allerdings so schmerzhaft ist, dass die Tiere lahmen, geht damit ein nicht zu unterschätzender wirtschaftlicher Verlust einher. Margerison et al. wiesen bei lahmen Tieren deutlich reduzierte Futteraufnahme, Fresszeit, Milchleistung, Body Condition Score und eine Gewichtsabnahme nach (MARGERISON et al., 2004). Hernandez et al. fanden keinen messbaren Einfluss auf die Fruchtbarkeit im Gegensatz zu Sohlengeschwüren und Abszessen, welche eine signifikant längere mittlere Zeitspanne bis zur Aufnahme bewirkten (HERNANDEZ et al., 2000).

Eine Studie aus dem Jahre 2004, die den Einfluss einer Behandlung mit NSAID zur Schmerzminderung von Dermatitis digitalis- und Fäule-Läsionen auf die Milchleistung untersuchte, fand eine Steigerung der Milchleistung von 0,1 kg/Stunde bei schweren akuten Läsionen bis zu 0,55 kg/Stunde bei

mittelschweren chronischen Läsionen im Vergleich zu den nicht mit NSAID behandelten Vergleichsgruppen. Die Behandlung milder Läsionen hatte keinen Einfluss, doch das Anbringen eines Klotzes bei mittelschweren und schweren chronischen Läsionen verbesserte die Milchleistung um 0,33 bzw. 0,29 kg/Stunde. Die Autoren folgern daraus, dass bei richtiger Einschätzung von Läsionen möglicherweise die Kosten für die Behandlung durch eine erhöhte Milchleistung ausgeglichen werden können (O'CALLAGHAN-LOWE et al., 2004).

Zemljic erstellte ein Computerprogramm, in dem eine individuelle Kosten-Nutzen Rechnung für landwirtschaftliche Betriebe bestimmt werden kann. Dabei stellte sich heraus, dass für kleine Höfe mit unter 20 Tieren keine Prävention und die Einzeltiertherapie im Bedarfsfall am günstigsten ausfällt. Dabei wurde mit einem Milchverlust von 396 Liter pro Dermatitis-digitalis-Fall und einem Milchpreis von 27 Euro-Cent pro Liter gerechnet (ZEMPLJIC, 2006).

In dem „Programm zur Bekämpfung und Kontrolle von Dermatitis digitalis“ des Österreichischen Tiergesundheitsdienstes errechnet Franz Hunger in einer Modellrechnung einen Einkommensverlust pro Jahr von 4.382 Euro bei einer Herdengröße von 35 Kühen und einer Erkrankungsrate von 60 % (HULEK, 2004).

#### **2.1.4. Differentialdiagnosen**

Mögliche Differentialdiagnosen für Dermatitis digitalis können Hautekzeme anderer Ursachen wie Schlammermatitis, Kartoffelmauke, Dermatitis nach übermäßiger Benutzung von Desinfektionsmitteln oder Brandkalk sein, aber auch die Stoffwechselkrankheit Hautleukose kann unter Umständen damit verwechselt werden. Eventuell können auch Infektionskrankheiten wie Mucosal Disease, bösartiges Katarrhalieber und Maul und Klauenseuche ähnliche Symptome hervorrufen, diese gehen aber normalerweise mit weiteren Krankheitssymptomen einher (NUSS und STEINER, 2004).

Außerdem können Dermatitis interdigitalis, Ballenhornmazeration, Kron- oder Ballenphlegmone, Pododermatitis septica, Verbrennungen, Erfrierungen, Dermatophilose, Stephanofilariose, Trichophytie, Räude und ausgeprägter erworbener Zinkmangel mit Dermatitis digitalis verwechselbare Symptome zeigen (DIRKSEN, 2006).

## **2.2. Dermatitis digitalis assoziierte Erkrankungen**

Diese Erkrankungen haben gemeinsam, dass sie unter anderem als Voraussetzung für ihre Entstehung ein feuchtes, warmes Milieu mit hohem Keimdruck benötigen. Folglich werden für ihre Prävention die gleichen Maßnahmen empfohlen. Hierzu zählen Verbesserung der Stall- und Umwelthygiene, regelmäßige Klauenpflege, Weidegang, Verbesserung der Liegeboxenqualität und Verwendung eines Klauenbads. Ob ein Klauenhygienesystem wie eine Klauenwaschanlage ebenfalls präventiv wirken kann ist derzeit noch nicht vollständig geklärt (DIRKSEN, 2006; HAIDN, 2010; MAIERL und MÜLLING, 2004; PIJL, 2009).

### **2.2.1. Dermatitis interdigitalis**

Diese Erkrankung der Zwischenklauenhaut äußert sich vorwiegend durch eine eitrig-nekrotisierende, subakut bis chronisch verlaufende Entzündung, die durch eine Mischinfektion aus *Dichelobacter (Bacteroides) nodosus* als Primärerreger und *Fusobacterium necrophorum* als Exotoxinbildner hervorgerufen wird. Schmutzig gelbbraune Beläge mit süßlichem Geruch bedecken die oberflächlich mazerierte Zwischenzehenhaut, die sich nicht selten dabei vom Saum- oder Kronhorn löst. In schwerwiegenden Fällen wird das Horn absteigend unterminiert, wobei die Tiere dennoch nur selten lahm gehen. Auch können im Verlauf am dorsalen Umschlag der axialen in die abaxiale Hornwand geschwürartige, von schmierigem Sekret bedeckte Granulationen entstehen. Aufgrund der anhaltenden Schmerzen kommt es zu Leistungseinbußen. Therapeutisch sollte die Zwischenklauenhaut gesäubert und unterminierte Hornbezirke abgetragen werden, um danach ein nichtreizendes Antiseptikum aufzutragen (DIRKSEN, 2006). Gelangen die Erreger bis in die tieferen Gewebeschichten des Zwischenklauenspaltes können sie zu einer Phlegmona interdigitalis führen (NUSS und STEINER, 2004). Im Verlauf der Erkrankung beschreibt Toussaint Raven eine V-förmige Unterminierung des Ballenhorns vom Zwischenklauenspalt aus (TOUSSAINT RAVEN, 1989). Hulek betrachtet die Dermatitis interdigitalis als ein fortgeschrittenes Stadium der Ballenfäule, die durch ein Übergreifen von Ballenfäule-verursachenden Bakterien auf die Zwischenklauenhaut entsteht (HULEK, 2005a).

### **2.2.2. Phlegmona interdigitalis**

Diese akute Entzündung des Zwischenzehengewebes wird hauptsächlich durch *Fusobacterium necrophorum* in Synergismus mit *Prevotella melaninogenica*, *D. nodosus*, *A. pyogenes* und weiteren Erregern hervorgerufen (DIRKSEN, 2006).

Zusätzlich wird von einer Schädigung oder Verletzung der Haut im Bereich des Zwischenklauenspaltes ausgegangen, durch die Bakterien bis in die Gefäße, das Lymphsystem und synoviale Einrichtungen eindringen können. Die betroffene Gliedmaße zeigt akute Entzündungszeichen wie Schwellung, Wärme, Rötung und Schmerzhaftigkeit. Zusätzlich Symptome wie Ödeme, Lahmheit, reduziertes Allgemeinbefinden und Fieber können auftreten. Bei genauer Betrachtung des Zwischenklauenspaltes fällt die mit zersetzter Haut und Exsudat bedeckte Oberfläche auf. Differentialdiagnostisch sind das komplizierte Sohlengeschwür, eine eitrig hohle Wand, Pododermatitis septica traumatica, sowie eine hämatogene Arthritis auszuschließen (NUSS und STEINER, 2004).

Im Frühstadium der Erkrankung kann die Zwischenzehenhaut noch unversehrt erscheinen und erst im Fortschreiten der Erkrankung aufreißen. Bei einem gutartigen Verlauf bildet sich eine Demarkationszone, an deren Grenze das abgestorbene infizierte Gewebe abgestoßen wird. Danach kann der Fuß in Selbstheilung übergehen (DIRKSEN, 2006).

Therapeutisch ist eine Hyperämisierung der erkrankten Gliedmaße, die Entfernung von abgestorbenem und verändertem Gewebe, das Spalten vorhandener Abszesse und das Ablassen und Ausspülen von Eiter sowie eine angemessene Antibiose anzuraten (NUSS und STEINER, 2004).

Von 43 Tieren, die mit fortgeschrittenen Symptomen an die Universitätsklinik Wien überwiesen wurden zeigten 24 Tiere bereits eine eitrig-Entzündung des Klauengelenks. Fünf Tiere wiesen eine Entzündung der Fesselbeugesehnenscheide auf und in einem Fall wurde eine septische Endokarditis festgestellt. 12 dieser 24 Tiere überlebten die Erkrankung aufgrund ihres schlechten Zustandes, einer schlechten Prognose oder aus ökonomischen Gründen nicht (REINÖHL-DESOUZA et al., 2004).

### **2.2.3. Erosio ungulae**

Die Ballenhornfäule ist eine Mazeration des Ballenhorns durch Feuchtigkeit und die keratolytische Wirkung von Bakterien, Kot und Urin. Zu Beginn bilden sich nur wenige Millimeter messende Gruben, die sich im weiteren Verlauf zu tiefen Rinnen vereinigen. Durch weiter fortschreitende Keratolyse wird die Hornschicht über dem Korium immer dünner, in Extremfällen verschwindet sie gänzlich und die Ballenlederhaut liegt bloß. Während die Tiere zu Anfang keine Beeinträchtigung des Allgemeinbefindens aufweisen, erscheinen im Verlauf der Erkrankung Stützbeinlahmheiten bei steilgestellter Zehe, verminderte Milchleistung, vermehrtes Liegen, Deckunlust bei Zuchtbullen sowie im Falle einer freiliegenden Lederhaut anfallsweises Zittern. Solange noch genug Horn vorhanden ist besteht die Therapie aus begradigen des Ballenhorns und der funktionellen Pflege der Klauen zur Entlastung des Ballenbereiches, gegebenenfalls mit anschließendem Auftragen von Kupfersulfat oder eines Holzteeranstriches. In schweren Fällen ist ein Verband mit antiseptischer, leicht adstringierender Salbe anzulegen, nach 5 Tagen zu wechseln und das Tier trocken aufzustellen (DIRKSEN, 2006). Hulek empfiehlt zur Vorbeugung neben einer Verbesserung der Stallhygiene, des Kuhkomforts und regelmäßiger Klauenpflege das zweimal wöchentliche Reinigen der Klauen distal der Afterklauen einschließlich des Zwischenklauenspalts mit reinem Wasser oder durch „eine Runde Bewegung in feuchtem Gras oder Schnee“ (HULEK, 2005a).

### **2.2.4. Ulcerative mammary dermatitis**

Read et al. stellten auf der internationalen Lahmheitskonferenz 2011 die Hypothese auf, dass diese ulzerative Entzündung der Euterhaut im Zusammenhang mit Dermatitis digitalis steht, da beide Krankheiten ähnliche klinische, pathologische sowie mikrobiologische Eigenschaften besitzen, die Erkrankungen gemeinsam auftreten und auch theoretisch während der Liegephase eine Schmierinfektion zwischen Fuß und Euterhaut stattfinden kann (READ et al., 2011).

### **2.3. Zusammenhang zwischen Haltungssystem und Lahmheit**

Laut Nordlund und Cook ist es wahrscheinlich, dass eine einmal lahme Kuh wieder lahm wird oder lahm bleibt. Die zwei Hauptgründe für diesen Verlauf identifizierten sie durch Auswertung verschiedener Studienergebnisse.

Ein wichtiger Punkt ist der Liegeboxenkomfort, da während der Aufstehphase und dem Niederlegen eine punktuelle Belastung auf die Klauen ausgeübt wird und diese umso stärker ausfällt, je härter der Untergrund ist. Auf einer Sandliegefläche jedoch kann die Klaue gut einsinken, die Belastung wird gleichmäßiger verteilt und lahme Tiere weisen keine längeren Stehzeiten auf. Als zweiten wichtigen Aspekt nannten sie den Rang eines Tieres in der Herde, da rangniedere Tiere längere Stehzeiten und mehr Ausweichmanöver aufwiesen und somit einem höheren Lahmheitsrisiko ausgesetzt sind (NORDLUND und COOK, 2006). Allerdings stellten Pijl und Swalve eine mit zunehmendem Alter, welches gewöhnlich mit einem höheren Rang in der Herde verbunden ist, erhöhte Erkrankungsraten an Klauenrehe, Weiße Linie Defekten und Sohlengeschwüren fest (PIJL und SWALVE, 2006).

Das Haltungssystem scheint hier jedoch die entscheidende Rolle zu spielen. So erkranken im Australasischen Raum, in dem vorwiegend extensive Weidewirtschaft betrieben wird, hauptsächlich jüngere, im Rang niedere Tiere an durch erhöhte Belastung bedingten Erkrankungen wie zu dünner Sohle, Weiße-Linie-Defekt, Sohlengeschwüren und Hornspalten (CHESTERTON, 2006). Schlechte Laufwege und ungeduldiges Treibpersonal stellen hierbei die bedeutendsten Risikofaktoren dar (VERMUNT, 2006). In einer norwegischen Studie zu Klauenerkrankungen in Laufställen waren mehr Tiere lahm, die in der dritten Laktation oder älter waren verglichen mit Tieren, die sich in der ersten und zweiten Laktationsphase befanden. Die höchsten Inzidenzraten lagen bei 39,6 % Ballenhornfäule, 20 % Sohlenblutung und 13,6 % Blutungen in der Weißen Linie, wobei die Autoren Laufgänge aus Beton und zu kurze Liegeboxen als Hauptrisikofaktoren identifizierten (SOGSTAD et al., 2005). Gummimatten in den Laufgängen schaffen durch die weichere Oberfläche mehr Tierkomfort und vermindern das Auftreten akuter Lahmheitsgeschehen sowie belastungsbedingte reheartige Veränderungen, erhöhen jedoch gleichzeitig durch ihre vermehrt Feuchtigkeit bindende Oberfläche die Auftrittshäufigkeit infektiöser Klauenerkrankungen (BENDEL, 2005; KREMER; 2006).

### **3. Therapie und Prophylaxe der Dermatitis digitalis**

#### **3.1. Einzeltierbehandlung**

Die Methode der Wahl ist derzeit eine lokale Behandlung der gesäuberten und getrockneten Läsion mittels eines Chemotherapeutikums. Im „Programm zur Bekämpfung und Kontrolle der Dermatitis digitalis“ wird eine Behandlung akut erkrankter Tiere an zwei bis drei aufeinanderfolgenden Tagen nach Reinigung und Trocknung mit einem Antibiotikum-Spray empfohlen, das zwei bis drei Mal im Abstand von 30 Sekunden aufgetragen werden sollte (HULEK, 2004).

Greenough empfiehlt zur gründlichen Reinigung Seifenwasser und eine sehr harte Bürste. Nach der Trocknung empfiehlt er ein Tetracyclin-Spray, größere Läsionen können ebenfalls mit Spray oder mit einer Paste aus Oxytetracyclin Pulver, Terramycin-343® Pulver oder Lincomix® Pulver unter Verband behandelt werden (GREENOUGH, 2007).

In den letzten Jahren wurden einige Versuche zur Behandlung der Läsionen durchgeführt, teilweise sind diese jedoch nur schwer miteinander vergleichbar:

1998 testeten Blowey et al. bei einer in drei Gruppen unterteilten Herde unterschiedliche Herangehensweisen im Vergleich: Die erste Gruppe erhielt eine dreitägige lokale Behandlung mit Lincomycin 40 % auf gereinigte Läsionen, die zweite Gruppe wurde lediglich gewaschen, und die dritte Gruppe wurde keiner Behandlung unterzogen. Dabei konnten sie bereits nach sieben Tagen einen signifikanten Unterschied in dem Schweregrad der Läsionen zwischen der Lincomycin Gruppe und den anderen beiden Gruppen verzeichnen. Nach 14 Tagen wies die Lincomycin Gruppe zusätzlich signifikant kleinere Läsionen auf. Zwischen der gewaschenen und der nicht behandelten Gruppe gab es zu keiner Zeit einen signifikanten Unterschied (BLOWEY et al., 1998).

Shearer und Hernandez verglichen 2000 in einer Klauenbad-Studie den Heilungserfolg zweier modifizierter Formen des nichtantibiotischen Behandlungsmittels „Victory®“ mit dem einer Oxytetracyclin-Lösung. Dabei stellten sie eine signifikant bessere Wirkung einer der nichtantibiotischen Formeln fest. Da die Herde jedoch bereits in der Vergangenheit mit Oxytetracyclin-Klauenbädern zur Vorbeugung und Behandlung von Dermatitis digitalis in

Berührung gekommen war, führten sie die schlechtere Oxytetracyclinwirkung auf eine mögliche Resistenz der Bakterien zurück (SHEARER und HERNANDEZ, 2000). Allerdings ist der Therapieerfolg auch abhängig vom Applikationsort: So heilten mit Oxytetracyclin-Spray behandelte Läsionen im Ballenbereich und den Afterzehen signifikant schneller ab als jene auf dem Zwischenklauenspalt (HERNANDEZ und SHEARER, 2000). Als mögliche Gründe für dieses Ergebnis wurde ein Keimreservoir im Zwischenklauenspalt genannt, das durch das Spray nicht ausreichend erreicht werden konnte und zudem der Faktor, dass diese Regionen in der Regel feuchter bleiben. Bereits 1998 machten Read und Walker ähnliche Beobachtungen, als sie verschiedene Behandlungsmethoden testeten, wobei Injektionen mit Penicillin und mit Ceftiofur genauso gute Erfolge aufwiesen wie eine Oberflächenbehandlung mit Oxytetracyclin. 48 % der Tiere erkrankten jedoch 7 bis 12 Wochen später erneut. Die Behandlung durch Vereisung mittels Sprühflasche zeigte keinerlei Erfolge (READ und WALKER, 1998b).

Laven und Hunt untersuchten die Auswirkung einer systemischen Behandlung mit einer einfachen Injektion Erythromycin (10 mg/kg) und drei- und fünfmalige Injektion von Cefquinom (1 mg/kg), erzielten jedoch mit keinem der beiden Antibiotika eine signifikante Verbesserung innerhalb von 21 Tagen, wohingegen ein einmaliges Klauenbad mit Erythromycin (2,1 g/l) signifikante Verbesserungen zeigte (LAVEN und HUNT, 2000). In einer Folgestudie von 2006 wurden die Wirkung von einem zweimaligen Klauenbad mit Erythromycin (35 g/100l) mit einer drei- und fünfmaligen Injektion von Cefquinom (1 mg/kg) und einer einmaligen Injektion von Erythromycin (10 mg/kg). Alle vier Gruppen verbesserten sich signifikant, wobei die Tiere, die eine fünftägige Behandlung mit Cefquinom genossen hatten am besten abschnitten (LAVEN, 2006).

Eine Behandlung mit 7,5 %igem Poly-Vinyl-Pyrrolidone-Jod-Komplex durch aufsprühen oder Verband erwies sich als ineffektiv (ESCH et al., 2000).

2002 stellten Manske et al. eine Behandlung von Dermatitis digitalis mit Oxytetracyclin-Spray, einer alleinigen Klauenpflege mit Säuberung der Läsionen und einer oberflächlichen Behandlung mit Glutaraldehyd gegenüber. Dabei stellte sich heraus, dass das Oxytetracyclin signifikant effektiver als die Klauenpflege und das Glutaraldehyd waren, welche beide ähnliche Effizienz zeigten (MANSKE et al., 2002).

2004 stellten Brydl et al. Ergebnisse vor, die eine erfolgreiche Heilung von über 2,5 cm großen, schmerzhaften Dermatitis-digitalis-Läsionen mittels Klauenpflege und zweimaliger fünftägiger täglichen Applikation einer 20 % Pediline Lösung zeigten. Pediline besteht unter anderem aus Glutaraldehyd, Kupfersulfat, Aluminiumsulfat, Benzalconiumchlorid und Allantoin (BRYDL et al., 2004).

Kofler et al. verglichen den Therapieerfolg eines Oxytetracyclin-Sprays mit einer nicht-antibiotischen Paste namens Protexin Hoof-Care, deren Inhaltsstoffe aus Ameisen-, Essig- und Propionsäure, Kupfer-, Aluminium- und Zinksalzen, Pfefferminz- und Eukalyptusöl bestand und die sich durch einen niedrigen pH von 2 auszeichnet. Dabei fanden sie eine gleiche Wirksamkeit beider Behandlungsmethoden (KOFLER et al., 2004).

### **3.2.     Haltungsmanagement**

Michael Hulek empfiehlt neben Einzeltierbehandlung und Klauenbädern eine Optimierung von Stallhygiene, Luftqualität und Kuhkomfort, gründliche Reinigung der Zehen distal der Afterklauen zweimal pro Woche sowie regelmäßige funktionelle Klauenpflege im Abstand von 4 bis 6 Monaten (HULEK, 2005a). Weitere wichtige Faktoren sind trockene, weiche und rutschfeste Laufwege in Bereichen in denen sich Tiere länger aufhalten und an die Körpergröße der Tiere angepasste, komfortable Liegeplätze in genügender Anzahl. Zudem empfiehlt sich eine regelmäßige Untersuchung aller Tiere sowie bei noch nicht befallenen Beständen eine eingehende Untersuchung und strikte Quarantäne zugekaufter Tiere, die ausschließlich aus Dermatitis digitalis freien Beständen stammen sollten (MAIERL und MÜLLING, 2004).

Auch die möglichst häufige Beseitigung der Gülle sowie ein gut funktionierender Gülleabfluss auf den Laufwegen sind essentiell. Wenn kein schneller Abfluss gegeben ist, sollte auf häufiges Bodenwaschen verzichtet werden, um zusätzliche Staunässe zu vermeiden (GREENOUGH, 2007).

Während einer Behandlungsstudie stellten Laven und Hunt fest, dass eine Umstallung Dermatitis digitalis erkrankter Tiere auf die Weide oder auf Stroh innerhalb von drei Wochen die gleiche Genesungsrate erzielte wie ein einmaliges Klauenbad mit Erythromycin (LAVEN und HUNT, 2000).

Weitere Studien ergaben eine signifikant höhere Prävalenz von Dermatitis digitalis bei Laufstalltieren im Gegensatz zur Anbindehaltung oder bei auf Stroh

stehenden Tieren (FIEDLER, 2000; LAVEN, 2004). Innerhalb der Laufstallhaltung fand Laven zusätzlich eine signifikant niedrigere Prävalenz bei einer Liegeboxeneinstreu aus Stroh und Kalk und einer Säuberung per Traktor als in einem mit Sägespäne und Kalk eingestreuten Laufstall, in dem ein automatischer Mistschieber zur Reinigung eingesetzt wurde.

Auch die Fütterung könnte möglicherweise einen Einfluss auf die Dermatitis-digitalis-Befallsrate haben. In einem Versuch von Gomez et al. konnten 55 % der 15 Tiere der Kontrollgruppe mit Dermatitis digitalis infiziert werden, jedoch nur 30 % der Versuchsgruppe, die zuvor 60 Tage lang mit einem zusätzlichen Mineralfutter gefüttert worden war (GOMEZ et al., 2011a).

### **3.3. Vakzination**

Die Infektiösität von Dermatitis digitalis gilt als gegeben, da Herden ohne Dermatitis digitalis Vorkommen nach der Zustallung eines einzelnen befallenen Tieres erkranken (READ und WALKER, 1998b). Auch scheinen ältere Tieren eine Teilimmunität zu entwickeln angesichts der Tatsache, dass die höchste Infektionsrate bei Erstkalbinnen beobachtet werden kann, welche mit zunehmendem Alter abnimmt (BLOWEY et al., 2004; PIJL und SWALVE, 2006). Diese Altersresistenz ist jedoch höchstens schwach ausgeprägt, da bei geheilten Tieren eine Neuerkrankung innerhalb von 7 bis 12 Wochen festgestellt werden konnte (ZEMLJIC, 2000).

Bisher konnte in keiner Studie eine Verbesserung der Impfungsgruppe gegenüber einer Placebo-Gruppe nachgewiesen werden. Im Jahr 2000 fand Schütz keinen prophylaktischen oder therapeutischen Effekt in einer Placebo-kontrollierten Studie mit stallspezifischen Vakzinen, die zuvor mittels Bioptaten isoliert worden waren (SCHÜTZ et al., 2000). In der Impfstudie von Berry et al. mit Treponema-Impfstoff konnten innerhalb der 6 Beobachtungsmonate weder ein prophylaktischer noch ein therapeutischer Effekt der Impfung nachgewiesen werden (BERRY et al., 2004).

Auf der Suche nach weiteren Ansätzen stellten Elliott und Alt 2009 IgG1 und IgG2, jedoch keine IgM Antikörper in dem Serum mittels zuvor isolierten phagedenis-ähnlichen Treponema geimpften Tieren sowie bei natürlich infizierten Tieren fest (ELLIOTT und ALT, 2009).

### 3.4. Klauenbäder

Klauenbäder bestehen aus 2,5 m langen, 1 bis 1,25 m breiten und 15-18 cm tiefen Wannen oder Gruben im Boden, in denen ein Flüssigkeitsspiegel mit Zusatz 12-15 cm hoch steht, so dass der Kronsaum umspült werden kann. Der Applikationswanne können eine oder mehrere Reinigungswannen vorgeschaltet werden, die mit sauberem Wasser gefüllt sind. In einer Studie über den optimalen Aufbau eines Klauenbades zeigte sich jedoch, dass eine Reinigungswanne mit Wasser direkt vor dem Klauenbad zu einer vermehrten Verschmutzung des Desinfektionsbades mit Kot führte. Des Weiteren stellten sich die idealen Maße für ein Klauenbad mit einer möglichst häufigen Klaueneintrittsrate bei gleichzeitig möglichst geringem Flüssigkeitsbedarf als 3-3,7 m Länge, 0,5-0,6 m Breite, einer Eintrittshöhe von 28 cm mit V-förmig nach unten zulaufenden Wänden heraus (COOK et al., 2011). Allgemein können Bäder entweder als Durchtreibebad eingesetzt werden, wobei darauf zu achten ist, dass jeder Fuß mindestens zwei Mal eintaucht, um eine Mindesteinwirkzeit von 30 Sekunden zu ermöglichen, oder als Standbad, in dem Einzeltiere bis zu 30 Minuten fixiert werden können. Die Empfehlungen für die Anwendungshäufigkeit von einem Durchtreibebad variieren stark. Bei einer mündlichen Umfrage auf dem 16th Symposium and 8th Conference on Lameness in Ruminants lagen die Anwendungspräferenzen zwischen einer Anwendung einmal im Monat, einmal wöchentlich, zweimal wöchentlich, fünf Tage die Woche bis hin zu täglich, je nach Infektionsrisiko der Herde. In der Literatur wird der Einsatz von Durchtreibebädern zweimal wöchentlich an zwei aufeinanderfolgenden Tagen empfohlen, der von Standbädern ein bis zweimal im Monat (FIEDLER, 2003; HULEK, 2005a; SEKUL, 2004).

Varianten des Klauenbades sind die Desinfektionsmatte, die zwar weniger Klauenbadlösung benötigt, allerdings den Kronsaum nicht sicher benetzt (FIEDLER, 2003), das Schaumbad (FIEDLER, 2004), und das Klauenstaub- oder Trockenbad (SCHÄFERS, 2010).

Die in Klauenbädern verwendeten Wirkstoffe lassen sich in Arzneimittel und Pflegemittel einteilen. Antibiotische Zusätze sowie alle Mittel deren „Eigenschaften zur Heilung oder Verminderung oder zur Verhütung (...) tierischer Krankheiten (...) bestimmt sind“ werden als Arzneimittel angesehen (AMG§2Abs1). Diese Mittel dürfen einzig pharmakologisch wirksame Stoffe aus

den Anhängen I – III der Verordnung EWG 2377/90 enthalten, da nur diese einer „Einstufung hinsichtlich der Rückstandshöchstmengen“ unterzogen wurden.

Derzeit ist europaweit kein Antibiotikum für Klauenbäder zugelassen. Laut einem Schreiben des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz vom 14.10.2009 war zum damaligen Zeitpunkt lediglich das Arzneimittel „Wundstein-Essenz“ auf dem Deutschen Markt zugelassen. Dies ist jedoch hauptsächlich zur vorbeugenden Desinfektion und weniger zur Bekämpfung von bestehenden Klauenkrankheiten geeignet. Nach dem Deutschen Arzneimittelgesetz können Tierärzte Arzneimittel, die in anderen EU-Ländern zugelassen sind durch Umwidmung entsprechend §56a Absatz 2 mit einer Wartezeit von 7 Tage auf Milch und 28 Tage auf Fleisch verschreiben. Dafür kommt bis zum 14.10.2009 ausschließlich das Produkt „Golden Hoof Plus“ aus dem Vereinigten Königreich in Frage (BUETTNER-PETER, 2009; JUSTIZ, 2011).

Wundstein-Essenz ist in Deutschland frei verkäuflich und besteht aus Ameisensäure, Kupfer(II)-sulfat-Pentahydrat, Aluminiumkaliumsulfat und gereinigtem Wasser. Es benötigt keine Wartezeit und wird vom Hersteller als 5 %ige Verdünnung zur Bereitung eines Klauenbades empfohlen. Der Hauptbestandteil von Golden Hoof Plus ist Zinksulfat, dem oberflächenaktive Stoffe sowie ein Aktivator zugesetzt wurden. Laut Hersteller-Website wurde das Mittel in einer Studie der Regierung des Vereinigten Königreiches erfolgreich zur Bekämpfung von Moderhinke eingesetzt. Aufgrund der langen Wartezeiten ist ein Einsatz hauptsächlich im Bereich der Schafzucht sinnvoll (BUETTNER-PETER, 2009; DR.SCHAETTEGMBH; SHEP-FAIR).

Nicht als Arzneimittel gelten „Stoffe oder Zubereitungen aus Stoffen, die ausschließlich dazu bestimmt sind, äußerlich am Tier zur Reinigung oder Pflege (...) angewendet zu werden, soweit ihnen keine Stoffe (...) zugesetzt sind, die vom Verkehr außerhalb der Apotheke ausgeschlossen sind...“ (AMG§2Abs3). Unter anderem werden Kupfersulfat, Zinksulfat, Peressigsäure, Formalin und verschiedenen Fertigprodukte unter dieser Indikation angewendet. Aus dem Schreiben des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz vom 14.10.2009 geht jedoch hervor, dass diese Substanzen auch nicht zur äußeren Desinfektion am Tier selbstständig vom Landwirt eingesetzt werden dürfen, auch wenn sie im Chemikalienhandel frei erhältlich

sind. Vom Landwirt selbsttätig anzuwendende Produkte dürfen lediglich eine klauenreinigende, hautpflegende oder hornhärtende Wirkung besitzen. Zur Zulassung von Substanzen als Arzneimittel werden in Deutschland Gutachten benötigt, die alle Aspekte der Herstellung und Anwendung, einschließlich der Umweltrisiken abdecken (BUETTNER-PETER, 2009; FIEDLER, 2003; JUSTIZ, 2011).

In der Praxis werden Klauenbäder jedoch häufig mit dem Ziel eingesetzt, die Klauengesundheit zu verbessern, vor allem zur Vorbeugung infektiöser Klauenerkrankungen, aber auch zur Verbesserung der Klauenhärte (STAATLICHE LEHR- UND VERSUCHSANSTALT FÜR VIEHHALTUNG UND GRÜNLANDWIRTSCHAFT, 2002).

Zu den verschiedenen verwendeten Mitteln gibt es nur wenig gesicherte Daten, lediglich eine Vielzahl von teilweise nur schwer miteinander vergleichbaren Studien sowie Erfahrungswerte und gängige Praxisanwendungen.

Im Jahre 2002 testete die Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung und Grünlandwirtschaft in Aulendorf verschiedene gängige Anwendungen von Klauenbädern. Dabei wurde eine zweimalige Anwendung pro Woche über sechs Wochen hinweg für jeweils 30 Sekunden erprobt. Von den geprüften Wirkstoffen erzeugten kristallines Natriumchlorid und gemahlenes Superphosphat einen positiven Einfluss auf den Hornfäulebefall, der Einfluss von Kupfersulfat und Formalin bewirkte hingegen eine Steigerung des Hornfäulebefalls. Gelöschter Kalk beeinflusste den Befall auf keine Weise (STAATLICHE LEHR- UND VERSUCHSANSTALT FÜR VIEHHALTUNG UND GRÜNLANDWIRTSCHAFT, 2002).

Bereits 1998 untersuchten Kempson et al. die Auswirkungen von Gülle, Formalin und Kupfersulfat auf Ballen-, Wand- und Sohlenhorn. Dabei erwies sich Ballenhorn sowie Horn von schlechter Qualität besonders anfällig für äußerliche Einflüsse. Nach 24 stündiger Lagerung von gesundem Klauenhorn in 5 %igem Formalin wies dieses zahlreiche Mikrorisse auf. Des Weiteren trotzte zwar gutes Ballenhorn den Einflüssen von Gülle relativ gut, Ballenhorn schlechter Qualität hingegen löste sich teilweise auf und entwickelte eine zerklüftete, rissige Oberfläche (KEMPSON et al., 1998).

In einer Studie von Laven und Hunt wirkten 310 g/100 Liter Erythromycin an zwei aufeinander folgenden Tagen ebenso gut wie sieben Tage ein tägliches Klauenbad mit Formalin (6 l/100 l), Kupfersulfat (2 kg/100 l) oder Peressigsäure (1 kg/100 l) (LAVEN und HUNT, 2002).

Formalin ist ein wirksames Desinfektions- und Pflegemittel (SEKUL, 2004), besitzt jedoch weder eine reinigende noch eine pflegende Wirkung. In einer Konzentration von 2-5 % trocknet es das Klauenhorn durch Denaturierung der Eiweißstrukturen aus; diese erwünschte Wirkung bringt jedoch eine Bildung von Mikrorissen mit sich, welche wiederum Erregern das Eindringen erleichtern. Bei häufigerer Anwendung oder Dosierung von höheren Konzentrationen kommt es zur Verletzung der Haut, es bilden sich Blasen und offene Stellen. Auch eine orale Aufnahme durch die Tiere kann fatale Folgen haben. Zudem gilt zu beachten, dass ab einem Temperaturbereich unter 10 °C ein „Kältefehler“ entsteht; für den gewünschten Effekt muss dann eine höhere Konzentration verwendet werden (FIEDLER, 2003; GREENOUGH, 2007).

Die Halbwertszeit von Formalin in Klauenbädern beträgt durchschnittlich 2,4 Tagen oder 300-320 Kuhpassagen, nach dieser Zeit ist also nur noch die Hälfte der ursprünglichen Wirkstoffkonzentration vorhanden. Um eine wirksame Konzentration zu halten, ist folglich ein relativ hoher Arbeitsaufwand mit direktem Kontakt nötig (HOLZHAUER et al., 2004b). Die Substanz Formaldehyd wurde jedoch von der Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) der Weltgesundheitsorganisation WHO als „krebserregend für den Menschen“ (CMR-Gefahrstoff) deklariert. Auf die Einstufung der WHO gründet sich auch die Einschätzung des Berliner Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) von 2006, die Formaldehyd als „krebserregend für den Menschen“ einstuft (Toxikologische Bewertung von Formaldehyd, Stellungnahme des BfR Nr. 023/2006 vom 30. März 2006). Somit sollte bei dem Umgang mit der Substanz unbedingt auf die gesetzlich festgelegte Maximale Arbeitsplatz-Konzentration (MAK) geachtet werden (FIEDLER, 2003).

Auf der Suche nach einem weniger schädlichen Mittel stellten Bergsten et al. die Wirkung eines Klauenbades mit Kupfersulfat einem Schaum aus Peressigsäure und Wasserstoffperoxid gegenüber, dieser Schaum konnte jedoch keine signifikante Reduktion von Dermatitis digitalis erreichen (BERGSTEN et al., 2006).

Kupfersulfat wird in einer Konzentration von 3-5 % angewendet, es besitzt keine reinigende, aber eine austrocknende Wirkung, indem es mit den im Horn vorhandenen Fettsäuren eine Verbindung eingeht und dieses dadurch entfettet. Auch hierbei entstehen Mikrorisse; benetzte Haut wird trocken und spröde. Bei einer Aufnahme durch die Tiere können schwerwiegende Verdauungsprobleme entstehen. Zudem darf Kupfersulfat nicht ins Grundwasser gelangen, da es schädlich für die Wasserorganismen ist und muss somit anderweitig entsorgt werden (FIEDLER, 2003).

Fiedler testete 2004 die Anwendung eines Schaumbades aus Tensiden und Peressigsäure. Dabei wiesen die Tiere der Versuchsgruppe in der initialen Stabilisationsphase signifikant weniger Dermatitis-digitalis-Läsionen auf als die der Kontrollgruppe. Dieser Unterschied hielt sich jedoch nicht in der Erhaltungsphase. Lediglich das intensive Regime, bei dem jede zweite Woche sieben Tage lang zweimal täglich behandelt wurde, nicht aber die Behandlungsbeschränkung auf drei Tage konnte einen Unterschied bewirken (FIEDLER, 2004).

Blowey und Williams testeten 2004 ein grün gefärbtes, auf Peressigsäure basierendes Produkt schaumiger Konsistenz, das vor dem Wartebereich des Melkstandes aufgesprüht wurde und durchschnittlich 5 bis 10 Minuten an den Füßen anhaftete. Dabei stellten sie eine signifikante Reduktion der Symptome von Dermatitis digitalis in der Herde fest, wobei Tiere, die zu Beginn des Versuches von schweren Veränderungen betroffen waren, keine signifikante Verbesserung zeigten. Dieser Versuch wurde jedoch ohne Kontrollgruppe durchgeführt, so dass die positiven Veränderungen auch auf Umweltbedingungen zurückzuführen sein könnten (BLOWEY und WILLIAMS, 2004). Durch relativ hohe Grund- und Anwendungskosten konnte sich das Schaumbad-System auch nicht auf dem Markt durchsetzen (SEKUL, 2004).

Auch Peressigsäure ist mit Vorsicht anzuwenden. Vorhandene Eiweißstrukturen werden davon zerstört und das Klauenhorn trocknet in Folge dessen aus. Die Säure sollte nicht in einer Konzentration über 1 % angewendet werden, da eine Überdosierung zu schweren Verätzungen führen kann (FIEDLER, 2003).

Brydl et al. fanden in einem Versuch mit einer Mischung aus Glutaraldehyd, Kupfersulfat, Aluminiumsulfat, Benzalkoniumchlorid, Allantoin, anionischem

Oberflächenaktivator, Komplexbildnern und Stabilisatoren eine sehr gute Heilungswirkung von Dermatitis-digitalis-Läsionen. Dafür verwendeten sie die Substanz als Klauenbad und zusätzlich bei Läsionen über 2,5 cm Durchmesser mit starker Schmerzhaftigkeit in höherer Konzentration zur Einzeltierbehandlung. Allerdings war die Erkrankungsrate bereits zu Beginn der Studie bei 11,8 % der Klauen und befallene Tiere wurden zusätzlich einer Klauenpflegemaßnahme unterzogen (BRYDL et al., 2004).

Kofler et al. erzielten mit einer Paste aus Ameisen-, Essig- und Propionsäure, Kupfer-, Aluminium- und Zinksalzen sowie Essenzen aus Pfefferminz- und Eukalyptusöl die gleiche Heilungsrate wie durch eine Behandlung mit einem Oxytetracyclin-Spray (KOFLER et al., 2004).

Zur Anwendung von Pulverbädern wurde bisher nur wenig wissenschaftlich geforscht und veröffentlicht. Die Ergebnisse zeigen eine gute Wirksamkeit bei der Vorbeugung von Dermatitis digitalis bei gleichzeitig hohem finanziellen Aufwand und Arbeitseinsatz. Die mineralischen Pulver sollen aufgrund ihres hohen pH-Wertes (je nach Hersteller pH 9 bis zu pH 12) und ihrer austrocknenden Eigenschaft keimreduzierend wirken. Die Wanne und ihre Umgebung muss jedoch regelmäßig von Verschmutzungen gereinigt werden, denn gelangen größere Mengen des Pulvers durch Austrag mit den Klauen in die Gülle entstehen dort Kalkablagerungen (LEHR- UND VERSUCHSANSTALT FÜR TIERHALTUNG, 2006). Das Amt für Ernährungswissenschaften, Landwirtschaft und Forsten weist in der Liste der „Kalkprodukte zur Verbesserung der Hygiene im Kuhstall“ Magnesium-Branntkalk, Desical® und Deuto-Cal® als geeignet für ein Klautrockenbad aus (AMT FÜR ERNÄHRUNG).

Schäfers stellte in einem zweimonatigem Praxistest mit Deuto-Cal®, einem Pulver aus „Kalziumverbindungen und rutschhemmenden Mineralien“, einen Rückgang der Inzidenz von Dermatitis digitalis von 71 % (wobei leichte, mittlere und schwere Verletzungen zusammengefasst wurden) auf 39 % der Tiere fest (SCHÄFERS, 2010). Ein Versuch im Jahr 2006 in der LVA Echem, bei der die Versuchsgruppe über 6 Monate hinweg täglich zwei Mal behandelt wurde konnte ein Rückgang des Befalls mit Dermatitis digitalis um 79 % im Gegensatz zu 30 % in der Kontrollgruppe verzeichnet werden. Auch bei dem Befall mit Erosio ungulae ließ sich ein deutlicher Rückgang feststellen (Rückgang in der Versuchsgruppe um 80 %, in der Kontrollgruppe um 19 %) (LEHR- UND

VERSUCHSANSTALT FÜR TIERHALTUNG, 2006).

Des Weiteren beobachtete Schäfers nach einer dreimonatigen Anwendung von Erdalkalicarbonat und -oxiden, Siliziumoxiden und Zinksulfat einen Rückgang der Dermatitis digitalis Erkrankungsrate von 66 % auf 57 % der Tiere (SCHÄFERS, 2010).

### **3.5. Klauenwaschanlagen**

Seit 2008 werden Klauenreinigungsanlagen für den deutschen Markt hergestellt und seit 2009 immer stärker beworben (HAIDN, 2010; PAHLKE, 2010).

Hierbei handelt es sich um Systeme zur Reinigung und Desinfektion von Klauen, um infektiöse Klauenerkrankungen wie Ballenfäule und Dermatitis digitalis positiv zu beeinflussen (PIJL, 2009).

Zum Zeitpunkt dieses Versuchs präsentieren sechs verschiedene Firmen ein Klauenreinigungssystem in deutschen landwirtschaftlichen Fachzeitschriften. Die Preisspanne der 150 bis 980 Kilogramm wiegenden Systeme rangiert zwischen 4850 und 25000 Euro. Diese Firmen sind ClawCare GmbH, Dairy Solutions, DeLaval, Devio AG, Huf&Klaue Vertriebsgesellschaft mbH und Vink Elst BV. Mit Bürsten oder Wasserstrahl, denen bei Bedarf in manchen Systemen ein Reinigungsmittel zugesetzt werden kann, werden die Klauen der Tiere gereinigt. Teilweise kann nach der Reinigung ein Desinfektions- oder Pflegemittel über gesonderte Sprühdüsen aufgebracht werden. Je nach Hersteller sind Optionen wie eine zeitlich versetzte Euterdesinfektion sowie das Besprühen des Rückens mit Insektenschutzmittel oder Wasser integriert. Ein Sensor, größtenteils eine Lichtschranke, registriert das Betreten der Anlage durch ein Tier und aktiviert sie. Durch das Umspülen mit Wasser aus entsprechend ausgerichteten Düsen oder durch rotierende Bürsten sollen Ballen, Zwischenklauenspalt und Hornschuh von Schmutz befreit werden. Eine Säuberung der Anlage von Verschmutzung sollte regelmäßig durchgeführt werden, bei einem Teil der mit Wasser arbeitenden Anlagen ist ein Wasserwechsel nach 100 bis 400 Tieren vorzunehmen (DAIRYSOLUTIONS; DELAVAL; FIEDLER, 2010; HAIDN, 2010).

Zur optimalen Anwendung wird die Anlage vor dem Wartebereich des Melkstandes installiert, so dass die sauberen Klauen Zeit haben abzutrocknen und das aufgebrachte Mittel wirken kann. Eine Klauenwaschanlage stellt somit eine Alternative zum Klauenbad dar (PIJL, 2009).

Veröffentlichte Berichte über die Erfahrungen des ersten Anwenders von verschiedenen Systemen zeigen meist herausragende Ergebnisse im Bezug auf den Rückgang der Inzidenz von Dermatitis digitalis.

2008 berichtet ein Sonderdruck des dlz agrarmagazins von einem Betrieb, der durch den Einsatz eines Klauenhygienesystems eine „bis zu 95 %“ von Dermatitis digitalis befallene Herde durch zweimal tägliches Waschen innerhalb von vier Wochen auf eine Befallsrate von 60 % bringen konnte, nach insgesamt sieben Wochen war die Rate gar auf 0 % gesunken. Die ersten zwei Monate wurde mit einer „Mixtur aus Wasser und einem vom Tierarzt verschriebenen Medikament“ gewaschen (DIERSING-ESPENHORST, 2008).

Pijl berichtete 2009 über seine Erfahrungen, die er durch die halbjährliche Klauenpflege (jeweils zwei Mal 2005, 2008 und 2009) auf einem Hof mit der gleichen Anlage gewinnen konnte. Dabei stellte er bei Tieren mit zwei oder mehr Laktationen eine leichte Verbesserung der Dermatitis digitalis Rate von 17,7 auf 15 % fest. Bei den Erstkalbinnen stieg die Erkrankungsrate jedoch von 35,3 auf 41,2 % an (PIJL, 2009).

2010 fand von Juli bis September im Rahmen einer wissenschaftlichen Projektarbeit eine Hofstudie statt, jedoch wurde auch hier keine Kontrollgruppe geführt. Die anfängliche Befallsrate der untersuchten Tiere lag bei 96 %. Die Klauen wurden acht Wochen lang gewaschen und mit einer 1-7 %igen Wasserstoffperoxid-Silberionen- Lösung besprüht. Nach dieser Zeitspanne waren nur noch drei von 22 untersuchten Tieren leicht befallen, der Rest wies keine klinischen Dermatitis digitalis Symptome mehr auf (DEVIO AG, 2010; PAHLKE, 2010).

Ergebnisse einer Studie am LfL in Grub mit einer Anlage desselben Herstellers ergaben bei einem Betrieb nur mit Wasser keinen Unterschied zwischen der Versuchs- und der Kontrollgruppe im Hinblick auf die Klauensauberkeit und den Befall mit Dermatitis digitalis (HAIDN, 2010). Im Betrieb mit einem 7 %igen Desinfektionsmittel ergab sich innerhalb von 26 Tagen eine 8 Mal höhere Wahrscheinlichkeit für die Tiere der Versuchsgruppe in das Heilungsstadium überzugehen im Vergleich zu den Tieren der Kontrollgruppe.

Die Zeitschrift Agrartechnik Profi stellte eine Anlage mit Bürsten vor die quer zur Laufrichtung unter einem Gitter eingelassen sind und deren Borsten je nach Einstellung 1-4 cm über das Bodengitter hinaus ragen und durch langsames

rotieren die Klauen säubern sollen. In der ersten Versuchsphase wurde drei Monate lang zweimal täglich ohne Zusatzmittel gebürstet, dabei sank die Zahl der Dermatitis digitalis befallenen Tiere von 78 % auf 74 %. In der nächsten Phase, die die gleiche Zeitspanne lang lief, wurden die ersten zwei Wochen zweimal täglich, danach nur noch einmal täglich mit einem Pflegemittel gebürstet, dessen Inhaltsstoffe nicht veröffentlicht wurden. Dabei fiel die Dermatitis digitalis Inzidenz weiter bis auf 46 % der Tiere (ERMENTRAUDT, 2009; SCHÄFERS, 2010; ZÄH, 2010).

Schäfers stellte zudem Daten aus der Praxiserhebung der Milchvieharbeitskreise über eine Klauenspülanlage vor, mit welcher die Dermatitis digitalis-Erkrankungsrate einer Herde durch dreimonatiges Waschen mit einer Klauenbadlösung von 88,5 % auf 60 % reduziert wurde. Des Weiteren konnte in einem anderen Versuch eine Klauensprühanlage, die die Klauen im Melkstand mit einem Sprühnebel aus Tensiden und Probiotika benetzte, die Dermatitis digitalis Inzidenz von 97 % innerhalb von zwei Monaten auf 73 % und nach zwei weiteren Monaten auf 53 % senken (ERMENTRAUDT, 2009; SCHÄFERS, 2010).

### **III. MATERIAL UND METHODEN**

#### **1. Der Betrieb**

##### **1.1. Auswahl des Betriebes**

Es wurde darauf geachtet, die Untersuchung in einem Betrieb durchzuführen, der seine Tiere ausschließlich in einem Laufstall hält, dessen Laufflächen und Liegeboxen einen guten hygienischen Standard vorweisen, welcher jedoch trotzdem Probleme mit Dermatitis digitalis hat. Zudem sollte eine regelmäßige Begutachtung der Klauen einer größeren Tiergruppe möglich sein.

##### **1.2. Betriebsdaten**

Das Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Milchvieh- und Rinderhaltung Achselschwang (LVFZ Achselschwang) besitzt eine Milchviehanlage mit einem modernen Offenstall (Baujahr 2004) in dem 170 Milchkühe der Rassen Braunvieh, Fleckvieh und Rotbunt stehen. Die Tiere sind getrennt in eine Hochleistungsgruppe (Gruppe 1), eine Altmelkende-Gruppe (Gruppe 2) und eine Trockensteher-Gruppe (Gruppe 3). Die Jahresleistung der Herde im Jahr 2009 waren 9548 kg Milch, davon 4,19 % Fett und 3,54 % Eiweiß. Im Jahr 2010 betrug die Jahresleistung 9632 kg Milch, bei 4,15 % Fett und 3,54 % Eiweiß. Für den Versuch wurde die 80 Tiere zählende Hochleistungsgruppe (Gruppe 1) herangezogen.

Die mit einem Kalk-Stroh-Gemisch eingestreuten Liegeboxen wurden täglich gemistet und nachgestreut. In diesem Bereich des Stalles bestanden die Laufflächen aus Beton, während in der Umgebung des Fressgitters und der Tränke Gummimatten ausgelegt waren. Beide Gänge wurden alle zwei Stunden von einem automatischen Mistschieber abgezogen.

Gefüttert wurde zwei Mal täglich eine Totale Mischration (TMR), die auf eine Kuh mit 650 kg Lebendmasse und einer Milchleistung von 35 Litern ausgelegt war. Die TMR bestand aus Heu, Stroh, Sojaextraktionsschrot, Mineralfutter, Energieaufwerter, Getreide, Milchleistungsfutter, Körnermais, Grassilage und Maissilage.

## **2. Klauenwaschanlage**

### **2.1. Technische Daten**

Die verwendete Anlage wurde von der Firma ClawCare GmbH entwickelt. Sie war 2,80 Meter lang, 1,132 Meter breit und es wurde beidseits ein 0,94 Meter hohes Geländer angebracht. Die Wanne selbst war 0,615 Meter breit und 3,8 Zentimeter hoch. Die Einbautiefe betrug 1,5 Zentimeter. Sie benötigte einen  $\frac{3}{4}$  Zoll Wasseranschluss, einen 400V/16Ah Stromanschluss und einen Luftanschluss mit 6 Bar Druck für die Steuerung der Leitungsventile. Die Waschpumpe hatte eine Leistung von 17 m<sup>3</sup> pro Stunde und die Sprühpumpe eine Fördermenge von 150 Litern pro Stunde. Der Stromverbrauch lag bei 3 Kilowatt pro Stunde und der Wasserverbrauch pro Kuh und Durchgang bei 0,3 Litern. Der Grund der Anlage bestand aus einem Gummiboden der Firma Gummiwerk KRAIBURG Elastik GmbH.

### **2.2. Funktionsweise**

Die Klauenwaschanlage wurde von den Herstellern zur dauerhaften maßgeblichen Verbesserung des Hygienestatus im Stall konzipiert. Sie wandten dazu ein zweiphasiges System an. In der ersten Phase wurden Klauen und Klauenspalt von hinten mit Wasser aus Sprühdüsen gereinigt. In der zweiten Phase wurden sie von einem Klauenpflege- oder Desinfektionsmittel durch seitlich angebrachte Düsen im Ausstiegsbereich der Anlage umnebelt. Die Herstellerempfehlung sah eine Wasserstoffperoxid-Verdünnung vor, es hätten jedoch auch alle anderen DLG-geprüften Pflegemittel verwendet werden können.

Das Waschwasser wurde aufgefangen, von einem Filtersystem von den groben Verunreinigungen befreit und wiederverwendet. Da das System nicht zu 100 % geschlossen war wurden im Ansaugbecken des Filters zwei Sensoren angebracht, die bei der Unterschreitung des Minimallevels Wasser bis zum Maximallevel zufließen ließen. Das so gefilterte Wasser wurde im Laufe einer Melkzeit immer trüber, wie in Abbildung 2 erkennbar. Probe Nummer 1 wurde vor der ersten Kuh gezogen, Nummer 2 nach 10, Nummer 3 nach 20, Nummer 4 nach 40 und Nummer 5 nach 80 Kühen.



Abbildung 2: Veränderung des Waschwassers während einer Melkzeit: Die Proben wurden nach 0, 10, 20, 40 und 80 Kühen genommen

Mittels zweier in die Anlage integrierter Antennen und deren Kopplung an die Tiererkennungssoftware des Stalls konnte eine Trennung der Tiere in eine Untersuchungs- und eine Kontrollgruppe bewerkstelligt werden. Betrat ein Tier der Kontrollgruppe die Anlage wurde es anhand seines Transponders am Vorderfuß registriert und die Anlage, die ansonsten im Dauerbetrieb lief, schaltete sich ab. Beim Verlassen der Anlage wurde das Kontrolltier von der zweiten Antenne registriert und die Anlage schaltete wieder an.

### 3. Zeitlicher Rahmen

Die Waschanlage wurde im Oktober 2009 in Betrieb genommen. Die Phase 1 begann am 20.10. und endete am 18.12.2009. Während dieser Phase wurde wöchentlich ein Locomotion Score durchgeführt. Die Begutachtung der Klauen wurde an folgenden Daten durchgeführt:

- |          |  |
|----------|--|
| 17.09.09 | Bestandsaufnahme, Begutachtung der Vorder- und Hinterklauen von 73 Tieren während einer Klauenpflegemaßnahme |
| 14.10.09 | Bestandsaufnahme weiterer der Gruppe 1 zugewiesener 8 Tiere  |
| 29.10.09 | Begutachtung der Hinterklauen  |
| 19.11.09 | Begutachtung der Hinterklauen  |
| 18.12.09 | Abschließende Begutachtung der Hinterklauen während einer Klauenpflegemaßnahme                               |

Aufgrund der tiefen nächtlichen Temperaturen bis zu minus 22 Grad Celsius und einem Frostschaden an der Waschanlage wurde eine Winterpause eingelegt. Die Anfangsbeurteilung der Hinterklauen für die Phase 2 fand am 17.03.2010 statt, so dass die Phase 2 am 26.03.2010 beginnen konnte, als alle Reparaturmaßnahmen, der Einbau der Wasserstoffperoxid-Dosierungs-Pumpe sowie deren Einstellung abgeschlossen waren. Aufgrund der Verzögerung zu Beginn der Phase 2 sowie zwei weiteren mehrtägigen Ausfällen der Waschanlage (03.04.2010 bis 19.04.2010 sowie 11.05.2010 bis 13.05.2010) wurden statt wie geplant 4 Begutachtungen innerhalb von 8 Wochen 5 Begutachtungen über einen Zeitraum von 10 Wochen durchgeführt. Die Begutachtung der Klauen sowie ein Locomotion Score wurde an folgenden Daten durchgeführt:

17. März / 06. April / 23. April / 10. Mai / 25. Mai 2010.

Der ursprüngliche Plan hatte vorgesehen, Phase 3 direkt an Phase 2 anzuschließen. Allerdings gab es in der Zeit vom 31.06.2010 bis zum 01.07.2010 Ausfälle in der Mechanik der Anlage, so dass ein Betrieb mit nachfolgender Pflegemittelapplikation in diesem Zeitraum nur an 16 von insgesamt 36 Tagen möglich war. Die Begutachtung der Hinterklauen, die in diesem Zeitraum stattfand (16.06.2010) wurde deswegen nicht statistisch ausgewertet. Ab dem 01.07.2010 lief die Anlage bis auf zwei Tage durchgehend mit Pflegemittelapplikation bis zum 29.08.2010. Die Begutachtung der Klauen für Phase 3 sowie ein Locomotion Score wurde an folgenden Daten durchgeführt:

08. Juli / 22. Juli / 04. August / 18. August / 01. September 2010.

## **4. Sammeln von Tierdaten**

### **4.1. Beurteilung der Klauen**

#### **4.1.1. Allgemein**

Da in Phase 1 nur drei der 85 während der Erstbeurteilung begutachteten Tiere Dermatitis-digitalis-Läsionen an der Vorderklaue aufwiesen, dagegen bei 47 Tieren Veränderungen an den Hinterklauen vorhanden waren, wurde entschieden in allen weiteren Untersuchungen nur die Hinterklauen zu berücksichtigen.

#### 4.1.2. Beurteilung auf Dermatitis digitalis

Die Hinterklauen wurden adspektorisch sowie palpatorisch beurteilt und fotografiert. Alle Beobachtungen wurden in ein Erfassungsschema nach Döpfer eingetragen, das leicht modifiziert wurde. Dieses quantitative Klassifizierungssystem weist jedem Befund eine Punktzahl zu, die am Ende zu einer Gesamtpunktzahl pro Bein addiert wird. Je höher die Gesamtpunktzahl ausfällt, desto stärker ist die Klaue von Dermatitis digitalis betroffen (Siehe Tabelle 1 Erfassungsschema nach Döpfer). Dabei wird die Läsion zunächst in die Kategorie M1 bis M4 eingeteilt, wobei M für Mortellaro steht und die Nummern 1 bis 4 für den zeitlichen Verlauf des Erkrankungsgeschehens. In der Gruppe M1 werden beginnende Läsionen beschrieben, wobei Döpfer hierbei zusätzlich die Untergruppen M1ba, M1b und M1c unterscheidet. M1b beschreibt granulomatöse, 0,5-4 cm messende rot bis weiß-graue auf Hautebene liegende Läsionen, die nur 2-4 Tage zur Entstehung benötigen. M1c Läsionen können ebenfalls eine granulomatöse Oberfläche aufweisen, sie liegen jedoch 1-2 mm unterhalb der Hautoberfläche, was ihnen ein ausgestanztes Aussehen verleiht. Noch tiefer reichende Läsionen (0,5-1 cm unter Hautebene) deren Durchmesser kleiner als 1 cm ist, werden als M1ba bezeichnet. Diese Unterscheidung wurde in der vorliegenden Untersuchung jedoch nicht gemacht. Alle Läsionen, deren Durchmesser größer als 1 cm maßen und die mindestens 2 mm unterhalb des epithelialen Levels lagen sowie von roter bis rötlich-weißer Farbe waren, wurden als „klassische“ Läsionen der Gruppe M2 zugeteilt. Diese Läsionen können, müssen aber nicht noch zusätzliche Symptome aufweisen wie Schwellung, seröse oder blutige Exsudation, Schmerzhaftigkeit, eine hyperkeratotische Umgebung, verlängertes und/oder abstehendes Haarkleid um den Defekt sowie weitere, in der Tabelle 1 aufgezählte Eigenschaften. Die Gruppe M3 umfasst Läsionen, die sich in Abheilung befinden und deren Oberfläche von einer Kruste bedeckt ist. Darunter wächst meist junges Epithel, es kann aber unter Umständen auch erneut eine M1 Läsion entstehen. Hyperkeratotische, proliferative und granulomatöse Hautveränderungen die auf endemische Bestandssituationen zurückzuführen sind werden als M4 verzeichnet. Diese Läsionen können zusätzlich Exsudation und Druckschmerz aufweisen (DÖPFER, 1994). M0 steht für einen Dermatitis digitalis freien Fuß. In der vorliegenden Arbeit wurden in diese Gruppe auch Veränderungen im Zwischenklauenspalt mit eingeschlossen, deren Aussehen auf Dermatitis digitalis hinwies, die sich aber nicht eindeutig einordnen ließen.

Nummer	zugeteilte Nummer
<b>Tierkennziffer</b>	Betriebsnummer
Klaue	Hinten Links/Hinten Rechts
<b>M1 frühe granulomatöse Form</b>	
M1ba <=1 cm ausgestanzt	0 Punkte
M1b <=2 cm flach	0 Punkte
M1c konkav	0 Punkte
<b>M2 klassische Ulzera</b>	
M2 > 4 cm, Schmerz +	64 Punkte
M2 <= 4 cm, Schmerz +	32 Punkte
M2 Schmerz -	16 Punkte
<b>M3 heilende Stadien (schwarzer Belag)</b>	
M3 jede Größe	2 Punkte
<b>M4 Verdachtsstadien</b>	
M4 > 2 cm	2 Punkte
M4 <= 2 cm	1 Punkt
<b>DD Veränderungen</b>	
M 1-4 > 2 cm, Schmerz +	16 Punkte
M 1-4 <= 2 cm, Schmerz +	8 Punkte
M 1-4 Schmerz -	4 Punkte
<b>Erosionsoberfläche</b>	
Exsudation	4 Punkte
konkave Erosion	2 Punkte
proliferativ-massive Oberfläche	2 Punkte
proliferativ-filamentöse Oberfläche	2 Punkte
rote Erosion	2 Punkte
Schorf (dunkler Belag)	2 Punkte
weiße Erosion	1 Punkt
<b>Hautoberfläche, Horn, Schmerz (Umgebung)</b>	
Oberfläche proliferativ	2 Punkte
Oberfläche verdickt	2 Punkte
weißer epithelialer Rand	2 Punkte
Haut gerötet	2 Punkte
Schwellung im Ballenbereich	2 Punkte
vermehrtes Hornwachstum	2 Punkte
Haare abstehend	2 Punkte
Haare verlängert oder ausgefallen	2 Punkte
Schmerz +	2 Punkte
<b>Zwischenklauenspalt</b>	
Erosion im ZKS, Farbe rot, > 4 cm	16 Punkte
Erosion im ZKS, Farbe rot, > 2-4 cm	8 Punkte
Erosion im ZKS, Farbe rot, <= 2 cm	4 Punkte
Erosion im ZKS	1 Punkt
ZKS nicht normal	1 Punkt

Tabelle 1: Erfassungsschema nach Döpfer (1994) mit zugehörigen Punkten

### 4.1.3. Beurteilung auf andere Klauenerkrankungen

Während der regelmäßigen Begutachtung der Hinterklaue wurden zudem folgende Krankheiten erfasst:

- Erosio unguulae
- Dermatitis interdigitalis
- Limax
- Zwischenzehenphlegmone

Zusätzlich wurden bei jeder stattfindenden Klauenpflegemaßnahme die Klauen auf folgende weitere typische Erkrankungen beurteilt:

- Rusterholzsche Sohlengeschwüre (Oberflächliches RSG, Perforierendes RSG)
- Klauenrehe
- White Line Disease
- Sohlenspitzeneschwür
- Sohlenblutung

### 4.2. Locomotion Score

Um eine Übersicht über den generellen Zustand der Herde zu behalten wurde in regelmäßigen Abständen ein Locomotion Score nach Sprecher et al. durchgeführt. Dabei werden die Tiere beim Austreten aus dem Melkstand beobachtet und anhand einer möglichen Rückenkrümmung, der Kopfhaltung beim Gehen und des Auftretens benotet. Das Notenspektrum geht von Eins (normal, nicht lahm) bis Fünf (schwer lahm) (SPRECHER et al., 1996).

In der Phase 1 wurde wöchentlich ein Locomotion Score durchgeführt.

In den Phasen 2 und 3 wurde ein Locomotion Score nur noch mit jeder Klauenbegutachtung erstellt. Die Entscheidung zur Reduktion der Termine wurde auf Basis einer Kosten-Nutzen-Analyse der in der Phase 1 gesammelten Daten getroffen.

## **5. Wasserproben**

In jeder Phase wurden Wasserproben gezogen, um die generelle Verunreinigung des Waschwassers mit Bakterien zu beurteilen. Dafür wurde die Anlage vor Beginn der Melkzeit vollständig entleert und mit frischem Wasser befüllt. Folgende Proben wurden jeweils entnommen:

- Direkt nach dem Wechseln des Wassers in der Anlage
- Nach der 8. oder 10. Kuh, die die Anlage durchschreitet
- Nach der 16. oder 20. Kuh, die die Anlage durchschreitet
- Nach der 40. Kuh, die die Anlage durchschreitet
- Nach der 80. Kuh, die die Anlage durchschreitet

Dabei wurde wie folgt vorgegangen:

Mittels eines Plastikhenkels wurde das Probegefäß aus der sterilen Verpackung entnommen. Das Gefäß wurde entlang des Flüssigkeitsspiegels des Pumpentrogges eingetaucht, wobei darauf geachtet wurde, dass dies nicht zu einem Zeitpunkt geschah, in dem frisches Wasser dem Trog zugeleitet wurde. Das fast volle Gefäß wurde mit seinem Drehdeckel verschlossen ohne den Gefäßrand und die Innenseiten zu berühren. Dann wurde der Henkel wie vorgesehen abgebrochen und die Probe mit Nummer, Tierzahl und Wassertemperatur beschriftet. Zusätzlich wurde ein Probenprotokoll angefertigt, in das Probennummer, Tierzahl, Wassertemperatur, Datum und Uhrzeit eingetragen wurden. Die Proben wurden mit Kühlelementen in einem Behälter aus Polystyrolschaumstoff sofort verschickt, so dass sie am nächsten Tag von der MLUA Oranienburg e.V. ausgewertet werden konnten.

Die Wasserproben wurden am 05.01.2010 für die Phase 1, am 27.05.2010 für die Phase 2 und am 19.08.2010 für die Phase 3 gezogen.

## **6. Einteilung der Tiere**

### **6.1. Einteilung in die Gruppen**

Jedem Tier wurde bei der Anfangsbeurteilung eine fortlaufende Nummer zugeteilt und sein Klauengesundheitsstatus erfasst. Um eine gleichmäßige Verteilung klauengesunder und klauenkranker Tiere zu erhalten, wurden die Tiere zunächst

in 5 Gruppen eingeteilt (klauengesund, M1, M2, M3, M4 (Einteilung der Läsion nach Döpfer))

Für die Phase 1 wurden aus jeder Gruppe jeweils zufällig nach dem Losverfahren gleich viele Tiere der Versuchs- und Kontrollgruppe zugeordnet. Hierfür wurden die Tiernummern ausgedruckt, ausgeschnitten und in die 5 oben genannten Gruppen eingeteilt. Aus diesen Gruppen wurden nacheinander die Zettel abwechselnd blind der Versuchs- und der Kontrollgruppe zugeteilt.

Für die Phase 2 wurden die Tiere aus jeder Gruppe per Würfelwurf der Versuchs- und Kontrollgruppe zugeordnet.

Für die Phase 3 wurden die Tiere zusätzlich zur Aufteilung in die 5 Gruppen in Anlehnung an Manske et al. nach Alter, letztem Abkalbedatum und Rasse geordnet und mit einem Flip-of-coin-start abwechselnd den 2 Gruppen zugeteilt (MANSKE et al., 2002).

Alle drei Methoden ermöglichen eine zufriedenstellende zufällige Aufteilung der Tiere in zwei Gruppen, wobei bei digital vorhandenem Datensatz der Tierdaten letzterer Methode der Vorzug zu geben wäre.

## **6.2. Verfahren mit Zu- und Abgänge**

Zu Beginn jeder Phase wurden die Tiere auf ihren Klauengesundheitsstatus beurteilt und gleichmäßig auf beide Gruppen aufgeteilt. Hierbei wurde ihnen eine fortlaufende Versuchsnummer zugewiesen. Während der Versuchsphasen wurden keine neuen Tiere in die Dokumentation aufgenommen. Bei Tieren, die während einer Phase aus der Gruppe ausschieden, wurde der Grund dokumentiert. Die jeweilige Tiernummer wurde nicht neu vergeben.

## **7. Datenerfassung und Verarbeitung**

### **7.1. Erfassung der Klauendaten**

Während der Phase 1 wurden die im Normalfall während einer Klauenpflegemaßnahme zu erfassenden Klauenkrankheiten mittels eines Touch-Screen-Computers und des Programms „Projekt Klaue stationär“ der Firma dsp-Agrosoft aufgezeichnet. Die Beurteilung der Dermatitis digitalis Läsionen sowie der Locomotion Score wurden handschriftlich festgehalten und später digitalisiert.

Die Erfassungsbögen wurden ausgewertet wie von Döpfer 1994 beschrieben (DÖPFER, 1994). Hierbei konnte auf ein Programm namens RP KlauenBonitur zurückgegriffen werden, das vom Institut für Landtechnik und Tierhaltung in Grub freundlicherweise zur Verfügung gestellt worden war. Dieses Programm weist den eingegebenen Befunden die entsprechenden Punkte nach Tabelle 1 Erfassungsschema nach Döpfer zu und erstellt daraus eine Tabelle.

In den Phasen 2 und 3 wurden die Befunde direkt über den Touch-Screen-Computer in das Programm RP KlauenBonitur eingetragen.

## **7.2. Statistische Methoden**

Die Analysen basierten auf der Frage: Gibt es einen signifikanten Einfluss der Klauenwaschanlage auf die Klauengesundheit? Die Gesundheitslevel beider Gruppen wurde auf Herdenebene betrachtet.

Hierfür wurden drei verschiedenen Datensätze ausgewertet:

Aus den ermittelten Locomotion-Score-Werten der einzelnen Tiere wurde ein Durchschnittswert für Versuchs- und Kontrollgruppe ermittelt. Abweichende Werte wurden mit dem Mann-Whitney U Test auf Signifikanz untersucht.

Der Mann-Whitney-U Test ist ein nicht parametrischer Test, welcher zwei unabhängige Stichproben, wie hier die Locomotion-Score Werte der Versuchs- und der Kontrollgruppe, bei einer nicht vorhandenen Normalverteilung des Datensatzes durch Zuweisung von Rangplätzen miteinander vergleicht.

Des Weiteren wurden die Läsionstypen (M1, 2, 3 oder 4) betrachtet. Die Anzahl der verschiedenen Läsionen beider Gruppen zu jedem Untersuchungszeitpunkt wurden miteinander verglichen. Dafür wurden sie der Anzahl der gesunden Klauen gegenübergestellt und mittels Chi-Quadrat Test ausgewertet. Zudem wurde die Gesamtzahl offener Läsionen (durch Zusammenfassung von M1, M2 und M4 Läsionen) beider Gruppen auf die gleiche Weise betrachtet.

Als Drittes wurden die Punkte, die jede Läsion aufgrund ihrer Wertigkeit bekam ausgewertet. Hierfür wurde die Anzahl der Döpferpunkte der Versuchs- und der Kontrollgruppe verglichen. Nachdem auch die Döpferpunkte keine Normalverteilung aufwiesen (siehe Kapitel V, Abbildungen 5, 9 und 13) und daher eine ordinalskalierte und keine kontinuierliche Variable darstellen, wurde mit dem der Mann-Whitney-U Test ein nicht-parametrisches statistisches

Verfahren angewandt.

In der Auswertung wurden folgende Werte aufgeführt:

Wilcoxon-W ist die Rangsumme, aufgrund derer der U Wert berechnet wurde. Da die Stichprobenanzahl relativ groß war, wurde der U-Wert in den Z-Wert überführt. Aus diesen Testergebnissen wurde die asymptotische Signifikanz bestimmt. Werte  $\leq 0,05$  bedeuten in dem Fall einen signifikanten Unterschied der Döpferpunkte zwischen der Versuchs- und der Kontrollgruppe. Ein signifikanter Unterschied zwischen trockenen und gewaschenen Klauen hätte für einen Effekt der Waschung gesprochen und demzufolge praktische Bedeutung aufgewiesen.

## **IV. VERSUCHSABLAUF**

### **1. Phase 1**

#### **1.1. Verlauf**

Die Klauenwaschanlage lief in der Phase 1 vom 20.10.-18.12.2009. Vom 15.-18.11.2009 stand die Anlage still, da das Siebband gerissen war und ersetzt werden musste. Am 18.12.2010 musste der Versuch 2 Tage früher als geplant beendet werden da die Temperaturen über Nacht auf minus 22 Grad gesunken waren und das Wasser in der Anlage gefror. Somit lief die Anlage 55 Tage lang mit 4 Tagen Unterbrechung dazwischen.

#### **1.2. Anzahl der Tiere**

Vor Beginn der Phase 1 wurden am 17.09.2009 73 Tiere während einer Klauenpflegemaßnahme erstbeurteilt. Von diesen Tieren waren bis zum 14.10.09 noch 70 Tiere in der Hochleistungsgruppe (Gruppe 1), zwei waren zu den Niedrigleistenden in die Gruppe 2 umgestallt worden und eines verkauft, so dass zu diesem Termin noch neun Tiere geschnitten und beurteilt wurden, davon sechs neue Tiere und drei Tiere, bei denen aus der vorherigen Beurteilung noch Daten ergänzt werden mussten, so dass Versuchs- und Kontrollgruppe zu Anfang jeweils 38 Tiere zählten.

Am Ende der Phase 1 waren insgesamt 67 Tiere übrig, davon 35 in der Versuchs- und 32 in der Kontrollgruppe. In der Versuchsgruppe waren ein Tier verkauft worden und zwei Tiere in die Gruppe 2 umgestallt worden. In der Kontrollgruppe waren zwei Tiere verkauft und vier in die Gruppe 2 umgestallt worden

### **2. Phase 2**

#### **2.1. Wasserstoffperoxid-Konzentration**

Am 26.03.2010 wurde nach mündlicher Absprache mit dem Hersteller sowie mit Dr. Andrea Fiedler die Konzentration von Wasserstoffperoxid in der Anlage auf 0,02 % festgelegt. Dafür wurde dem Waschwasser über eine Pumpe eine 2 %ige Wasserstoffperoxid-Lösung zugeführt, und zwar pro 2,599 Liter Wasser 0,033

Liter Lösung. Das zur Herstellung einer 2 %igen Wasserstoffperoxid-Lösung benötigten Mischungsverhältnis berechnet sich wie folgt:

Ausgangswerte:

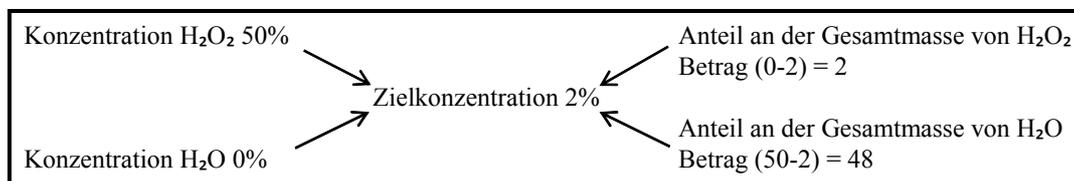
H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: Konzentration 50 %, Dichte 1,198g/ml

H<sub>2</sub>O: Konzentration 0 %, Dichte 1g/ml

Benötigte Endkonzentration: 2 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Volumen ca. 30l

Für die Endverdünnung wurde näherungsweise eine Dichte von 1g/ml vorausgesetzt.

1. Schritt: Erstellung eines Mischkreuzes



2. Schritt: Umrechnen der Masse in Volumen mittels der Dichte

H<sub>2</sub>O: 48g:1g/ml=48ml

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 2g:1,198g/ml=1,669ml

3. Schritt: Ermittlung der gesuchten Masse

Formel:

$$\frac{\text{gewünschte Masse}}{\text{Teile Mischung insg}} = \frac{\text{gesuchte Masse}}{\text{Teile Lösung}}$$

$$\text{H}_2\text{O: } \frac{30 \text{ l}}{50 \text{ ml}} = \frac{x \text{ l}}{48 \text{ ml}} \quad x = 28,8 \text{ l}$$

$$\text{H}_2\text{O}_2: \frac{30 \text{ l}}{50 \text{ ml}} = \frac{x \text{ l}}{1,669 \text{ ml}} \quad x = 11 \text{ l}$$

Ergebnis: Um ca. 30 Liter einer 2 %igen Wasserstoffperoxid-Lösung zu erhalten muss man einen Liter 50 %iges Wasserstoffperoxid und 28,8 Liter Wasser mischen.

Die fehlenden 0,2 Liter sind vernachlässigbar, da gewisse Konzentrationschwankungen von 0,1 % aufgrund der Zubereitung der Lösung mittels eines 30 Liter Kanisters ohne Eichstrich und einem 500 ml fassenden Messbecher unvermeidbar waren.

Zu Beginn gab es noch Probleme beim Anschalten der Chemiepumpe. Eigentlich sollten pro drei Sekunden Frischwasserzulauf eine Sekunde lang die Wasserstoffperoxid-Lösung hinzugefügt werden. Dies geschah allerdings nicht bei der Auffüllung der Anlage zu Beginn der Melkzeit, hier schaltete die Chemiepumpe nur einmal für eine Sekunde an. Dies bedeutete eine niedrigere Konzentration von Wasserstoffperoxid für die ersten Tiere. Dennoch wurde mit der Phase 2 begonnen und am nächsten Tag konnte das Problem durch umprogrammieren der Gerätesoftware gelöst werden.

## **2.2. Verlauf**

Am 17.03. 2010 wurde die Erstbeurteilung der Tiere für die Phase 2 durchgeführt. Am 19. 03.2010 wurde der aus der ersten Phase beschädigte Boden ersetzt und ein neues Siebband eingespannt. Der neue Boden brach während der nächsten Melkzeit, so dass der Beginn der zweiten Phase bis zum 26. 03.2010 verzögert wurde.

Während der Phase 2 stand die Anlage von 03.-09.04.2010, da das Siebband gerissen war. Auch nach der Reparatur wurden die groben Schmutzpartikel nicht mehr vollständig gefiltert, so dass das Sieb vor der Ansaugpumpe vom 10.-20.04.2010 täglich manuell gereinigt werden musste.

Vom 11.-12.04.2010 stand die Anlage ebenfalls für zwei Tage still.

Die Phase 2 dauerte vom 26.03.-25.05.2010, in diesem Zeitraum lief die Anlage 52 Tage lang, mit zwei Unterbrechungen von sieben und zwei Tagen.

## **2.3. Anzahl der Tiere**

Am 17.03.2010 wurden 77 Tiere beurteilt, davon wurden 47 Tiere der Versuchsgruppe zugeteilt und 30 Tiere der Kontrollgruppe. Von den Tieren der Versuchsgruppe wurde eines noch am Tag der Beurteilung wegen inneren Blutungen geschlachtet, und zwei andere wurden in die Gruppe 2 umgestellt, so dass 44 Tiere in der Versuchsgruppe übrig blieben.

Bei der Abschlussbeurteilung am 25.05.2010 waren in der Versuchsgruppe noch 31 Tiere übrig und in der Kontrollgruppe 28 Tiere. Davon waren 10 Tiere der Versuchs- und zwei der Kontrollgruppe in die Gruppe 2 umgestallt worden, und vier Tiere der Versuchsgruppe verkauft worden. Die hohe Anzahl an Tierverkäufen wurde bedingt durch die Vorbereitung der Herde auf einen anderen Versuch, der im Anschluss nach den Versuchen mit der Klauenwaschanlage stattfinden sollte.

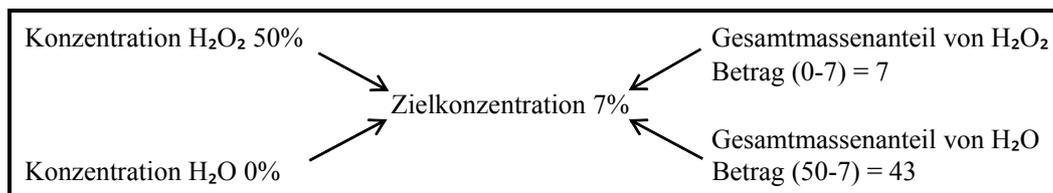
### 3. Phase 3

#### 3.1. Verlauf

Am 01.07.2010 waren alle technischen Voraussetzungen zum Betrieb der Waschanlage mit nachfolgender Applikation der 7%igen Wasserstoffperoxid-Lösung erfüllt. Für die 7%ige Lösung wurde 3 Liter der 50%igen Wasserstoffperoxid-Lösung mit 22 Litern Wasser in einem 25 Liter Kanister gemischt.

Die Rechnung ist folgende:

##### 1. Schritt: Erstellung eines Mischkreuzes



##### 2. Schritt: Umrechnen der Masse in Volumen mittels der Dichte

$$\text{H}_2\text{O}_2 \text{ 50\%: } 7\text{g}:1,198\text{g/ml} = 5,834\text{ml}$$

$$\text{H}_2\text{O}_2 \text{ 7\%: } 50\text{g}:1,0842\text{g/ml} = 46,117\text{ml}$$

##### 3. Schritt: Ermittlung der gesuchten Masse

$\text{H}_2\text{O: } \frac{23,5 \text{ l}}{46,117 \text{ ml}} = \frac{x \text{ l}}{43 \text{ ml}} \quad x = 21,911$
$\text{H}_2\text{O}_2: \frac{23,5 \text{ l}}{46,117 \text{ ml}} = \frac{x \text{ l}}{5,843 \text{ ml}} \quad x = 2,981$

Am 08.07.2010 verstopften die Düsen zur Applikation der Wasserstoffperoxid-Lösung, sie wurden am nächsten Tag wieder Instand gesetzt. Zwischen dem 05.-09.07.2010 sowie zwischen dem 12.-16.07.2010 konnte die Anlage nur bedingt waschen, da der Wasserdruck in den Leitungen zu niedrig war.

In der Phase 3 lief die Anlage vom 01.07.-01.09.2010 62 Tage lang, mit einer eintägigen Pause und zwei Phasen von jeweils 5 Tagen, an denen sie nur bedingt waschen konnte.

### **3.2. Anzahl der Tiere**

Da der Beginn der Phase 3 direkt im Anschluss an den Abschluss der Phase 2 geplant war, wurden die Tiere bereits nach ihrer Beurteilung am 25.05.2010 in Gruppen eingeteilt. Tiere, die bis zum 01.07.2010 zur Herde dazu kamen wurden automatisch in die Versuchsgruppe eingestuft, da die Tiererkennungssoftware bei allen Tieren außer den markierten Kontrolltieren eine Waschung veranlasste. Bei der Anfangsbeurteilung der Phase 3 am 01.07.2010 waren 39 Tiere in der Versuchsgruppe und 27 Tiere in der Kontrollgruppe. Davon waren bei der Endbeurteilung am 01.09.2010 noch 29 Tiere in der Versuchs- und 22 Tiere in der Kontrollgruppe übrig. Davon war ein Tier aus der Kontrollgruppe wegen einer Schulterverletzung zum Schlachten gegeben worden, alle anderen Tiere aus Versuchs- und Kontrollgruppe waren in die Gruppe 2 umgestellt worden.

## **V. ERGEBNISSE**

Für alle statistischen Untersuchungen wurde eine Signifikanz bei  $p \leq 0,05$  festgelegt.

### **1. Phase 1**

#### **1.1. Dermatitis digitalis**

##### **1.1.1. Läsionstypen**

Die Dermatitis digitalis Läsionen wurden in beginnende, klassische, abheilende und Verdachtsstadien unterteilt. Die Prävalenz dieser Stadien wurde verglichen, sowohl zwischen der Versuchs- und der Kontrollgruppe, sowie innerhalb einer Gruppe zwischen den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten.

In der Phase 1 unterschied sich das Vorkommen der verschiedenen Läsionen in Versuchs- und Kontrollgruppe nur wenig. Abbildung 3 und Abbildung 4 zeigen das Vorkommen der verschiedenen Dermatitis digitalis Klassen in der Versuchs- und der Kontrollgruppe zu den vier Untersuchungszeitpunkten. Da sich die y-Achse auf die Anzahl der Tiere in der jeweiligen Gruppe bezieht, wurden bei Tieren, die an beiden Hinterbeinen von Dermatitis digitalis betroffen waren jeweils nur die schwerere Läsion gezählt, hierbei wurde die Rangwertigkeit wie bei Döpfer, 1994 gestaffelt:  $M2 > M4 > M3 > M1$ .

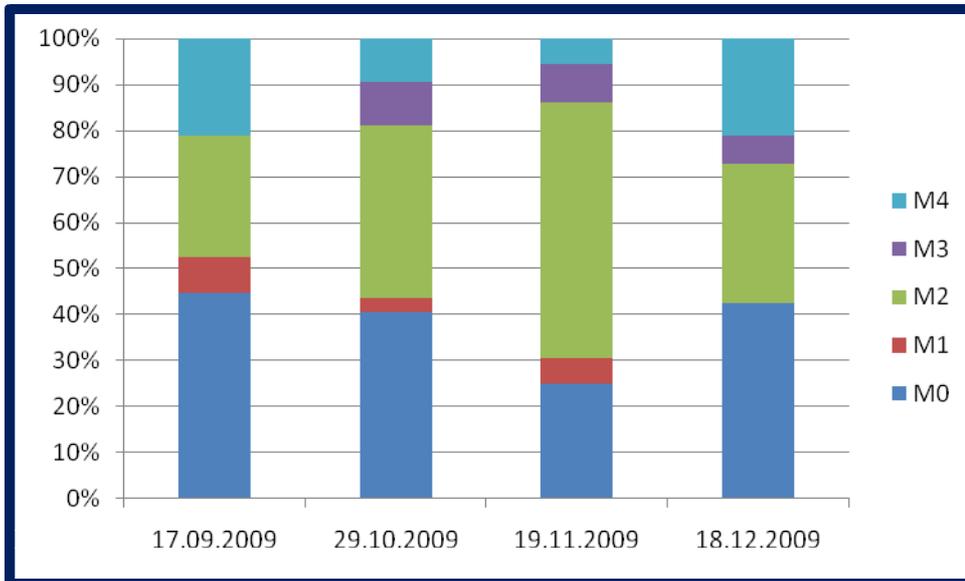


Abbildung 3 Phase 1: Verteilung der Läsionen in der Versuchsgruppe  
 Wenn ein Tier an beiden Beinen betroffen war wurde hier nur die schwerere Läsion dargestellt, dabei ist nach Döpfer 1994  $M2 > M4 > M3 > M1$

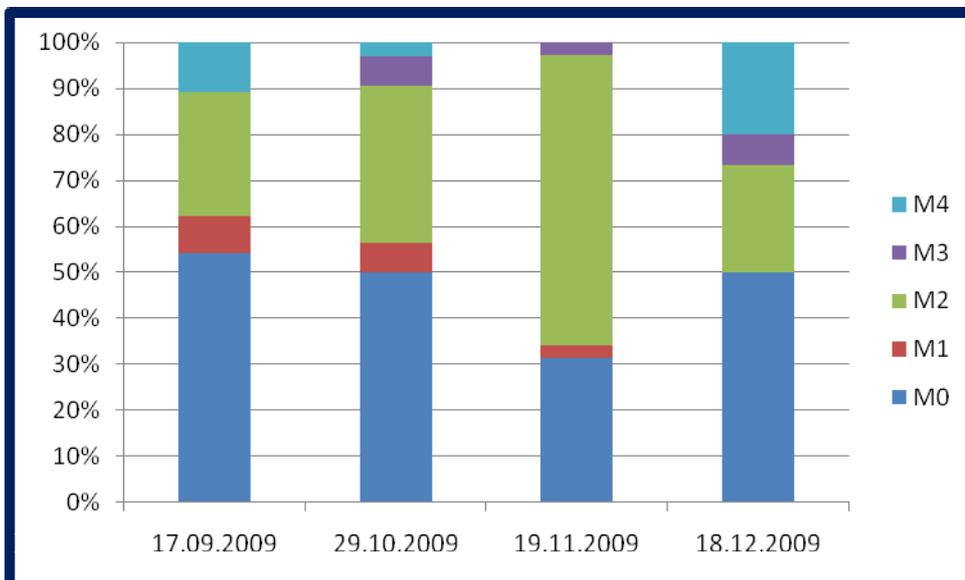


Abbildung 4 Phase 1: Verteilung der Läsionen in der Kontrollgruppe  
 Wenn ein Tier an beiden Beinen betroffen war wurde hier nur die schwerere Läsion dargestellt, dabei ist nach Döpfer 1994  $M2 > M4 > M3 > M1$

### 1.1.1.1. M1 – beginnende Läsionen

Die Prävalenz der beginnenden Läsionen unterschied sich zu keinem Untersuchungszeitpunkt signifikant, sowohl zwischen Versuchs und Kontrollgruppe, wie die p – Werte in Tabelle 2 zeigen, als auch zwischen den Untersuchungszeitpunkten (Tabelle 3).

Anzahl M1	frei	M1 gesamt	einseitig	Beidseitig	Gesamtzahl	p mit 2 Ausprägungen
17.09.2009	69	6	5	1	75	
Versuch	35	3	3		38	
Kontrolle	34	3	2	1	37	p=1,0
29.10.2009	60	4	4		64	
Versuch	30	2	2		32	
Kontrolle	30	2	2		32	p=1,0
19.11.2009	65	6	6		71	
Versuch	33	3	3		36	
Kontrolle	32	3	3		35	p=1,0
18.12.2009	60	3	3		63	
Versuch	31	2	2		33	
Kontrolle	29	1	1		30	p=1,0

Tabelle 2 Phase 1: Vergleich beginnender Läsionen der Versuchs- und Kontrollgruppe frei – frei von Mortellaroscher Erkrankung M1

M1 gesamt – Gesamtzahl der Tiere mit Stadium M1

einseitig / beidseitig – Hautläsionen einseitig bzw. beidseitig

Gesamtzahl – aller Tiere bzw. der Versuchs- und Kontrollgruppe

p mit 2 Ausprägungen – Ergebnis des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung der

Irrtumswahrscheinlichkeit für Merkmale frei von Stadium M1 – betroffen von Grad M1

Zeitpunkt	Versuch	Kontrolle
1-2	p=1,0	p=1,0
1-3	p=1,0	p=1,0
1-4	p=1,0	p=0,622
2-3	p=1,0	p=1,0
2-4	p=1,0	p=1,0
3-4	p=1,0	p=0,618

Tabelle 3 Phase 1: Ergebnisse des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung von Unterschieden zwischen den Zeitpunkten im Vorkommen von beginnenden Läsionen innerhalb der Versuchs- und der Kontrollgruppe

### 1.1.1.2. M2 - klassische Läsionen

Bei dem Vergleich der Prävalenz der klassischen Läsionen zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe gab es zu keinem Zeitpunkt einen signifikanten Unterschied (siehe Tabelle 4). Bei dem Vergleich zwischen den Zeitpunkten (Tabelle 5) gab es sowohl innerhalb der Versuchs- als auch innerhalb der Kontrollgruppe einen signifikanten Unterschied zwischen dem Untersuchungszeitpunkt 1 und 3. Zusätzlich gab es in der Kontrollgruppe einen signifikanten Unterschied zwischen den Zeitpunkten 2 und 3 und zwischen den Zeitpunkten 3 und 4.

Anzahl M2	frei	M2 gesamt	einseitig	Beidseitig	Gesamtzahl	p mit 2 Ausprägungen
17.09.2009	55	20	18	2	75	
Versuch	28	10	10		38	
Kontrolle	27	10	8	2	37	p=0,848
29.10.2009	41	23	18	5	64	
Versuch	20	12	12		32	
Kontrolle	21	11	6	5	32	p=1,0
19.11.2009	29	42	21	21	71	
Versuch	16	20	12	8	36	
Kontrolle	13	22	9	13	35	p=0,701
18.12.2009	46	17	13	4	63	
Versuch	23	10	7	3	33	
Kontrolle	23	7	6	1	30	p=0,735

Tabelle 4 Phase 1: Vergleich klassischer Läsionen der Versuchs- und Kontrollgruppe frei – frei von Mortellaroscher Erkrankung M2  
M2 gesamt – Gesamtzahl der Tiere mit Stadium M2  
einseitig / beidseitig – Hautläsionen einseitig bzw. beidseitig  
Gesamtzahl – aller Tiere bzw. der Versuchs- und Kontrollgruppe  
p mit 2 Ausprägungen – Ergebnis des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung der Irrtumswahrscheinlichkeit für Merkmale frei von Stadium M2 – betroffen von Grad M2

Zeitpunkt	Versuch	Kontrolle
1-2	p=0,456	p=0,690
1-3	<b>p=0,020</b>	<b>p=0,005</b>
1-4	p=0,914	p=0,950
2-3	p=0,213	<b>p=0,037</b>
2-4	p=0,726	p=0,498
3-4	p=0,061	<b>p=0,003</b>

Tabelle 5 Phase 1: Ergebnisse des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung von Unterschieden zwischen den Zeitpunkten im Vorkommen von klassischen Läsionen innerhalb der Versuchs- und der Kontrollgruppe

### 1.1.1.3. M3 – abheilende Läsionen

Wie in Tabelle 6 ersichtlich unterschieden sich die abheilenden Läsionen zu keinem Zeitpunkt signifikant in ihrer Prävalenz. Innerhalb der einzelnen Gruppen ergab sich bei dem Vergleich von Zeitpunkt 1 und 2 in beiden Gruppen ein signifikanter Unterschied, außerdem in der Kontrollgruppe zwischen den Zeitpunkten 1 und 4 und zwischen 2 und 3 (Tabelle 7).

Anzahl M3	frei	M3 gesamt	einseitig	beidseitig	Gesamtzahl	p mit 2 Ausprägungen
17.09.2009	74	1	1		75	
Versuch	37	1	1		38	
Kontrolle	37				37	p=1,0
29.10.2009	51	13	11	2	64	
Versuch	23	9	8	1	32	
Kontrolle	28	4	3	1	32	p=0,213
19.11.2009	64	7	6	1	71	
Versuch	31	5	4	1	36	
Kontrolle	33	2	2		35	p=0,429
18.12.2009	56	7	4	3	63	
Versuch	30	3	2	1	33	
Kontrolle	26	4	2	2	30	p=0,7

Tabelle 6 Phase 1: Vergleich abheilender Läsionen der Versuchs- und Kontrollgruppe frei – frei von Mortellaroscher Erkrankung M3

M3 gesamt – Gesamtzahl der Tiere mit Stadium M3

einseitig / beidseitig – Hautläsionen einseitig bzw. beidseitig

Gesamtzahl – aller Tiere bzw. der Versuchs- und Kontrollgruppe

p mit 2 Ausprägungen – Ergebnis des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung der

Irrtumswahrscheinlichkeit für Merkmale frei von Stadium M3 – betroffen von Grad M3

Zeitpunkt	Versuch	Kontrolle
1-2	<b>p=0,004</b>	<b>p=0,04</b>
1-3	p=0,103	p=0,233
1-4	p=0,331	<b>p=0,035</b>
2-3	p=0,251	<b>p=0,042</b>
2-4	p=0,097	p=1,0
3-4	p=0,712	p=0,403

Tabelle 7 Phase 1: Ergebnisse des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung von Unterschieden zwischen den Zeitpunkten im Vorkommen von abheilenden Läsionen innerhalb der Versuchs- und der Kontrollgruppe

#### 1.1.1.4. M4 – Dermatitis digitalis verdächtige Läsionen

Die Läsionen, die Dermatitis digitalis verdächtig waren unterschieden sich nicht in ihrer Prävalenz zwischen der Versuchs- und der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 8). Im Vergleich der einzelnen Gruppen zwischen den Zeitpunkten in Tabelle 9 ergab sich ein signifikanter Unterschied in der Kontrollgruppe zwischen den Zeitpunkten 1 und 3, 2 und 4 sowie zwischen den Zeitpunkten 3 und 4.

Anzahl M4	frei	M4 gesamt	einseitig	beidseitig	Gesamtzahl	p mit 2 Ausprägungen
17.09.2009	59	16	12	4	75	
Versuch	28	10	7	3	38	
Kontrolle	31	6	5	1	37	p=0,432
29.10.2009	59	5	5		64	
Versuch	28	4	4		32	
Kontrolle	31	1	1		32	p=0,355
19.11.2009	66	5	5		71	
Versuch	31	5	5		36	
Kontrolle	35				35	p=0,053
18.12.2009	48	15	8	7	63	
Versuch	24	9	4	5	33	
Kontrolle	24	6	4	2	30	p=0,703

Tabelle 8 Phase 1: Vergleich verdächtiger Läsionen der Versuchs- und Kontrollgruppe frei – frei von Mortellaroscher Erkrankung M4

M4 gesamt – Gesamtzahl der Tiere mit Stadium M4

einseitig / beidseitig – Hautläsionen einseitig bzw. beidseitig

Gesamtzahl – aller Tiere bzw. der Versuchs- und Kontrollgruppe

p mit 2 Ausprägungen – Ergebnis des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung der

Irrtumswahrscheinlichkeit für Merkmale frei von Stadium M4 – betroffen von Grad M4

Zeitpunkt	Versuch	Kontrolle
1-2	p=0,254	p=0,113
1-3	p=0,298	<b>p=0,025</b>
1-4	p=0,859	p=0,935
2-3	p=1,0	p=0,478
2-4	p=0,239	<b>p=0,050</b>
3-4	p=0,280	<b>p=0,007</b>

Tabelle 9 Phase 1: Ergebnisse des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung von Unterschieden zwischen den Zeitpunkten im Vorkommen verdächtiger Läsionen innerhalb der Versuchs- und der Kontrollgruppe

### 1.1.2. Punkte nach Döpfer

Die Auswertung der Punkte nach Döpfer erfolgte mittels Mann-Whitney-U Test. Die Bedeutung der in Tabelle 10 aufgeführten Zwischenschritte sind im Kapitel Material und Methoden, Unterkapitel Statistische Methoden erläutert.

Zusätzlich wurde auf die Punkte nach Döpfer ein gemischtes Model in SAS angewandt, wobei auf Tierebene ausgewertet wurde. Hierbei wurde bei einer beidseitigen Erkrankung der höhere Score-Wert verwendet, und der niedrigere Wert wurde als Variable eingefügt. Da diese Methode jedoch keine anderen Ergebnisse brachte wird hier nicht näher darauf eingegangen.

Messung		DPunkte
1,00	Mann-Whitney-U	660,500
	Wilcoxon-W	1363,500
	Z	-,480
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,631
2,00	Mann-Whitney-U	474,000
	Wilcoxon-W	1002,000
	Z	-,536
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,592
3,00	Mann-Whitney-U	593,000
	Wilcoxon-W	1259,000
	Z	-,431
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,667
4,00	Mann-Whitney-U	448,500
	Wilcoxon-W	913,500
	Z	-,674
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,500

a. Gruppenvariable: Gruppe

Tabelle 10 Phase 1: Statistische Auswertung der Punkte nach Döpfer  
Messung – Untersuchungszeitpunkt und verwendete statistische Verfahren  
DPunkte – Ergebnis des jeweiligen statistischen Verfahrens

Es gab folglich keine Unterschiede zwischen den trockenen und gewaschenen Klauen in der Anzahl der Punkte nach Döpfer zu keinem Zeitpunkt (Zeitpunkt 1:  $p=0,631$ ; Zeitpunkt 2:  $p=0,592$ ; Zeitpunkt 3:  $p=0,667$ ; Zeitpunkt 4:  $p=0,500$ ). In Abbildung 5 ist die Verteilung der Punktesummen zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten in Versuchs- und Kontrollgruppe dargestellt.

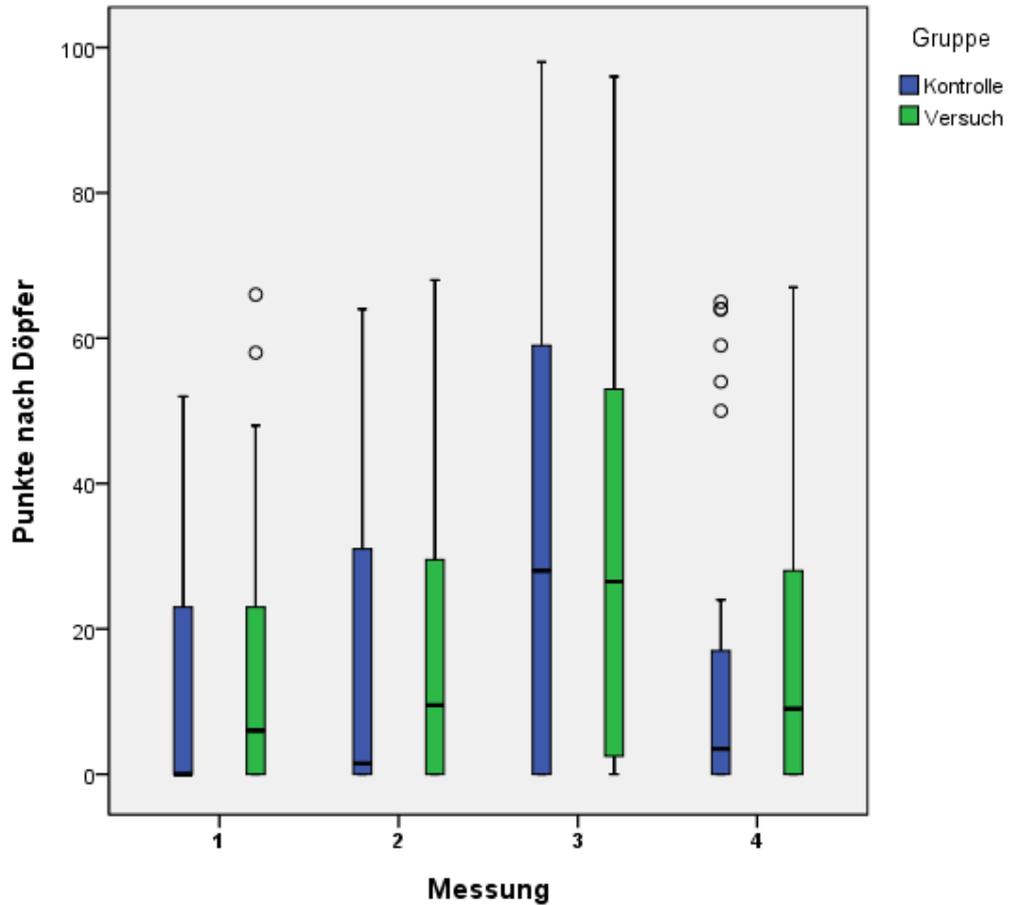


Abbildung 5 Phase 1: Verteilung der Punktesummen nach Döpfer zu den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten 1-4

## 1.2. Locomotion Score

In der Phase 1 gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den mittleren Locomotion Score Werten der Versuchs- und der Kontrollgruppe, die in Abbildung 6 dargestellt sind. Vor Beginn der Untersuchung sowie am 18.12.2009 wurde eine Klauenpflegemaßnahme durchgeführt. Für die Untersuchungen bei denen sich der Mittelwert von Versuchs- und Kontrollgruppe sichtlich unterschied wurde ein Man Whitney U Test mit allen Locomotion Score Daten der Tiere an diesem Tag durchgeführt. Für die Werte vom 22.10. war  $p = 0,1187$  und für die vom 17.12. war  $p = 0,2227$ .

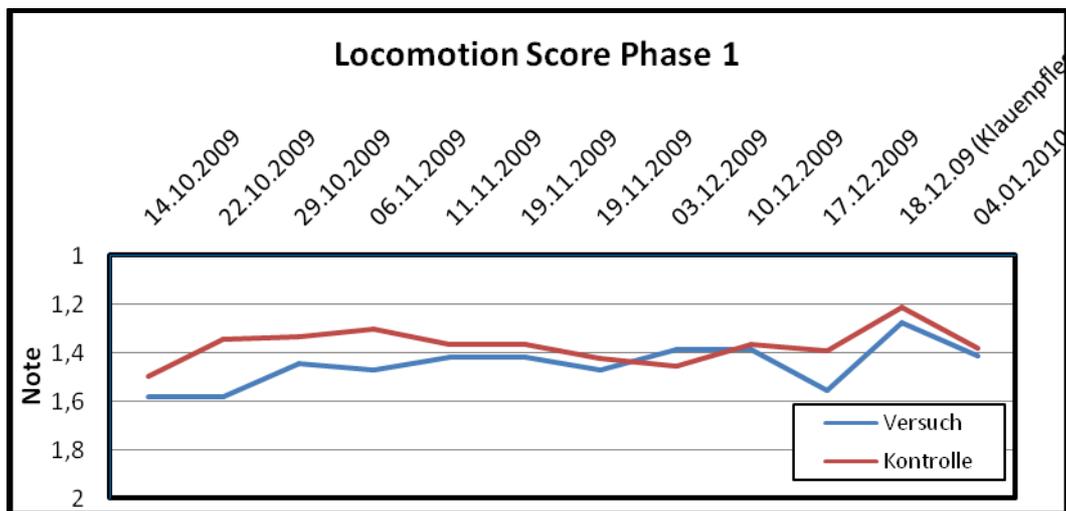


Abbildung 6 Phase 1: Verlauf der Mittelwerte der Locomotion Score-Werte von Versuchs- und Kontrollgruppe

## 1.3. Behandlungen

Während der Phase 1 wurden insgesamt 19 Mal möglicherweise Dermatitis digitalis-beeinflussende Eingriffe vorgenommen. Davon wurde insgesamt 8 Mal lokal und 11 Mal systemisch behandelt. In der Versuchsgruppe wurde hiervon zwei Mal lokal und sechs Mal systemisch und in der Kontrollgruppe sechs Mal lokal und fünf Mal systemisch behandelt. Hiervon waren insgesamt acht Behandlungen aufgrund von Klauenerkrankungen, deren Verteilung und Inzidenz in Tabelle 11 dargestellt ist.

Klauenerkr.- Behandlungen	ja	nein	Behandlungsinzidenz im Monat	davon Wiederholungs- behandlung
Versuch	2	36	0,018	0
Kontrolle	6	32	0,053	1

Tabelle 11 Phase 1: Anzahl der Behandlungen von Klauenerkrankungen  
ja / nein – Anzahl auf Grund von Klauenerkrankungen behandelte / nicht behandelte  
Tiere in Versuchs- und Kontrollgruppe

In der Versuchsgruppe musste ein Tier wegen Dermatitis digitalis und eines wegen einer Zwischenzehenphlegmone behandelt werden. In der Kontrollgruppe musste einmal wegen offenem Limax, einmal wegen Dermatitis digitalis, zwei Tiere wegen einer Zwischenzehenphlegmone und ein Tier aus unbekanntem Grund mit einem Verband behandelt werden.

Die Behandlungen bestanden bei Erkrankungen an der Klaue je nach Indikationslage aus Aufsprühen von CTC-Spray, Verbänden mit einer methylsalicylat- und salicylsäurehaltigen Creme oder einer Salbe mit dem Wirkstoff Sulfathiazol formaldehydat. Bei Phlegmonen wurde zusätzlich eine systemische Antibiose angewandt.

## 2. Phase 2

### 2.1. Dermatitis digitalis

#### 2.1.1. Läsionstypen

Wie in Abbildung 7 und Abbildung 8 dargestellt war die Entwicklung der Bestandssituation in der Versuchs- und in der Kontrollgruppe ähnlich.

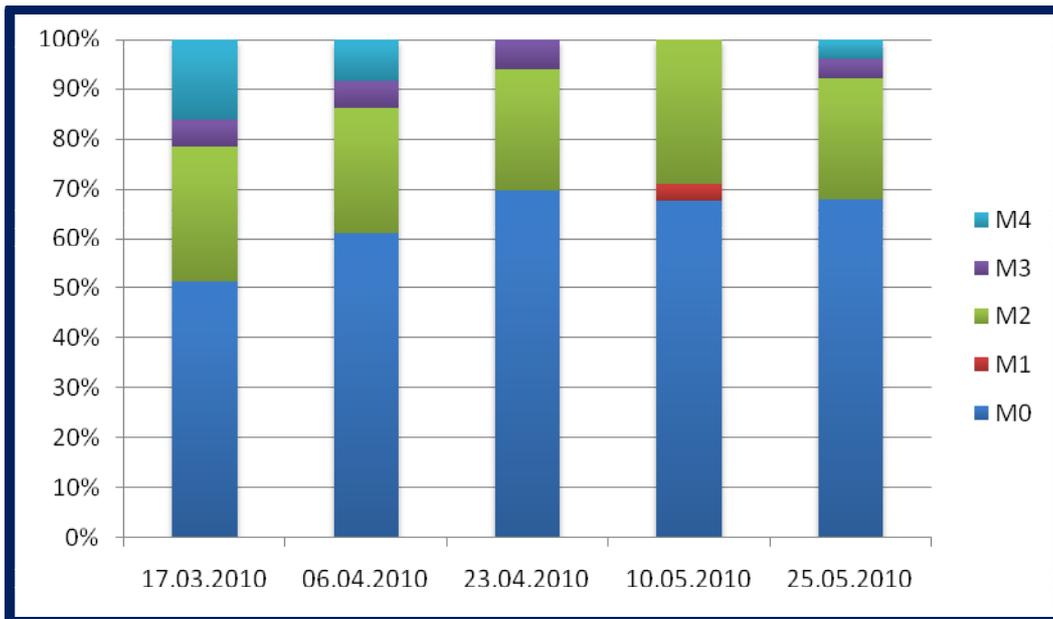


Abbildung 7 Phase 2: Verteilung der Läsionen in der Versuchsgruppe

Wenn ein Tier an beiden Beinen betroffen war wurde hier nur die schwerere Läsion dargestellt, dabei ist nach Döpfer 1994  $M2 > M4 > M3 > M1$

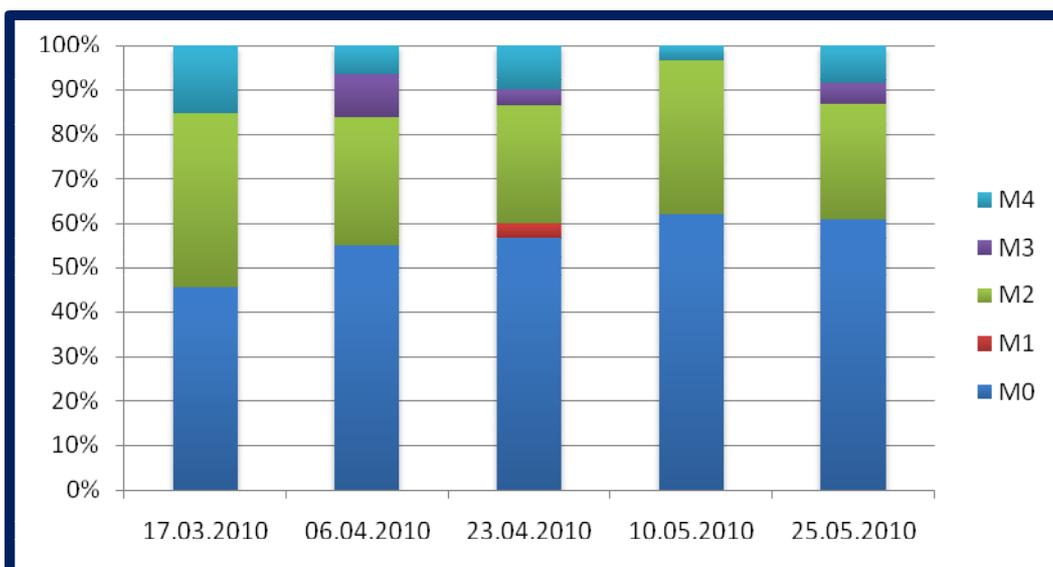


Abbildung 8 Phase 2: Verteilung der Läsionen in der Kontrollgruppe

Wenn ein Tier an beiden Beinen betroffen war wurde hier nur die schwerere Läsion dargestellt, dabei ist nach Döpfer 1994  $M2 > M4 > M3 > M1$

### 2.1.1.1. M1 – beginnende Läsion

In der Phase 2 gab es über den gesamten Zeitraum nur zwei beginnende Läsionen, davon eine in der Versuchs- und eine in der Kontrollgruppe.

### 2.1.1.2. M2 – klassische Läsion

Es gab keinen signifikanten Unterschied in der Prävalenz von klassischen Dermatitis digitalis Läsionen sowohl zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe (siehe Tabelle 12) als auch innerhalb den Gruppen zwischen den Untersuchungszeitpunkten (Tabelle 13).

M2	Frei	M2 gesamt	einseitig	beidseitig	Gesamtzahl	p mit 2 Ausprägungen
17.03.2010	47	23	13	10	70	
Versuch	27	10	4	6	37	
Kontrolle	20	13	9	4	33	p=0,398
06.04.2010	48	19	14	5	67	
Versuch	26	10	8	2	36	
Kontrolle	22	9	6	3	31	p=0,874
23.04.2010	47	16	11	5	63	
Versuch	25	8	6	2	33	
Kontrolle	22	8	5	3	30	p=0,723
10.05.2010	41	19	14	5	60	
Versuch	22	9	6	3	31	
Kontrolle	19	10	8	2	29	p=0,860
25.05.2010	36	12	8	4	48	
Versuch	19	6	3	3	25	
Kontrolle	17	6	5	1	23	p=0,868

Tabelle 12 Phase 2: Vergleich klassischer Läsionen der Versuchs- und Kontrollgruppe frei – frei von Mortellaroscher Erkrankung M2  
M2 gesamt – Gesamtzahl der Tiere mit Stadium M2  
einseitig / beidseitig – Hautläsionen einseitig bzw. beidseitig  
Gesamtzahl – aller Tiere bzw. der Versuchs- und Kontrollgruppe  
p mit 2 Ausprägungen – Ergebnis des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung der Irrtumswahrscheinlichkeit für Merkmale frei von Stadium M2 – betroffen von Grad M2

Zeitpunkt	Versuch	Kontrolle
1-2	p=0,849	p=0,542
1-3	p=0,994	p=0,422
1-4	p=0,930	p=0,892
1-5	p=0,977	p=0,455
2-3	p=0,954	p=0,937
2-4	p=0,874	p=0,860
2-5	p=0,973	p=0,946
3-4	p=0,880	p=0,712
3-5	p=0,773	p=0,790
4-5	p=0,905	p=0,727

Tabelle 13 Phase 2: Ergebnisse des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung von Unterschieden zwischen den Zeitpunkten im Vorkommen von klassischen Läsionen innerhalb der Versuchs- und der Kontrollgruppe

### 2.1.1.3. M3 – abheilende Läsionen

Wie aus Tabelle 14 ersichtlich gab es in der Phase 2 keinen signifikanten Unterschied in der Prävalenz von abheilenden Läsionen zwischen der Versuchs- und der Kontrollgruppe. Auch innerhalb der Gruppen gab es zwischen den Zeitpunkten keine signifikanten Unterschiede (Tabelle 15).

M3	frei	M3 gesamt	einseitig	Beidseitig	Gesamtzahl	p mit 2 Ausprägungen
17.03.2010	66	4	2	2	70	
Versuch	35	2		2	37	
Kontrolle	31	2	2		33	p=1,0
06.04.2010	61	6	4	2	67	
Versuch	33	3	3		36	
Kontrolle	28	3	1	2	31	p=1,0
23.04.2010	60	3	2	1	63	
Versuch	31	2	2		33	
Kontrolle	29	1		1	30	p=1,0
10.05.2010	60				60	
Versuch	31				31	
Kontrolle	29				29	
25.05.2010	46	2	1	1	48	
Versuch	24	1		1	25	
Kontrolle	22	1	1		23	p=1,0

Tabelle 14 Phase 2: Vergleich abheilender Läsionen der Versuchs- und Kontrollgruppe frei – frei von Mortellaroscher Erkrankung M3

M3 gesamt – Gesamtzahl der Tiere mit Stadium M3

einseitig / beidseitig – Hautläsionen einseitig bzw. beidseitig

Gesamtzahl – aller Tiere bzw. der Versuchs- und Kontrollgruppe

p mit 2 Ausprägungen – Ergebnis des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung der

Irrtumswahrscheinlichkeit für Merkmale frei von Stadium M3 – betroffen von Grad M3

Zeitpunkt	Versuch	Kontrolle
1-2	p=0,674	p=0,667
1-3	p=1,0	p=1,0
1-4	p=0,496	p=0,494
1-5	p=1,0	p=1,0
2-3	p=1,0	p=0,612
2-4	p=0,243	p=0,238
2-5	p=0,638	p=0,628
3-4	p=0,493	p=1,0
3-5	p=1,0	p=1,0
4-5	p=0,446	p=0,442

Tabelle 15 Phase 2: Ergebnisse des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung von Unterschieden zwischen den Zeitpunkten im Vorkommen von abheilender Läsionen innerhalb der Versuchs- und der Kontrollgruppe

#### 2.1.1.4. M4 - Verdachtsläsionen

Die Prävalenz von Dermatitis digitalis verdächtiger Läsionen unterschied sich nicht signifikant zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe (siehe Tabelle 16). Die Untersuchung der Prävalenz in den Gruppen zwischen den Zeitpunkten in Tabelle 17 ergab einen signifikanten Unterschied in der Versuchsgruppe zwischen den Untersuchungszeitpunkten 1 und 3 und den Untersuchungszeitpunkten 1 und 4.

M4	frei	M4 gesamt	einseitig	beidseitig	Gesamtzahl	p mit 2 Ausprägungen
17.03.2010	55	15	11	4	70	
Versuch	29	8	8		37	
Kontrolle	26	7	3	4	33	p=0,803
06.04.2010	61	6	6		67	
Versuch	33	3	3		36	
Kontrolle	28	3	3		31	p=1,0
23.04.2010	60	3	3		63	
Versuch	33				33	
Kontrolle	27	3	3		30	p=0,102
10.05.2010	58	2	2		60	
Versuch	30	1	1		31	
Kontrolle	28	1	1		29	p=1,0
25.05.2010	45	3	3		48	
Versuch	24	1	1		25	
Kontrolle	21	2	2		23	p=0,601

Tabelle 16 Phase 2: Vergleich verdächtiger Läsionen der Versuchs- und Kontrollgruppe frei – frei von Mortellaroscher Erkrankung M4  
M4 gesamt – Gesamtzahl der Tiere mit Stadium M4  
einseitig / beidseitig – Hautläsionen einseitig bzw. beidseitig  
Gesamtzahl – aller Tiere bzw. der Versuchs- und Kontrollgruppe  
p mit 2 Ausprägungen – Ergebnis des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung der Irrtumswahrscheinlichkeit für Merkmale frei von Stadium M4 – betroffen von Grad M4

Zeitpunkt	Versuch	Kontrolle
1-2	p=0,208	p=0,305
1-3	<b>p=0,006</b>	p=0,308
1-4	<b>p=0,033</b>	p=0,057
1-5	p=0,072	p=0,282
2-3	p=0,240	p=1,0
2-4	p=0,618	p=0,613
2-5	p=0,638	p=1,0
3-4	p=0,484	p=0,612
3-5	p=0,431	p=1,0
4-5	p=1,0	p=0,577

Tabelle 17 Phase 2: Ergebnisse des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung von Unterschieden zwischen den Zeitpunkten im Vorkommen verdächtiger Läsionen innerhalb der Versuchs- und der Kontrollgruppe

### 2.1.2. Punkte nach Döpfer

In Tabelle 18 wurden die verwendeten statistische Verfahren sowie deren Ergebnisse zur Auswertung der Punkte nach Döpfer dargestellt.

Statistik für Test <sup>a</sup>		
Messung		DPunkte
1,00	Mann-Whitney-U	536,500
	Wilcoxon-W	1239,500
	Z	-,925
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,355
2,00	Mann-Whitney-U	524,000
	Wilcoxon-W	1190,000
	Z	-,477
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,633
3,00	Mann-Whitney-U	448,500
	Wilcoxon-W	1009,500
	Z	-,742
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,458
4,00	Mann-Whitney-U	419,000
	Wilcoxon-W	915,000
	Z	-,530
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,596
5,00	Mann-Whitney-U	281,000
	Wilcoxon-W	606,000
	Z	-,157
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,875

a. Gruppenvariable: Gruppe

Tabelle 18 Phase 2: Statistische Auswertung der Punkte nach Döpfer  
Messung – Untersuchungszeitpunkt und verwendete statistische Verfahren  
DPunkte – Ergebnis des jeweiligen statistischen Verfahrens

Auch hier ergab sich kein Unterschied zwischen den trockenen und den gewaschenen Klauen (Zeitpunkt 1:  $p=0,355$ ; Zeitpunkt 2:  $p=0,633$ ; Zeitpunkt 3:  $p=0,458$ ; Zeitpunkt 4:  $p=0,596$ ; Zeitpunkt 5:  $p=0,875$ ). Abbildung 9 zeigt den Vergleich der Verteilung der Punktesummen nach Döpfer zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten von Versuchs- und Kontrollgruppe.

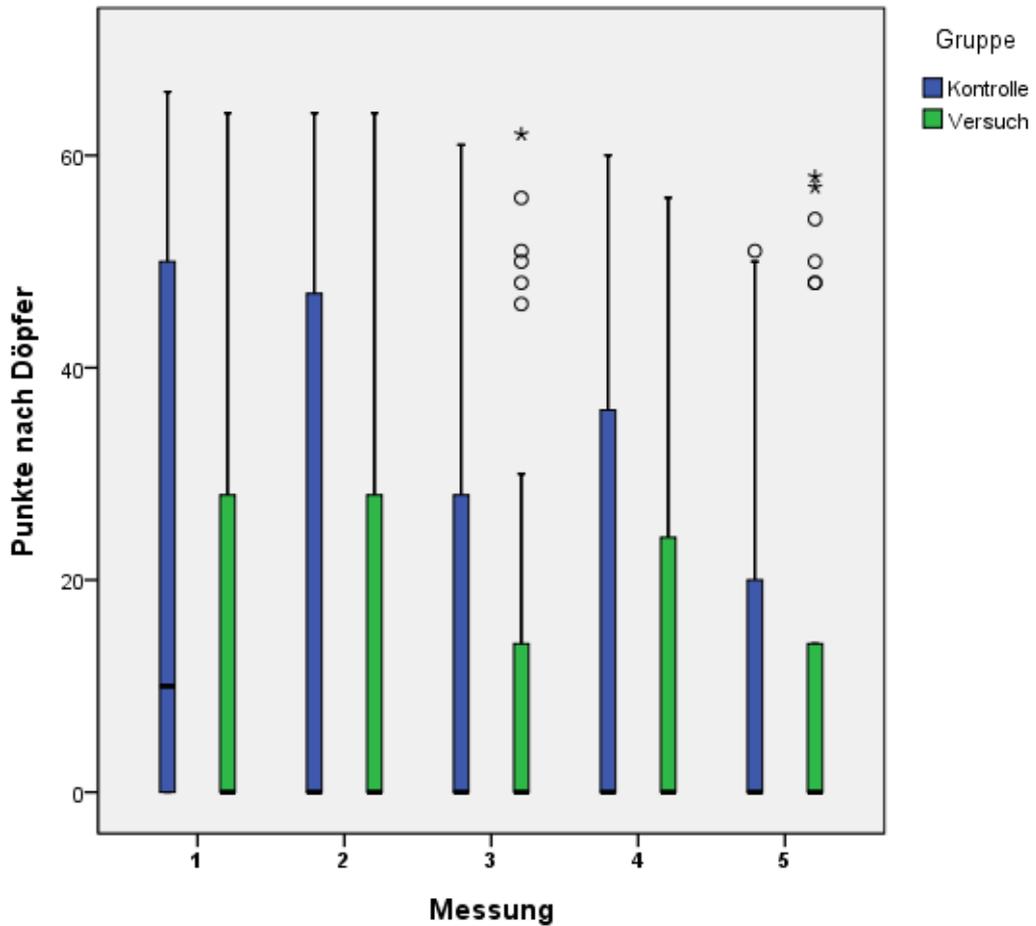


Abbildung 9 Phase 2: Verteilung der Punktesummen nach Döpfer zu den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten 1-5

## 2.2. Erosio ungulae

In der Phase 2 wurde die Prävalenz von Ballenfäule in der Herde aufgezeichnet. Hierbei wurde jedes davon betroffene Tier registriert, unabhängig davon ob nur ein oder beide Hinterbeine verändert waren. Die Auswertung der Daten in Tabelle 19 ergab keinen signifikanten Unterschied in der Prävalenz zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe.

Ballenfäule	frei	befallen	Gesamt	p mit 2 Ausprägungen
17.03.2010	26	44	70	
Versuch	12	25	37	
Kontrolle	14	19	33	p=0,538
06.04.2010	23	44	67	
Versuch	10	26	36	
Kontrolle	13	18	31	p=0,338
23.04.2010	36	27	63	
Versuch	19	14	33	
Kontrolle	17	13	30	p=0,856
10.05.2010	33	27	60	
Versuch	20	11	31	
Kontrolle	13	16	29	p=0,203
25.05.2010	15	33	48	
Versuch	7	18	25	
Kontrolle	8	15	23	p=0,846

Tabelle 19 Phase 2: Vergleich des Vorkommens von Ballenfäule in Versuchs- und Kontrollgruppe

frei – frei von Ballenfäule

befallen – Ballenfäule positiv

Gesamtzahl – aller Tiere bzw. der Versuchs- und Kontrollgruppe

p mit 2 Ausprägungen – Ergebnis des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung der

Irrtumswahrscheinlichkeit für Merkmale frei von Ballenfäule – betroffen Ballenfäule

### 2.3. Dermatitis interdigitalis

In der Phase 2 gab es keinen signifikanten Unterschied in der Prävalenz von Dermatitis interdigitalis zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe. Beim zweiten Untersuchungstermin fällt die Versuchsgruppe mit vier weißen und fünf roten Dermatitis interdigitalis Vorkommen im Gegensatz zu nur drei weißen und keinem roten Dermatitis interdigitalis Vorkommen in der Kontrollgruppe auf, dieser Unterschied ist jedoch nicht statistisch relevant (siehe Tabelle 20).

DID	frei	DID gesamt	weiß	rot	Gesamtzahl	p mit 2 Ausprägungen
17.03.2010	69	1	1		70	
Versuch	36	1	1		37	
Kontrolle	33				33	p=1,0
06.04.2010	55	12	7	5	67	
Versuch	27	9	4	5	36	
Kontrolle	28	3	3		31	p=0,19
23.04.2010	46	17	14	3	63	
Versuch	26	7	5	2	33	
Kontrolle	20	10	9	1	30	p=0,425
10.05.2010	38	22	16	6	60	
Versuch	21	10	8	2	31	
Kontrolle	17	12	8	4	29	p=0,642
25.05.2010	35	13	6	7	48	
Versuch	17	8	3	5	25	
Kontrolle	18	5	3	2	23	p=0,635

Tabelle 20 Phase 2: Vergleich der Prävalenz von Dermatitis interdigitalis in Versuchs- und Kontrollgruppe

frei – frei von Dermatitis interdigitalis

DID gesamt – Gesamtzahl der Tiere mit Dermatitis interdigitalis

weiß / rot – Aussehen der Hautläsionen

Gesamtzahl – aller Tiere bzw. der Versuchs- und Kontrollgruppe

p mit 2 Ausprägungen – Ergebnis des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung der Irrtumswahrscheinlichkeit für Merkmale frei von DID – betroffen von DID

### 2.4. Locomotion Score

Bei Betrachtung der Locomotion Score Mittelwerte aller Tiere in der Phase 2 (Abbildung 10) fällt eine vom Durchschnitt abweichende Verbesserung der Kontrollgruppe am 23.04.10 auf. Der Abgleich der Daten aller Tiere an diesem

Untersuchungstag mit dem Man Whitney U Test zeigt jedoch dass dies nicht signifikant ist. Es ergibt sich ein Wert von  $p = 0,1753$ .

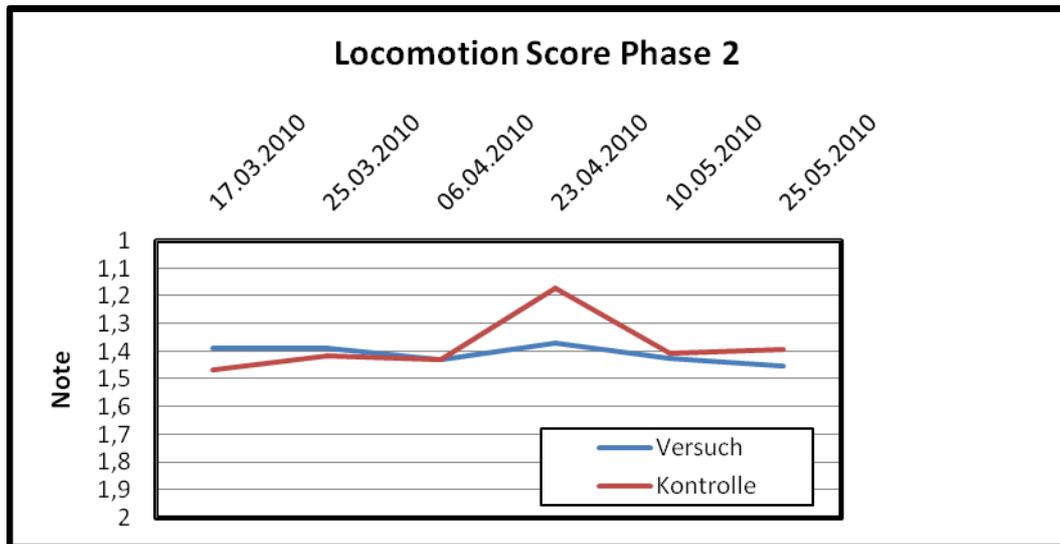


Abbildung 10 Phase 2: Verlauf der Mittelwerte der Locomotion Score-Werte von Versuchs- und Kontrollgruppe

## 2.5. Behandlungen

Insgesamt wurden 22 Behandlungen während der Phase 2 durchgeführt, davon 14 in der Versuchs- und 8 in der Kontrollgruppe. Hiervon waren in der Versuchsgruppe drei und in der Kontrollgruppe zwei Behandlungen wegen anderen Erkrankungen als Klauenerkrankungen. Die Behandlungen von Klauenerkrankungen sind in Tabelle 21 dargestellt.

Behandlungen von Klauenerkrankungen	ja	nein	Behandlungsinzidenz im Monat	davon Wiederholungsbehandlungen
Versuch	12	28	0,133	3
Kontrolle	6	28	0,078	1

Tabelle 21 Phase 2: Anzahl der Behandlungen von Klauenerkrankungen  
ja / nein – Anzahl auf Grund von Klauenerkrankungen behandelter / nicht behandelter Tiere in Versuchs- und Kontrollgruppe

Gegen Klauenerkrankungen wurde in der Versuchsgruppe 8 Mal lokal und 4 Mal systemisch behandelt, in der Kontrollgruppe fünf Mal lokal und ein Mal systemisch. In der Versuchsgruppe mussten ein Fall von Rusterholz'schem Sohlengeschwür behandelt werden. Die 11 restlichen Klauenbehandlungen waren Behandlungen aufgrund von Dermatitis digitalis und/oder Dermatitis interdigitalis. In der Kontrollgruppe mussten ein offener Limax sowie fünf Fälle von Dermatitis digitalis und/oder Dermatitis interdigitalis behandelt werden.

### 3. Phase 3

#### 3.1. Dermatitis digitalis

##### 3.1.1. Läsionstypen

Wie in Abbildung 11 und Abbildung 12 ersichtlich, war in der Phase 3 die Verteilung der verschiedenen Läsionstypen in beiden Gruppen ähnlich.

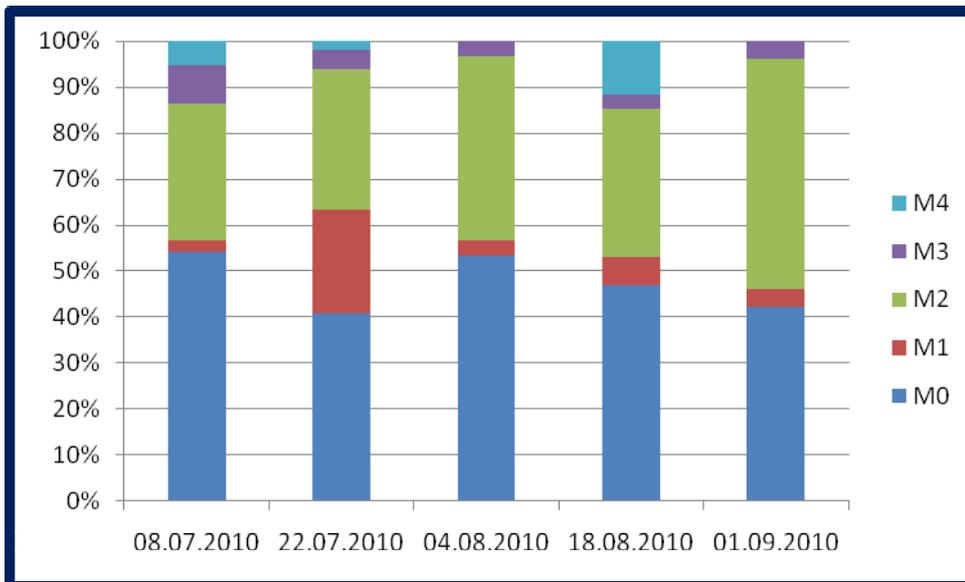


Abbildung 11 Phase 3: Verteilung der Läsionen in der Versuchsgruppe  
Wenn ein Tier an beiden Beinen betroffen war wurde hier nur die schwerere Läsion dargestellt, dabei ist nach Döpfer 1994  $M2 > M4 > M3 > M1$

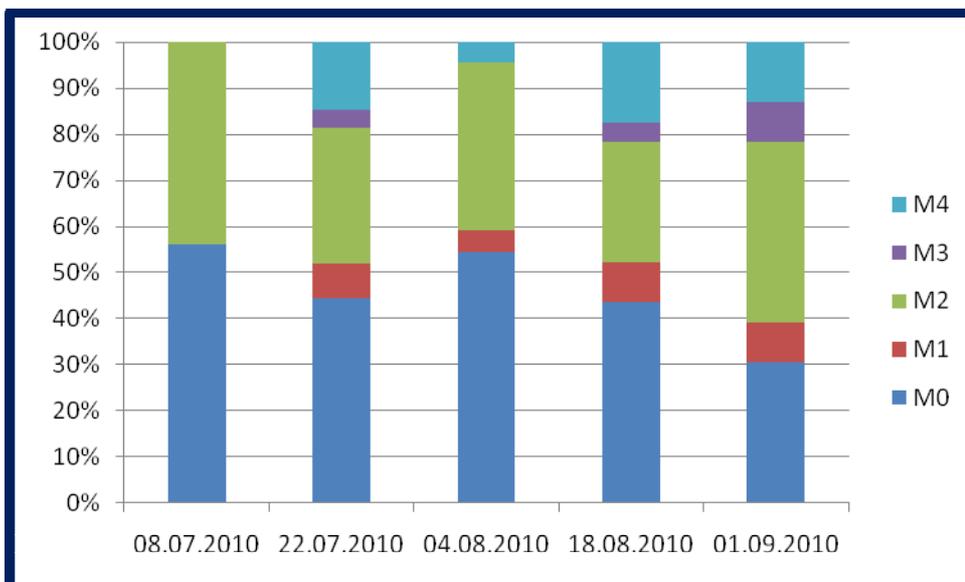


Abbildung 12 Phase 3: Verteilung der Läsionen in der Kontrollgruppe  
Wenn ein Tier an beiden Beinen betroffen war wurde hier nur die schwerere Läsion dargestellt, dabei ist nach Döpfer 1994  $M2 > M4 > M3 > M1$

### 3.1.1.1. M1 – beginnende Läsion

Wie Tabelle 22 zeigt gab es in der Phase 3 keinen signifikanten Unterschied zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe in der Prävalenz von beginnenden Läsionen. Auch innerhalb der Gruppen gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Zeitpunkten (Tabelle 23).

M1	frei	M1 gesamt	einseitig	beidseitig	Gesamtzahl	p mit 2 Ausprägungen
08.07.2010	60	3	3		63	
Versuch	35	2	2		37	
Kontrolle	25	1	1		26	p=1,0
22.07.2010	62	4	4		66	
Versuch	37	2	2		39	
Kontrolle	25	2	2		27	p=1,0
04.08.2010	49	3	3		52	
Versuch	29	1	1		30	
Kontrolle	20	2	2		22	p=0,567
18.08.2010	49	8	6	2	57	
Versuch	29	5	4	1	34	
Kontrolle	20	3	2	1	23	p=1,0
01.09.2010	44	5	5		49	
Versuch	24	2	2		26	
Kontrolle	20	3	3		23	p=0,655

Tabelle 22 Phase 3: Vergleich beginnender Läsionen zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe

frei – frei von Mortellaroscher Erkrankung M1

M1 gesamt – Gesamtzahl der Tiere mit Stadium M1

einseitig / beidseitig – Hautläsionen einseitig bzw. beidseitig

Gesamtzahl – aller Tiere bzw. der Versuchs- und Kontrollgruppe

p mit 2 Ausprägungen – Ergebnis des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung der

Irrtumswahrscheinlichkeit für Merkmale frei von Stadium M1 – betroffen von Grad M1

Zeitpunkt	Versuch	Kontrolle
1-2	p=1,0	p=1,0
1-3	p=1,0	p=0,587
1-4	p=0,248	p=0,330
1-5	p=1,0	p=0,330
2-3	p=1,0	p=1,0
2-4	p=0,437	p=0,651
2-5	p=0,112	p=0,651
3-4	p=0,202	p=1,0
3-5	p=0,592	p=1,0
4-5	p=0,688	p=1,0

Tabelle 23 Phase 3: Ergebnisse des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung von Unterschieden zwischen den Zeitpunkten im Vorkommen von beginnender Läsionen innerhalb der Versuchs- und der Kontrollgruppe

### 3.1.1.2. M2 – klassische Läsionen

Die Prävalenz klassischer Läsionen unterschied sich nicht signifikant sowohl zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe (siehe Tabelle 24) als auch innerhalb der einzelnen Gruppen zwischen den Zeitpunkten (Tabelle 25).

M2	frei	M2 gesamt	einseitig	beidseitig	Gesamtzahl	p mit 2 Ausprägungen
08.07.2010	41	22	18	4	63	
Versuch	26	11	8	3	37	
Kontrolle	15	11	10	1	26	p=0,446
22.07.2010	43	23	19	4	66	
Versuch	24	15	14	1	39	
Kontrolle	19	8	5	3	27	p=0,633
04.08.2010	32	20	10	10	52	
Versuch	18	12	4	8	30	
Kontrolle	14	8	6	2	22	p=0,982
18.08.2010	40	17	14	3	57	
Versuch	23	11	9	2	34	
Kontrolle	17	6	5	1	23	p=0,832
01.09.2010	27	22	12	10	49	
Versuch	13	13	8	5	26	
Kontrolle	14	9	4	5	23	p=0,634

Tabelle 24 Phase 3: Vergleich klassischer Läsionen der Versuchs- und Kontrollgruppe frei – frei von Mortellaroscher Erkrankung M2  
M2 gesamt – Gesamtzahl der Tiere mit Stadium M2  
einseitig / beidseitig – Hautläsionen einseitig bzw. beidseitig  
Gesamtzahl – aller Tiere bzw. der Versuchs- und Kontrollgruppe  
p mit 2 Ausprägungen – Ergebnis des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung der Irrtumswahrscheinlichkeit für Merkmale frei von Stadium M2 – betroffen von Grad M2

Zeitpunkt	Versuch	Kontrolle
1-2	p=0,575	p=0,499
1-3	p=0,534	p=0,902
1-4	p=0,986	p=0,374
1-5	p=0,171	p=0,948
2-3	p=0,905	p=0,846
2-4	p=0,765	p=0,970
2-5	p=0,409	p=0,684
3-4	p=0,707	p=0,673
3-5	p=0,630	p=0,908
4-5	p=0,264	p=0,529

Tabelle 25 Phase 3: Ergebnisse des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung von Unterschieden zwischen den Zeitpunkten im Vorkommen von klassischen Läsionen innerhalb der Versuchs- und der Kontrollgruppe

### 3.1.1.3. M3 – abheilende Läsionen

Wie Tabelle 26 zeigt gab es in der Phase 3 keinen signifikanten Unterschied in der Prävalenz abheilender Läsionen zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe. Innerhalb der Gruppen gab es ebenfalls keine Signifikanz in der Prävalenz zwischen den Zeitpunkten (Tabelle 27).

M3	Frei	M3 gesamt	einseitig	beidseitig	Gesamtzahl	p mit 2 Ausprägungen
08.07.2010	60	3	2	1	63	
Versuch	34	3	2	1	37	
Kontrolle	26				26	p=0,261
22.07.2010	59	7	6	1	66	
Versuch	35	4	3	1	39	
Kontrolle	24	3	3		27	p=1,0
04.08.2010	49	3	3		52	
Versuch	29	1	1		30	
Kontrolle	20	2	2		22	p=0,567
18.08.2010	53	4	3	1	57	
Versuch	32	2	1	1	34	
Kontrolle	21	2	2		23	p=1,0
01.09.2010	44	5	5		49	
Versuch	24	2	2		26	
Kontrolle	20	3	3		23	p=0,655

Tabelle 26 Phase 3: Vergleich abheilender Läsionen der Versuchs- und Kontrollgruppe frei – frei von Mortellaroscher Erkrankung M3

M3 gesamt – Gesamtzahl der Tiere mit Stadium M3

einseitig / beidseitig – Hautläsionen einseitig bzw. beidseitig

Gesamtzahl – aller Tiere bzw. der Versuchs- und Kontrollgruppe

p mit 2 Ausprägungen – Ergebnis des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung der

Irrtumswahrscheinlichkeit für Merkmale frei von Stadium M3 – betroffen von Grad M3

Zeitpunkt	Versuch	Kontrolle
1-2	p=1,0	p=0,236
1-3	p=0,622	p=0,205
1-4	p=1,0	p=0,215
1-5	p=1,0	p=0,096
2-3	p=0,379	p=1,0
2-4	p=0,679	p=1,0
2-5	p=1,0	p=1,0
3-4	p=1,0	p=1,0
3-5	p=0,592	p=1,0
4-5	p=1,0	p=1,0

Tabelle 27 Phase 3: Ergebnisse des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung von Unterschieden zwischen den Zeitpunkten im Vorkommen von abheilenden Läsionen innerhalb der Versuchs- und der Kontrollgruppe

### 3.1.1.4. M4 – Verdachtsläsionen

Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe in der Prävalenz von Dermatitis digitalis verdächtigen Läsionen in der Phase 3 (siehe Tabelle 28). Auch innerhalb der Gruppen zwischen den Zeitpunkten gab es keinen signifikanten Unterschied (Tabelle 29).

M4	frei	M4 gesamt	einseitig	beidseitig	Gesamtzahl	p mit 2 Ausprägungen
08.07.2010	57	6	5	1	63	
waschen	34	3	2	1	37	
Kontr	23	3	3		26	p=0,684
22.07.2010	61	5	4	1	66	
waschen	38	1	1		39	
Kontr	23	4	3	1	27	p=0,150
04.08.2010	50	2	2		52	
waschen	29	1	1		30	
Kontr	21	1	1		22	p=1,0
18.08.2010	48	9	9		57	
waschen	30	4	4		34	
Kontr	18	5	5		23	p=0,461
01.09.2010	43	6	6		49	
waschen	24	2	2		26	
Kontr	19	4	4		23	p=0,400

Tabelle 28 Phase 3: Vergleich verdächtiger Läsionen der Versuchs- und Kontrollgruppe frei – frei von Mortellaroscher Erkrankung M4  
M4 gesamt – Gesamtzahl der Tiere mit Stadium M4  
einseitig / beidseitig – Hautläsionen einseitig bzw. beidseitig  
Gesamtzahl – aller Tiere bzw. der Versuchs- und Kontrollgruppe  
p mit 2 Ausprägungen – Ergebnis des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung der Irrtumswahrscheinlichkeit für Merkmale frei von Stadium M4 – betroffen von Grad M4

Zeitpunkt	Versuch	Kontrolle
1-2	p=0,352	p=1,0
1-3	p=0,622	p=0,614
1-4	p=0,703	p=0,448
1-5	p=1,0	p=0,692
2-3	p=0,177	p=0,362
2-4	p=0,695	p=0,715
2-5	p=0,559	p=1,0
3-4	p=0,360	p=0,187
3-5	p=0,592	p=0,346
4-5	p=0,689	p=1,0

Tabelle 29 Phase 3: Ergebnisse des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung von Unterschieden zwischen den Zeitpunkten im Vorkommen von verdächtigen Läsionen innerhalb der Versuchs- und der Kontrollgruppe

### 3.1.2. Punkte nach Döpfer

In der folgenden Tabelle sind mit den Punkten nach Döpfer durchgeführten statistischen Verfahren sowie die Ergebnisse dazu aufgelistet.

Statistik für Test <sup>a</sup>		
Messung		DPunkte
1,00	Mann-Whitney-U	446,500
	Wilcoxon-W	1149,500
	Z	-,251
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,802
2,00	Mann-Whitney-U	497,500
	Wilcoxon-W	1277,500
	Z	-,400
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,690
3,00	Mann-Whitney-U	315,500
	Wilcoxon-W	568,500
	Z	-,293
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,770
4,00	Mann-Whitney-U	385,500
	Wilcoxon-W	980,500
	Z	-,094
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,925
5,00	Mann-Whitney-U	278,500
	Wilcoxon-W	629,500
	Z	-,422
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,673

a. Gruppenvariable: Gruppe

Tabelle 30 Phase 3: Statistische Auswertung der Punkte nach Döpfer  
Messung – Untersuchungszeitpunkt und verwendete statistische Verfahren  
DPunkte – Ergebnis des jeweiligen statistischen Verfahrens

Auch hier gab es keinen Unterschied zwischen den trockenen und gewaschenen Klauen (Zeitpunkt 3:  $p=0,802$ ; Zeitpunkt 4:  $p=0,690$ ; Zeitpunkt 5:  $p=0,770$ ; Zeitpunkt 6:  $p=0,925$ ; Zeitpunkt 7:  $p=0,673$ ). Die Verteilung der Punktesummen während den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten in Versuchs- und Kontrollgruppe sind in Abbildung 13 dargestellt.

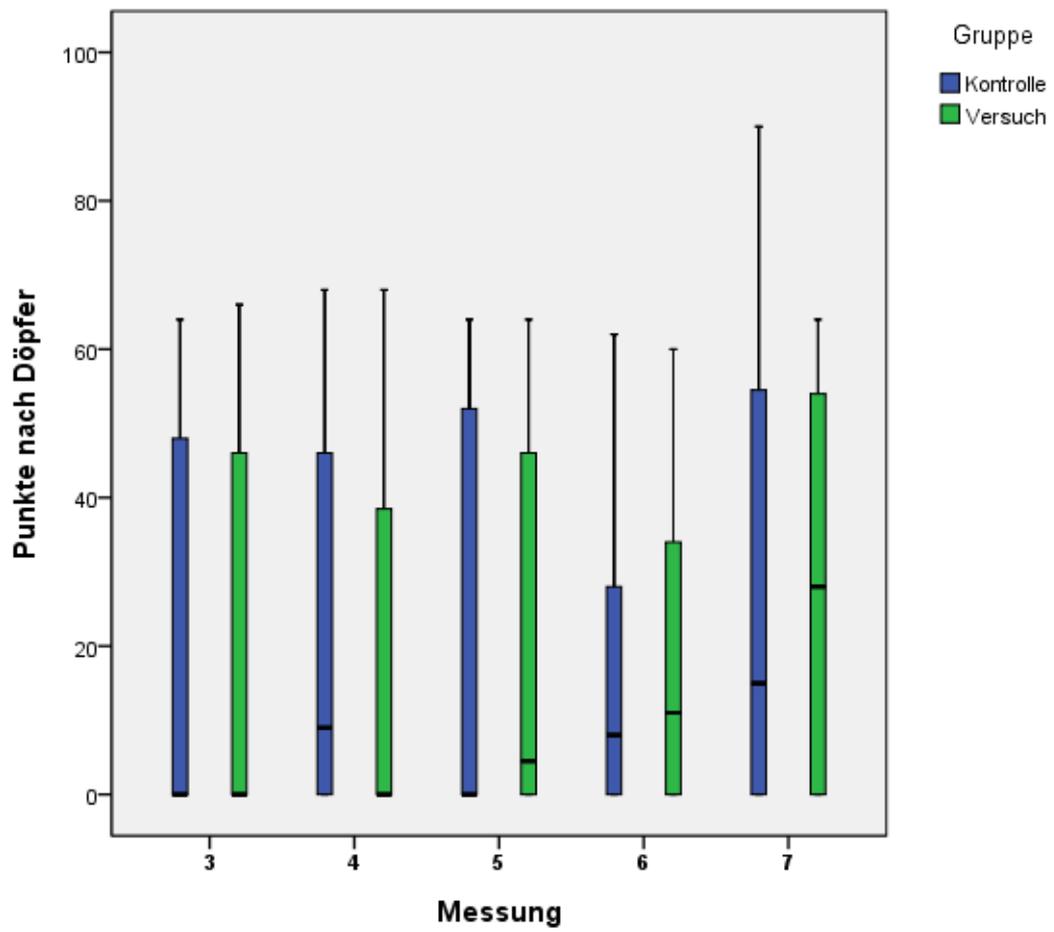


Abbildung 13 Phase 3: Verteilung der Punktesummen nach Döpfer zu den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten 1-5

### 3.2. Dermatitis interdigitalis

Wie in Tabelle 31 erkennbar gab es in der Phase 3 keinen signifikanten Unterschied zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe in der Prävalenz von Dermatitis interdigitalis.

DID	Frei	DID gesamt	weiß	rot	rot, >2 cm	Gesamtzahl	p mit 2 Ausprägungen
08.07.2010	49	13	7	6		62	
Versuch	28	9	5	4		37	
Kontrolle	21	4	2	2		25	p=0,637
22.07.2010	42	24	11	13		66	
Versuch	24	15	6	9		39	
Kontrolle	18	9	5	4		27	p=0,868
04.08.2010	49	3	2	1		52	
Versuch	29	1	1			30	
Kontrolle	20	2	1	1		22	p=0,567
18.08.2010	52	5	3	1	1	57	
Versuch	30	4	2	1	1	34	
Kontrolle	22	1	1			23	p=0,638
01.09.2010	41	8	7		1	49	
Versuch	21	5	4		1	26	
Kontrolle	20	3	3			23	p=0,706

Tabelle 31 Phase 3: Dermatitis interdigitalis

frei – frei von Dermatitis interdigitalis

DID gesamt – Gesamtzahl der Tiere mit Dermatitis interdigitalis

weiß / rot / rot, > 2 cm – Aussehen der DID - Hautläsionen

Gesamtzahl – aller Tiere bzw. der Versuchs- und Kontrollgruppe

p mit 2 Ausprägungen – Ergebnis des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung der Irrtumswahrscheinlichkeit für Merkmale frei von DID – betroffen von DID

### 3.3. Erosio ungulae

Die Prävalenz der Tiere mit Ballenfäule in der Versuchs- und Kontrollgruppe wurde beurteilt. Hierbei fielen Tiere, die während der Phase einer Klauenpflegemaßnahme unterzogen wurden danach aus der Wertung. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt werden. In Tabelle 32 sind die relevanten Daten dargestellt.

EU	frei	EU gesamt	einseitig	beidseitig	Nicht gew. Tiere	Gesamtzahl	p mit 2 Ausprägungen
08.07.2010	15	48	36	12		63	
Versuch	6	31	25	6		37	
Kontrolle	9	17	11	6		26	p=0,165
22.07.2010	16	50	35	15		66	
Versuch	7	32	24	8		39	
Kontrolle	9	18	11	7		27	p=0,254
04.08.2010	13	37	33	4	2	52	
Versuch	5	24	22	2	1	30	
Kontrolle	8	13	11	2	1	22	p=0,183
18.08.2010	14	36	32	4	7	57	
Versuch	5	24	21	3	5	34	
Kontrolle	9	12	11	1	2	23	p=0,095
01.09.2010	8	18	17	1	23	49	
Versuch	4	8	7	1	14	26	
Kontrolle	4	10	10		9	23	p=1,0

Tabelle 32 Phase 3: Vergleich des Vorkommens von Ballenfäule zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe

frei – frei von Ballenfäule

EU gesamt – Gesamtzahl der Tiere mit Ballenfäule

einseitig / beidseitig – Ballenfäule einseitig bzw. beidseitig

Nicht gew. Tiere – Anzahl der Tiere, die aufgrund von Pflegemaßnahmen am Ballenhorn nicht mehr gewertet werden konnten

Gesamtzahl – aller Tiere bzw. der Versuchs- und Kontrollgruppe

p mit 2 Ausprägungen – Ergebnis des Chi-Quadrat Tests zur Ermittlung der

Irrtumswahrscheinlichkeit für Merkmale frei von Ballenfäule – betroffen von Ballenfäule

### 3.4. Locomotion Score

Trotz der augenscheinlichen Verschlechterung der Werte der Versuchsgruppe gegen Ende der Phase 3 (siehe Abbildung 14) ergibt die Analyse der Daten mittels Man Whitney U Test keinen signifikanten Unterschied. Für die Untersuchung am 04.08.10 ist p=0,422 und am 01.09.10 ist p=0,436.

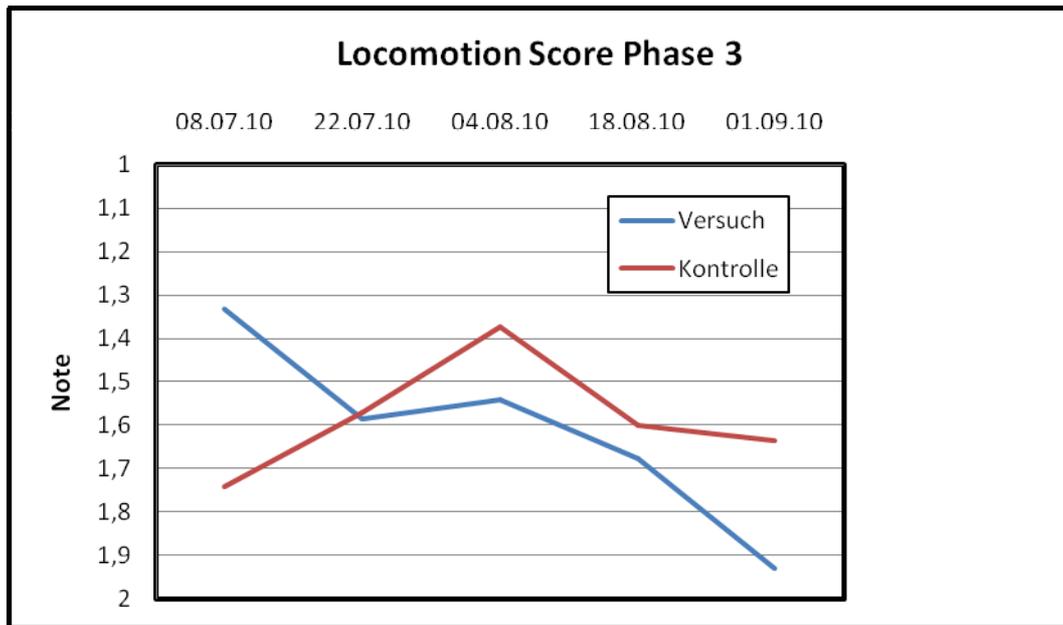


Abbildung 14 Phase 3: Verlauf der Mittelwerte der Locomotion Score-Werte von Versuchs- und Kontrollgruppe

### 3.5. Behandlungen

In der Phase 3 wurden 11 Tiere der Versuchs- und vier Tiere der Kontrollgruppe behandelt, wobei in jeder Gruppe eines der Tiere zwei Mal behandelt wurde.

Die Verteilung der Behandlungen aufgrund von Klauenerkrankungen sind in Tabelle 33 dargestellt.

Klauenerkrankungen	ja	nein	Behandlungsinzidenz im Monat	davon Wiederholungsbehandlungen
Versuch	8	44	0,077	1
Kontrolle	4	34	0,053	1

Tabelle 33 Phase 3: Anzahl der Behandlungen aufgrund von Klauenerkrankungen ja / nein – Anzahl auf Grund von Klauenerkrankungen behandelter / nicht behandelter Tiere in Versuchs- und Kontrollgruppe

In der Versuchsgruppe wurde je ein Tier wegen offenem Limax, Dermatitis interdigitalis, Rusterholz'schem Sohlengeschwür und vier Tiere wegen Dermatitis digitalis behandelt. Außerdem musste ein Tier aufgrund einer Klauenerkrankung an einem Vorderfuß antibiotisch behandelt werden. In der Kontrollgruppe musste ein Tier aufgrund von Dermatitis digitalis, und drei Tiere wegen einem offenen Limax behandelt werden, der bei einem Tier zusätzlich mit Dermatitis interdigitalis befallen war.

## 4. Wasserproben

Folgende Anzahlen an Kolonie bildenden Einheiten wurden in den verschiedenen Proben der Phasen gemessen:

in KbE/ml	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Probe 5
Phase 1	$5,7 \times 10^5$	$1,7 \times 10^6$	$2,5 \times 10^6$	$2 \times 10^6$	$1,3 \times 10^6$
Phase 2	<100	$1,4 \times 10^5$	$2,9 \times 10^6$	$1,6 \times 10^6$	$9,6 \times 10^6$
Phase 3	$7,7 \times 10^6$	$1,8 \times 10^7$	$2,9 \times 10^7$	$3,4 \times 10^7$	$6 \times 10^7$

Tabelle 34: Anzahl der Kolonie bildenden Einheiten pro ml in den Wasserproben der einzelnen Phasen

Während in den Proben der Phase 1 eine deutliche Kurve mit einem Maximum von  $2,5 \times 10^6$  Kolonie bildenden Einheiten nach 20 Kühen zu erkennen ist, folgen die Werte in der Probe der Phase 2 keiner klaren Tendenz. Die Anzahl der Kolonie bildenden Einheiten, die in der dritten Phase gemessen wurden liegen deutlich über den zuvor bestimmten Werten, sie zeigen einen linearen Kurvenanstieg. Siehe Abbildung 15 bis Abbildung 18.

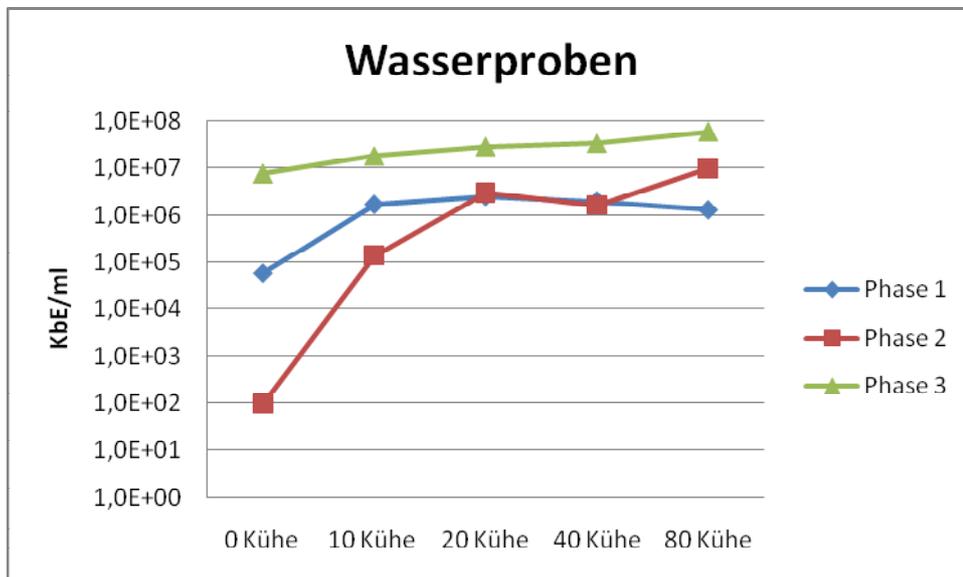


Abbildung 15: Phase 1,2 und 3 KbE/ml in den Wasserproben im Vergleich

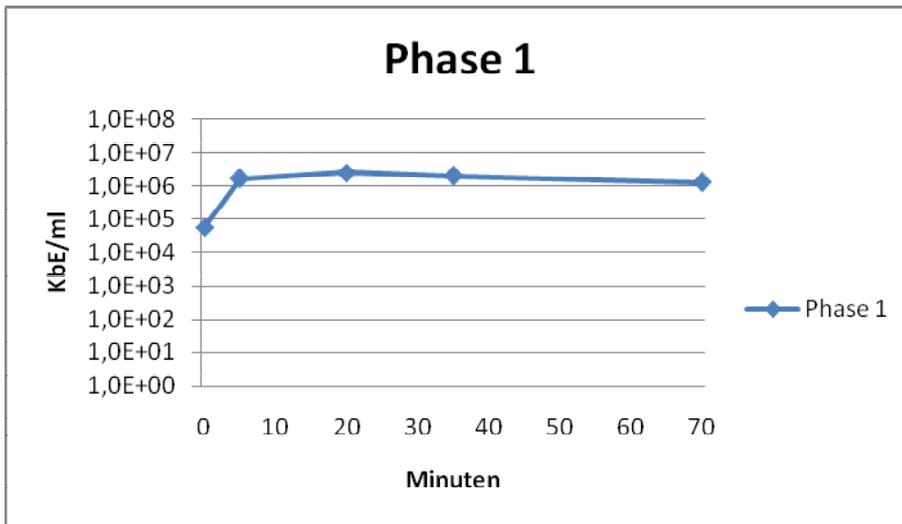


Abbildung 16: Phase 1 KbE/ml auf der Zeitachse

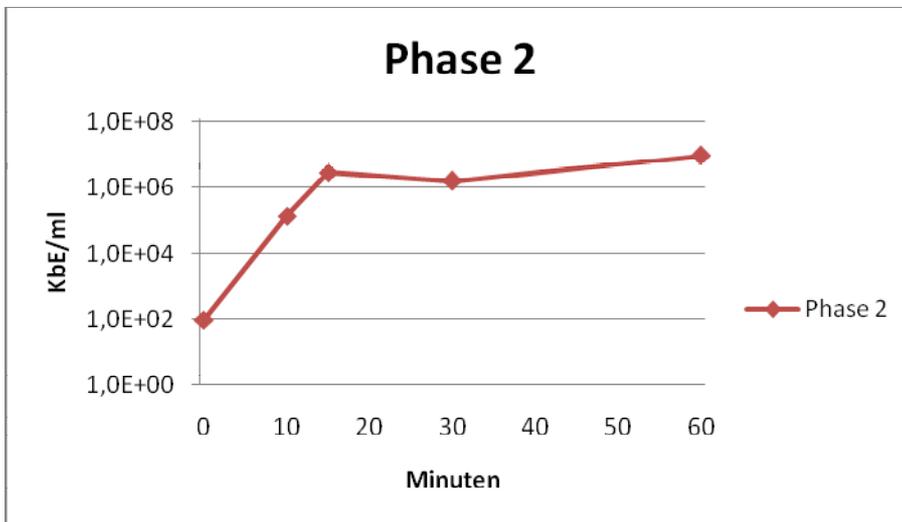


Abbildung 17: Phase 2 KbE/ml auf der Zeitachse

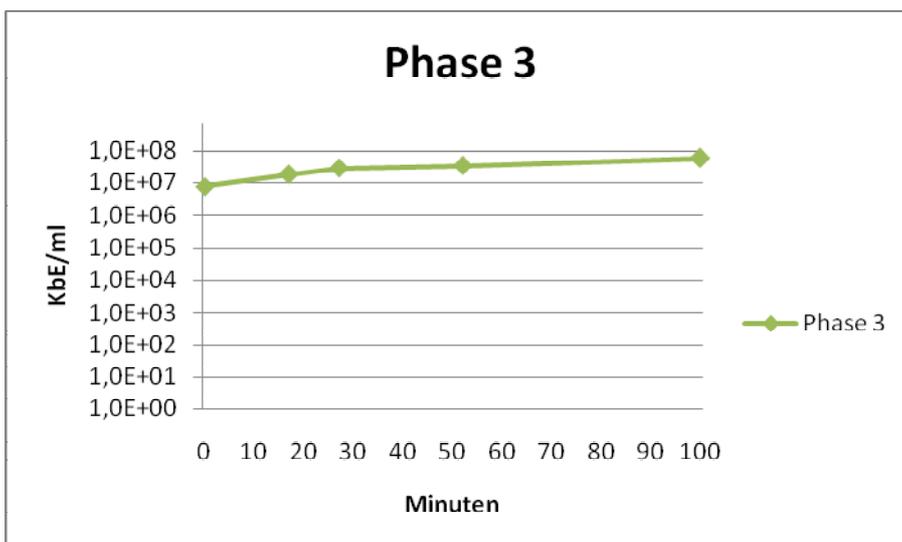


Abbildung 18: Phase 3 KbE/ml auf der Zeitachse

## VI. DISKUSSION

Seit die ersten Klauenwaschanlagen auf dem Markt erhältlich waren, wurden Tierärzte und Klauenpfleger immer häufiger von ihren Kunden gefragt: „Wäre so eine Anlage etwas für mich?“ Es ist schwierig, eine solche Frage wahrheitsgemäß zu beantworten, wenn keine wissenschaftlichen Studien vorhanden sind, anhand deren sich eine Meinung bilden lässt.

Ist eine Klauenwaschanlage ein Schritt in die richtige Richtung für unsere Dermatitis-digitalis-geplagten, Subventions-abhängigen Milchviehbetriebe? Ist eine Beeinflussung der Klauengesundheit der Herde durch die Installation einer Klauenwaschanlage gegeben?

Um dieser Frage auf wissenschaftlicher Basis nachzugehen, wurden Tiere einer Herde in zwei Gruppen aufgeteilt, eine Versuchsgruppe, die gewaschen wurde, und eine Kontrollgruppe, für die sich die Waschanlage automatisch ausschaltete. Dadurch war es möglich, jahreszeitliche sowie haltungstechnische Einflüsse zu erfassen und Ergebnisse unter Beachtung dieser zu bewerten. Eine frühere Studie mit einer Klauenwaschanlage unter der Leitung von Prof. Dr. Dusel der FH Bingen erbrachte zwar herausragende Ergebnisse mit einem Rückgang von 96 % Dermatitis digitalis-Befall auf 14 % in acht Wochen, da es jedoch keine Kontrollgruppe gab, sind diese jedoch auf wissenschaftlicher Ebene nur eingeschränkt verwertbar (DEVIO AG, 2010). In der vorliegenden Arbeit konnte hingegen kein statistisch signifikanter Unterschied im Auftreten von Dermatitis digitalis zwischen der Versuchsgruppe und der Kontrollgruppe festgestellt werden. Möglich Gründe für dieses Ergebnis könnten in der Anordnung des Versuchs, dem verwendeten Hygienemittel, der untersuchten Klauenwaschanlage, stallklimatische und witterungsbedingte Einflüsse sowie in einem übermächtigen Einfluss anderer Faktoren auf das Dermatitis digitalis Geschehen zu finden sein.

## **1. Versuchsanordnung**

### **1.1. Platzierung der Anlage**

Aus räumlichen Gründen war eine Platzierung der Anlage vor dem Eingang in den Wartebereich zum Melkstand nicht möglich, so dass die Tiere zwar zweimal am Tag gewaschen wurden, allerdings unmittelbar danach wieder in ihre gewohnte Stallumgebung gelangten. Dadurch konnte der Reinigungseffekt eventuell nicht lange vorhalten. Bei einer vorgeschalteten Platzierung wären die Tiere im Wartebereich sowie während des Melkens auf sauberem, trockenem Boden gestanden, das Wasserstoffperoxid hätte besser einwirken und die Klauen eventuell abtrocknen können. Die Stallumgebung war jedoch überdurchschnittlich sauber, so dass keine sofortige Wiederverschmutzung des Ballen- und Zwischenklauenbereiches stattfand.

Die restliche Haltungsumwelt wie Tränkebecken, Melkbereich und Liegeboxen waren ebenfalls tadellos gepflegt. Der Keimdruck der Haltungsumwelt beschränkte sich folglich auf den unvermeidbaren Anteil eines modernen Laufstalles.

### **1.2. Versuchsdauer**

Die Versuchsdauer pro Phase betrug acht Wochen. Bedenken, dass dieser Zeitraum nicht ausreichend gewesen sein könnte um eine Veränderung herauszustellen können durch die Beobachtung entkräftet werden, dass während den einzelnen Phasen durchaus eine dynamische Veränderung der Läsionen zu beobachten war, so dass eine Versuchsdauer von acht Wochen für den Test von Klauenreinigungseinheiten genügend erscheint. Den gleichen Zeitraum wählten auch Thomson und Baek für ihre Klauenbad-Studien (BAEK et al., 2006; THOMSEN et al., 2008b). Betrachtet man andere kontrollgruppenführende Studien über Klauenwaschanlagen, so unterscheiden sich diese nur wenig im Hinblick auf den Zeitraum für einzelne Phasen, welcher zum Teil sogar kürzer bemessen wurde als in der vorliegenden Studie. Die Gesamtlaufzeit wurde jedoch bei allen Studien unabhängig voneinander auf 6 Monate festgelegt (FIEDLER und MAIERL, 2011; THOMSEN et al., 2011). Berichte aus dem Praxiseinsatz hingegen sind auf den Abstand der Klauenpflegetermine festgelegt, da diese zur Datenerhebung genutzt werden (PIJL, 2009).

### **1.3. Beurteilungsintervall**

In der 2011 veröffentlichten Studie von Nielsen et al. stellte sich heraus, dass die meisten Dermatitis-digitalis-Läsionen unter zwei Wochen lang das akute Stadium aufweisen. Die häufig in Studien angewandte monatliche Beobachtung reicht daher nicht aus um alle M2-Läsionen zu erfassen (NIELSEN et al., 2011). Auch die in der vorliegenden Studie praktizierte 14-tägige Observation könnte möglicherweise nicht alle akuten Stadien erfasst haben. Allerdings sollte dies nichts an dem Ergebnis ändern, da nicht die Anzahl der Läsionen über einen bestimmten Zeitraum ausgewertet wurde (Inzidenz), sondern die Anzahl der Läsionen zu mehreren bestimmten Zeitpunkten (Prävalenz). Betrachtet man die Häufigkeit von Kontrollterminen anderer Studien über Klauenwaschanlagen, so variieren diese zwischen alle 2 und alle 6 Wochen (FIEDLER und MAIERL, 2011; THOMSEN et al., 2011).

### **1.4. Probleme der technischen Einrichtungen**

Die Waschanlage wurde zu Beginn der Versuche als für den kommerziellen Einsatz fertiges Modell beschrieben, allerdings ergaben sich im Verlauf der Zeit einige teils unvorhergesehene technische Probleme, wodurch der Zeitplan der Versuche angepasst werden musste.

#### **1.4.1. Zeitverzögerungen**

In der Phase 1 wurde durch Verzögerung aus technischen Umständen ein Abstand zwischen der ersten Beurteilung und dem Beginn des Anlageneinsatzes von 32 Tagen verursacht. Dieser sollte sich allerdings nicht die erhaltenen Ergebnisse auswirken, da die Laufzeit der Phase von acht Wochen eingehalten wurde und unterschiedliche Tendenzen im Bezug auf die Erkrankung mit Dermatitis digitalis auf jeden Fall im Laufe der weiteren drei Folgebeurteilungen zu erkennen gewesen wären.

Zudem stand die Anlage im Verlauf der ersten Phase für vier Tage still, was 2,27 % der Gesamtdauer der Phase entspricht. In der zweiten Phase gab es zwei Unterbrechungen von zwei und sieben Tagen, dies machte 17,31 % der Gesamtdauer aus. In der dritten Phase stand die Anlage aus technischen Gründen nur einen Tag lang still, sie konnte jedoch zusätzlich zwei Mal fünf Tage lang nicht richtig eingesetzt werden, da der vorhandene Wasserdruck zu niedrig war, so dass sich auch hier die Ausfallzeit insgesamt auf 17,74 % erhöhte. Diese

Unterbrechungen waren unvorhersehbar und nicht vom Untersucher beeinflussbar. Es wurde versucht, dies durch eine möglichst lange Laufzeit der einzelnen Phasen im Rahmen der Möglichkeiten auszugleichen.

#### **1.4.2. Wasserdruck**

Die Waschanlage benötigt den haushaltsüblichen Wasserdruck. Wird dieser unterschritten kann der Wasserzulauf in die Anlage beeinträchtigt sein. Erhält die Pumpe nicht genug Frischwasser, kann sie nicht genug Wasserdruck aufbauen, um einen Reinigungsstrahl mittels der Waschdüsen zu erzeugen. Dies war der Fall im obengenannten Zeitraum, in dem im Versuchsbetrieb Melkkurse stattfanden, die einen erhöhten Wasserverbrauch mit sich brachten. Nachdem sich der Beginn der Phase 3 durch Modifikationen an der Anlage verzögerte, wurde eine zeitliche Überschneidung des Versuchs mit dem Melkkurs unvermeidbar. Das Zeitfenster, in dem die Anlage deswegen nicht laufen konnte, war jedoch zu gering, um darin einen Grund für eine falsch negative Aussage der Phase 3 zu suchen.

#### **1.4.3. Siebband**

Das Siebband stellte einen Schwachpunkt in der Anlagenmechanik dar, es wies im Verlauf der Zeit erhebliche Verschleißerscheinungen auf. Einzelne Stränge des gewebten Plastikgitters brachen auf, dadurch wurde die Filterkapazität verringert. Größere Schmutzpartikel konnten vereinzelt wieder den Weg in den Wasserkreislauf finden. Dieser Unterschied an größeren Schmutzpartikeln im Wasser könnte somit die gesamten Versuchsergebnisse beeinflusst haben. Bei einer maßgeblichen Beeinflussung wäre allerdings eine Verlaufskurve der Erkrankung zu erwarten gewesen, die direkt proportional zum Alter des Siebbandes verläuft und welche nach dem Austauschen des Bandes eine rasche Verbesserung zeigt. Solch ein Phänomen konnte jedoch nicht beobachtet werden.

#### **1.4.4. Waschdüsen**

Die Anzahl und der Wasserumsatz der Waschdüsen stellen weitere Faktoren in der Beeinflussung der Wascheffizienz dar, die sich zudem im Laufe der Untersuchungen aufgrund von technischen Verbesserungen an der Anlage veränderten. Der ursprüngliche Aufbau der Anlage besaß acht Waschdüsen, die vor Beginn der dritten Phase durch vier etwas größere Düsen ersetzt wurden. Damit wurde bezweckt Verstopfungen vorzubeugen, die auftraten wenn vermehrt gröbere Partikel in den Wasserkreislauf gelangten. Ein Verstopfen äußerte sich in

dem weniger oder kein Wasser mehr durch eine der Düsen austrat. Dies verursachte einen höheren Wasserdruck auf die Gesamtheit der Düsen. Dadurch löste sich in vielen Fällen die Verstopfung wieder auf. Wenn dies nicht der Fall war, konnte das Hindernis durch manuelles Verschließen der übrigen Düsen und dem dadurch entstehenden Wasserdruck oder mittels eines Drahtstückes aus der Düse beseitigt werden. Da die Frequenz der Verstopfung stark von Faktoren wie dem Zustand des Siebbandes und der aktuellen Verschmutzung des Waschwassers abhing, war es nicht möglich eine Frequenz zu bestimmen. Dieser Ausfall einzelner Düsen bewirkte vereinzelt ein Ausbleiben der Reinigung für manche Klauen, was die Effektivität, die die Anlage in diesem Versuch zeigte, vermindert haben könnte.

#### **1.4.5. Boden**

Da der zu Beginn in der Anlage vorhandene Boden gegen Ende der ersten Phase bereits zu zerfallen begann, wurde dieser durch eine speziell für die Bedürfnisse der Anlage zugeschnittene Gummimatte der Firma Kraiburg ersetzt. Beide Böden unterschieden sich jedoch nicht in ihrer Funktionalität und sollten daher keinen Einfluss auf die Ergebnisse ausgeübt haben.

#### **1.4.6. Chemiepumpe**

Die Pumpe für das Wasserstoffperoxid-Gemisch lief den Versuchszeitraum über ausfallfrei. Lediglich an zwei Tagen war eine einwandfreie Funktion des Sprühvorganges mit Pflegemittel nicht gegeben, einmal aufgrund einer Verstopfung in der Leitung zwischen Pumpe und Sprühdüsen und einmal als der Bewegungssensor von einem Schmutzspritzer bedeckt war und dadurch die Chemiepumpe nicht in Gang setzte. Da der Verbrauch an Wasserstoffperoxid täglich kontrolliert wurde, konnten diese Zwischenfälle rechtzeitig bemerkt und behoben werden.

### **1.5. Vergleichbarkeit der einzelnen Phasen**

Betrachtet man die gesamten Modifikationen, die im Laufe der Versuchsphasen an der Anlage durchgeführt wurden, stellt sich die Frage in wie weit die einzelnen Phasen noch mit einander vergleichbar sind. Bedeutend hierbei ist hauptsächlich in wie weit sich diese Modifikationen auf die Funktionalität auswirken konnten, also darauf, wie gründlich Klauen gewaschen werden konnten. Die größte Veränderung in dieser Hinsicht war die Umstellung von acht auf vier

Waschdüsen. Doch da alle drei Phasen sich in ihren Ansätze bereits leicht unterschieden war ein Vergleich zwischen diesen von Anfang an nur bedingt möglich. Umso wichtiger war der Versuchsablauf mit einer Versuchs- und einer Kontrollgruppe. Dadurch war es möglich, die Änderungen in der Konstruktion über die Zeit hinweg mit einem Standard zu vergleichen.

### **1.5.1. Fazit zur Technik**

Eine Studie über die Effektivität von vier Klauenwaschanlagen, darunter das in dieser Arbeit untersuchte Modell, testete die Reinigungs- und die Desinfektionswirkung. Dabei stellte sich heraus, dass alle Systeme die Kriterien von saubereren Klauen im Vergleich zur Kontrollgruppe und einer Reduktion der Bakterienpopulation um  $10^2$  „mehr oder weniger erfüllten“, dass die Wirkung jedoch stark von der Hygiene der Haltungsumwelt abhing (MAIERL et al., 2011a). Verbesserungen auf Seiten der Anlagentechnik scheinen folglich durchaus noch möglich. Idealerweise werden der gesamte Ballenbereich und der Zwischenklauenspalt von dem Waschwasser mit ausreichendem, gleichbleibendem Druck gereinigt, ohne dass dabei Spritzwasser an das Euter gelangt. Anschließend sollte das Pflege- oder Desinfektionsmittel zielgenau und flächendeckend die gleichen Areale benetzen. Im Laufe des vorliegenden Versuches stellte sich heraus, dass die Technik der Anlage noch nicht vollständig ausgereift war. Dies könnte die Ergebnisse einzelner Testphasen unter Umständen beeinflusst haben. Weitere Versuche mit einem technisch verbesserten Modell wären angebracht, um diesen Verdacht zu bestätigen oder zu entkräften.

### **1.6. Waschen mit Wasser**

Hulek empfiehlt zur Vorbeugung von Dermatitis digitalis unter anderem ein zweimal wöchentliches Abwaschen der Beine von den Afterklauen abwärts und der Klauen (HULEK, 2005b). Eine von Praktikern angewandte Umsetzung solcher Empfehlungen besteht darin, den Ballenbereich nach dem Melken mit der Euterbrause abzuspitzen. Dieses tägliche Waschen wurde in der Phase 1 nachempfunden um herauszufinden, ob die Anlage schon mit bloßem Waschen der Klauen einen Effekt bewirken kann. Allerdings wurde dabei keine Beeinflussung des Dermatitis-digitalis-Status der Versuchsherde festgestellt.

Es gibt mehrere mögliche Ursachen für dieses Ergebnis: Zum Einen wurde das Waschwasser durch die Wiederverwendung im Laufe der Melkzeit zunehmend

trüber, und die Keimbelastung ist dadurch im Vergleich zu frischem Wasser höher (siehe Kap. V.4 Wasserproben). Folglich könnte der positive Effekt des Waschens durch den negativen Effekt der Keimverbreitung aufgehoben worden sein. Andererseits verglichen Blowey et al schon 1998 die Veränderungen des Dermatitis-digitalis-Vorkommens zwischen einer Gruppe, die manuell gewaschen wurde mit einer Gruppe, die keiner Behandlung unterzogen wurde und einer Gruppe, die eine dreitägige lokale Applikation von Lincomycin 40 % auf gereinigte Läsionen erhielt, ohne einen signifikanten Unterschied zwischen der gewaschenen und der nicht behandelten Gruppe zu finden. Die Lincomycin Gruppe hingegen wies nach 14 Tagen signifikant kleinere Läsionen auf (BLOWEY et al., 1998). So decken sich die Ergebnisse dieser Studie mit den Daten der vorliegenden Arbeit: die Ergebnisse legen die Vermutung nahe, dass Wasser alleine nicht ausreicht um Dermatitis digitalis effektiv vorzubeugen.

### **1.7. Chemische Zusätze**

Die Anwendung eines keimreduzierenden Mittels erhielt eine zentrale Bedeutung, nachdem sich gezeigt hatte, dass das Waschen mit Wasser alleine keine Wirkung erzielen konnte. Zudem bestand die Möglichkeit, dass gewaschene Tiere durch das recycelte Waschwasser einem erhöhten Keimdruck ausgesetzt waren und dass sich die Erreger von Dermatitis digitalis erst durch das Wasser weiter in der Herde hätten verbreiten können. In diesem Fall wäre eine Desinfektion des Wassers zusätzlich oder in Verbindung mit der Pflegemittelapplikation nötig. In der Feldstudie von Pijl war eine Verbreitung der Erreger über die Anlage möglicherweise passiert, da er nach dem Einsatz einer Waschanlage eine höhere Erkrankungsrate des Jungviehs feststellte als zuvor (PIJL, 2009).

#### **1.7.1. Wasserstoffperoxid**

Es war bereits zu Beginn der Versuche festgelegt worden, dass eine Wasserstoffperoxid-Lösung eingesetzt werden sollte. Bei längerer Einwirkzeit bis zu 12 Stunden bei Raumtemperatur erwies sich Wasserstoffperoxid schon in den 70er Jahren als wirkungsvolles Desinfektionsmittel, das sowohl antibakteriell als auch viruzid wirkt (BLOCK, 1991). Block beschrieb zudem in einer Tabelle die Ergebnisse von Toledo et al. von 1973, die bei der Verwendung einer 25,8 %igen Lösung bei 24 °C eine Letalität für Staphylococcus aureus von 0,2 Minuten beschrieben hatten. In der heutigen Zeit wird Wasserstoffperoxid gebräuchlicher

Weise in einer 3 % igen Konzentration zur Wunddesinfektion eingesetzt (HOF und DÖRRIES, 2009). Durch seinen Zerfall in Wasser und Sauerstoffradikale besitzt es eine stark oxidierende Wirkung und somit ein breites Wirkungsspektrum (STRAUCH, 2002). Ein bedeutender Vorteil ist zudem, dass anfallende Reste biologisch abbaubar sind, da es in Wasser und Sauerstoff zerfällt und somit der Gülle zugeführt werden kann (THALMANN, 2007; WIBERG, 2007). Wissenschaftliche Studien zu der Wirkung auf die Keimzahl in mit Gülle versetztem Wasser sowie auf Dermatitis digitalis Läsionen bei einer direkten Aufbringung gibt es derzeit leider noch nicht. Ein Faktenblatt des Kantonalen Laboratoriums Basel-Stadt schreibt jedoch Per-Verbindungen, darunter auch Wasserstoffperoxid in 0,02 %iger Lösung bei einer Wirkungszeit für Bakterien von „Sekunden bis Minuten“ ein „praktisch lückenloses Spektrum“ in der Flächen- und Flüssigkeitsdesinfektion zu (THALMANN, 2007). Andere Quellen wiederum halten Wasserstoffperoxid nicht geeignet für Flächendesinfektionen, da es zu instabil ist (STRAUCH, 2002). Eine Desinfektion wird als gezielte Entkeimung definiert, bei der die Keimzahl um 5 log 10-Stufen, also um 99,999 % gesenkt werden soll, so dass von der behandelten Stelle keine Krankheitserreger mehr übertragen werden können (HOF und DÖRRIES, 2009). Durch Tupferproben konnte jedoch auch mit dem Einsatz einer modifizierten Anlage mit längerem Applikationsbereich für die Wasserstoffperoxid-Lösung nur eine Reduktion um zwei log 10-Stufen nachgewiesen werden (EISE und REUBOLD, 2011).

### **1.7.2. Gesetzeslage**

Unter welche Gesetze die unterschiedlichen Desinfektions-, Reinigungs-, Hygiene- und Klauenpflegezusätze für Klauenwaschanlagen genau fallen, ist nicht immer klar ersichtlich, und unterscheidet sich in Abhängigkeit von Bestimmung, Effektivität und Inhaltsstoffen: Die Einstufung als Arzneimittel wird von den meisten Herstellern von Zusätzen für Klauenwaschanlagen vermieden um die teure Zulassung zu umgehen. Um dem Arzneimittelgesetz §2Abs3 zu genügen, werden diese Zusätze folglich für die äußerliche Reinigung und Pflege des Tieres bestimmt. Würden sich nun allerdings die Erfolge in der Bekämpfung und Prävention von Dermatitis digitalis einstellen, die sich die Hersteller von Klauenwaschanlagen allgemein erhoffen, wäre diese alleinige Beabsichtigung der Klauenpflege nur noch bedingt glaubwürdig.

Auf der Internet-Seite des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit wird der Begriff Biozid wie folgend erklärt: „Biozide sind chemische Stoffe oder Zubereitungen aus chemischen Stoffen, denen bestimmungsgemäß die Eigenschaft innewohnt, Lebewesen zu töten oder zumindest deren Lebensfunktionen einzuschränken. Diese Eigenschaft wird zur Bekämpfung von sogenannten Schadorganismen genutzt. Ein Lebewesen wird dann zum Schadorganismus, wenn es durch sein massenhaftes oder deplatziertes Auftreten die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen und seiner Haus- und Nutztiere gefährdet, wenn es die Qualität von Gegenständen beeinträchtigt oder wenn es gewerbliche und industrielle Prozesse stört“ (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, 2007)

Damit fallen, solange sie aufgrund ihrer Inhaltsstoffe nicht als Arzneimittel gelten, nicht nur Desinfektionsmittel für Klauenbäder und -hygieneanlagen unter das Biozid-Gesetz, sondern auch „Desinfektionsmittel mit generellem Reinigungseffekt zur Vorsorge“ (BEREND, 2002).

### **1.7.3. Auswahl und Zusammensetzung verschiedener Zusätze**

Zu Beginn dieser Versuchsreihe war eine mit Silberionen stabilisierte Wasserstoffperoxid-Lösung für den Hersteller der Anlage das Mittel der Wahl. Die derzeit von anderen Herstellern von Klauenreinigungseinheiten empfohlenen Mittel variieren stark in ihrer Zusammensetzung. Eines der Produkte besteht ebenfalls aus Wasserstoffperoxid und Silber, es wird als „hervorragend wirksam gegen Pilze, Legionellen, Viren, Bakterien, Salmonellen und Amöben“ beschrieben (DEVIO AG). Ein anderes ist ein „Flüssiges Desinfektionsmittel für Klauen“ mit einem „breiten bioziden Spektrum“ das die Klauen reinigen und ihren Zustand verbessern soll und auf Basis von Aldehyden und Quartäre Ammoniumverbindungen arbeitet (FINKTEC, 2008). Des Weiteren ist ein Klauenpflegemittel auf dem Markt, dass laut Sicherheitsdatenblatt neben anderen Inhaltsstoffen Isopropylalkohol und Salzsäure beinhaltet, also in höherer Konzentration ätzende und umweltgefährdende Stoffe (DELAVAL, 2009).

In einem Versuch mit Kalzium-Hydroxid wendeten Sonderholm Rasmussen et al die höchste von Landwirten und Klauenschneidern in Dänemark empfohlene Dosierung von an. Daraufhin wiesen 90 % der Tiere nach zwei Wochen chemische Verbrennungen auf (SONDERHOLM RASMUSSEN et al., 2011).

Bisher war auf dem europäischen Markt für eine standardisierte Prüfung lediglich die kostenintensive und langwierige Zulassung als Arzneimittel möglich (DR.SCHAETTEGMBH). Eine Firma in Großbritannien warb für ihr Produkt immerhin mit einem bestandenen Feldtest des Ministeriums (SHEP-FAIR).

Doch standardisierte Testmethoden, mit denen es möglich ist, die diversen auf dem Markt erhältlichen Mittel beurteilen und vergleichen zu können, waren dringend nötig.

Erste Schritte in diese Richtung wurden auf dem 16th International Symposium and 8th Conference on Lameness in Ruminants 2011 unternommen. Hier wurden von der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft und von der Firma DeLaval erstmals Testmethoden vorgestellt, die es erlauben Klauenpflege-, Hygiene- und Desinfektionsprodukte unter genormten Umständen zu betrachten. Die von der DLG gesetzten Schwerpunkte belaufen sich dabei auf die Desinfektionswirkung, die Hautfreundlichkeit, einen möglichen negativen Einfluss auf das Klauenhorn mit histologischer und physiologischer Überprüfung sowie auf die Materialverträglichkeit im Hinblick auf die Stalleinrichtung (MAIERL et al., 2011b). Der von DeLaval entwickelte Test konzentriert sich hingegen vor allem auf die Effektivität im Stall durch die Ermittlung des Bakteriengehalts nach Inkubation der zu testenden Lösung mit frischer Gülle sowie mit einer bestimmten Konzentration von *Staphylococcus aureus* und *Escherichia coli* (BUCHALOVA et al., 2011). Problematisch ist in diesem Zusammenhang, dass Gülle keine genormte Zusammensetzung hat und die Untersuchungen in der vorgestellten Weise nicht nachvollziehbar sind.

#### **1.7.4. Konzentrationen und Anwendung**

Der Versuchsaufbau der Phase 2 beabsichtigte die Gefahr „Verbreitung von Keimen über das verschmutzte Waschwasser“ auszuschließen, indem gleichzeitig mit der Frischwasserzufuhr eine geringe Konzentration an Wasserstoffperoxid zugesetzt wurde. Zudem sollte so festgestellt werden, ob das im Praxiseinsatz von den Klauen in das Waschwasser abtropfende Pflegemittel bereits einen positiven Effekt auf die Klauengesundheit ausüben vermag. Allerdings waren keine Auswirkungen dieser Bemühungen ersichtlich, und die Menge an Kolonie bildenden Einheiten pro ml in der Wasserprobe war im Vergleich zur Phase 1 erhöht. Die gewählte Wasserstoffperoxid-Konzentration von 0,02 % im

Anlagenwasser hätte jedoch in der Lage sein können Verminderung der Keimzahl zu bewirken (THALMANN, 2007).

In der dritten Phase wurde die für den Praxiseinsatz vorgesehene Wasserstoffperoxid-Konzentration von 7 % auf die Klauen aufgesprüht in der Absicht, den Keimdruck zu senken. Dafür wurden die Klauen beim Verlassen der Anlage durch einen Sprühnebel mit der Wasserstoffperoxid-Lösung benetzt, wobei die Vernebelungsdüsen von schräg hinten sprühten. Es gab jedoch keinen Unterschied zwischen der Versuchs- und der Kontrollgruppe im Bezug auf die Häufigkeit des Vorkommens von Dermatitis digitalis. Inwieweit eine Keimreduktion auf den Klauen durch das Wasserstoffperoxid erreicht werden konnte wäre ein interessantes Detail gewesen. Solche Untersuchungen wären jedoch über den Rahmen dieser Arbeit hinaus gegangen, welche sich vor allem auf die Häufigkeit und den Schweregrad infektiöser Klauenkrankheiten konzentrierte.

Tupferproben die diese Fragestellung untersuchten wurden unabhängig von dem vorliegenden Versuch im Juni 2011 im Rahmen eines DLG-Tests der gleichen Anlage auf ihre Hygienewirkung genommen. Dabei wiesen nach 4 wöchigem Einsatz der Waschanlage die Proben von Ballen und Zwischenklauenspalt im Vergleich zur bloßen Reinigung durch die Anlage nach einer zehn minütigen Einwirkzeit eine Reduktion der Kolonie bildenden Einheiten um eine log 10-Stufe auf. Die verwendete Anlage wurde nach dieser ersten Untersuchung modifiziert und mit vier zusätzlichen Düsen für das Hygienemittel ausgestattet. Daraufhin wiesen vier Wochen später in der gleichen Weise gewonnenen Proben eine Reduktion der Kolonie bildenden Einheiten um zwei log 10-Stufen auf (EISE und REUBOLD, 2011).

### **1.8. Einteilung der Tiere**

Die Einteilung erfolgte in der vorliegenden Studie dergestalt, dass beide Gruppen eine annähernd gleiche Gesamtanzahl sowie einen möglichst gleichen Anteil an erkrankten und gesunden Tieren zählten. In allen drei Phasen wurden die Tiere zufällig im Hinblick auf Alter und Rasse verteilt und waren in der Versuchs- und Kontrollgruppe weitgehend ausgeglichen. In der dritten Phase ergab sich durch den zeitlich verzögerten Start eine höhere Tierzahl in der Versuchsgruppe. Dies hatte jedoch keinen Einfluss auf die Ergebnisse, da die Veränderung innerhalb der

Gruppen verglichen wurde und nicht die absoluten Zahlen.

Während der Phasen zugestellte frisch abgekalbte Tiere wurden zwar von der Anlage gewaschen, sie wurden jedoch nicht in die Statistik mit aufgenommen. Sollte der Keimdruck durch diese Tiere erhöht worden sein, hätte dies beide Gruppen gleichermaßen beeinflusst. Zudem wiesen die zugestellten Tiere meist einen besseren Klauengesundheitsstatus als die bereits im Stall vorhandenen Tiere.

## **2. Beurteilung und Datenauswertung**

### **2.1. M-Einteilung nach Döpfer**

Die Läsionen wurden nach dem von Döpfer 1994 entwickelten System beurteilt (DÖPFER, 1994). Die Einteilung in 4 Läsionstypen lässt eine gute Beobachtung einzelner Tiere aber auch der Tendenzen innerhalb einer Gruppe über die Zeit zu.

In der Kategorie M1 wurde in dieser Arbeit auf die Untergruppen verzichtet, ein Ansatz zur Vereinfachung des Systems, der in wissenschaftlichen Studien, die mit diesem Bewertungssystem arbeiten, allgemein angewandt wird (DÖPFER, 1997; ESCH, 2004; SCHÜTZ, 2001). Dies hatte jedoch zur Folge, dass Läsionen, welche Döpfer noch zur Gruppe M1 mit der Unterkategorie „ba“ zählt (mehrere runde, einzeln bis zu 1,5 cm im Durchmesser große, durch Gewebebrücken getrennte oder ineinander übergehende weißlich bis rote ausgestanzte und teils schmerzhaft Veränderungen) in dieser Arbeit zur Kategorie M2 gezählt wurden. Döpfer selbst stellte in ihrer Arbeit von 1994 die Entscheidung über die Einteilung dieser Läsionen je nach Aussehen in die Gruppen M1 oder M2 zur Diskussion frei. Aufgrund des in der vorliegenden Untersuchung vorgefundenen Aussehens und Schweregrades wurden diese Läsionen daher zu der Kategorie M2 gezählt.

Ferner wurde in dieser Untersuchung die Kategorie M4 weiter gefasst, als sie von Döpfer in späteren Studien verwendet wurde (DÖPFER, 1997). Zusätzlich zu den hyperkeratotischen Läsionen ohne granulomatöse Hautirritationen wurden auch Entzündungszeichen im Zwischenklauenspalt aufgenommen, welche häufig parallel dazu beobachtet werden konnten und dessen Erscheinungsbild charakteristische Eigenschaften der Dermatitis digitalis zeigte, ohne eindeutig einer der Kategorien M1 bis M3 zugehörig zu sein. Dass diese Veränderungen

teilweise auch durch andere Erreger bedingt waren, konnte nicht vollständig ausgeschlossen werden. Eine Untersuchung des in solchen Veränderungen vorhandenen Erregerspektrums wäre eine Möglichkeit gewesen eine genauere Aussage darüber treffen zu könne, hätte aber den Rahmen dieser Arbeit gesprengt.

Die M-Klassen erleichtern nicht nur die Dokumentation von Dermatitis-digitalis-Läsionen, sie schaffen auch eine bessere Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Studien. Modifikationen im Einteilungssystem sind aus diesem Grund normalerweise zu vermeiden. Wäre es die Absicht dieser Untersuchung gewesen, ein möglichst genaues Bild der allgemeinen Bestandssituation aufzuzeichnen, hätten diese Abweichungen möglicherweise eine größere Anzahl an M4 Läsionen ergeben als bei einer Bewertung ohne diese Modifikation. Das Ziel dieser Untersuchung war es jedoch, mögliche Unterschiede im Vorkommen und Schweregrad infektiöser Klauenerkrankungen, vor allem der Dermatitis digitalis, zwischen der Versuchs- und der Kontrollgruppe zu erfassen. Die Absicht hinter den Modifikationen war somit, der Beurteilung eine möglichst gut einzuhaltende Genauigkeit zu geben. Dabei wurde einer umfassenden Dokumentation aller Läsionen der Vorzug gegeben vor einer Beurteilung, die Veränderungen unbeachtet lässt, welche nicht zu 100 Prozent in das Schema passen.

Bei einem Vergleich zwischen verschiedenen Studien sind unterschiedliche Beurteilungsstile grundsätzlich zu berücksichtigen. Dabei spielt das in der jeweiligen Studie angewandte Bewertungssystem wohl die größte Rolle. In der Literatur werden neben dem Erfassungsschema nach Döpfer noch andere Systeme verwendet, welche ebenfalls den Schweregrad der Läsionen in ihrer Erfassung berücksichtigen, wie das von Hernandez et al., das von Laven und Hunt und das von Manske et al. (HERNANDEZ et al., 1999; LAVEN und HUNT, 2002; MANSKE et al., 2002). In anderen Untersuchungen hingegen wird lediglich festgehalten, ob eine Dermatitis-digitalis-Läsion vorhanden ist oder nicht (BERGSTEN et al., 2006; FIEDLER, 2004; JANOWICZ et al., 2004). Dabei wird die Wahl der Untersuchungsmethodik hauptsächlich von der Aufgabenstellung beeinflusst.

Auch die äußeren Umstände einer Beurteilung wie ausreichende Lichtverhältnisse, die Zuhilfenahme einer Spreizzange für die Betrachtung des

Zwischenklauenspaltes, möglicher Zeitdruck oder unruhige Untersuchungstiere können Beeinflussungsfaktoren der Genauigkeit einer Untersuchung darstellen. Anzahl und Schweregrad von Dermatitis digitalis Läsionen können sehr viel sorgfältiger dokumentiert werden, wenn die Beurteilung in einem Klauenpflegestand stattfindet. Im Gegensatz dazu erfasst eine Begutachtung, die während des Melkens stattfindet lediglich leicht zu erkennenden Veränderungen an gut zugänglichen Stellen (BLOWEY und WILLIAMS, 2004; THOMSEN et al., 2008a).

Prinzipiell sind daher bei einem Vergleich von verschiedenen Dermatitis-digitalis-Studien die angewandten Untersuchungsmethoden im Hinterkopf zu behalten. Das M-Klassen System nach Döpfer bietet hierbei den Vorteil, dass es eine große Zahl an Details zur Auswertung erfasst und gleichzeitig eine leicht vergleichbare Betrachtung der vier Läsionsklassen ermöglicht.

### **2.1.1. Verteilung der M-Klassen**

In der Phase 1 gab es in beiden Gruppen einen signifikanten Anstieg der M2-Läsionen zwischen der ersten und der dritten Untersuchung (Tabelle 5 Seite 58). Zusätzlich gab es in der Kontrollgruppe einen signifikanten Unterschied zwischen den Zeitpunkten 2 und 3 und zwischen den Zeitpunkten 3 und 4. Hierbei veränderte sich der Prozentsatz der von M2-Läsionen betroffenen Tiere von 27 % auf 34 %, über ein Maximum von 63 % zurück auf 23 %, während in der Versuchsgruppe der Anteil von 26 % auf 38 %, auf maximal 56 % auf 30 % von M2-Läsionen betroffener Tiere veränderte. Die Entwicklung lief in beiden Gruppen demnach parallel und ist demzufolge auf einen Faktor in der Haltungsumwelt zurückzuführen. Ein möglicher Grund dafür könnte eine überdurchschnittlich hohe Lufttemperatur für die Jahreszeit sein, die im November in Bayern gemessen wurde (ZIMMERMANN und RASPE, 2010).

Bei der Betrachtung der M3 Läsionen im Lauf der Phase 1 innerhalb der Gruppen (Tabelle 7 Seite 619) gibt es in beiden Gruppen zwischen Zeitpunkt 1 und Zeitpunkt 2 einen signifikanten Unterschied. In der Kontrollgruppe gibt es zusätzlich signifikante Unterschiede im Vorkommen von M3 Läsionen zwischen Zeitpunkt 1 und 4 und zwischen Zeitpunkt 2 und 3. Diese Veränderungen in beiden Gruppen gehen zwar nicht parallel vonstatten, allerdings gibt es auch keine eindeutige Tendenz.

Bei der Verteilung von M4-Läsionen innerhalb der Gruppen über die Zeit gab es in der Kontrollgruppe zwischen drei verschiedenen Zeitpunkten signifikante Unterschiede (Tabelle 9 Seite 60). Bei näherer Betrachtung fällt auf, dass die Entwicklung in der Versuchsgruppe zwar keine signifikanten Unterschiede erreicht, aber dennoch ähnlich verläuft.

In der Phase 2 unterschied sich die Prävalenz zwischen beiden Gruppen in keiner der Dermatitis digitalis Klassen signifikant. Innerhalb der Versuchsgruppe ergab sich durch einen Rückgang der M4 Läsionen ein signifikanter Unterschied zwischen den Zeitpunkten 1 und 3 und 1 und 4 (Tabelle 17 Seite 69). In der Kontrollgruppe war die Anzahl der M4-Läsionen jedoch ebenfalls rückläufig.

In der dritten Phase wurden im Hinblick auf das Dermatitis digitalis Vorkommen weder zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe, noch innerhalb den Gruppen zwischen den einzelnen Zeitpunkten signifikante Unterschiede festgestellt.

Dass es zwischen den beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede gab, hingegen innerhalb der Gruppen zwischen den Zeitpunkten signifikante Unterschiede vorhanden waren zeigt, dass dynamische Veränderungen in dem Vorkommen von Dermatitis digitalis während den Untersuchungen möglich und vorhanden waren.

## **2.2. Das Punktesystem nach Döpfer**

In diesem System zur Beurteilung des Schweregrades einer Dermatitis digitalis-Läsion liegt die Anzahl der Punkte, die einem Hinterfuß bei der Untersuchung aufgrund seiner Symptome zugewiesen werden können zwischen Null und 120. In der Auswertung nimmt die Gesamtheit dieser Zahlen jedoch keine lineare Verteilung an, wie auch Schmitt feststellte (SCHMITT, 1997). Die M2-Läsionen erhalten eine mit Abstand höhere Punktezahl, dafür sind M1-, M3- und M4-Läsionen sowie Tiere mit Dermatitis interdigitalis anhand der ihnen zugewiesenen Punkte nicht zu unterscheiden. Bei entsprechenden Tierzahlen und Untersuchungsterminen sind diese Zahlen nur noch schwer in einfachen Tabellen oder graphisch fassbar, was zur Folge hat, dass die Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Studien darunter leidet. Da dieses System jedoch darauf ausgelegt ist den Schweregrad zu beurteilen, erweist sich die Dokumentation der Veränderung einzelner Läsionen über die Zeit hingegen als sehr genau. Zusätzlich

ist der Detailreichtum durch den auszufüllenden Fragebogen zu jedem erkrankten Bein bedeutend. Dadurch können bei Interesse eine Vielzahl von einzelnen Faktoren nachträglich ausgewertet und miteinander verglichen werden, wie beispielsweise die Anzahl der Läsionen die auf Druck schmerzhaft reagierten und wie häufig Dermatitis interdigitalis und Erosio unguulae gemeinsam vorhanden waren.

### **2.3. Dermatitis interdigitalis und Erosio unguulae**

In der vorliegenden Arbeit nahm die Prävalenz von Erosio unguulae Werte zwischen 43 % und 84 % der Herde an. Die Prävalenz von Dermatitis interdigitalis lag zwischen 1 % und 37 % der Herde. Bei einem Vergleich der Werte von Versuchs- und Kontrollgruppe zu den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten wurde kein signifikanter Unterschied in der Prävalenz von Dermatitis interdigitalis und Erosio unguulae festgestellt. Auch ein zeitlicher Verlauf war nicht vorhanden der auf eine externe, beeinflussende Ursache hätte hinweisen können.

Im Laufe dieser Untersuchung wurden keine Veränderungen im Sinne V-förmiger Furchen im Ballenbereich beobachtet. Erscheinungen dieser Art wären typisch für Dermatitis interdigitalis (C.M. Mortellaro, persönl. Mitteilung, 03.03.2011.) Allerdings fand auch Toussaint Raven schon 1989 in Laufställen hauptsächlich mildere Verlaufsformen vor (TOUSSAINT RAVEN, 1989). Dagegen wiesen die befallenen Tiere Veränderungen im Sinne entzündlicher Mazerationsstellen der Haut in der Längsachse des Zwischenklauenspaltes auf, aus denen im Extremfall bis zu mehrere Zentimeter lange Haut-Gewebestücke abgestoßen wurden. In Anlehnung an die Definition der oberflächlichen Zwischenklauennekrose (Dermatitis interdigitalis) als infektiionsbedingte eitrig-nekrotisierende subakut bis chronisch verlaufende Entzündung der Zwischenklauenhaut (DIRKSEN, 2006) wurde diese Entzündung zwischen den Zehen aufgrund der Lokalisation und in Abgrenzung zur Dermatitis digitalis als Dermatitis interdigitalis behandelt. Das Auftreten von Erosio Ungulae war ebenfalls auf die Anfangsstadien begrenzt. Die Gründe dafür liegen in dem hohen Hygienestandard des Betriebes sowie der Tatsache, dass regelmäßig eine Klauenpflege durchgeführt wurde, Faktoren, die als vorbeugende Maßnahmen bekannt sind (DIRKSEN, 2006; TOUSSAINT RAVEN, 1989).

## 2.4. Locomotion Score

Um den Klauengesundheitsstatus der Herde zu überwachen wurde mit jeder Klauenbegutachtung ein Locomotion Score durchgeführt. Dadurch wäre beispielsweise ein erhöhtes Vorkommen von Phlegmonen in einer Gruppe auf Grund einer höheren Zahl an Lahmheiten schnell aufgefallen, und man hätte diesen Verlauf zudem besser nachvollziehen können (STROKES, 2008). Doch die Durchschnittswerte beider Gruppen wichen maximal um 0,3 Punkte voneinander ab und es gab auch in der statistischen Berechnung keine signifikanten Unterschiede. Trotzdem ist im Verlauf der Phasen zwischen den beiden Gruppen eine gewisse Dynamik erkennbar:

Während der ersten Phase näherten sich die Mittelwerte des Locomotion Scores beider Gruppen einander langsam an. Möglicherweise porträtiert diese Entwicklung die Steigerung der Routine in der Ausführung der Locomotion Score Untersuchung. Die Verwendbarkeit der ersten Ergebnisse wird dadurch jedoch nicht beeinträchtigt, da die Untersucher bereits zu Beginn grundlegende Erfahrung in der Anwendung des Locomotion Score hatten. Kurz vor Ende der Phase 1 verschlechtert sich der Mittelwert der Versuchsgruppe leicht, verbessert sich allerdings am nächsten Tag wieder. Eine Ursache hierfür könnte die zwischen den beiden Beurteilungen erfolgte Klauenpflege sein. Die Beobachtung, dass sich der Durchschnittswert des Locomotion Scores einer Herde nach der Klauenpflege signifikant verbesserte machte schon Eilers 2008 (EILERS, 2008). Dyer et al. fanden zwar heraus, dass zur Auslösung einer Schmerzreaktion an einer kranken Klaue nach der Klauenpflege meist weniger Druck nötig war als zuvor, jedoch ist das Ziel einer Klauenpflege die Entlastung, also die Wegnahme von Druck von geschädigten Stellen (DYER et al., 2007).

In der Phase 2 fällt bei Betrachtung der Grafik am 23.04.2010 ein deutlich besserer Gesamtwert der Kontrollgruppe auf, nachdem die Werte beider Gruppen ansonsten den gesamten Zeitraum recht ähnlich verlaufen. Ursprung hat diese Verbesserung hauptsächlich in vier Tieren, die bei dem Termin zuvor noch die Note 3 hatte, und an diesem Termin die Note 2. Grund hierfür ist möglicherweise ein Klauenschnitt, der bei lahmen Tieren aus Tierschutzgründen auch zwischen den Klauenpflegeterminen angewandt wurde. In der Versuchsgruppe hingegen

verbesserte sich nur ein Tier von der Note 3 auf 2, alle anderen Tiere hatten bereits die Note 2 oder 1.

In der Phase 3 fällt auf, dass im Gegensatz zu den vorhergehenden Phasen die Locomotion Score Werte beider Gruppen nicht in die gleiche Richtung verlaufen. Zu Beginn der Auswertung waren in der Kontrollgruppe deutlich schlechter: fünf Tiere erhielten die Note 4, von denen sich jedoch vier eines bis zur nächsten Untersuchung verbesserten. Bei der letzten Bewertung hingegen gab es in der deutlich besseren Kontrollgruppe nur drei Tiere mit der Note 3 und 4, wobei zwei davon bereits zu Beginn schlechte Gangnoten aufgewiesen hatten. In der Versuchsgruppe hingegen hatten 6 Tiere eine schlechte Gangnote. Davon zeigten jedoch nur die Hälfte bei der Beurteilung im Klauenstand Symptome einer Klauenerkrankung. Es lässt sich daher auch bei genauer Analyse der Einzeltierdaten keine Ursache für diese Kurvenverläufe feststellen.

Die Dermatitis-digitalis-Inzidenz wirkt sich insgesamt gesehen nur wenig auf den Locomotion Score aus. In einer Studie von Somers gingen lediglich ein Drittel der stark mit Dermatitis digitalis befallenen Tiere lahm. Auch in einer Untersuchung von Wiedenhöft wiesen nur 22,22 % der lahmen Tiere Dermatitis digitalis-Läsionen auf, während zudem auch 7,26 % der nicht lahmen Tiere betroffen waren. Esch stellte hingegen keinen Zusammenhang zwischen einem Befall mit klassischer Dermatitis digitalis, der Futteraufnahme und der Bewegungsaktivität fest (ESCH, 2004; SOMERS et al., 2004; WIEDENHÖFT, 2005). Dennoch war es allen Beteiligten von Anfang an wichtig, regelmäßig einen Locomotion Score durchzuführen, um den Klauengesundheitsstatus der Herde besser im Blick zu behalten.

## **2.5. Statistische Auswertung - Methodik**

Die Entscheidung, ob die Ergebnisse in der Statistik auf Bein- oder auf Tierebene ausgewertet werden sollten, fiel nach schriftlicher Rücksprache mit Dr. Dörte Döpfer zugunsten der Tierebene aus. Eine Auswertung auf Beinebene hat zwar die Vorteile, die Objektzahl zu verdoppeln und die Datenbearbeitung zu vereinfachen, allerdings ist die Betrachtung auf Tierebene aus folgenden Gründen vorzuziehen: Zum Einen besitzen die Beine eines Tieres ein zusammenhängendes Immunsystem und könnten sich gegenseitig beeinflussen, zum Anderen stellt die Tierebene eine praxisnähere Betrachtung dar. Für den Landwirt zählt am Ende

lediglich, ob ein Tier erkrankt ist oder nicht, egal ob an einem oder an beiden Hinterbeinen.

Die Auswertung mittels Testverfahren für unabhängige Stichproben war deswegen möglich, da die Fragestellung der Inzidenz in der Herde untersucht werden sollte. Somit waren Testverfahren für abhängige Stichproben vernachlässigbar, auch wenn immer die gleichen Tiere beurteilt wurden.

## **2.6. Wasserproben**

Da die Erreger, die das Keimspektrum der Infektion mit *Dermatitis digitalis* bilden nur schwer im Labor anzüchtbar sind, wurden in Rücksprache mit dem untersuchenden Labor stellvertretend die Kolonie bildenden Einheiten bestimmt. Dadurch sollte der Keimdruck, der durch das Waschwasser entsteht abschätzbar werden. In jeder Phase wurden dafür eine Reihe von Wasserproben über den Melkverlauf hinweg gezogen.

Die Anzahl Kolonie bildender Einheiten auf einer Zeitskala sowie auf eine Tierzahlskala gelegt unterschieden sich in ihrem Verlauf in den einzelnen Phasen voneinander, so dass keine gemeinsamen Tendenzen festgestellt werden konnten. Während in der Phase 1 die Keimzahl im Waschwasser ihr Maximum bereits nach 20 Minuten erreicht hatte und danach wieder rückläufig war, gab es in der Phase 2 zwar auch eine leichte Verminderung der Keimzahl im Vergleich zu der davor gezogenen Probe, jedoch stieg die Kurve im weiteren Zeitverlauf wieder an. In der Phase 3 fiel auf, dass alle Werte mindestens eine Zehnerpotenz höher waren als die entsprechenden Werte aus der Phase 1 und 2. Zudem gab es in der Phase 3 einen stetigen Anstieg der Anzahl von Kolonie bildenden Einheiten pro ml im Verlauf der gezogenen Proben.

Bei der Probennahme wurde das Waschwasser mit sterilen Probengefäßen nach einem festen Schema geschöpft, um Einheitlichkeit herzustellen. Einer Kontamination durch Umgebungskeime sollte dadurch sichergestellt worden sein.

### **2.6.1. Einfluss der Umstände auf die Keimzahl**

Mögliche Gründe für die Schwankungen in der Zahl Kolonie bildender Einheiten könnten auf der Tatsache beruhen, dass in Gruppen von 8 Tieren gemolken wurde. Dadurch fiel das Zeitintervall das vorhanden war, um gröbere Partikel aus der Waschanlage zu filtern bevor die Probe gezogen wurde, unterschiedlich lang aus. Eine weitere Möglichkeit der Beeinflussung der Anzahl der Kolonie

bildenden Einheiten in der Wasserprobe könnten die verschiedenen Temperaturverhältnisse sein, unter denen die Proben gezogen wurden. Bei der ersten Entnahme, die im Januar 2010 stattfand, lagen die Temperaturen um den Gefrierpunkt. Die zweite Probenentnahme fand im Mai statt, die dritte im August. Auch wenn bei allen Proben auf eine möglichst rasche Verpackung mit Kühlelementen und Anlieferung an das Labor geachtet wurde, waren die Lagerungsumstände auf dem Versandweg nicht beeinflussbar, was zu einer unterschiedlichen Vermehrungsrate der Keime während dem Transport geführt haben könnte. Dies könnte unter Anderem die höheren Ausgangswerte der Proben in der Phase 2 bedingt haben, da auch der Wert der ersten Probe, bei dem das durch die Anlage zirkulierende Wasser noch keine Kotverschmutzung aufwies, höher war als diejenigen der anderen Phasen.

### **2.6.2. Einfluss der Anlage auf die Keimzahl**

Ein unterschiedlicher Anteil an groben Partikeln könnte eine weitere Variable für die Zahl Kolonie bildender Einheiten darstellen. Bei der ersten Probennahme war das Siebband erst 10 Tage gelaufen, bei der zweiten Probennahme bereits anderthalb Monate und wurde kurz darauf ausgetauscht. Bei der dritten Probennahme lief das Siebband schon knapp 2 Monate lang und wies ebenfalls bereits leichte Defekte im Faserverband auf.

Eine andere Möglichkeit für die Zunahme der Kolonie bildenden Einheiten über die Zeit wären Ablagerungen in der Anlage. Diese wurde zwar täglich mit Wasser gereinigt und es waren keine makroskopischen Ablagerungen in den zugänglichen Bereichen der Anlage sichtbar, möglicherweise kam es jedoch zu Ablagerungen oder Rückständen von Wasser in den Leitungsrohrsystemen.

### **2.6.3. Einfluss von Wasserstoffperoxid auf die Keimzahl**

Die erhoffte Wirkung einer geringeren Keimzahl durch Zusatz einer Verdünnung von Wasserstoffperoxid wurde nicht beobachtet. Die Anzahl der gezogenen Wasserproben war jedoch zu gering, um exakte Aussagen treffen zu können. Hierfür wären mehr Wasserproben nötig gewesen. Diese hätten entweder zu mehreren Zeitpunkten während einer Phase genommen werden müssen, oder über mehrere Tage hinweg während einer Nachstellung der verschiedenen Phasen. In diesem Fall wäre zumindest der Faktor der unterschiedlichen Temperaturverhältnisse auf dem Transportweg weggefallen. Auch hätte darauf geachtet

werden können, dass das Siebband bei jeder Ziehung in tadellosem Zustand ist. Andererseits hätte man mit diesen „künstlich erzeugten“ guten Bedingungen zwar gemessen, was die Anlage leisten kann, jedoch nicht, was tatsächlich davon in der Praxis übrig bleibt. In Anbetracht dessen wären gut geplante Folgeproben auf den Ergebnissen der ersten Wasserproben aufbauend sehr interessant gewesen. Der Schwerpunkt dieser Untersuchungen lag allerdings auf der Beobachtung der infektiösen Klauenerkrankungen, deren Häufigkeit, Schweregrad und Verlauf.

### **3. Klauenwaschanlagen in Studien**

Im Jahr 2010 erschienen Artikel in Landwirtschaftlichen Zeitungen, die von sensationellen Rückgängen des Vorkommens von Dermatitis digitalis im Zuge erster Installationen von Waschanlagen berichteten. Die zu Grunde liegenden Beobachtungen waren jedoch aus wissenschaftlicher Sicht nicht verwendbar, da zu viele beeinflussende Parameter außer Acht gelassen worden waren. Ein eindrucksvolles Beispiel hierfür erschien in einem Sonderdruck des dlz agrarmagazins von 12/2008 unter dem Titel „Duschen statt baden“ (DIERSING-ESPENHORST, 2008). Hier wird einem Klauenhygiensystem der Erfolg zugeschrieben, eine „bis zu 95 %“ von Dermatitis digitalis befallene Herde auf eine Befallsrate von 0 % verbessert zu haben. Vor dem Einbau der Waschanlage wurden „regelmäßig“ Klauenbäder durchgeführt, wobei Zeitintervall und angewandtes Mittel nicht erwähnt werden. „Spalten (wurden) zweimal am Tag abgeschoben“. Zweimal tägliche Läuflächenreinigung ist das Mindestmaß, das in der Literatur empfohlen wird (GREENOUGH, 2007), bei Ställen die einen automatischen Schieber besitzen ist eine Frequenz von alle 2-3 Stunden optimal um die Lauflächen möglichst sauber und trocken zu halten (MAIERL und MÜLLING, 2004). Laut Artikel waren „nach vier Wochen Einsatz (...) 60 % der Kühe und nach etwa sieben Wochen alle Tiere geheilt“. Zu diesem Zweck wurden die Klauen zwei Monate lang zweimal täglich mit einer „Mixtur aus Wasser und einem vom Tierarzt verschriebenen Medikament“ gewaschen. Bei einem so intensiven Regime wären mit einem Klauenbad wohl ähnliche Erfolge aufweisbar gewesen. Zusätzlich findet man im Text einen Hinweis darauf, dass die geschilderten Erfolge im Sommer erbracht wurden und die Tiere täglichen Weidegang hatten. Dass das Umstellen von Spalten auf die Weide oder Stroh

einen Einfluss auf die Dermatitis digitalis-Prävalenz nimmt, der gleichwertig zu einem einmaligen Klauenbad mit Erythromycin ist, stellte schon Laven fest (LAVEN und HUNT, 2000).

Eine weitere Studie zu der Effektivität einer Waschanlage wurde als wissenschaftliche Projektarbeit ausgelegt. Hierfür wurden 25 Tiere einer 100-köpfigen Milchviehherde zufällig ausgewählt von denen sich 24 als Dermatitis digitalis befallen herausstellten, was hochgerechnet auf die gesamte Herde einer Befallsrate von 96 % entspricht. Die Herde wurde acht Wochen lang gewaschen und mit einer 1 % bis 7 %igen Wasserstoffperoxid-Silberionen-Wasser Mischung besprüht; jede zweite Woche wurden die Hinterklauen angehoben und fotografisch dokumentiert. Allerdings beschränkten sich nachfolgende Untersuchungen nur auf die zuvor als befallen registrierten Klauen, folglich konnten mögliche Neuerkrankungen nicht erkannt werden. Nach acht Wochen waren noch drei Tiere leicht befallen, drei waren trockengestellt und die restlichen 19 zeigten laut Autor kein klinisches Bild der Dermatitis-digitalis-Erkrankung mehr (DEVIO AG, 2010; PAHLKE, 2010). Ob andere Faktoren wie Witterungseinflüsse zur Verbesserung der Prävalenz beitragen lässt sich nicht feststellen, da keine Kontrollgruppe geführt wurde.

Auf dem 16th International Symposium and 8th Conference on Lameness in Ruminants präsentierten Thomsen et al. eine Studie, in deren Rahmen eine Klauenwaschanlage an 6 Milchviehherden getestet wurde. Da die Anlage aus einem zweigeteilten System besteht, wurden die linken Füße nach jedem Melken in der Anlage mit Wasser und einer 0,4 %-igen Seifenlösung gewaschen, während die rechte Seite nicht behandelt wurde. Zu Beginn der Studie lag die Prävalenz von Dermatitis digitalis zwischen 20 % und 40 %. Die Heilungsrate, also die Veränderung von akuter Läsion zu keiner Läsion oder zu dem Heilungsstadium zeigte zwischen dem ersten und dem letzten Untersuchungstermin sechs Monate später einen statistisch signifikanten Unterschied. Die Prävention, also die Gesunderhaltung von bei der ersten Untersuchung nicht erkrankten Beinen wies keinen signifikanten Unterschied auf. Allerdings vermuten die Autoren, dass der gemessene Effekt geringer ausfiel als dies in einem Praxiseinsatz der Fall wäre, da durch die Kontrollseite der Keimdruck insgesamt höher war (THOMSEN et al., 2011). Auch in dieser Studie gibt es Variablen, die das Ergebnis beeinflusst haben könnten, wie die antibiotische Behandlung stark erkrankter Tiere und die Klauenpflege und Reinigung bedürftiger Klauen während der

Beurteilungstermine. Allerdings zeigt sie, dass Klauenwaschanlagen durchaus einen Einfluss auf den Dermatitis-digitalis-Befallsstatus einer Herde haben können.

Fiedler und Maierl stellten auf der gleichen Konferenz eine Studie vor, bei der Tiere, die zweimal täglich in einer Anlage gewaschen und mit einem Desinfektionsmittel besprüht wurden eine 8 Mal höhere Wahrscheinlichkeit von einer aktiven Dermatitis digitalis-Läsion in ein Heilungsstadium überzugehen hatten als die Tiere der Kontrollgruppe (FIEDLER und MAIERL, 2011).

Letztendlich kann gesagt werden, dass der Einsatz einer Klauenwaschanlage in dieser Versuchsreihe weder eine therapeutische noch eine prophylaktische Wirkung auf die Klauengesundheit der Milchviehherde hatte. Eine weiterführende Studie mit einem verbesserten Waschdüsen- und Filtersystem der Anlage und einem geprüfem Pflege- oder Desinfektionsmittel, möglicherweise in einer Herde mit hoher Dermatitis digitalis Prävalenz wäre jedoch von großem Interesse.

#### **4. Möglichkeiten und Grenzen einer Klauenwaschanlage**

Die Haltungsumwelt hat bekanntermaßen einen starken Einfluss auf das Vorkommen von Dermatitis digitalis. Während reine Weidehaltungssysteme gar nicht betroffen sind und Systeme mit Anbindehaltung oder Einstreu aus Stroh nur wenige Probleme haben, weisen Laufställe einen deutlichen Befall auf. Hierbei ist der Befall auf Spaltenböden im Allgemeinen höher als auf planbefestigten Böden. Auf planbefestigten Böden wiederum unterscheidet sich das Vorkommen von Dermatitis digitalis abhängig von Art und Häufigkeit des Einsatzes eines Mistschiebers (CHESTERTON, 2006; FIEDLER, 2000; LAVEN, 2004; MAIER, 2009; SOMERS et al., 2003).

Doch das Vorkommen von Dermatitis digitalis wird, wie andere Klauenkrankheiten auch, von noch vielen weiteren Faktoren beeinflusst: Dabei spielen tiereigenen Faktoren wie Hornqualität, Gliedmaßenstellung, Körpergewicht, Genetik, Geburtenanzahl und Laktationsstadium, Faktoren des Haltungssystems wie der Liegeboxenkomfort, die bauliche Beschaffenheit von Fressplatz und Tränke, das Raumangebot, Auslauf, Klauenpflege, Ernährung sowie äußere Faktoren wie bakterielle Infektionserreger und die Jahreszeit eine Rolle (BLOWEY et al., 2004; DIRKSEN, 2006; GOMEZ et al., 2011a; NIELSEN et al.,

2011; SCHOLEY et al., 2011).

Klauenwaschanlagen wurden entwickelt, um infektiöse Klauenkrankheiten positiv zu beeinflussen, noch gelang es jedoch keiner Studie einen bahnbrechenden Erfolg wissenschaftlich haltbar nachzuweisen. Eventuell können sie den Aufwand verringern, der mit einem herkömmlichen Klauenbad einher geht. Sie dürfen aber auf keinen Fall dazu verleiten, die Pflege der Haltungsumwelt im Laufstall zu vernachlässigen. Das Schaffen von trockenen, weichen Liegeflächen in ausreichender Größe und Anzahl sowie sauberen Laufgängen ist noch immer der erste Punkt der zur Prävention von Dermatitis digitalis zu erfolgen hat. Solange diese Voraussetzungen nicht gegeben sind, kann weder ein Klauenbad noch eine Klauenwaschanlage die Situation verbessern. Eine vollständige Heilung von Tieren mit Dermatitis-digitalis-Läsionen ist zudem nur im Frühstadium der Infektion möglich da sich die Treponema nach einer oberflächlichen Behandlung in die tieferen Schichten der Oberhaut bis zur Dermis zurückziehen (GOMEZ et al., 2011b).

Vorbeugungsmaßnahmen werden dadurch umso wichtiger, da einmal erkrankte Tiere eine höhere Wahrscheinlichkeit haben wieder zu erkranken (DRENDEL et al., 2004). Genauso wichtig ist es demnach, das Immunsystem der Tiere durch die Vermeidung von Haltungsstress optimal zu erhalten. Klauenwaschanlagen sowie Klauenbäder können jedoch lediglich äußerliche Faktoren bekämpfen.

Wenn man die Klauenwaschanlage im Gesamtzusammenhang betrachtet, wird somit klar, dass die Haltungsumwelt einen viel größeren Einflussfaktor auf den Befall mit Dermatitis digitalis darstellt. Wissenschaftlich korrekt durchgeführte Studien konnten bisher bestenfalls eine Auswirkung auf die Heilungsrate des Dermatitis digitalis Vorkommens aufzeigen. Das Einsatzvermögen beschränkt sich daher nach dem derzeitigen Stand der Forschung auf eine Verringerung der Anzahl an akuten Läsionen in gut geführten Betrieben. Eine effektive Vorbeugung von klinischen Läsionen über die Senkung des Keimdrucks konnte noch nicht nachgewiesen werden. Das Waschen beseitigt auch keine alten Schmutzkrusten, es kann nur frische Verschmutzungen abspülen, und das Desinfektions- oder Pflegemittel kann nur so lange eine Keimreduktion bewirken wie eine Wiederverschmutzung ausbleibt. Im Vergleich zu Klauenbädern sind Klauenwaschanlagen jedoch komfortabler in der Anwendung bei mindestens gleichem Leistungsspektrum. Für große Milchviehbetriebe mit modernen

---

Laufställen, bei denen sich die hohen Investitionskosten relativieren und eine Arbeitersparnis im Vergleich zu einem Klauenbad, das alle 300 Tiere gewechselt werden muss, gegeben ist, sollte eine Klauenwaschanlage eine gute Alternative bilden, sobald die Technik dafür ausgereift ist.

## VII. ZUSAMMENFASSUNG

In den letzten Jahren entwickelten einige Firmen neue Methoden, um die Klauengesundheit von Milchviehherden im Hinblick auf infektiöse Klauenkrankheiten wie Dermatitis digitalis zu verbessern. Die Ergebnisse davon ähneln sich im Grundprinzip: Dem Umspülen der Klauen mit fließendem Wasser folgt ein Besprühen mit einem Pflege- oder Desinfektionsmittel. Doch wie stark ist der Einfluss dieser Klauenwaschanlagen wirklich? In der vorliegenden Studie wurde dies unter wissenschaftlichen Aspekten an der Klauenwaschanlage der Firma ClawCare® getestet.

Die Studie bestand aus drei jeweils zwei Monate langen Untersuchungsphasen. In Phase 1 wurde die Versuchsgruppe mit Wasser gewaschen, in Phase 2 wurde mit einer 0,02%igen Wasserstoffperoxid-Konzentration im Waschwasser gearbeitet und in Phase 3 wurden die mit Wasser gewaschenen Klauen im Anschluss mit einer 7%igen Wasserstoffperoxid-Lösung besprüht. Auf die Klauen der Kontrollgruppe wurde zu keinem Zeitpunkt Einfluss genommen.

Während der Versuche wurde die Herde alle zwei Wochen unter Verwendung des von Döpfer 1994 entwickelten Untersuchungsprotokolls begutachtet (DÖPFER, 1994). Um die Lahmheitssituation in der Herde zu bewerten, wurde an jedem Untersuchungstermin ein Locomotion Score nach Sprecher et al. durchgeführt (SPRECHER et al., 1996). In der statistischen Analyse wurde die Prävalenz von Dermatitis digitalis, Dermatitis interdigitalis und Erosio unguulae in der Versuchs- und der Kontrollgruppe mittels Chi-Quadrat-Test analysiert. Die Analyse der Punkte, die den Läsionen entsprechend ihres Schweregrades zugewiesen wurden, erfolgte mit dem Mann-Whitney-U Test. Deutlich voneinander abweichende Locomotion Score Ergebnisse wurden ebenfalls einem Mann-Whitney-U-Test unterzogen. Die Ergebnisse wurden als statistisch signifikant angesehen, wenn der p-Wert kleiner 0,05 war. In allen drei Experimenten ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe.

Die Klauenwaschanlage hatte folglich weder mit reinem Wasser, noch mit zusätzlichen 0,02 % Wasserstoffperoxid im Waschwasser, noch mit der Applikation von 7%igem Wasserstoffperoxid nach dem Waschen mit Wasser einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Klauengesundheit.

## VIII. SUMMARY

The effect of a claw washing equipment on claw health in lactating dairy cows

Recently, several companies have developed new methods to improve the health status of the claws in dairy herds concerning infectious claw diseases like digital dermatitis. The basic principle of these devices is initial cleaning of the claws with water and applying some disinfectant agent afterwards. But do these devices keep their promises? It was the objective of this study to test the claw cleaning device of ClawCare® GmbH (Nurnberg, Germany) under scientific conditions.

The study was set up in three experimental phases (E1-E3) of approximately two months each. In E1, the experimental group was washed with water only, in E2 0.02 % of hydrogen peroxide was added to the washing solution, and in E3 again water only was used with a subsequent application of 7 % hydrogen peroxide after the cleaning procedure. The respective control group was not treated.

During the experiments the herd was scored biweekly using an examination protocol developed by Döpfer (1994) (DÖPFER, 1994). To assess the lameness status, a Locomotion Score (Scale 1 to 5), was used at each scoring date (SPRECHER et al., 1996).

The prevalence of digital dermatitis in treatment and control groups and the prevalence of interdigitalis dermatitis and heel horn erosion was analysed by Chi-square-test. The severity of lesions in both groups as well as differences in the Locomotion Scores between the two groups were analysed by Mann-Whitney-U-Test. Results were considered statistically significant if the p value was equal or less than 0.05.

In all three experiments (E1-E3) there was no significant difference between the experimental and control groups as compared for digital dermatitis, interdigital dermatitis and heel horn erosion. The claw cleaning device washing with water only, as well as the additional use of 0.2 % of hydrogen peroxide in the washing solution or the application of a solution of 7 % of hydrogen peroxide after washing with water had no beneficial, statistically significant impact on claw health.

## IX. LITERATURVERZEICHNIS

- 1 Ahne, W., Liebich, H., Stohrer, M. und Wolf, E. (2000): Zoologie Lehrbuch für Studierende der Veterinärmedizin und Agrarwissenschaften. Schattauer, Stuttgart.
- 2 Amory, J. R., Barker, Z. E., Brassey, N. R., Blowey, R. W. und Green, L. E. (2004): A Postal Survey of the Incidence of Lameness and Claw Lesions in Dairy Cattle in the UK: A Preliminary Report. 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenija.
- 3 Amt für Ernährung, L. u. F.: Kalkprodukte zur Verbesserung der Hygiene im Kuhstall. Tierhaltung Retrieved 06.02.2011, 2011, from <http://www.aelf-uf.bayern.de/tierhaltung/27350/index.php>.
- 4 Baek, K. S., Kirn, B. H., Park, S. B., Park, S. J., Kirn, H. S., Lee, W. S., Ki, K. S., Jeon, B. S., Ahn, B. S., Kang, S. J. und Suh, G. H. (2006): Effect of New Foot-bath Facility and Solution on Foot Health in Lactating Dairy Cows. Journal of Livestock Housing and Environment 12(3) (Animal husbandry): 107-114.
- 5 Bell, N. J., Bell, M. J., Whay, H. R., Main, D. C. J., Knowles, T. G. und Webster, A. J. F. (2004): Assesment of Prevalence, Treatement and Control of Lameness-Related Disease in Dairy Heifers on 30 Farms in Southwest Britain. 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenia.
- 6 Berend, K. (2002): Abgrenzung der Biozid Produkte Richtlinie 98/8/EG zu anderen EG-Richtlinien. G. Umwelt. Wien, Europäische Kommission. Biozidrecht-Veranstaltung.
- 7 Bergsten, C., Hultgren, J. und Hillström, A. (2006): Using a Footbath with Copper Sulphate or Peracetic Foam for the Control of Digital Dermatitis and Heel Horn Erosion in a Dairy Herd. 14th International Symposium and 6th Conference on Lameness in Ruminants, Uruguay.
- 8 Berry, S. L., Ertze, R. A., Read, D. H. und Hird, D. W. (2004): Field Evaluation of Prophylactic and Therapeutic Effects of a Vaccine against (Papillomatous) Digital Dermatitis of Dairy Cattle in two California Dairies. 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenija.
- 9 Block, S. S. (1991): Disinfection, sterilization, and preservation, Chapter 9 Peroxygen Compounds. Lea & Febiger, Philadelphia.
- 10 Blowey, R. und Williams, M. (2004): Use of a Novel Foot Foam in the Control of Digital Dermatitis. 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenia.
- 11 Blowey, R. W., Daviis, C., Kratzer, D., Michanek, P., van Oye, S. und Klupiek, C. (1998): Local application of lincomycin for treatment of digial dermatitis. 10th International Symposium on Lameness in Ruminants, Lucerne, Switzerland.

- 12 Blowey, R. W., Green, L. E., Collis, V. J. und Packington, A. J. (2004): The Effects of Season and Stage of Lactation on Lameness in 900 Dairy Cows. 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenija.
- 13 Brydl, E., Jurkovich, V., Könyves, L., Tirián, A. E., Alexov, M. und Vona, F. (2004): Treatment of Digital Dermatitis without using of Antibiotics - a Clinical Trial. 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenija.
- 14 Buchalova, M., Skender, A. und G., L.-B. M. (2011): Germicidal Efficacy-In-Use of Hoofbath Products. 16th International Symposium and 8th Conference on Lameness in Ruminants, Rotorua, New Zealand, DeLaval.
- 15 Buettner-Peter (2009): Einsatz von Klauenbädern. L. u. V. Bundesministerium für Ernährung. Bonn.
- 16 Bundesministerium für Umwelt, N. u. R. (2007): Rechtliche Regelungen zu Biozid-Produkten. Retrieved 08.09.2011, 2011, from [http://www.bmu.de/chemikalien/biozide/die\\_eg-biozid-richtlinie/doc/2172.php](http://www.bmu.de/chemikalien/biozide/die_eg-biozid-richtlinie/doc/2172.php).
- 17 Capion, N., Boye, M., Jensen, T. K. und Klitgaard, K. (2008a): Prevalence and Distribution of New and Previously Described Treponema Phylotypes in Digital Dermatitis Infections. 15th International Symposium & the 7th Conference on Lameness in Ruminants, Kuopio, Finland.
- 18 Capion, N., Jensen, T. K., Klitgaard, K. und Boye, D. (2008b): Relations Between Macroscopic Appearance, Histopathologic Changes and Bacterial Diversity in Digital Dermatitis Lesions. 15th International Symposium & the 7th Conference on Lameness in Ruminants, Kuopio, Finland.
- 19 Cheli, R. und Mortellaro, C. M. (1986): Digital dermatitis today and tomorrow. International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit, Dublin.
- 20 Chesterton, N. (2006): Lameness under Grazing Conditions. 14th International Symposium and 6th Conference on Lameness in Ruminants Uruguay.
- 21 Cook, N. B. (2004): Lameness Treatment Rates in Wisconsin Dairy Herds. 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenija.
- 22 Cook, N. B., Rieman, J., Burgi, K., Ward, A., Gomez, A., Döpfer, D. und Socha, M. (2011): Behavioral Observation on Hoofbath Design. 16th Symposium and 8th Conference on Lameness in Ruminants. Rotorua, New Zealand: 1.
- 23 DairySolutions: JetWash Klauen-Waschanlage. Retrieved 05.02.2011, 2011.
- 24 DeLaval (2009): Sicherheitsdatenblatt DeLaval Hoofcare DA. D. N.V. Gent Belgium: 1-2.
- 25 DeLaval (2011): SprayCare Box. DeLavalGmbH. Glinde bei Hamburg, DeLaval.

- 26 devio AG: Agilosan®. Retrieved 25.10.2010, 2010, from <http://www.devio.de/startseite/produkte/agilosan/>.
- 27 devio AG (2010): Nie wieder Mortellaro- Klauenhygiene mit System. Alcovit-landwirtschaftliches Wochenblatt. Luxemburg.
- 28 Diersing-Espenhorst, M. (2008): Duschen statt baden. dlz agrarmagazin. München, Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH Sonderdruck: 2.
- 29 Dirksen, G., Gründer, H-D., Stöber M. (Hrsg.) (2006): Innere Medizin und Chirurgie des Rindes. Parey, Stuttgart.
- 30 Döpfer, D. (1994): Epidemiological investigations of digital dermatitis on two dairy farms. Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover.
- 31 Döpfer, D. (2000): Summary about research activities concerning (Papillomatous) digital dermatitis in cattle published or developed since 1998. 11th International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit & 3rd International Congress on Bovine Lameness. Parma, Italy: 21-26.
- 32 Döpfer, D., ter Huurne, A. A. H. M., Cornelisse, J. L., van Asten, A. J. A. M., Koopmans, A., Meijer, F. A., Schukken, Y. H., Szakall, I., Kee, W., Bosma, R. B. (1997): Histological and bacteriological evaluation of digital dermatitis in cattle, with special reference to spirochaetes and *Campylobacter faecalis*. Vet Rec. 140(24): 620-623.
- 33 Dr.SchaetteGmbH Wundstein-Essenz Detailinformationen. Bad Waldsee, DrSchaetteGmbH: 1.
- 34 Drendel, T. R., Hoffman, P. C., Pierre, N. S., Socha, M. T., Tomlinson, D. J. und Rapp, C. J. (2004): Effect of Presence of Claw Lesions in Heifers prior to first partuition on Risk of developing Claw Lesions during Lactation. 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenia.
- 35 Dyer, R. M., Neerchal, N. K., Tasch, U., Wu, Y., Dyer, P. und Rajkondawar, P. G. (2007): Objective determination of claw pain and its relationship to limb locomotion score in dairy cattle. J Dairy Sci 90(10): 4592-602.
- 36 Eilers, T. G. (2008): Langzeitbeobachtungen zur Klauengesundheit in vier Milchviehbetrieben im nordwestlichen Niedersachsen unter Berücksichtigung ausgewählter Risikoindikatoren auf Einzeltier- und Herdenebene. Freien Universität Berlin, Berlin.
- 37 Eise, M. und Reubold, H. (2011): Klauenwaschanlage "ClawCare 400S" "Reinigungswirkung" und "Hygienewirkung". DLG Fokustest. Groß-Umstadt, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft.
- 38 Elliott, M. K. und Alt, D. P. (2009): Bovine immune response to papillomatous digital dermatitis (PDD)- associated spirochetes is skewed in isolate reactivity and subclass elicitation. Veterinary Immunology and Immunopathology 130: 256–261.

- 39 Ermentraudt, U. (2009): Mehr Routine in der Klauenpflege. Aus der Region. Friedrichsdorf, Landwirtschaftsverlag Hessen GmbH.
- 40 Esch, M. (2004): Untersuchungen zur Wirksamkeit eines Poly-Vinyl-Pyrrolidon (PVP) – Jodkomplexes zur Behandlung der Dermatitis digitalis (D.d.) und zum Bewegungsverhalten von an D.d. erkrankten Milchkühen. Ludwig-Maximilians-Universität, München.
- 41 Esch, M., Metzner, M., Klee, W. und Nüske, S. (2000): Investigation of the efficacy of a poly-vinyl-pyrrolidone-iodine complex for the treatment of digital dermatitis in dairy cows. 11th International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit & 3rd International Congress on Bovine Lameness, Parma, Italy: 190-192.
- 42 Fiedler, A. (2000): Comparative studies about the prevalence of claw diseases in tie-stalls and loose-housing systems in Bavaria 1998 and 1999 11th International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit & 3rd International Congress on Bovine Lameness, Parma, Italy: 157-159.
- 43 Fiedler, A. (2003): Klauenbäder auf dem Prüfstand. DLZ Agrarmagazin. Hannover Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH 3.
- 44 Fiedler, A. (2004): Investigation of the Effect of the Kovex-Foam-System in the Decrease of the Incidence of Dermatitis Digitalis; Dermatitis Interdigitalis and Erosio Ungulae. 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenija.
- 45 Fiedler, A. (2010): Klauenwaschanlagen und Klauenbürsten im Überblick. top agrar Rind. Münster, top agrar. 3: R36-R39.
- 46 Fiedler, A. und Maierl, J. (2011): Decreasing Prevalence of Digital Dermatitis through the Application of Biocidal Products in Claw Cleaning Unit. 16th International Symposium and 8th Conference on Lameness in Ruminants. Rotorua, New Zealand: 140.
- 47 FINKTEC (2008): FinkTec Landwirtschaft. Retrieved 21.09.2011, 2011.
- 48 Gomez, A., Cook, N., Read, D., Bernardoni, N., Dusick, A., Rieman, J. und Döpfer, D. (2011a): Efficacy of a Feed Supplement to prevent Digital Dermatitis Lesions evoked using a Challenge Model. 16th International Symposium and 8th Conference on Lameness in Ruminants, Rotorua, New Zealand.
- 49 Gomez, A., Lopez-Benavides, M. G., Buchalova, M., Mateus, C., Cook, N. B., Dusick, A. F., Hemling, T. C., Socha, M., Read, D. und Döpfer, D. (2011b): Clinical, Histopathological, and Microbiological cure of acute Digital Dermatitis and the Influence of Topical Treatments upon cure. 16th International Symposium and 8th Conference on Lameness in Ruminants. Rotorua, New Zealand: 25.
- 50 Greenough, P. R. (2007): Bovine Laminitis and Lameness. Saunders Elsevier, Philadelphia.

- 51 Haidn, B. (2010): Haltungstechnik – Maßnahmen zur Verbesserung der Klauengesundheit. Klauengesundheit beim Rind, Grub, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
- 52 Hernandez, J. und Shearer, J. K. (2000): Efficacy of oxytetracycline for treatment of papillomatous digital dermatitis lesions on various anatomic locations in dairy cows. *J Am Vet Med Assoc* 216(8): 1288-90.
- 53 Hernandez, J., Shearer, J. K. und Elliott, J. B. (1999): Comparison of topical application of oxytetracycline and four nonantibiotic solutions for treatment of papillomatous digital dermatitis in dairy cows. *J Am Vet Med Assoc* 214(5): 688-90.
- 54 Hernandez, J., Shearer, J. K. und Webb, D. W. (2000): Effect of papillomatous digital dermatitis and other lameness disorders on reproductive performance in a florida dairy herd. 11th International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit & 3rd International Congress on Bovine Lameness, Parma, Italy: 353-355.
- 55 Hinterhofer, C., Ferguson, J. C., Apprich, V., Haider, H., Kastner, J. und Stanek, C. (2007): A Finite Element Model of the Full Bovine Digit. 14th International Symposium and 6th Conference on Lameness in Ruminants, Uruguay.
- 56 Hof, H. und Dörries, R. (2009): Medizinische Mikrobiologie. Thieme, Stuttgart.
- 57 Holzhauer, M., B.H.P., B. v. d., E.A.M., G. und Bartels, C. J. M. (2004a): Preliminary Results of Prevalences of and Correlations between Major Rear Claw Disorders in 348 Dutch Dairy Herds. 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenija.
- 58 Holzhauer, M., Sampimon, O. C. und Counotte, G. H. M. (2004b): Measuring the Initial Concentration of Formalin in Walk-Through Footbaths in Dairy Herds. 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenija.
- 59 Hulek, M. (2004): Programm zur Bekämpfung und Kontrolle von Dermatitis digitalis (DD) des Rindes. A. W. d. Ö. Tiergesundheitsdienstes, Amtlichen Veterinärnachrichten: 6.
- 60 Hulek, M. (2005a): Klauengesundheit und Klauenpflege. Leopold Stocker Verlag, Graz.
- 61 Hulek, M. (2005b): Lahmheit: Schmerzen und wirtschaftlicher Verlust. *Bauernjournal West* 2011, 2
- 62 Janowicz, P., Bathina, H., Durkin, J. und Hemling, T. (2004): Foot Bath in the Hoof Health Management. 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenija.
- 63 Justiz, B. d. (2011): Gesetz über den Verkehr mit Arzneimitteln: 121.
- 64 Kempson, S. A., Langridge, A. und Jones, J. A. (1998): Slurry, Formalin and Copper sulphate: The effect on the claw horn. 10th international Symposium on Lameness in Ruminants. O. P. e. Lischer C. Luzern, Schweiz, University of Zurich: 216-7.

- 65 Kofler, J., Pospichal, M. und Hofmann-Parisot, M. (2004): Treatment of Digital Dermatitis in Austrian Dairy Cows with the Non-Antibiotic Paste Protexin™ Hoof Care. 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenija.
- 66 Laven, R. A. (2004): Impact of Hosing Type on Prevalence and Severity of Digital Dermatitis. 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenija.
- 67 Laven, R. A. (2006): Efficacy of systemic cefquinome and erythromycin against digital dermatitis in cattle. *Vet Rec* 159(1): 19-20.
- 68 Laven, R. A. und Hunt, H. (2000): A comparison of local and systemic antibiotics for the treatment of digital dermatitis. 11th International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit & 3rd International Congress on Bovine Lameness, Parma, Italy: 193-195.
- 69 Laven, R. A. und Hunt, H. (2002): Evaluation of copper sulphate, formalin and peracetic acid in footbaths for the treatment of digital dermatitis in cattle. *Vet Rec* 151(5): 144-6.
- 70 Laven, R. A., Hunt, H. und Marsh, C. M. (2000): The prevalence of Digital dermatitis in the hind feet of Holstein heifers from late pregnancy until mid-lactation. 11th International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit & 3rd International Congress on Bovine Lameness, Parma, Italy: 179-182.
- 71 Lehr- und Versuchsanstalt für Tierhaltung, E. (2006): Praxistest von Deuto-Cal Klauentrockenbad. L. Echem. Echem, Landwirtschaftskammer Niedersachsen: 1.
- 72 Liebhart, S. (2009): Auswirkungen einer Änderung der Haltungsumwelt auf ethologische, morphologische und hygienische Parameter einer Milchviehherde. Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians- Universität, München.
- 73 Lischer, C. und Ossent, P. (2000): Sole ulcers in dairy cattle - What's new about an old disease? 11th International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit & 3rd International Congress on Bovine Lameness, Parma, Italy: 46-48.
- 74 Lischer, C., Ossent, P., Räber, M. und Geyer, H. (2000): The significance of the suspensory mechanism of the third phalanx and its fat bodies in the pathogenesis of sole ulcers in cattle. 11th International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit & 3rd International Congress on Bovine Lameness, Parma, Italy: 222-229.
- 75 Maier, M. (2009): Ergebnisse einer Pilotstudie sowie Optimierung und Standardisierung der Datenerfassung im Projekt "Gesundheitsmonitoring Rind" in Österreich. Universität für Bodenkultur, Wien.
- 76 Maierl, J., Fiedler, A. und Eise, M. (2011a): Claw Cleaning and Claw Desinfection - How Definite do Claw Cleaning Equipments meet these Criteria? 16th International Symposium and 8th Conference on Lameness in Ruminants. Rotorua, New Zealand: 139.

- 77 Maierl, J., Fiedler, A. und Eise, M. (2011b): Test Procedures for a Quality Seal of Claw Care Products and Claw Hygienic Products of the DLG e.V. (German Agricultural Society). 16th International Symposium and 8th Conference on Lameness in Ruminants. Rotorua, New Zealand: 142.
- 78 Maierl, J. und Mülling, C. (2004): Funktionelle Anatomie. In: A. Fiedler, J. Maierl und K. Nuss, Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes. Schattauer, Stuttgart: S. 1ff.
- 79 Manabe, H., Yoshitani, K. und Ishii, R. (2008): Treponema is Live in the Biofilm of Digital Dermatitis. 15th International Symposium & the 7th Conference on Lameness in Ruminants, Kuopio, Finland.
- 80 Manske, T., Hultgren, J. und Bergsten, C. (2002): Topical treatment of digital dermatitis associated with severe heel-horn erosion in a Swedish dairy herd. *Prev Vet Med* 53(3): 215-31.
- 81 Margerison, J., Hollis, J., Snell, A., Stephens, G. und Winkler, B. (2004): The Effect of Lameness on Feed Intake, Feeding Behaviour, Liveweight Change, Milk Yield and Milk Let Down and Milking Duration of Holstein Friesian Dairy Cattle. 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenia.
- 82 Metzner, M. (2001): Update zur Dermatitis digitalis des Rindes. *Großtierpraxis*. Witzenhausen, Arbeitskreis Großtierpraxis, Gesellschaft für tierärztliche Fortbildung. 2:06: 47–51.
- 83 Metzner, M., Esch, M., Klee, W. und Nüske, S. (2000): Investigation of Locomotion Activity of dairy cows with digital dermatitis. 11th International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit & 3rd International Congress on Bovine Lameness, Parma, Italy: 170-172.
- 84 Mohamadnia, A. (2008): Occurrence of Claw Diseases in Dairy Cattle in Iran. 15th International Symposium & the 7th Conference on Lameness in Ruminants. Kuopio, Finland. 2: 363-365.
- 85 Nebel, U., Mülling, C. K. W., Nordhoff, M. und Budras, K.-D. (2004): In Vitro Infection of Bovine Epidermal Cells and Bovine Skin Explants with Treponemes. 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenija.
- 86 Nickel, R., Schummer, A. und Seiferle, E. (2001): Bewegungsapparat. Parey, Stuttgart.
- 87 Nickel, R., Schummer, A. und Seiferle, E. (2005): Kreislaufsystem, Haut und Hautorgane. Parey, Stuttgart.
- 88 Nielsen, B. H., Kaler, J., Thomsen, P. T. und Green, L. E. (2011): Heterogeneity of Lactating Cows to Digital Dermatitis. 16th International Symposium and 8th Conference on Lameness in Ruminants. Rotorua, New Zealand: 8.

- 89 Nordlund, K. und Cook, N. (2006): Dairy Cattle Behaviour and Lameness. 14th International Symposium and 6th Conference on Lameness in Ruminants, Uruguay.
- 90 Nuss, K. und Steiner, A. (2004): Spezielle Diagnostik und Therapie. In: A. Fiedler, J. Maierl und K. Nuss, Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes. Schattauer, Stuttgart: S. 77ff.
- 91 O'Callaghan-Lowe, K. A., Downham, D. Y., Murray, R. D. und Cripps, P. J. (2004): Effect of Lameness Treatment on Pain and Milk Production in Dairy Cattle 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenija.
- 92 Pahlke, M. (2010): Nicht nur ein Bad. dlz primus rind, Deutscher Landwirtschaftsverlag Sonderdruck: 3.
- 93 Pijl, R. (2009): Waschgang. dlz primus rind, Deutscher Landwirtschaftsverlag Dezember: 22-26.
- 94 Pijl, R. und Swalve, H. H. (2006): An Analysis of Claw Disorders Diagnosed at Claw Trimming. 14th International Symposium and 6th Conference on Lameness in Ruminants, Uruguay.
- 95 Read, D., Walker, R., Stamm, L., Keil, D. J., Keil, D. und Evans, N. (2011): Is Digital Dermatitis related to Ulcerative Mammary Dermatitis of Dairy Cattle? 16th International Symposium and 8th Conference on Lameness in Ruminants, Rotorua, New Zealand.
- 96 Read, D. H. und Walker, R. L. (1998a): Experimental transmission of papillomatous digital dermatitis (footwarts) in dairy cattle. 10th international Symposium on Lameness in Ruminants. Lucerne, Switzerland: 270.
- 97 Read, D. H. und Walker, R. L. (1998b): Papillomatous digital dermatitis (footwarts) in California dairy cattle: clinical and gross pathologic findings. J Vet Diagn Invest 10(1): 67-76.
- 98 Reinöhl-DeSouza, C., Martinek, B. und Kofler, J. (2004): Treatment and Outcome of Interdigital Necrobacillosis (Interdigital Phlegmon, Foot Rot) in 43 Cows. 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenija.
- 99 Risikobewertung, B. f. (2006): Toxikologische Bewertung von Formaldehyd. L. u. V. Bundesministerium für Ernährung. Berlin, Bundesinstitut für Risikobewertung: 17.
- 100 Sagues, A. G. (2002): The Biomechanics of Weight Bearing and its Significance with Lameness. 12th International Symposium on Lameness in Ruminants, Orlando, Florida.
- 101 Sagues, A. G. (2006): The Biomechanics of Weight Bearing, its Significance with Lameness, the Role of Hoof Trimming. 14th International Symposium and 6th Conference on Lameness in Ruminants Uruguay.

- 102 Schäfers, A. (2010): Darstellung unterschiedlicher Verfahren zur Minimierung des Mortellarobefalls in Milchviehherden. 11. Jahrestagung der Wissenschaftliche Gesellschaft der Milcherzeugerberater e.V., Bad Hersfeld.
- 103 Schmitt, M. (1997): Untersuchungen über die Wirksamkeit einer Mischvakzine aus Anaerobierisolaten zur Bekämpfung der Dermatitis digitalis des Rindes. Tierärztliche Hochschule, Hannover.
- 104 Scholey, R., Ollier, B., Murray, R., Smith, R., Carter, S. und Blowey, R. (2011): Genetic Loci Associated with Digital Dermatitis in UK Holsteins. 16th International Symposium and 8th Conference on Lameness in Ruminants, Rotorua, New Zealand.
- 105 Schrank, K. (1999): Untersuchungen zur Diversität der Treponemen bei der Dermatitis digitalis des Rindes – Erstbeschreibung der Spezies *Treponema brennaborensis*. Freien Universität Berlin, Berlin.
- 106 Schütz, W. (2001): Überprüfung der Wirksamkeit stallspezifischer Vakzinen zur Bekämpfung der Dermatitis digitalis bei Milchkühen.
- 107 Schütz, W., Metzner, M., Pijl, R., Klee, W. und Urbaneck, D. (2000): Evaluation of the efficacy of herd-specific vaccines for the control of digital dermatitis in dairy cows. 11th International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit & 3rd International Congress on Bovine Lameness, Parma, Italy: 183-185.
- 108 Sekul, W. (2004): Infektiöse Klauenerkrankungen eindämmen - Möglichkeiten und Grenzen des Klauenbades. S. L.-u. V. f. V. u. Grünlandwirtschaft. Aulendorf, Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg: 10.
- 109 Shearer, J. K. und Hernandez, J. (2000): Efficacy of two modified nonantibiotic formulations (Victory) for treatment of papillomatous digital dermatitis in dairy cows. *J Dairy Sci* 83(4): 741-5.
- 110 Shep-Fair: Golden Hoof Plus. Retrieved 06.02.2011, 2011, from <http://www.shepfair.co.uk/Goldenhoof.htm>.
- 111 Sogstad, A. M., Fjeldaas, T. und Osteras, O. (2005): Lameness and claw lesions of the Norwegian red dairy cattle housed in free stalls in relation to environment, parity and stage of lactation. *Acta Vet Scand* 46(4): 203-17.
- 112 Somers, J. G. C. J., Frankena, K., Noordhuizen-Stassen, E. N. und Metz, J. H. M. (2003): Prevalence of Claw Disorders in Dutch Dairy Cows Exposed to Several Floor Systems. *Journal of Dairy Science* 86(6): 2082-2093.
- 113 Somers, J. G. C. J., Metz, J. H. M., Noordhuizen-Stassen, E. N., Frankena, K. und Schouten, W. G. P. (2004): Longitudinal Study into Effects of Claw Disorders on Locomotion and Behaviour in Dairy Cattle. 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenija.

- 114 Sonderholm Rasmussen, A., Bennedsgaard, T. W. und Capion, N. (2011): Evaluation of Calcium Hydroxide (Ca(OH)<sub>2</sub>) Used in Footbaths as Treatment and Prevention of Digital Dermatitis in Danish Dairy Cattle. 16th International Symposium and 8th Conference on Lameness in Ruminants. Rotorua, New Zealand: 136.
- 115 Sprecher, D. J., Hosteler, D. E. und Kaneene, J. B. (1996): A lameness scoring system that uses posture and locomotion to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology* 47: 1179–1187.
- 116 Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung und Grünlandwirtschaft, A. (2002): Möglichkeiten der Beeinflussung von Klauenhornhärte und Hornfäulebefall durch Anwendung verschiedener Klauenbäder. S. L.-u. V. f. V. u. G. Aulendorf. Stuttgart, Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (MLR). 1/2002: 12.
- 117 Strauch, D. (2002): Reinigung und Desinfektion in der Nutztierhaltung und Veredelungswirtschaft. Enke, Stuttgart.
- 118 Strokes, J. (2008): Lameness in Dairy Cattle: Relationships Between Environments, Animal Based Welfare Measures and Locomotion. *Lameness in Ruminants*. Kuopio, Finland: 49-52.
- 119 Thalmann, P. (2007): Chemische Desinfektion. K. f. C.-u. B. d. K. Laboratoriums. Basel-Stadt, Kontrollstelle für Chemie- und Biosicherheit: 9.
- 120 Thomsen, P. T., Kjaer Ersboll, A., Hemling, T. C. und Sorensen, J. T. (2011): Automatic washing of hooves can help cure digital dermatitis in dairy cows. 16th International Symposium and 8th Conference on Lameness in Ruminants. Rotorua, New Zealand: 29.
- 121 Thomsen, P. T., Klaas, I. C. und Bach, K. (2008a): Short communication: scoring of digital dermatitis during milking as an alternative to scoring in a hoof trimming chute. *J Dairy Sci* 91(12): 4679-82.
- 122 Thomsen, P. T., Sorensen, J. T. und Ersboll, A. K. (2008b): Evaluation of three commercial hoof-care products used in footbaths in Danish dairy herds. *J Dairy Sci* 91(4): 1361-5.
- 123 Toussaint Raven, E. (1989): *Cattle Footcare and Claw Trimming*. Farming Press Books, First ed. Ipswich, United Kingdom.
- 124 Toussaint Raven, E. (1998): *Klauenpflege beim Rind über die Entstehung und die Vorbeuge von Sohlengeschwüren*. Landwirtschaftskammer Hannover und Universität Utrecht, Niederlande (Hrsg.).
- 125 van der Tol, P. P. J., Metz, J. H. M., Noordhuizen-Stassen, E. N., Back, W., Braam, C. R. und Weijjs, W. A. (2002): Pressure Distribution on the Bovine Claw while Standing. 12th International Symposium on Lameness in Ruminants, Orlando, Florida.

- 126 van der Waaij, E. H., Holzhauer, M., Ellen, E., Kamphuis, C. und de Jong, G. (2005): Genetic parameters for claw disorders in Dutch dairy cattle and correlations with conformation traits. *J Dairy Sci* 88(10): 3672-8.
- 127 Vermunt, J. J. (2006): Reflections on Prevention and Control of Bovine Lameness in Australasian Pasture-Based Systems. 14th International Symposium and 6th Conference on Lameness in Ruminants, Uruguay.
- 128 Wangler, A. (2004): Praxiserfahrungen zur Klauengesundheit. *Nutzerpraxis aktuell*. Horstmar-Leer, Agrar- und Veterinär-Akademie. 9.
- 129 Westerfeld, I., Mülling, C. K. W. und Budras, K.-D. (2000): Suspensory apparatus of the distal phalanx (Ph III) in the bovine hoof. 11th International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit & 3rd International Congress on Bovine Lameness, Parma, Italy: 103-108.
- 130 Wiberg, N. (2007): *Lehrbuch der anorganischen Chemie*. de Gruyter, Berlin [u.a.].
- 131 Widauer, S. (2006): Biomechanische Eigenschaften des Klauenbeinträgers bei Rindern mit unterschiedlicher Laktationszahl. Ludwig-Maximilians-Universität München.
- 132 Wiedenhöft, D. (2005): Einfluss von Lahmheiten auf die Fruchtbarkeitsleistung von Milchkühen. Tierärztliche Hochschule Hannover, Inaugural-Dissertation, Hannover.
- 133 World Health Organisation, I. A. f. R. o. C. (2006): Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol Summary of Data Reported and Evaluation. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, International Programme on Chemical Safety. Volume 88: 16.
- 134 Zäh, M. (2010): *Bürsten statt baden*. profi. Münster, Landwirtschaftsverlag GmbH: 62-65.
- 135 Zemljic, B. (2000): Pathohistological features and possible infective reasons for papillomatous digital dermatitis on dairy farms in slovenia. 11th International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit & 3rd International Congress on Bovine Lameness. Parma, Italy: 186-189.
- 136 Zemljic, B. (2004): Influence of Footbathing on Prevalence of Digital Dermatitis after Introduction of Diseased Animal into Healthy Dairy Herd. 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenija.
- 137 Zemljic, B. (2006): Digital Dermatitis -The Costs and Benefits of the Control. 14th International Symposium and 6th Conference on Lameness in Ruminants Uruguay.
- 138 Zimmermann, L. und Raspe, S. (2010): 2009- trotz des kalten Winters zu warm. *LWF Waldforschung aktuell* 2/2010(Wald-Wissenschaft-Praxis): 47,48.

## **DANKSAGUNG**

Allen voran möchte ich Herrn PD Dr. Maierl danken, der mich zu dieser Arbeit angeleitet hat und mir stets nach Kräften auch in bewegten Zeiten zur Seite stand.

Frau Dr. Fiedler möchte ich für die Beratung zu Versuchsaufbau und –Durchführung, für die gute Zusammenarbeit und für die Möglichkeit, sie bei Problemen jeglicher Art um Rat fragen zu können danken.

Aus der Klinik für Wiederkäuer möchte ich Herrn Dr. Metzner vielmals danken dafür, dass er von Anfang an bei der Versuchsplanung dabei war und mir zudem Kenntnisse und Programme zur Beherrschung der Grundzüge der Statistik vermittelte. Vielen Dank auch an Frau Dr. Sauter-Louis für ihre Erklärungen und ihre Hilfe mit dem Statistikprogramm SAS.

Mein Dank geht außerdem an Herrn Höck, Leiter des Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Milchvieh- und Rinderhaltung Achselschwang für die Möglichkeit, den Versuch im dortigen Laufstall durchführen zu können. Für ihre stete Unterstützung in allen Belangen möchte ich mich außerdem bei der gesamten Belegschaft vor Ort bedanken. Besonderer Dank gilt hierbei Herrn Höfler, der mir bei den praktischen Arbeiten von Anfang an stets gut gelaunt zur Seite stand; eine bessere Betreuung in der Durchführung hätte ich mir nicht wünschen können. Herrn Schwaiger gebührt ebenso mein besonderer Dank für seine Hilfe und vor allem für seine unermüdliche Geduld, die er bei der Pflege der Anlage aufbrachte.

Für ihre Gedanken zu der Versuchsplanung und der Zeit, die sie sich dafür genommen haben möchte ich außerdem noch Herrn Dr. Eise von der DLG und Herrn Dr. Haidn von der LfL Grub danken.

Vielen Dank zuletzt auch an all die Leute, die mich auf dem 16. Symposium und 8. Konferenz über Lahmheiten bei Wiederkäuern in Rotorua, Neuseeland so herzlich in ihre Mitte aufgenommen haben. Ich bin sehr stolz dass ich dort so vielen Leuten die Hand schütteln durfte, die ich in dieser Arbeit zitiert habe.