

Aus dem Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der  
Veterinärmedizin, Veterinärmedizinische Universität Wien

Universitätsklinik für Wiederkäuer  
(Leiter: Univ.Prof. Dr. Thomas WITTEK, Diplomate ECBHM)

**Auswertung von Klauenpflegedaten  
aus dem Projekt KLAUEN-Q-WOHL –  
Klauenerkrankungen in  
österreichischen Milchviehherden**

Diplomarbeit

Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von  
Marlene Knapp MSc

Wien, im Juli 2021

**Betreuer:**

A. Univ. Prof. Dr. Johann KOFLER  
Universitätsklinik für Wiederkäuer  
Veterinärmedizinische Universität Wien

Dr. Alexandra HUND  
Universitätsklinik für Wiederkäuer  
Veterinärmedizinische Universität Wien

Dr. Christa EGGER-DANNER  
ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH

Dr. Hermann SCHWARZENBACHER  
ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH

Priv. Doz. Dr. Birgit FÜRST-WALTL  
Universität für Bodenkultur

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung und Fragestellung</b>	<b>6</b>
1.1. Einleitung	6
1.2. Fragestellungen	7
<b>2. Literatur</b>	<b>9</b>
2.1. Einleitung	9
2.2. Einflussfaktoren	10
2.3. Biomechanik des Klauenhorns und Prädilektionsstellen	12
2.4. Anatomie der Rinderklaue	13
2.4.1. Klaue	13
2.4.2. Klauenhaut	13
2.4.3. Klauenschuh	14
2.4.4. Klauensegmente	14
2.5. Klauenerkrankungen / Klauenläsionen / Klauenbefunde	15
2.5.1. Klauenrehe („Pododermatitis aseptica diffusa“) / Konkave Vorderwand	15
2.5.2. Sohlenblutung	16
2.5.3. Doppelsohle	16
2.5.4. Klauengeschwüre (Sohlen-, Ballen- und Sohlenspitzenengeschwür)	17
2.5.5. Weiße-Linie-Erkrankung / Weiße-Linie-Abszess	17
2.5.6. Klauenbeinspitzennekrose / Sohlenspitzennekrose	18
2.5.7. Ballenhornfäule ("Erosio unguulae")	18
2.5.8. Hornspalt ("Fissura unguulae verticalis") / Axialer Hornspalt	19
2.5.9. Schwellung des Kronsaums und/oder Ballens	19
2.5.10. Limax ("Hyperplasia interdigitalis", Tylom, Zwischenklauenwulst)	20
2.5.11. Hornkluft ("Fissura unguulae horizontalis")	20
2.5.12. Dünne Sohlen	20
2.5.13. Rollklauen / Korkenzieherklauen	21
2.5.14. Scherenklauen	21
2.5.15. Ungleiche Klauen	21
2.5.16. Zwischenklauenphlegmone ("Phlegmona interdigitalis")	21

2.5.17.	Dermatitis digitalis (Mortellaro'sche-, "Erdbeer-Krankheit")	22
2.5.18.	Klauenfäule	23
2.5.19.	Alarm-Erkrankungen	23
2.6.	Funktionelle Klauenpflege	24
2.7.	Elektronische Dokumentation der Klauenbefunde bei der Klauenpflege	25
2.8.	Kennzahlen zur Klauengesundheit und Benchmarking	26
<b>3.</b>	<b><i>Material und Methoden</i></b>	<b>27</b>
3.1.	Datensatz	27
3.1.1.	Datenvalidierung	27
3.2.	Statistische Analysen	29
3.2.1.	Parameter	29
3.2.2.	Gruppierung der Daten	30
3.2.3.	Berechnung der relativen Häufigkeiten	31
3.2.4.	Berechnung der Prävalenzen der Klauenläsionen/Klauenbefunde	31
3.2.5.	Benchmarking	31
3.2.6.	Modell zur Bewertung der Einflussfaktoren auf die Prävalenz bestimmter Klauenläsionen	32
<b>4.</b>	<b><i>Ergebnisse</i></b>	<b>34</b>
4.1.	Explorative Datenanalyse	34
4.1.1.	Häufigkeiten der einzelnen Klauenläsionen/Klauenbefunde	34
4.1.2.	Anzahl der Kühe pro Betrieb	37
4.1.3.	Entwicklung der durchschnittlichen Kuhzahl über den Beobachtungszeitraum	38
4.1.4.	Zusammenhänge zwischen Betriebsgröße und dem Durchschnittsalter der Milchkühe	39
4.1.5.	Anzahl der Klauenpflegebesuche pro Betrieb	40
4.1.6.	Anteil der Kühe, bei denen pro Besuch eine Klauenpflege erfolgte	41
4.1.7.	Wie hoch war der Anteil der von Klauenerkrankungen betroffenen Kühe zum jeweiligen Klauenpflegetermin?	42
4.1.8.	Zusammenhänge zwischen Anzahl der Klauenpflegebesuche pro Jahr und der Betriebsgröße	44
4.1.9.	Zusammenhänge zwischen dem Alter der Kühe und der Anzahl der bei ihnen durchgeführten Klauenpflegevisiten pro Jahr	44
4.1.10.	Anteil der in den ersten 100 Laktationstagen klauengepflegten Milchkühe	45
4.1.11.	Anteil der Klauenpflegebefunde pro Bundesland	46

4.2. Qualitätskontrolle	47
4.2.1. Unterschiede zwischen den Klauenpflegern bezüglich der Häufigkeit der dokumentieren Klauenläsionen/Klauenbefunde	47
4.2.2. Festlegung eines Cut-offs für den Herdenschnitt zur Berechnung der Prävalenz der Klauenläsionen/Klauenbefunde	50
4.3. Untersuchung des Zusammenhanges zwischen verschiedenen Faktoren und dem Auftreten bestimmter Klauenläsionen/ Klauenbefunde auf Einzeltierebene	53
4.3.1. Laktationszahl	53
4.3.2. Laktationsmonat	56
4.4. Untersuchung des Zusammenhanges zwischen verschiedenen Faktoren und der Prävalenz bestimmter Klauenläsionen/ Klauenbefunde auf Herdenebene	59
4.4.1. Haltungsform	59
4.4.2. Milchleistung	60
4.4.3. Rasse	61
4.4.4. Abgangsrate	63
4.4.5. Prüffjahr	63
4.4.6. Zahl der Herdenschnitte	64
4.5. Benchmarking	66
<b>5. Diskussion</b>	<b>68</b>
<b>6. Zusammenfassung</b>	<b>78</b>
<b>7. Summary</b>	<b>80</b>
<b>8. Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>82</b>
<b>9. Literaturverzeichnis</b>	<b>83</b>
<b>10. Abbildungsverzeichnis</b>	<b>92</b>

# 1. Einleitung und Fragestellung

## 1.1. Einleitung

Klauenerkrankungen sind nach wie vor in vielen österreichischen Milchviehbetrieben Ursache für zahlreiche Lahmheiten (Rouha-Mülleider et al. 2009, Keplinger et al. 2013, Burgstaller et al. 2016, Kofler et al. 2021). Etwa 85 % aller Lahmheiten (Murray et al. 1996) und rund 7,5 % der jährlichen Abgangsursachen bei Milchkühen in Österreich sind auf Klauenerkrankungen zurückzuführen (ZuchtData 2020), weshalb die Früherkennung und Behandlung von Lahmheit und den damit assoziierten Klauenerkrankungen grundlegend für das Wohlergehen von Rindern ist (Christen et al. 2020, Kofler 2021, Kofler et al. 2021).

Da es in Österreich bis vor Kurzem noch keine zentrale elektronische Erfassung von Klauenbefunden gab, wurde am 1. Oktober 2017 das Projekt Klauen-Q-Wohl von der Rinderzucht Austria gestartet, mit dem Ziel eine österreichweite elektronische Infrastruktur zur zentralen und standardisierten Erfassung und Auswertung von dokumentierten Klauenpflegedaten aufzubauen (ZAR 2017). Weitere Ziele dieses Projekts sind unter anderem das Auffinden von Einfluss- und Risikofaktoren auf das Tierwohl am Betrieb und in der Zucht, die Entwicklung von Kennzahlen bzw. Richtwerten für die Prävalenz von Klauenerkrankungen auf Herdenebene und darauf basierend eine Formulierung von Empfehlungen für Landwirt/innen und Klauenpfleger/innen zur Verbesserung der Klauengesundheit (ZAR 2017). Als Datengrundlage für das Projekt dienen die mit dem elektronischen Dokumentationsprogramm Klauenmanager (SEG Informationstechnik GmbH, Bad Ischl, Österreich) erfassten, anonymisierten Daten von teilnehmenden Klauenpflegerinnen und Klauenpflegern und Milchviehbetrieben.

Als Grundlage der Dokumentation der Klauenläsionen/Klauenbefunde dient die Terminologie, wie sie im von internationalen Klauengesundheitsexperten erstellten Atlas der Klauengesundheit (Egger-Danner et al. 2015) publiziert wurde. In diesem Atlas sind 27 Klauenerkrankungen/ Klauenbefunde aufgelistet und beschrieben, welche sich zu 16 Hauptbefunden zusammenfassen lassen (Egger-Danner et al. 2015). Nicht alle dieser zahlreichen Klauenläsionen sind schmerzhaft, sondern stellen vielfach nicht-schmerzhafte Defekte am Klauenhorn oder an der Klauenhaut dar. Klauenerkrankungen, die immer mit Schmerzen einhergehen, werden als Alarmerkrankungen bezeichnet, dazu zählen alle Geschwüre an Sohlen und Ballen, der Weiße-Linie-Abszess (Weiße-Linie-Infektion), die Zwischenklauenphlegmone, Schwellungen an Ballen und Krone, die akute Form der

Dermatitis digitalis (DD), der axiale Hornspalt sowie alle DD-assozierten Klauenhornerkrankungen (Kofler 2020, Kofler 2021).

Der Klauenmanager ist ein bereits etabliertes EDV-Programm der Firma SEG (SEG Informationstechnik GmbH, Bad Ischl, Österreich) für Klauenpfleger/innen zur elektronischen Dokumentation von Klauenkrankheiten/Klauenbefunden bei der Klauenpflege (Kofler et al. 2011, Kofler et al. 2013). Mittels Touchscreen können Klauenbefunde nach Lokalisation an der jeweiligen Klaue (Klauenzone) und jeweils abgestuft in drei Schweregraden dokumentiert werden (Kofler et al. 2011, Kofler et al. 2013). Der große Vorteil der digitalen Befunddokumentation ist, dass bei jeder Klauenpflege und Routineuntersuchung Informationen zum Vorkommen von Klauenläsionen, deren Schweregrad und deren Lokalisation aufgezeichnet und mit Herdengesundheitsmanagement-Programmen verlinkt werden können (Kofler 2013). Auf Grundlage der Daten aus dem Klauenmanager können für jede einzelne Kuh bzw. für jede Herde automatisch sogenannte Klauengesundheitswerte (Kuh-Klauen-Score – CCS, Farm-Klauen-Score – FCS) errechnet werden, die sich zum Vergleich der Klauengesundheit bei aufeinanderfolgenden Visiten in demselben Betrieb sowie auch zum Vergleich der Klauengesundheit von verschiedenen Betrieben eignen, um daraus Schlüsse für die Verbesserung der Klauengesundheit und Vorbeugung von Klauenerkrankungen zu ziehen (Kofler et al. 2011, Kofler und Pesenhofer 2015, Burgstaller et al. 2016).

## **1.2. Fragestellungen**

Die zentrale Erfassung von elektronisch dokumentierten Klauenpflegedaten bei jeder Klauenpflege ermöglicht einen guten Überblick über die Klauengesundheit der einzelnen Milchviehherden und stellt eine gute Möglichkeit dar, Vergleiche der Klauengesundheit zwischen den Milchviehherden verschiedener Betriebe anzustellen. Das Ziel dieser Diplomarbeit war die Auswertung von Klauenpflegedaten aus dem Projekt Klauen-Q-Wohl zu Klauenhornerkrankungen bei österreichischen Milchkühen mit besonderem Fokus auf Alarm-Klauenerkrankungen und deren Einflussfaktoren.

Folgende Fragestellungen sollten im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit beantwortet werden:

1. Welche sind die am häufigsten dokumentierten Alarm-Erkrankungen in Österreich?

2. Wie hoch ist die Prävalenz von Klauenerkrankungen (v.a. Alarm-Erkrankungen) in österreichischen Milchviehbetrieben auf Herden- und Einzeltierebene?
3. Gibt es einen Zusammenhang zwischen Klauenerkrankungen/Klauenläsionen und Faktoren wie Herdengröße, Haltungsform, Laktationsmonate, Laktationszahl, Jahresmilchleistung und Häufigkeit der Klauenpflege?
4. Kann auf Grundlage dieser Daten ein Benchmarking der Milchviehbetriebe zur Unterscheidung zwischen Betrieben mit guter, mittlerer bzw. schlechter Klauengesundheit erstellt werden?
5. Haben bestimmte Klauenerkrankungen/Klauenläsionen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Haltungssysteme, Betriebsgrößen, Rassen, Klauenpfleger/in und Zahl der Herdenschnitte einen Einfluss auf die Jahresmilchleistung und jährliche Abgangsrate?

## 2. Literatur

### 2.1. Einleitung

Eine gute Klauengesundheit ist nicht nur Voraussetzung für das Wohlergehen von Kühen, sondern beeinflusst auch maßgeblich deren Produktivität und Lebenserwartung (Bergsten und Herlin 1996). Durch Klauenerkrankungen bedingte Lahmheiten gehen mit hohen finanziellen Verlusten für den Landwirt einher, angefangen von den Behandlungskosten der Klauenerkrankungen (Cha et al. 2010, Ózsvári 2017, Dolecheck und Bewley 2018), über niedrigere Leistung betroffener Tiere, geringeren Body-Condition-Score (BCS) (Green et al. 2014), höhere Abgangsrate und einen niedrigeren Schlachtwert lahmere Tiere (Hernandez et al. 2001). In vielen Publikationen wird Lahmheit oft so definiert, dass Rinder einen Locomotion-Score (LCS) (Sprecher et al. 1997)  $\geq 3$  aufweisen (Dippel et al. 2009, Rouha-Mülleleder et al. 2009, Somers et al. 2015, Foditsch et al. 2016), wobei geringgradige Lahmheiten (LCS 2) nicht berücksichtigt werden, was allerdings aus Sicht des Betriebsmanagements und des Tierwohls nicht korrekt ist (Kofler et al. 2021).

Die häufigste Lokalisation von Klauenhornläsionen befindet sich mit 92 % in der distalen Beckengliedmaße, 65 % davon sind an der Außenklaue, 20 % an der Haut und 14 % an der Innenklaue (Murray et al. 1996). Laut Literatur verursachen vor allem Weiße-Linie-Infektionen bzw. Weiße-Linie-Defekte (WLD), Sohlengeschwüre (SG), akute Dermatitis digitalis (DD), Zwischenklauenphlegmone und DD-assoziierte Klauenhornerkrankungen Lahmheit bei Rindern (Amory et al. 2008, Becker et al. 2014a, Kofler 2021).

In Großbritannien zeigten 37 Milchbetriebe eine durchschnittliche Lahmheitsprävalenz von 20,6 % (2 %–53,9 %) im Jahr, wobei die Lahmheitsprävalenz im Winter um 7 % höher war als im Sommer. Dabei führte eine Früherkennung der Lahmheit durch den Landwirt zu einer deutlichen Reduktion der Lahmheitsdauer (Clarkson et al. 1996). Im Jahre 2000 wurden 1,7 % der Abgänge in Großbritannien durch Klauenerkrankungen verursacht (Whitaker et al. 2000). Im Gegensatz zu Großbritannien zeigten untersuchte Milchbetriebe in Österreich eine deutlich höhere durchschnittliche Lahmheitsprävalenz. So bewegte sich 2009 die Lahmheitsprävalenz in 80 österreichischen Milchviehbetrieben abhängig von Betrieb und Einflussfaktoren zwischen 0 % und 77 % (Median 36 %), wobei die Prävalenz von schwerwiegender Lahmheit am Betrieb zwischen 0 % und 43 % (Median 4 %) betrug (Rouha-Mülleleder et al. 2009). In einer weiteren

Studie in 144 österreichischen Milchviehbetrieben betrug die durchschnittliche Lahmheitsprävalenz 51 %, unter Mitberücksichtigung der Locomotion-Score 2 Lahmheiten, wobei bei 8,1 % der Kühe hochgradige, mehrmalig auftretende Lahmheiten zu beobachten waren (Kofler et al. 2021).

Klauenerkrankungen sind jedoch nicht nur der Hauptgrund für Lahmheit bei Rindern, sondern haben einen negativen Effekt auf die Milchleistung und die Fruchtbarkeitskennzahlen, wodurch bei lahmen Tieren mehrere Besamungen für eine erfolgreiche Konzeption notwendig sind und eine längere Zwischenkalbezeit entsteht (Sprecher et al. 1997, Hernandez et al. 2001, Somers et al. 2015, Fürst-Waltl et al. 2021). Bei Klauenerkrankungen während der frühen Laktationsperiode resultierten durchschnittliche Milchverluste von 440 kg und 270 kg während der mittleren bis späten Laktationsperiode, wenn Klauenläsionen über mehrere Wochen bestehen blieben (Coulon et al. 1996, Hernandez et al. 2002, Kofler et al. 2021). Eine verringerte Milchleistung ist dadurch erklärbar, dass sich lahme Kühe aufgrund von Schmerzen weniger bewegen, wodurch ihre Nahrungsaufnahme eingeschränkt ist und ihnen folglich weniger Ressourcen für die Milchproduktion zur Verfügung stehen. In umgekehrter Weise stellt zu hohe Milchleistung zu Laktationsbeginn wiederum ein Risikofaktor für Lahmheit dar, da es dadurch leichter zu einer negativen Energiebilanz mit Resorption von Fett aus den Klauenfettpolstern kommt (Bicalho et al. 2008).

## **2.2. Einflussfaktoren**

Kühe sind bis vor ca. 20 Jahren überwiegend auf hohe Milchleistung gezüchtet worden, sie müssen viel mehr leisten als die Natur vorgesehen hat und auch die Haltungs- und Fütterungssysteme sind mehr auf hohe Leistung und Produktivität abgestimmt als auf Wohlergehen und Gesundheit (Hansen 2000).

Die Hauptübeltäter für die Entwicklung von Klauenläsionen, die durch Haltungssysteme verursacht werden, sind harte und feuchte Böden, sowie Laufflächen mit zu geringen Dimensionen, zu starkem Abrieb aber auch nicht tiergerechte und zu klein dimensionierte Liegeflächen (Cook und Nordlund 2009, Rouha-Mülleider et al. 2009, de Vries et al. 2015). Auf harten Betonböden gehaltene Kalbinnen hatten häufiger und ausgedehntere Sohlenblutungen und Weiße-Linie-Defekte als jene, die im Außenbereich auf trockenen Böden gehalten wurden (Vermunt und Greenough 1996). Die Haltung auf Betonböden erhöht das Risiko für das Auftreten von Sohlengeschwüren und WLD (Barker et al. 2009). Vor allem in Kombination mit

Stoffwechselbelastungen und Trächtigkeit spielen Faktoren wie harte Böden, hohe Wachstumsraten, Fütterung und Rangprobleme kurz vor der Abkalbung eine große Rolle für die Entstehung von Sohlenblutungen, Ballenhornfäule und WLD (Greenough und Vermunt 1991), da durch harte und stark abrasive Böden und das höhere Gewicht einer tragenden Kuh die Abnutzung von Klauenhorn viel stärker ist und zu dünnen Sohlen führt (Mason et al. 2012). Aus diesem Grund entwickeln Kalbinnen vor allem in den ersten drei Wochen nach Beginn der Laktation Blutungen in der Sohle und an der Weißen Linie, SG, Weiße-Linie-Defekte und -Abszesse (Mason et al. 2012).

Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor für das Auftreten von Klauenläsionen ist die Fütterung. Stärkereiche und faserarme Fütterung nach der Abkalbung, wie es bei hohem Kraftfuttereinsatz der Fall ist, fördert das Auftreten von Klauenrehe und SG verglichen zu faserreicher Fütterung (Livesey und Fleming 1984), wohingegen die Supplementierung von Spurenelementen wie Zink, Mangan, Kupfer und Kobalt bei Kalbinnen in der Aufzucht bis zwei Monate post-partum das Auftreten von Klauenerkrankungen in der Laktation – jedoch nicht während der Aufzucht – reduziert (Drendel et al. 2005). Auch Unterernährung bzw. ein BCS unter 2,5 verursacht eine schlechtere Hornqualität, führt zum Abbau der Klauenfettpolster und damit zu herabgesetzter Stoßdämpfung und begünstigt somit die Entstehung von druckbedingten Klauenhornkrankungen (Machado et al. 2010, Green et al. 2014, Kofler 2021).

Zu guter Letzt sind Managementprobleme wie Überbelegung, spärliche oder fehlende Einstreu (Barker et al. 2009), tierspezifische Faktoren wie Rasse, Alter, Laktationsnummer, Körpergewicht und Jahreszeit (Andersson und Lundström 1981), sowie mangelnde Hygiene und zu lange Klauenpflegeintervalle bzw. nicht fachgerechte Klauenpflege als Einflussfaktoren für das Auftreten von Klauenhornläsionen zu nennen (Cook und Nordlund 2009, Rouha-Mülleider et al. 2009, Sadiq et al. 2020, Kofler 2021, Kofler et al. 2021). Kühe in größeren Herden in Betrieben mit zu wenig Liegefläche pro Kuh, neigen eher zu Lahmheit, und Kalbinnen, die im Herbst abkalben, entwickeln häufiger Sohlenblutungen als im Frühling (Bergsten und Frank 1996). Auch Dung und Harn wirken sich negativ auf die Hornqualität aus (Mülling und Budras 1998). In einer Studie aus Deutschland wurden bei Kühen der Rasse Deutsch-Schwarzbunt und Fleckvieh vor allem Ballenhornfäule, Sohlenblutungen und Interdigitalphlegmone diagnostiziert, wobei die ersten beiden zu 90 % an den Hinterklauen gefunden wurden. Risikogruppe für Sohlenblutungen waren Fleckvieh- Kalbinnen in der ersten Laktation (Distl und Schmid 1993).

### **2.3. Biomechanik des Klauenhorns und Prädilektionsstellen**

Die Struktur bzw. Elastizität des Klauenhorns variiert im Bereich der Fußungsfläche bzw. Hornwand und ist dadurch angepasst an die natürliche Belastung im Grasland sowie auf Waldflächen. Unphysiologische, also harte Böden führen zu einer Fehlbelastung von normalerweise schwach belasteten Abschnitten, die folglich zu Prädilektionsstellen für Klauenerkrankungen werden. Weiters variieren die Diffusionsstrecken zwischen Lederhautgefäßen und verhornenden Zellen an der Lederhaut der Segmente an der Fußungsfläche, wodurch es bei Fehlbelastung vor allem in den Bereichen des Hartballensegments auf Höhe des abaxialen Endes der Weißen Linie und dem Übergang zwischen Hart- und Weichballensegment rasch zu einer Unterversorgung der verhornenden Zellen mit Nährstoffen und dadurch zu einer verminderten Hornqualität kommt. Diese Stellen sind besonders anfällig für Klauenerkrankungen (Mülling et al. 1994).

Feuchte, verschmutzte Böden mit einer höheren Keimbelastung führen zu einer Erweichung des Klauenhorns. Dies ist in Kombination mit harten Bodenflächen prädisponierend für Klauenerkrankungen, weil weiches Klauenhorn die bei der Belastung auftretenden Zugkräfte schlechter abfedern kann und dadurch das Klauenbein im Hornschuh stärker absinkt und zu Sohlenquetschungen führt (Nuss et al. 2019).

Abgesehen von extensiver, ganzjähriger Freilandhaltung führt keine der modernen Haltungsbedingungen zu einer artgerechten Abnutzung der Klauen. Bei Weidehaltung sind die Klauen groß, lang, haben einen überstehenden Tragrand, eine physiologische Hohlkehlung ist vorhanden und ein Größenunterschied zwischen Außen- und Innenklauel ist in der Regel nicht ausgeprägt (Nuss et al. 2014). Für Stallböden ist diese Klauenform jedoch ungeeignet, da übermäßig und unregelmäßig lange Klauen zu einer Fehlbelastung gewisser Klauenareale und Fehlstellung der Gliedmaßen führen und in weiterer Folge Klauen- und Gelenkserkrankungen verursachen (Carvalho et al. 2005, Müller 2018).

Prädilektionsstellen für Klauenerkrankungen sind vor allem die Außenklauen der Hintergliedmaße (Murray et al. 1996, Müller 2018). Eine weitere Besonderheit ist, dass die Trachten der Außenklauen oftmals deutlich höher sind und somit beim Gehen unmittelbar vor den Innenklauen den Boden erreichen. Beim Aufsetzen haben daher zuerst Hartballen, abaxialer Klauenrand und zuletzt die Klauenspitze Kontakt mit dem Boden (Meyer et al. 2007, Schmid et al. 2009). Eine weitere Prädilektionsstelle für Klauenerkrankungen ist die

Innenklau der Schultergliedmaße, da Kühe am Fressgitter mit den Vordergliedmaßen enger und zehenweit stehen müssen, um Fressen zu können (Nuss et al. 2019).

## **2.4. Anatomie der Rinderklau**

Eine grundlegende Kenntnis der anatomischen Strukturen und Besonderheiten der Rinderklau ist Voraussetzung für das Verständnis der Ursachen für die Entstehung von Klauenläsionen, weshalb im folgenden Abschnitt kurz die wichtigsten anatomischen Besonderheiten der Rinderklau beschrieben werden.

### **2.4.1. Klau**

Die Rinderklau besteht aus der stark verhornten Klauenhaut und den folgenden von ihr umgebenen Strukturen: knöcherne Strukturen wie das Klauenbein, das Klauensesambein und der distale Teil des Kronbeins, die Teil des Klauengelenks sind, sowie der Bandapparat, der distale Teil der Strecksehne und der tiefen Beugesehne und die *Bursa podotrochlearis*. An jeder Gliedmaße befinden sich zwei Hauptklauen (dritte und vierte Zehe), welche gewichtstragend sind, und zwei Afterklauen (zweite und fünfte Zehe). Diese liegen weiter proximal auf der Höhe des Fesselgelenks, sind funktionslos und nur bindegewebig mit der Gliedmaße verbunden (Maierl et al. 2019).

### **2.4.2. Klauenhaut**

Die Klauenhaut besteht, analog zur behaarten Haut, aus drei Schichten. Die oberste Schicht, die Klauenepidermis, besteht aus einer dicken äußeren Schicht von verhornten Zellen, die im Zuge der Verhornung absterben und den Hornschuh bilden, sowie der stoffwechselaktiven, lebenden Zellen (Maierl et al. 2019). Angrenzend an diese Schicht befindet sich die zweischichtige Klauenlederhaut (Dermis), die einerseits aus dem Stratum papillare – einem bindegewebigen Papillarkörper, der die Epidermis verankert und mit Nährstoffen versorgt – und dem Stratum reticulare, das über Kollagenfasern eine Verbindung zum Stützskelett und zur Unterhaut herstellt. Die gesamte Dermis ist von einem Nervennetz mit Mechanorezeptoren und sensiblen Nervenendigungen sowie von einem dichten Kapillarnetz durchzogen, weshalb Verletzungen der Lederhaut stark bluten und sehr schmerzhaft sind. Die Klauenunterhaut (Subcutis) bildet die unterste Hautschicht bestehend aus lockerem fettreichem Bindegewebe, welches im Saum-, Kron- und vor allem im Ballensegment zu stoßdämpfenden Strukturen

umgebaut ist. Im Bereich des Sohlen- und Wandsegments fehlt hingegen die Subcutis (Maierl et al. 2019).

### **2.4.3. Klauenschuh**

Der Klauenschuh (Klauenkapsel) wird gebildet von der stark verhornten Klauenepidermis und besteht aus einer Klauenwand (Klauenplatte) und einer Grundfläche mit Sohlen- und Ballenteil, wobei der Übergang zwischen Klauenwand und Grundfläche als Klauenrand bezeichnet wird. Die Klauenwand wird wiederum unterteilt in die Dorsalwand (Rückenteil), die konvexe abaxiale Außenwand und die konkave axiale Interdigitalwand.

Die Hauptaufgaben des Klauenschuhs sind Schutz der darunterliegenden Strukturen vor chemischen, mechanischen und mikrobiellen Einflüssen, sowie biomechanische Unterstützung bei der Kraftübertragung im Stand und in der Fortbewegung. Da ständig neues Horn nachgebildet wird, muss eine ausreichende Abnützung des Horns, oder regelmäßige funktionelle Klauenpflege gewährleistet sein, da es sonst zur Deformation des Klauenhorns und Fehlbelastung bestimmter Zonen kommt (Maierl et al. 2019).

Im Gegensatz zu den Klauen der Beckengliedmaße sind die Klauen der Schultergliedmaße breiter, stumpfer, kürzer und besitzen einen weiteren Zwischenklauenspalt. Der Winkel zwischen dem Klauenrücken und der Bodenfläche der Klaue beträgt bei den Vorderklauen 50-55° und an den Hinterklauen 45–50°, wodurch die Vorderklauen etwas steiler stehen als die hinteren (Clemente 1995). Im Bereich des abaxialen und vorderen Drittel des axialen Klauenrandes, des Sohlenhorns sowie des vorderen Ballenbereiches ist die Grundfläche plan. Im palmaren Bereich des axialen Klauenrandes befindet sich zum Zwischenklauenspalt hin eine physiologische Hohlkehlung, die unter Normalbedingungen nicht am Boden auf Fußt.

Die Länge der Klaue wird auf dem Klauenrücken vom Beginn des festen Hornschuhs bis zur dorsalen Klauenrandkante gemessen und sollte beim adulten Rind ca. 7,5 – 8 cm betragen, um ihren biomechanischen Funktionen gerecht zu werden. Die Sohlendicke sollte zwischen 5–7 mm betragen (Maierl et al. 2019).

### **2.4.4. Klauensegmente**

Abhängig von der Lokalisation wird die Klaue in fünf verschiedene Segmente unterteilt: Saum-, Kron-, Wand-, Sohlen- und Ballensegment. Die Segmente unterscheiden sich hinsichtlich ihrer verschiedenen Funktionen im Aufbau der drei Schichten der Klauenhaut.

## **2.5. Klauenerkrankungen / Klauenläsionen / Klauenbefunde**

Grundsätzlich wird bei Wiederkäuern zwischen nicht-infektiösen (druckbedingten) und infektiösen Klauenerkrankungen bzw. Klauenläsionen unterschieden. Zu den nicht-infektiösen Klauenhornkrankungen zählen die Klauenrehe (konkave Vorderwand), Sohlenblutungen, Doppelsohle, SG, WLD, Hornklüfte, Hornspalten, dünne Sohlen und weitere meist nicht-schmerzhafte Hornveränderungen, welche hauptsächlich mechanische (harte Böden), traumatische, fütterungsbedingte, managementbedingte oder hormonelle Ursachen haben. Zu den infektiösen Klauenerkrankungen gehören die Zwischenklauenphlegmone und Dermatitis digitalis (Mortellaro'sche Krankheit), bei welchen eine bakterielle Infektion zu Grunde liegt (Döpfer et al. 1997, Machado et al. 2010, Foditsch et al. 2016, Kofler 2021). Für Abbildungen zu den einzelnen Klauenerkrankungen/Klauenläsionen bzw. -befunden siehe ICAR-Klauengesundheitsatlas (Egger-Danner et al. 2015).

### **2.5.1. Klauenrehe („Pododermatitis aseptica diffusa“) / Konkave Vorderwand**

Klauenrehe ist eine diffuse aseptische Entzündung der Lederhaut, die oft subklinisch verläuft, und als Grundlage vieler Klauenhornkrankungen wie Sohlengeschwüre, Sohlenspitzen- und Sohlengeschwüre, WLD oder Ballenhornfäule fungiert. Das Auftreten von Klauenrehe ist meist ein herdenweites Problem und korreliert mit Faktoren wie Stallhygiene, Fütterungs- und Herdenmanagement (Greenough und Vermunt 1991).

Die konkave Vorderwand ist das Zeichen einer chronischen Klauenrehe und die Folge einer chronischen, wiederholten (sub-)akuten oder subklinischen Klauenrehe und wird gekennzeichnet durch eine nach einwärts gewölbte Form der Klauenvorderwand (Ossent und Lischer 1998, Kofler 2014, Egger-Danner et al. 2015).

Klauenrehe verläuft in drei Phasen: Phase 1 wird gekennzeichnet durch die Freisetzung von vasoaktiven Substanzen in die Blutgefäße der Zehen, die den Blutfluss in die Lederhaut behindern, und bereits innerhalb von Stunden die Verbindung zwischen Dermis und Epidermis schädigen. In Phase 2 sinkt das Klauenbein im Hornschuh ab, wodurch es zu Quetschung der Sohlenlederhaut und in weiterer Folge zu Blutungen, Thrombose und Nekrose derselben kommt. Nach 6 bis 12 Wochen wird die Phase 3 offensichtlich, in welcher es zum Auftreten von Sohlenblutungen, Doppelsohlen, Sohlengeschwüren und WLD kommen kann. Ab hier besteht eine klinische Lahmheit (Ossent und Lischer 1998).

Am häufigsten tritt Klauenrehe bei Kühen um die Zeit nach der Abkalbung auf, wobei der Peak zwischen 45-75 Tagen postpartum liegt. Dies wird verstärkt durch abrupte

Fütterungsumstellung von niedriger Netto-Energie-Laktation (NEL) mit hohem Fasergehalt in der Hochträchtigkeit auf hohe NEL mit niedrigem Fasergehalt nach der Abkalbung (Donovan et al. 2004). Neben peripartalem Umstellungsstress sind Störungen der Vormagentätigkeit (z.B. Pansenazidose), Fehlbelastung bzw. falsche Druckverteilungen in der Klaue, die zu Durchblutungsstörungen in den Lederhautgefäßen und -zotten führen, mit dem Auftreten von Klauenrehe verbunden. Die Gabe von Biotin, Kupfer, Zink und Selen, Früherkennung, besseres Fütterungsmanagement, regelmäßige Klauenpflege und Stallhygiene tragen maßgeblich zur Vorbeugung von Klauenrehe und deren Folgeerkrankungen bei (Kofler und Gasteiner 2002, Kleen et al. 2013).

### **2.5.2. Sohlenblutung**

Als Sohlenblutungen gelten diffuse bis umschriebene hellrote oder gelbliche Verfärbungen des Sohlenhorns oder der weißen Linie, die durch Einlagerung von Blutfarbstoff in das Sohlenhorn entstehen als Folge von chronischem Druck, Überbelastung, Prellungen oder Entzündungen der Sohlenlederhaut bei Klauenrehe (Greenough und Weaver 1997, Kleen et al. 2013, Egger-Danner et al. 2015). Sohlenblutungen sind bei einem Hornwachstum von 5 mm pro Monat in der Regel erst 6 bis 8 Wochen nach Entzündung oder Trauma an der Oberfläche der Sohle nachweisbar. Sollten Läsionen in der Lederhaut nicht abheilen, kann sich ein Sohlengeschwür ausbilden (Bergsten und Herlin 1996).

### **2.5.3. Doppelsohle**

Als Doppelsohle bezeichnet man zwei oder mehrere Lagen von Sohlenhorn mit Hohlräumen dazwischen, die aus einer Zusammenhangstrennung zwischen innerster Hornschicht und geschädigter Lederhaut entstanden sind (Egger-Danner et al. 2015). Doppelsohlen können infolge von Lederhautentzündungen bei Klauenrehe, Traumen wie Prellungen oder Quetschung der Sohlenlederhaut, sowie auch als Folge von eitrigen Entzündungen wie Weiße-Linie-Erkrankungen oder Sohlengeschwüre entstehen, wobei sich das Sohlenhorn von der geschädigten Lederhaut ablöst. Sobald sich die Sohlenlederhaut regeneriert hat, wird gesundes, neu gebildetes Sohlenhorn mit einem zusätzlichen Hohlraum nach außen vorgeschoben (Kofler 2014).

#### **2.5.4. Klauengeschwüre (Sohlen-, Ballen- und Sohlenspitzen-geschwür)**

Klauengeschwüre zählen zu den häufigsten Lahmheitsursachen bei Rindern und sind in den meisten Fällen an der lateralen Hinterklaue lokalisiert (Greenough 1987, Shearer und van Amstel 2017). Risikofaktoren sind vor allem mechanische Ursachen wie harte Stallböden, überlange Klauen durch mangelnde Klauenpflege, sowie genetisch bedingte Rollklauen. Dies führt zu einer ungleichmäßigen Überbelastung der Lederhaut zwischen Klauenbein und Sohle, wodurch es zur Schädigung der Blutgefäße und Ischämie kommt. Dadurch ist das Wachstum und die Differenzierung der Keratinozyten in den basalen Schichten der Sohlen-Epidermis gestört und es entsteht ein Horndefekt (Geschwür) mit freiliegender Lederhaut und Ablösung des darüberliegenden Horns (Vermunt und Greenough 1994). Je nach Zone und Lokalisation der Geschwüre unterscheidet man zwischen dem Sohlengeschwür bzw. Rusterholz'sches Geschwür am axialem Rand im hinteren Sohlendrittel am Übergang zum Ballen (Zone 4), dem Ballengeschwür bei Geschwüren am Weichballen (Zone 6) und dem Sohlenspitzen-geschwür, wenn der Defekt an der Sohlenspitze (Zone 5) auftritt (Egger-Danner et al. 2015, Kofler 2017). Klauengeschwüre werden weiters durch metabolische Faktoren wie Klauenrehe, Pansenazidose und peripartale Hormonveränderungen durch Relaxin und Östrogen bedingt (Shearer und van Amstel 2017). Auch treten sie gehäuft nach der ersten Abkalbung (Enevoldsen et al. 1991) auf. Klauengeschwüre können auch Folge einer akuten Klauenrehe ausgelöst durch eine toxische Mastitis durch coliforme Bakterien sein (Vermunt und Greenough 1994), welche zur Freisetzung von Endotoxinen führt, die wiederum vasoaktive Cytokine und Metalloproteinasen aktivieren. Dadurch kommt es zum Abbau der kollagenen Fasern in der Lederhaut, Schwächung des Klauen-Aufhängeapparates (= Gewebeverbindung zwischen Phalanx 3 und der Dorsalwand), Absinken des Klauenbeins bzw. des Tuberculum flexorium (SG, BG) oder Rotation der Zehenspitze (SSG) im Hornschuh und Quetschung der Blutgefäße in der Sohlenlederhaut und am Saumband bzw. Kronrand (Lischer et al. 2002). Klauengeschwüre werden häufiger bei älteren Kühen in höheren Laktationen festgestellt, weil diese Kühe auch schon häufiger Reheschübe erlitten haben, und weil bei ihnen die Klauenfettpolster oftmals völlig abgebaut sind (Shearer und van Amstel 2017).

#### **2.5.5. Weiße-Linie-Erkrankung / Weiße-Linie-Abszess**

Weiße-Linie-Erkrankung oder Weiße-Linie-Defekt bezeichnet eine Zusammenhangstrennung zwischen Sohlen- und Wandhorn im Bereich der weißen Linie bzw. die nachfolgende Infektion der Wandlederhaut (Egger-Danner et al. 2015). Reicht die Zusammenhangstrennung bis zur

Lederhaut, liegt meist eine lokalisierte eitrige Entzündung der Lederhaut vor, bei der in sich in weiterer Folge die Klauenwand loslösen und sich ein Fistelkanal bzw. Abszess bilden kann (Weiße-Linie-Abszess) und horizontal verlaufende Hornklüfte entstehen (Egger-Danner et al. 2015, Shearer und van Amstel 2017). Liegt die Infektion bereits länger vor, kann sich diese auf das Klauenbein, Klauensesambein und Klauengelenk ausbreiten, was anhand einer deutlichen Schwellung von Kronsaum und Ballen sichtbar ist (Nuss et al. 2019). Bis zur Lederhaut reichende Weiße-Linie-Defekte führen in der Regel zu Lahmheit.

Anatomisch gesehen ist die Weiße Linie ein mechanischer Schwachpunkt, wo zwei Hornschichten unterschiedlicher Stärke zusammenkommen, und aus dem weichen Horn der Blättchen besteht (Mülling et al. 1994, Kofler 2014). Risikofaktoren für Weiße-Linie-Defekte sind daher unregelmäßige Belastung der Klauen wie beispielsweise harte Böden, Spaltenböden, größere Trachtenhöhe der Außenklauen und dadurch Überbelastung dieser, Rollklauen, Laufstallhaltung auf feuchten, schmutzigen Böden sowie eine niedrige Parität (Kujala et al. 2010, Shearer und van Amstel 2017). Feuchte Haltungsbedingungen bedingen eine Mazeration des weichen Blättchenhorns in der weißen Linie und begünstigen das Eindringen von Schmutz, Fremdkörpern und Bakterien, die das Horn zersetzen und nachfolgend die Lederhaut infizieren (Nuss et al. 2019).

### **2.5.6. Klauenbeinspitzennekrose / Sohlenspitzennekrose**

Die Sohlenspitzennekrose bzw. Klauenbeinspitzennekrose ist eine aufsteigende bakterielle Infektion und anschließender Nekrose der Klauenbeinspitze, ausgehend von bis zur Lederhaut reichenden Klauenläsionen an der Sohlenspitze, die als Eintrittspforte für ubiquitäre Eitererreger fungieren (Kofler 2017). Oft findet eine Sekundärinfektion mit *Treponema spp.* statt (Kofler 2017). Als Beispiele für wegbereitende Klauenläsionen sind zu nennen: Weiße-Linie-Erkrankungen, Sohlenspitzeneschwüre, dünne Sohlen, Hornspalten, traumatische Abrisse der Klauenspitze (Nuss et al. 1990, Kofler et al. 2017), Klauenrehe sowie ein Mangel an Mineralstoffen, Spurenelementen und Biotin (Mülling et al. 1999, Tomlinson et al. 2004). Sohlenspitzennekrose tritt fast immer an den Außenklauen der Beckengliedmaße auf.

### **2.5.7. Ballenhornfäule ("Erosio ungulae")**

Bei der Ballenfäule handelt es sich um eine Auflösung des weichen Ballenhorns durch Mazeration und Fäulnis ohne Beteiligung der angrenzenden behaarten Haut oder der darunter befindlichen Lederhaut. Oft bilden sich neben oberflächlichen Hornklüften im Weichballen

typische V-förmige Furchen an der Grenze zum Horn des Hartballens (Kofler 2014, Egger-Danner et al. 2015).

Ballenhornfäule ist typische Begleiterscheinung von Haltungssystemen mit feuchten, kotverschmutzten Böden wie es bei Laufställen der Fall ist, da eine feuchte Umgebung zu einer Erweichung (Mazeration) des Ballenhorns führt und das Ansiedeln von Bakterien begünstigt (Bergsten 1995). Auch eine übermäßige Fütterung mit Kraftfutter, die zur Veränderung der bakteriellen Flora im ausgeschiedenen Kot und dadurch zu einer Erhöhung der Keimbelastung des Stallbodens führt, erhöhen das Risiko für Ballenfäule (Hughes 2001). Für die Fäulnisprozesse ursächlich sind hauptsächlich *Fusobacterium necrophorum* und *Dichelobacter nodosus*, die auch bei der Zwischenklauenphlegmone als Wegbereiter für andere Bakterien agieren, aber auch viele andere ubiquitäre, eiweißspaltende Bakterien. In der Regel führt Ballenhornfäule zu keinen klinischen Symptomen und kann bei der Klauenpflege durch Ausschneiden der aufgelösten und mazerierten Hornbezirke entfernt werden. Allerdings kann Ballenhornfäule das Auftreten von Sekundärerkrankungen wie Dermatitis digitalis und Sohlengeschwüre begünstigen (Nuss et al. 2019).

### **2.5.8. Hornspalt ("Fissura unguulae verticalis") / Axialer Hornspalt**

Beim axialen Hornspalt handelt es sich um eine vom Kronsaum ausgehende, in Längsrichtung der Klaue verlaufende Zusammenhangstrennung des Klauenhorns an der axialen Seite (d.h. Innenseite) der Klaue (Egger-Danner et al. 2015). Diese kann oberflächlich, also nur das Horn betreffend sein, oder durchdringend, wenn sie bis zur Lederhaut reicht. Ursache für Hornspalten ist ein Defekt oder eine Verletzung am Kronsaum und eine von diesem Bereich ausgehende Hornbildungsstörung im Wandhorn (Nuss et al. 2019), wobei ganzjährige Freilandhaltung unter extremen klimatischen Bedingungen und ungünstige Ernährungsverhältnisse, die zur Bildung von ungenügend hartem Horn führen, prädisponierend wirken (Greenough 2001, Keplinger et al. 2013).

In der Regel lösen nur durchdringende Hornspalten je nach Ausprägung eine Lahmheit aus (Nuss et al. 2019).

### **2.5.9. Schwellung des Kronsaums und/oder Ballens**

Eine ein- oder beidseitige Schwellung des Kronsaums und/oder Ballens proximal der Hornkapsel ist keine eigenständige Erkrankung, sondern ein Symptom verschiedener Klauenerkrankungen bei Miterkrankung von tieferliegenden Stützstrukturen (Sehnen,

Knochen, Gelenke) (Egger-Danner et al. 2015, Kofler 2021). Beispiele für Erkrankungen, die mit Schwellung des Kronsaums einhergehen, sind komplizierte Sohlengeschwüre und Weiße-Linie-Infektionen, bei denen es zur Sekundärinfektion des Klauensesambeines, der Bursa podotrochlearis, des Klauengelenkes und/oder der gemeinsamen Fesselbeuge-sehnenscheide gekommen ist (Nuss et al. 2019).

#### **2.5.10. Limax ("Hyperplasia interdigitalis", Tylom, Zwischenklauenwulst)**

Limax ist eine nicht-schmerzhaft, feste, stark verhornte Bindegewebszubildung der Lederhaut im Zwischenklauenspalt, die sich oftmals durch eine chronische Reizung bzw. Entzündung der Haut des Zwischenklauenspaltes nach einer Zwischenklauenphlegmone oder Dermatitis digitalis oder aufgrund eines ständigen Dehnungsreizes durch beispielsweise Auseinandergleiten der Klauen auf rutschigen Laufflächen entwickelt (Nuss et al. 2019). Prädisponierende Faktoren sind ein hohes Körpergewicht, wie es vor allem bei Mastrassen oder Zuchtstieren der Fall ist, genetisch bedingte Bindegewebschwäche, Spreizklauen durch unsachgemäße Klauenpflege bei Entfernung des inneren Tragrandes sowie die Haltung im Laufstall (Fiedler 2000, Kofler 2019). Da die Limax in der Regel nicht schmerzhaft und nicht lahmheitsverursachend ist, ist bis auf eine regelmäßige, funktionelle Klauenpflege keine Therapie notwendig, außer in Fällen mit hochgradiger Limaxzubildung (Nuss et al. 2019).

#### **2.5.11. Hornklüft ("Fissura unguulae horizontalis")**

Bei der Hornklüft handelt es sich um eine waagrechte bzw. parallel zum Kronsaum verlaufende Zusammenhangstrennung im Klauenwandhorn, die wie der Hornspalt oberflächlich oder durchdringend, also die Lederhaut betreffend, sein kann (Egger-Danner et al. 2015). Als Ursachen für die Entstehung von Hornklüften gelten eine Weiße-Linie-Infektion mit Durchbruch des Eiters am Saumband, chronische Klauenrehe, sowie traumatische Ursachen wie das Hängenbleiben der Klauen im Spaltenboden (Nuss et al. 2019).

#### **2.5.12. Dünne Sohlen**

Dünne Sohlen bezeichnen eine unzureichende Sohlendicke an der Fußungsfläche der Klaue von größer gleich 4,5 mm (physiologisch 7 mm), wodurch die Schutzfunktion des Sohlenhorns nicht mehr gewährleistet ist und es in weiterer Folge zu einer Verletzung der darunterliegenden Lederhaut kommt (Mason et al. 2012, Egger-Danner et al. 2015, Führer et al. 2019). Sie entstehen hauptsächlich durch zu hohen Abrieb des Sohlenhorns auf rauen Böden oder zu

starke Entfernung des Horns bei der Klauenpflege. Dünne Sohlen können mit dem Finger bereits eingedrückt werden und haben vielfach Sohlenblutungen, Sohlenspitzenengeschwüre, apikale Weiße-Linie-Infektionen sowie eine Klauenbeinspitzennekrose zur Folge (Kofler 2015, Kofler 2017, Führer et al. 2019).

### **2.5.13. Rollklauen / Korkenzieherklauen**

Rollklauen beschreiben eine pathologische Klauenform, bei der es zur schraubenartigen Einwärtsdrehung der Seitenwand der Außen- oder Innenklaue zum Zwischenklauenspalt hin kommt (Egger-Danner et al. 2015). Die Deformation entsteht durch übermäßiges Wachstum der abaxialen Wand und kann erblich bedingt oder Folge von unterlassener oder unsachgemäßer Klauenpflege oder Haltung auf Spaltenböden sein. Die Rollklaue per se geht nicht mit Lahmheit einher. In hochgradigen Fällen kann sich aus der Rollklaue eine Korkenzieherklaue entwickeln (Kofler 2014).

### **2.5.14. Scherenklauen**

Scherenklauen sind eine weitere pathologische Klauenform, bei der es zur Überkreuzung der Klauenspitzen durch zu lange, konkav gebogene Vorderwände kommt. Meist überkreuzt die Innenklaue die Außenklaue. Scherenklauen sind meist erblich bedingt (Egger-Danner et al. 2015) und gehen nicht mit Lahmheit einher.

### **2.5.15. Ungleiche Klauen**

Ungleiche Klauen liegen vor, wenn ein erheblicher Unterschied in Länge, Breite und/oder Höhe zwischen Innen- und Außenklaue besteht, der sich durch Klauenpflege nicht mehr korrigieren lässt (Egger-Danner et al. 2015), aber nicht lahmheitsverursachend ist.

### **2.5.16. Zwischenklauenphlegmone ("Phlegmona interdigitalis")**

Die Zwischenklauenphlegmone bezeichnet eine von der Zwischenzehenhaut ausgehende diffuse, eitrig-entzündliche Entzündung der Haut und Unterhaut (Egger-Danner et al. 2015, Osová et al. 2017). Ursächlich für die Entzündung sind bakterielle Erreger wie *Fusobacterium necrophorum*, *Porphyromonas levii* und *Dichelobacter nodosus*, die unter anaeroben Bedingungen in die vorgeschädigte Haut eindringen und als Wegbereiter für andere Keime wie hämolysierende Staphylokokken und Bakterien, die physiologisch im Kot und Pansen vorkommen, fungieren (Osová et al. 2017). Prädisponierende Faktoren sind unter anderem feuchte Weiden und

verschmutzte Böden, hohe Stalltemperaturen, erhöhte Milchleistung (Osová et al. 2017) und Laufstallhaltung, die Erkrankung tritt vor allem bei Kühen im ersten Laktationszyklus auf (Alban et al. 1995).

### **2.5.17. Dermatitis digitalis (Mortellaro'sche-, "Erdbeer-Krankheit")**

Dermatitis digitalis ist eine infektiöse, geschwürartige, umschriebene Entzündung der Haut proximal des Weichballens, im Zwischenklauenspalt, proximal des Saumbandes an der Klauenvorderseite oder rund um die Afterklauen (Egger-Danner et al. 2015, Kofler et al. 2020). Als Wegbereiter für die Mortellaro'sche Krankheit gelten anaerobe Spirochäten der Gattung *Treponema spp.* (Döpfer et al. 1997, Döpfer 2000, Kofler 2020, Kofler et al. 2020), aber auch Bakterien wie *Dichelobacter nodosus*, *Fusobacterium necrophorum* oder *Campylobacter spp.* (Döpfer et al. 1997). Weitere begünstigende Faktoren sind feuchte, verschmutzte, raue Böden, schlechte Futterqualität, Stress und eine hohe Besatzdichte, die zu einer Mazeration der Haut, Ischämie und anaeroben Milieu am Weichballen und/oder Zwischenklauenspalt führen und folglich die Besiedelung von Spirochäten begünstigen (Leist et al. 1998, Kofler 2020).

Makroskopisch kann Dermatitis digitalis in mehrere Stadien gegliedert werden (Döpfer et al. 1997). Das M1-Stadium beschreibt eine kleine rötliche frühe Läsion mit einem Durchmesser < 2 cm und ist meist nicht schmerzhaft. Betroffene Rinder zeigen keine Lahmheit (Döpfer et al. 1997, Kofler 2020). Das M2-Stadium bezeichnet die typische akute, geschwürartige, schmerzhaft und rötliche Läsion ("erdbeerartig") mit einem Durchmesser  $\geq$  2 cm, meist um die 4–5 cm, selten auch 10 cm und größer, und weist einen typischen penetranten Geruch auf. An der Zwischenzehenhaut sitzen M2-Läsionen oftmals einer Limax auf. Aufgrund der Schmerzhaftigkeit der M2-Läsionen zeigen betroffene Rinder immer eine Lahmheit (Döpfer et al. 1997, Kofler 2020). Nach lokaler Behandlung des M1- und M2-Stadiums entwickelt sich das M3-Stadium, welches bereits 2–4 Tage später mit einer meist schmerzfreien Kruste bedeckt ist (Döpfer et al. 1997, Kofler 2020). Das M4-Stadium (chronisches Stadium) zeigt eine warzenartige Oberfläche von braun-grauer Farbe, ist nicht schmerzhaft (Tiere gehen nicht lahm) und behalten aber oft lange die typische Form mit einem wallartigen warzenartigen Rand (Döpfer et al. 1997, Kofler 2020). Das M4.1-Stadium ist das chronische M4-Stadium, bei welchem sich wiederum eine kleine rote Hautläsion (M1) entwickelt, wodurch der Krankheitszyklus wieder von Neuem beginnt (Döpfer et al. 1997, Kofler 2020). M4- und M4.1-Stadien sind von strategischer Wichtigkeit für die Bekämpfung der Infektion in einer Herde, weil diese Stadien mit den eingekapselten Bakterien in tiefen Hautschichten für die Aufrechterhaltung des Infektionszyklus verantwortlich sind (Döpfer et al. 1997, Kofler 2020).

### **2.5.18. Klauenfäule**

Klauenfäule ist ein Überbegriff für alle Arten milder Hautentzündungen im Bereich der Klauenhaut, die nicht der Dermatitis digitalis zuzuordnen sind (Egger-Danner et al. 2015).

### **2.5.19. Alarm-Erkrankungen**

Alarm-Erkrankungen sind ein Sammelbegriff für alle schmerzhaften Klauenerkrankungen, die im Gegensatz zu den viel häufiger vorkommenden, nicht-schmerzhaften Klauenläsionen/ Klauenbefunden immer lahmheitsverursachend und daher mit Schmerzen für das Rind verbunden sind (Kofler 2021). Aus diesem Grund muss bei der Routineuntersuchung und Klauenpflege besonderes Augenmerk auf die Früherkennung dieser Erkrankungen gelegt werden, um einerseits das Voranschreiten der Alarm-Erkrankung zu unterbinden, und andererseits zu verhindern, dass die Lahmheit weiter voranschreitet und das Tier immer größere Schmerzen leidet. Zu den Alarm-Erkrankungen zählen alle Klauengeschwüre, die Sohlenspitzennekrose, Weiße-Linie-Erkrankungen (Grad 2 oder höher), Weiße-Linie-Abszesse, M2-Stadium der Dermatitis digitalis, Schwellung des Kronsaums und/oder Ballens und axiale Hornspalten sowie alle DD-assoziierten Klauenhornerkrankungen (Kofler 2020, Kofler 2021).

Lahme Rinder lassen sich rasch durch eine regelmäßige Gangbeurteilung und Bewertung der Lahmheit mittels Locomotion-Scoring (Sprecher et al. 1997) erkennen, wenn man eine solche Kontrolle auf Lahmheit im 2-Wochen-Intervall als Routinekontrolle in der Herde durchführt (Christen et al. 2020). Bei diesem System (Sprecher et al. 1997) werden Lahmheiten in fünf Scores unterteilt, wobei Score 1 ein gesundes, nicht lahmes Tier bezeichnet. Score 2 (leicht lahm) wird gekennzeichnet durch eine gerade Rückenlinie im Stand, die im Gang jedoch gekrümmt ist. Score 3–5 (mittelmäßig lahm, lahm bis schwer lahm) sind bereits im Stand an einem gekrümmten Rücken des Tieres sichtbar und unterscheiden sich nach Stärke der Ausprägung von Entlastungsbewegungen des Kopfes, Schonung schmerzhafter Gliedmaßen und einem abnormen Gangbild (Sprecher et al. 1997). Am stehenden Tier kann sich eine beginnende Lahmheit anhand von Entlastungsstellungen von Gliedmaßen, eines verlängerten Aufstehverhaltens und einer gekrümmten Rückenlinie bemerkbar machen (Kofler et al. 2018). Da circa 85 % aller Lahmheiten bei Milchkühen durch Klauenerkrankungen bedingt sind (Murray et al. 1996) und Lahmheitsgrade 4 oder 5 fast ausschließlich durch Nicht-Behandlung von geringgradigen Lahmheiten entstehen, ist die Früherkennung und Behandlung von

Lahmheit und sich anbahnenden Alarm-Erkrankungen essentiell für das Wohlergehen von Rindern (Kofler 2020, Kofler 2021, Kofler et al. 2021).

## **2.6. Funktionelle Klauenpflege**

Da bei modernen Haltungssystemen die physiologische Abnutzung des Klauenhorns nicht gewährleistet ist, bedarf es einer regelmäßigen Klauenpflege im Intervall von 4–6 Monaten (Kofler 2019, Sadiq et al. 2020, Kofler et al. 2021). Das Ziel der funktionellen Klauenpflege ist die Korrektur der Klauenform passend zur Haltungsform, wodurch eine Verbesserung der Gliedmaßenstellung durch gleichmäßige Verteilung des Körpergewichtes auf beide Klauen einer Gliedmaße und innerhalb der Klauen ermöglicht wird. Schwierig wird die Klauenpflege allerdings bei auf Stallböden gehaltenen Rindern, bei denen der Abrieb der Sohlenfläche sehr stark ist und die Sohlen für einen Klauenschnitt zu dünn sind (Fiedler et al. 2019, Kofler 2019, Führer et al. 2019).

Die funktionelle Klauenpflege vergrößert die Kontaktfläche der Klauen, wodurch der Druck vom Tragrand (Klauenwand) genommen und vermehrt auf Sohle und Innenklaue übertragen und verteilt wird (Carvalho et al. 2005, Fischer et al. 2021).

Die Notwendigkeit einer vorbeugenden Klauenpflege ist beurteilbar an der Länge der Klauenvorderwand und mittels Bestimmung des Klauenpositionierungs-Score (= Winkel der Zwischenklauenachse zur Körpermittellinie). Je höher die Trachte der Außenklaue im Vergleich zur Innenklaue, desto höher ist der Winkel zwischen Zwischenklauenachse und Körpermittellinie und folglich auch die Überbelastung der Außenklauen (Kofler 2019, Fiedler et al. 2019, Sadiq et al. 2020).

In der Regel sollten Rinder bereits bei einer geringgradigen Lahmheit möglichst zeitnahe und fachgerecht einer therapeutischen Klauenpflege unterzogen werden, um zu verhindern, dass die Lahmheit stärker wird (Kofler et al. 2021). Besser wäre jedoch eine präventive, regelmäßige Klauenpflege – auch bei Kühen, die zu dem Zeitpunkt (noch) nicht lahm sind (Kofler 2019, Sadiq et al. 2020). Empfohlen werden entweder eine saisonale Klauenpflege, bei der alle Rinder ausgenommen die Trockensteher zweimal pro Jahr jeweils im Frühjahr und im Herbst klauengepflegt werden, oder aber eine kontinuierliche, dreimal jährliche Klauenpflege, bei der Rinder beim Trockenstellen ca. 8 Wochen vor dem erwarteten Geburtstermin, dann wieder um den 40.–60. Laktationstag und schließlich um den 150. Laktationstag klauengepflegt werden (Kofler 2019, Sadiq et al. 2020, Kofler et al. 2021). Der Vorteil der zweiten Methode ist, dass durch mit der Laktation zeitlich synchronisierte

Klauenpflege gezielt das Risiko für Lahmheit in der kritischen Periode um die Zeit der Geburt und im ersten Laktationsdrittel und der damit einhergehende finanzielle Verlust durch geringere Milchleistung und verschlechterte Fruchtbarkeitskennzahlen reduziert werden kann (Green et al. 2002, Randall et al. 2016, Kofler et al. 2021).

## **2.7. Elektronische Dokumentation der Klauenbefunde bei der Klauenpflege**

Zu Beginn des 21. Jahrhunderts wurde die Befunddokumentation bei der Klauenpflege mittels Stift und Papier (Murray et al. 1996, Whay et al. 1997) allmählich durch EDV-Programme abgelöst, die den Klauenpflegerinnen und Klauenpflegern eine elektronische Dokumentation und eine sofortige Analyse von Klauenpflegedaten ermöglichen (Landmann et al. 2004, Pijl 2004, Landmann und König 2006, Kofler et al. 2011). Mittlerweile gibt es weltweit mehrere elektronische Dokumentationssysteme für Klauenbefunde auf dem Markt, wobei der Klauenmanager (SEG Informationstechnik GmbH, Bad Ischl, Österreich) in Österreich weit verbreitet ist (Kofler und Pesenhofer 2015). Der Klauenmanager ist ein Dokumentations- und Analyseprogramm, das speziell für Klauenpfleger/innen zur elektronischen Dokumentation von Klauenkrankheiten/Klauenbefunden bei der Klauenpflege entwickelt wurde. Er ist gekennzeichnet durch ein einfaches, sehr intuitives Interface und kann mittels Touchscreen bedient werden (Kofler et al. 2011, Kofler und Pesenhofer 2015). Beim Klauenmanager ist jede Klaue (Außen- oder Innenklaue) jeder Gliedmaße individuell anwählbar und in zehn Zonen basierend auf älteren Literaturangaben unterteilt (Greenough und Vermunt 1991, Greenough et al. 1997). Insgesamt sind 16 verschiedene Klauenläsionen (darunter Sohlenblutungen/-geschwüre, Weiße-Linie-Erkrankungen, Doppelsohlen, Ballenhornfäule, Schwellungen des Kronsaums, Dermatitis digitalis und weitere) zu je drei Schweregraden auswählbar. Mit Hilfe dieses Programmes können Klauenpfleger/innen somit die von ihnen beobachteten Klauenläsionen spezifisch für jede Gliedmaße, Klaue, Zone und nach Schweregrad dokumentieren (Kofler et al. 2011, Kofler et al. 2013, Kofler und Pesenhofer 2015), basierend auf der international harmonisierten Terminologie der Klauenbefunde im ICAR-Klauengesundheitsatlas (Egger-Danner et al. 2015, Kofler et al. 2020). Der große Vorteil der digitalen Befunddokumentation ist, dass bei jeder Klauenpflege und Routineuntersuchung Informationen zum Vorkommen von Klauenläsionen, deren Schweregrad und deren Lokalisation aufgezeichnet und mit Programmen zum Herdengesundheitsmanagement verlinkt werden können (Kofler 2013). Auf Grundlage dieser Daten können in weiterer Folge

Studien zur Klauengesundheit in den dokumentierten Herden durchgeführt werden, um daraus Schlüsse für die Verbesserung der Klauengesundheit und Vorbeugung von Klauenerkrankungen zu ziehen (Kofler et al. 2011, Keplinger et al. 2013, Kofler 2013, Kofler et al. 2013, Kofler und Pesenhofer 2015).

## **2.8. Kennzahlen zur Klauengesundheit und Benchmarking**

Die Berechnung von Kennzahlen zur Klauengesundheit mittels Benchmarkings stellt eine Möglichkeit dar, Klauengesundheit in Zahlen zu fassen und Referenzwerte für gute, mittlere und schlechte Klauengesundheit zu erstellen. Der Begriff "Benchmarking" bzw. "benchmark" stammt ursprünglich aus der Landesvermessung und bezeichnet einen Bezugspunkt (Koordinate) u.a. für die Kartographie (Paraškevov 2004). Mittlerweile gibt es je nach Anwendungsbereich verschiedenste Abwandlungen von Benchmarking, aber grundsätzlich beschreibt es die Erstellung von Standards bzw. Referenzwerten, die dann als Vergleichsgrundlage dienen, um etwaige Schwachstellen in Unternehmen zu identifizieren und bestehende Prozesse zu verbessern (Kreutzer 2018, Del Giorgio Solfa 2019).

Benchmarking hat mittlerweile auch Anwendung in Milchviehbetrieben gefunden. So wurden beispielsweise Kennzahlen zur Tier- bzw. Herdengesundheit (Warner et al. 2020, Zuliani et al. 2018) und zum Tierwohl anhand von Parametern wie BCS, Augen- und Nasenausfluss, Schwanzverletzungen, Haarverlust (Crossley et al. 2021) sowie Körperhygiene (Trillo et al. 2017) erstellt oder die Auswirkung von antimikrobiellen Stoffen auf die Tiergesundheit und Biosicherheit analysiert (Diana et al. 2020). Des Weiteren wurde der Einfluss von Herdengröße und Milchleistung auf die Tiergesundheit (Egger-Danner et al. 2020), sowie die Auswirkungen von Lahmheit, Gliedmaßenverletzungen, Liegezeit und Management auf den Kuhkomfort untersucht und bewertet (von Keyserlingk et al. 2012, Simon et al. 2016).

Es konnte damit auch gezeigt werden, dass die Berechnung bzw. Festlegung von Kennzahlen für bestimmte Bereiche der Tiergesundheit die Landwirte zur Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen im Betrieb motivieren können (Sumner et al. 2018, Sumner et al. 2020).

Im Bereich der Klauengesundheit gibt es diesbezüglich bislang nur sehr wenige Studien. In den Niederlanden wurde versucht, Kennzahlen auf Grundlage von der Prävalenz bestimmter Klauenläsionen zu erstellen (van der Linde et al. 2010). In der Schweiz wurden unlängst Kennzahlen bzw. Grenzwerte für die Lahmheitsprävalenz sowie die Prävalenz von ausgewählten Klauenläsionen/Klauenbefunden etabliert, wobei diese fixen Grenzwerte auf Grundlage von Umfragen bei Klauenpfleger/innen, Tierärzten/Tierärztinnen, Landwirt/innen und Veterinärmedizinstudent/innen definiert worden sind (Huber et al. 2020, Huber et al. 2021).

## **3. Material und Methoden**

### **3.1. Datensatz**

Als Datengrundlage für diese Diplomarbeit dienten elektronisch übermittelte Befunddaten von 32 Klauenpfleger/innen, die im Rahmen des Projekts "Klauen-Q-Wohl" über das elektronische Programm "Klauenmanager" (SEG Informationstechnik GmbH, Bad Ischl, Österreich) dokumentiert und zentral von der ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH (ZuchtData) erfasst worden waren. Der Datensatz beinhaltete Klauenbefunde aus den Jahren 2010 bis 2020 aus 526 verschiedenen Milchviehbetrieben von 28.638 Rindern. An dieser Stelle ist anzumerken, dass nur mit einem anonymisierten Datensatz gearbeitet wurde, welcher von der ZuchtData zur Verfügung gestellt worden war, so dass keine Rückschlüsse auf die Namen der Klauenpfleger/innen oder die Betriebe gezogen werden konnten.

Des Weiteren wurden auch Leistungsdaten der untersuchten Betriebe aus den ZuchtData-Jahresberichten der Jahre 2010 bis 2020 in die Auswertung miteinbezogen. Ein Jahreszyklus im Jahresbericht entspricht dabei dem Zeitraum von 1. Oktober des vorangegangenen Jahres bis 30. September des jeweiligen Prüfjahres, weshalb die Jahre im Datensatz der Klauenpflegerbefunde zuerst an das Prüfjahr angepasst werden mussten.

Die im Datensatz zur Verfügung gestellten Variablen und Parameter sind in Tab.1 zusammengefasst und näher erläutert.

#### **3.1.1. Datenvalidierung**

In der Analyse wurden nur validierte Daten berücksichtigt. Das heißt, es wurden nur Betriebe inkludiert, die seit 2017 mindestens einmal jährlich Klauenpflegedaten im Rahmen des Projektes Klauen-Q-Wohl erfasst und an die ZuchtData übermittelt hatten. Dabei sollten mindestens 50 % der Tiere in der Herde klauengepflegt worden sein. Es wurden nur Klauenpflegedaten von geschulten Klauenpfleger/innen berücksichtigt, die mindestens einen Klauenpflegegrundkurs (136 Stunden Kursdauer) und zum Teil auch einen Aufbaukurs (80 Stunden Kursdauer) oder sogar eine Klauenpflege-Instruktorenausbildung absolviert hatten und deren übermittelte Klauenpflegebefunde mindestens fünf verschiedene Diagnosen (Klauenbefunde) aufwiesen.

Tab. 1. Aufbau des fusionierten Datensatzes der Klauenpflegebefunde und Jahresberichte. Links befindet sich jeweils der Name der Spalte bzw. Variable im Datensatz und rechts davon eine kurze Beschreibung zu dieser.

<b>BETRIEB</b>	Betriebs-ID (anonymisiert)
<b>JAHR</b>	entspricht dem Prüffahr im Jahresbericht
<b>TIER</b>	Tier-ID
<b>KP</b>	Klauenpfleger-ID (anonymisiert)
<b>NA.</b>	Nutzungsart (K = Milchkuh, A = Aufzucht, M = Mast, S = Mastkuh, F = Fleisch, U = Mutterkuh, V = Vatertier)
<b>LAKT</b>	Laktationszahl
<b>VORH_KDAT</b>	vorheriges Kalbedatum der Kuh
<b>NEXT_KDAT</b>	geplantes nächstes Kalbedatum der Kuh
<b>ERSTKALBEDATUM</b>	Datum der ersten Abkalbung
<b>DATUM</b>	Datum der Klauenpflege und Klauenbefunderhebung
<b>DIAG</b>	Klauendiagnosekürzel (z.B. BF = Ballenhornfäule)
<b>ZTGS_CODE</b>	Zentraler Tiergesundheitsschlüssel Code (z.B. 1.10.07.09. = Ballenhornfäule)
<b>BEZEICHNUNG</b>	ZTGS-Bezeichnung (z.B. Ballenhornfäule (BF))
<b>KLAUE_KEY</b>	Klaue, auf welcher diese Diagnose gestellt wurde (RV = rechts vorne, LV = links vorne, RH = rechts hinten, LH = links hinten)
<b>KLAUE_ZONE</b>	Zone der Klaue, in welcher die Diagnose gestellt wurde (Hartballen, Haut über Weichballen, Hornwand, Kronsaum, Sohle, Tragrand hinten, Tragrand Mitte, Tragrand vorne, Weichballen, Zwischenklauenhaut)
<b>KLAUE_INNEN_AUSSEN</b>	betroffene Klaue (IK = Innenklaue, AK = Außenklaue)
<b>GRD_ERKR</b>	Score bzw. Grad der Erkrankung (falls differenzierbar)
<b>SCORE_LAHM</b>	Lahmheitsscore/Locomotion-Scoring-System nach Sprecher et al. (1997)
<b>DK_KUH</b>	durchschnittliche Zahl der Kühe in diesem Betrieb und Jahr (berechnet aus der Summe der Futtertage aller Milchkühe am Betrieb dividiert durch 365 bzw. 366), wird weiters aufgeteilt in DK_KALBIN, DK_ERSTLING, DK_WEITERE, DK_JUNGRIND, DK_KALB
<b>MILCHMENGE</b>	durchschnittliche Jahresmilchleistung pro Kuh auf Betriebsebene in kg
<b>ZWISCHENKALBEZEIT</b>	durchschnittliche Dauer (Tage) der Zwischenkalbezeit pro Kuh auf Betriebsebene in diesem Jahr
<b>BEZEICH_TYP</b>	Haltungsform (Anbindehaltung ohne Auslauf/Weide/Freilaufbuchten, Kombinationshaltung (= Anbindehaltung mit mindestens 90 Tagen Auslauf), Laufstall)
<b>GEBURTSDATUM</b>	Geburtsdatum des Tieres
<b>RASSE</b>	Rasse-Code (z.B. 1 = Fleckvieh) des Tieres
<b>HAUPTRASSE</b>	Rasse, die mit über 50 % im Betrieb vertreten ist
<b>SYSTEMAUSTRITTSDATUM</b>	Abgangsdatum
<b>ABGANGSURSACHE</b>	Abgangsursache (A = Betriebsauflösung, 0 = Hohes Alter, 1 = Geringe Leistung, 2 = Unfruchtbarkeit, 3 = Infektionskrankheiten, 4 = Stoffwechselkrankheiten, 5 = Euterkrankheiten, 6 = Schlechte Melkbarkeit, 7 = Klauen- und Gliedmaßenkrankheiten, 8 = Verkauf zur Zucht, 9 = Sonstige Gründe, 11 = Tierverhalten in der Herde, 12 = Tierverhalten beim Melken, 13 = Verletzung)
<b>GESCHLECHT</b>	Geschlecht des Tieres (W = weiblich, M = männlich)

Zusätzlich hatten alle Klauenpfleger/innen im Rahmen des Projektes KQW an einem Interrater-Reliability-Test – ein Übereinstimmungstest zur korrekten Diagnosestellung von 50 Fotos mit allen im ICAR-Atlas (Egger-Danner et al. 2015) gelisteten Klauendiagnosen – teilgenommen. Es wurden nur jene Klauendaten für die Auswertung berücksichtigt, die von Klauenpfleger/innen stammten, welche bei diesem Interrater-Reliability-Test einen Übereinstimmungsgrad (Cohens Kappa Wert) von  $\geq 0,6$  hatten, wodurch die Vergleichbarkeit der Daten zwischen verschiedenen Klauenpfleger/innen sichergestellt werden konnte.

## 3.2. Statistische Analysen

Die Auswertung der übermittelten Daten erfolgte mittels R Software (macOS Version 3.6.3, Copyright (C) 2020 The R Foundation for Statistical Computing, Wien, Österreich). Folgende R-Pakete wurden für die Analysen verwendet: *cowplot* (Version 1.1.1), *data.table* (Version 1.13.6), *dplyr* (Version 1.0.4), *ggplot2* (Version 3.3.3), *ggpubr* (Version 0.4.0), *ggsignif* (Version 0.6.0), *lme4* (Version 1.1-26), *lmerTest* (Version 3.1-3), *lsmeans* (Version 2.30-0), *lubridate* (Version 1.7.9.2), *scales* (Version 1.1.1), *tidyr* (Version 1.1.2) und *tidyverse* (Version 1.3.0).

### 3.2.1. Parameter

In den Analysen wurde hauptsächlich mit arithmetischen Mittelwerten, Medianwerten und p-Werten für die Ermittlung von signifikanten Zusammenhängen gearbeitet. Bei der Berechnung der Mittelwerte und der Medianwerte wurden fehlende Einträge nicht berücksichtigt. Je nach Fragestellung wurde die durchschnittliche Kuhzahl (DK\_KUH) oder die Zahl der beim Klauenpflegetermin untersuchten Tiere als Summe aller Tiere für den Mittelwert verwendet. Die durchschnittliche Kuhzahl (DK\_KUH) basiert auf der Summe der Anzahl der Futtertage aller Milchkühe eines Betriebes dividiert durch 365 Tage (366 im Falle eines Schaltjahres). Ein Zusammenhang wurde dann als signifikant gewertet, wenn der p-Wert (nach R. A. Fisher)  $< 0,05$  war.

In Kapitel 4.2.1 (Unterschiede zwischen den Klauenpfleger/innen bezüglich der Häufigkeit dokumentierter Klauenläsionen/Klauenbefunde) wurde außerdem ein Chi-Quadrat-Test (nach K. Pearson) durchgeführt und p-Werte,  $\chi^2$  (X-squared) und Anzahl der Freiheitsgrade (df) berechnet. Dabei wurden die prozentuellen Anteile aller Klauenbefunde aus dem ungefilterten Datensatz der Klauenpflegerbefunde jedes Klauenpflegers/jeder Klauenpflegerin den prozentuellen Anteilen der Klauenbefunde aller anderen Klauenpfleger/innen

gegenübergestellt, um zu überprüfen, ob sich die prozentuellen Anteile der jeweiligen Klauenbefunde zwischen den Klauenpfleger/innen signifikant voneinander unterscheiden. Zur Überprüfung der Signifikanz der Zusammenhänge zwischen der Dokumentationshäufigkeit bestimmter Klauenläsionen/Klauenbefunde und Laktationszahl bzw. Laktationsmonat (Kapitel 4.3) wurde mit der Unterstützung von Dr. Hermann Schwarzenbacher (ZuchtData) eine Regressionsanalyse mit gemischtem linearem Modell durchgeführt. Dabei wurde zuerst aus dem ungefilterten Datensatz der Klauenpflegebefunde für jede Kuh und Klauenpflegetermin die Anzahl jedes dokumentierten Klauenbefundes auf einen pro Klauenpaar reduziert (d.h. pro Kuh und Klauenpflegetermin konnte ein Befund maximal viermal gezählt werden, wenn dieser auf allen Extremitäten dokumentiert worden war). Dann wurde für jede Laktationszahl (bis inklusive Laktationszahl 8) und Laktationsmonat (bis inklusive Laktationsmonat 12) die relative Frequenz des jeweiligen Klauenbefundes mit der Summe der relativen Frequenzen aller anderen Klauenbefunde verglichen und p-Werte aus den Unterschieden zwischen den einzelnen Laktationszahlen und Laktationsmonaten berechnet. Beim gemischten linearen Modell wurde der zufällige Effekt des Einzeltieres berücksichtigt.

### 3.2.2. Gruppierung der Daten

Zur einfacheren Übersicht wurden bei manchen Analysen die Klauenläsionen/Klauenbefunde wie folgt gruppiert:

- **K0** = gesunde Klaue
- **BF** = Ballenhornfäule
- **SB** = Sohlenblutung (inklusive SBD – diffuse Sohlenblutung und SBU – umschriebene SB)
- **WLD** = Weiße-Linie-Defekt (Score 1)
- **DD** = alle Stadien der Dermatitis digitalis
- **ALARM** = Alarmerkrankungen: SG = Sohlengeschwür, SSG = Sohlenspitzenengeschwür, BG = Ballengeschwür, KG = Klauengeschwüre allgemein (vom Klauenprofi), SSN = Sohlenspitzennekrose, WLA = Weiße-Linie-Abszess (inklusive WLD Scores 2 und 3), ZP = Zwischenklauenphlegmone, SKB = Schwellung des Kronsaums und/oder Ballens, HSA = axialer Hornspalt und DDM2 = M2-Stadium der Dermatitis digitalis
- **SONST** = (sonstige Klauenbefunde, meist nicht schmerzhaft): DS = Doppelsohle, KV = konkave Vorderwand, LI = Limax, RO = Rollklaue, UK = Ungleiche Klauen, DUN = Dünne Sohle, SCH = Scherenklaue, HK = Hornkluft und ID = Klauenfäule

Nur bei WLD wurde eine Differenzierung nach dem Score bzw. dem Grad der Erkrankung vorgenommen, da eine WLD-Score 1 in der Regel nicht schmerzhaft ist, wohl aber eine WLD-Score 2 und Score 3. Beide letzteren werden auch als Weiße-Linie-Abszesse bezeichnet (Egger-Danner et al. 2015).

### **3.2.3. Berechnung der relativen Häufigkeiten**

Die Analysen aus Kapitel 4.1.1 und 4.3 basieren auf relativen Häufigkeiten der einzelnen oder gruppierten Klauenläsionen/Klauenbefunde, die wie folgt berechnet wurden: Zuerst wurden die Befunde aus dem ungefilterten Datensatz der Klauenpflegebefunde nach Klauenläsion/Klauenbefund geordnet. Für jede Klauenläsion bzw. Gruppe (siehe Abschnitt 3.2.2) wurde die Anzahl der zur Klauenläsion oder Gruppe passenden Befunde summiert, durch die Anzahl aller Befunde dividiert und mit 100 multipliziert, um den prozentuellen Anteil zu erhalten.

### **3.2.4. Berechnung der Prävalenzen der Klauenläsionen/Klauenbefunde**

Die Prävalenz der einzelnen Klauenläsionen/Klauenbefunde wurden für jeden einzelnen Betrieb pro Jahr berechnet. Dabei wurden die Befunde aus allen Klauenpflegeterminen während eines Prüfjahres zusammengefasst, so dass pro Tier jede Diagnose nur einmal gezählt wurde, selbst wenn diese über mehrere Klauenpflegetermine hinweg aufgetreten war. Schließlich wurde die Zahl der Tiere mit positivem Klauenbefund summiert, durch die durchschnittliche Kuhzahl (DK\_KUH) des Betriebes im jeweiligen Prüfjahr dividiert und mit 100 multipliziert, um die Prävalenz in Prozent zu berechnen.

### **3.2.5. Benchmarking**

Als Grundlage für die Berechnung der Kennzahlen für das Benchmarking der Klauengesundheit dienten die Prävalenzen der einzelnen Klauenläsionen/Klauenbefunde, die in Abschnitt 3.2.3. beschrieben wurden. Bei der Berechnung der Prävalenz von Dermatitis digitalis wurden nur Betriebe herangezogen, die im Zeitraum von 2015–2020 zumindest einen positiven Dermatitis digitalis (DD) Befund hatten. In diese Analyse wurden nur Prüfjahre mit mindestens einem Herdenschnitt (d.h. mindestens 50 % der Kühe wurden klauengepflegt) und Einträge zwischen 2015 und 2020 miteinbezogen.

Die Zuordnung zu Betrieben mit guter bzw. schlechter Klauengesundheit erfolgte analog zur Studie von Egger-Danner et al. (2020). Nach Berechnung der Prävalenz wurden für jede/n Klauenläsion/Klauenbefund die Betriebe nach Höhe der Prävalenz gereiht. Die 10 % der

Betriebe mit der niedrigsten Prävalenz bilden den Bezugswert für die 10 % mit der besten Klauengesundheit und die besten 25 % bilden den Bezugswert für die 25 % der Betriebe mit der besten Klauengesundheit. Analog dazu bilden die 10 % der Betriebe mit der höchsten Prävalenz an Klauenläsionen/Klauenbefunde die Kennzahl für die schlechtesten 10 % und die 25 % der Betriebe mit der höchsten Prävalenz die schlechtesten 25 % der Betriebe ab. Daneben wurde im Benchmarking der Klauengesundheit auch noch der Median dargestellt.

### 3.2.6. Modell zur Bewertung der Einflussfaktoren auf die Prävalenz bestimmter Klauenläsionen

Zur Beurteilung der Einflussfaktoren auf die Prävalenz von Klauenläsionen/Klauenbefunde wurde in Kooperation mit Dr. Hermann Schwarzenbacher (ZuchtData) ein gemischtes lineares Modell erstellt. Dabei wurden die Einflüsse (fixe Effekte) von Herdenmilchleistung (305-Tage Laktation), Abgangsrate pro Jahr, Herdengröße, Hauptrasse am Betrieb (Fleckvieh, Brown Swiss, Holstein), Haltungsform (Laufstall, Anbindehaltung, Kombinationshaltung), Anzahl der jährlichen Herdenschnitte und des/der jeweiligen dokumentierenden Klauenpflegers/Klauenpflegerin auf die Prävalenz untersucht.

Die Herdenmilchleistung in Kilogramm wurde in sechs ähnlich große Klassen gegliedert (<7001, 7001–8000, 8001–9000, 9001–10000, 10001–11000 und >11000).

Die jährliche Abgangsrate durch Klauenerkrankungen in Prozent wurde in vier Klassen aufgeteilt (0, 1–5, 6–10 und 10+).

Die Betriebsgröße wurde in zwölf Klassen geteilt (<16, 16–20, 21–25, 26–30, 31–35, 36–40, 41–45, 46–50, 51–55, 56–60, 61–65, >65).

Als zufälliger Effekt wurde nur die Betriebs-ID angenommen, nachdem der Effekt "Betriebsgröße" die Ergebnisse nicht wesentlich beeinflusst hatte.

Der verwendete R-Code für das Modell ist in Abb. 1 dargestellt.

```
m1<- lmer(PraevALARM~Milchleistung+Jahr+Klauenpfleger+Herdenschnitte+Haltungsform+
Rasse+Abgangsrate+(1|Betrieb), data=file3, REML=TRUE, na.action=na.omit)
anova(m1)
lsm<-ls_means(m1)
```

Abb. 1 R-Code für das lineare gemischte Modell. Als fixe Effekte wurden die Jahresmilchleistung, das Prüffahr, der/die KlauenpflegerIn, die Anzahl der Herdenschnitte, die Haltungsform, die Hauptrasse und die Abgangsrate angenommen. Es wurde für den zufälligen Effekt nur die Betriebs-ID gewählt, da die Betriebsgröße zusätzlich zur Betriebs-ID einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Ergebnisse hatte.

Als Grundlage für das gemischte lineare Modell dienten die Prävalenzen der einzelnen Klauenläsionen/Klauenbefunde, die analog zu Abschnitt 3.2.3. berechnet wurden. In diese Analyse wurden wie beim Benchmarking nur Prüfjahre mit mindestens einem Herdenschnitt (d.h. mindestens 50 % der Herde wurde klauengepflegt) und Datensätze zwischen 2015 und 2020 miteinbezogen. Weiters wurden die Daten eines Klauenpflegers herausgenommen, welcher beim Interrater-Reliability-Test zur Überprüfung der Kenntnisse zu Klauenläsionen/Klauenbefunden unter dem Cohens Kappa-Wert von 0,6 lag.

Bei der Wahl der Effekte für das gemischte lineare Modell wurden keine Signifikanzen (p-Werte) berücksichtigt, da in der Auswertung alle potenziellen Einflussfaktoren inkludiert und hinsichtlich ihres Einflusses (signifikant ja/nein) auf die Prävalenz bestimmter Klauenläsionen untersucht werden sollten.

## 4. Ergebnisse

### 4.1. Explorative Datenanalyse

Der erste Teil der Datenanalyse wurde in Form einer explorativen Datenanalyse durchgeführt, um einerseits einen Überblick über den Datensatz zu gewinnen und diesen kennenzulernen, und andererseits, um Zusammenhänge zwischen den einzelnen Variablen des Datensatzes zu finden, die in weiterer Folge genauer analysieren werden konnten.

#### 4.1.1. Häufigkeiten der einzelnen Klauenläsionen/Klauenbefunde

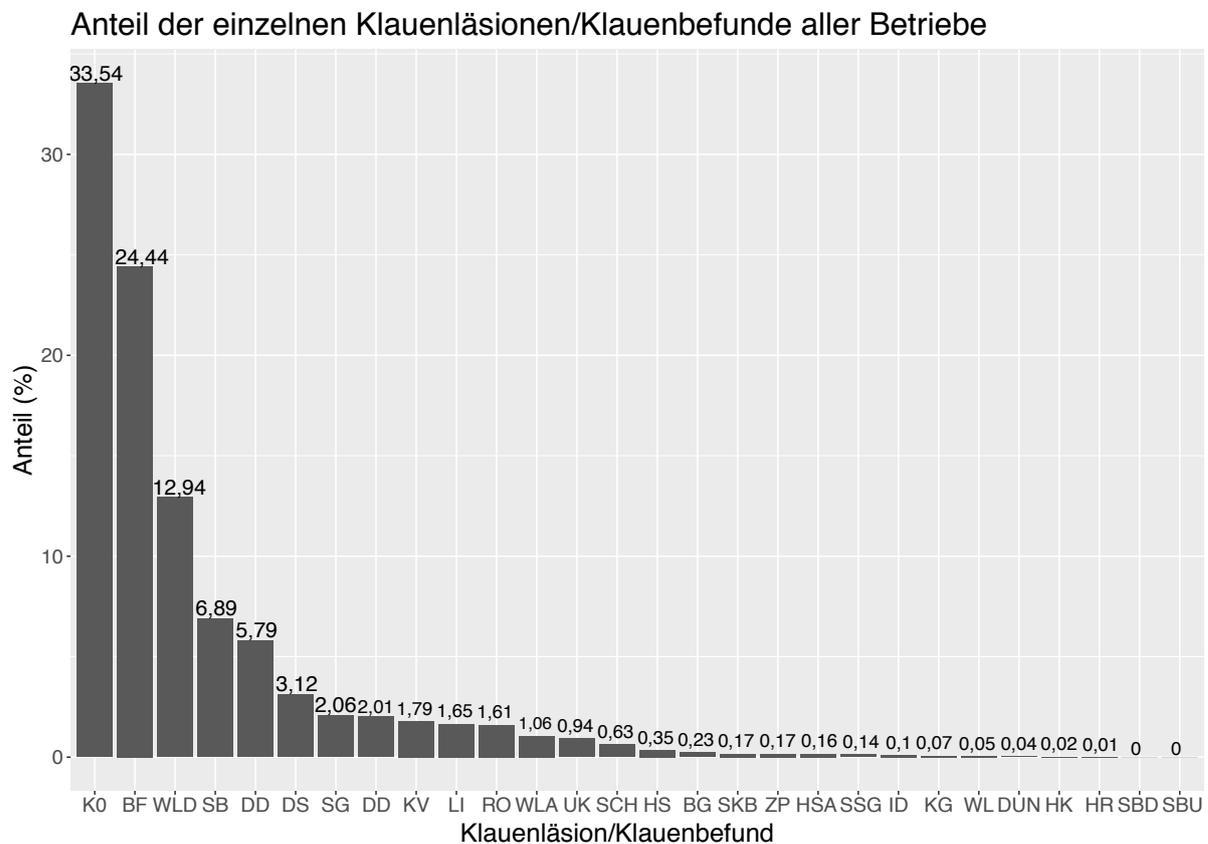


Abb. 2 Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeiten der einzelnen Klauenläsionen/Klauenbefunde im Datensatz in Prozent. Die Bedeutung der Abkürzungen ist im Abkürzungsverzeichnis angeführt. DD ist inklusive M2-Stadium. n = 417489 Klauenbefunde/Klauenläsionen, 526 Betriebe, 28638 Tiere

Die in diesem Datensatz am häufigsten vorkommenden Klauenläsionen/Klauenbefunde waren Klauen ohne Befund (K0) mit rund 33,5 %, Ballenhornfäule (BF) mit 24,4 % und WLD (Score 1) mit 12,9 %. Danach folgen in absteigender Reihenfolge DD mit 5,8 %, Sohlenblutungen

(SB) mit 6,9 %, Doppelsohlen (DS) mit 3,1 %, SG mit 2,1 %, konkave Vorderwand (KV) mit 1,8 %, Limax (LI) mit 1,7 %, Rollklauen (RO) mit 1,6 % und Weiße-Linie-Abszesse mit 1,1 %. Alle weiteren Klauenläsionen/ Klauenbefunde kamen in weniger als 1 % der Fälle vor (Abb. 2).

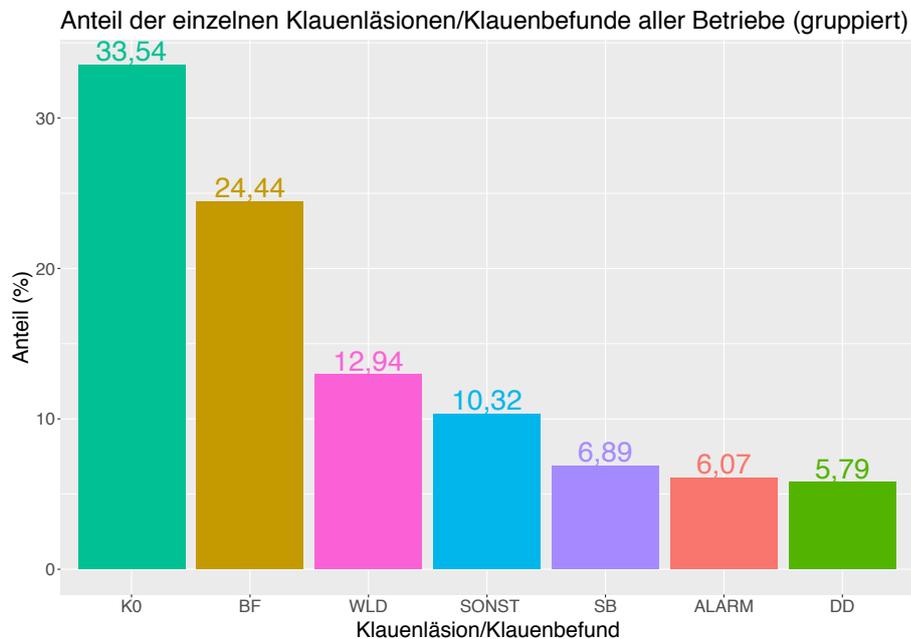


Abb. 3 Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeiten der gruppierten Klauenläsionen/Klauenbefunde im Datensatz in Prozent. Die Bedeutung der Abkürzungen ist im Abkürzungsverzeichnis angeführt. DD ist exklusive M2-Stadium - dieses wurde zu den ALARM-Erkrankungen gezählt. n = 417489 Klauenbefunde, 526 Betriebe, 28638 Tiere

In Abb. 3 wurden die einzelnen Klauenläsionen/Klauenbefunde zur besseren Übersicht analog zu Kapitel 3.2.2 gruppiert, um die Häufigkeiten der einzelnen Gruppen darzustellen. Dabei ist zu sehen, dass die drei häufigsten Klauenläsionen/-befunde wieder K0, BF und WLD waren. Sonstige Klauenbefunde (NSD) waren mit 10,3 %, Sohlenblutungen mit 6,9 % und Dermatitis digitalis ohne M2-Stadium mit 5,8 % vertreten. Die Alarm-Klauenerkrankungen stellten mit insgesamt 6,0 % die zweit-seltensten diagnostizierten Klauenerkrankungen dar.

Bei Aufteilung der Alarm-Erkrankungen wurde ersichtlich, dass Sohlengeschwüre mit 33,9 %, Dermatitis digitalis M2-Stadium (DDM2) mit 33,2 % und Weiße-Linie-Abszesse mit 17,4 % die mit Abstand am häufigsten vorkommenden Alarm-Erkrankungen darstellten (Abb. 4). Ballengeschwüre (BG), Schwellung des Kronsaums und/oder Ballens (SKB), Zwischenklauenphlegmone (ZP), axialer Hornspalt (HSA) und Sohlenspitzen-geschwüre (SSG) wurden mit einer Häufigkeit von 3,8 % bis 2,4 % nur selten beobachtet.

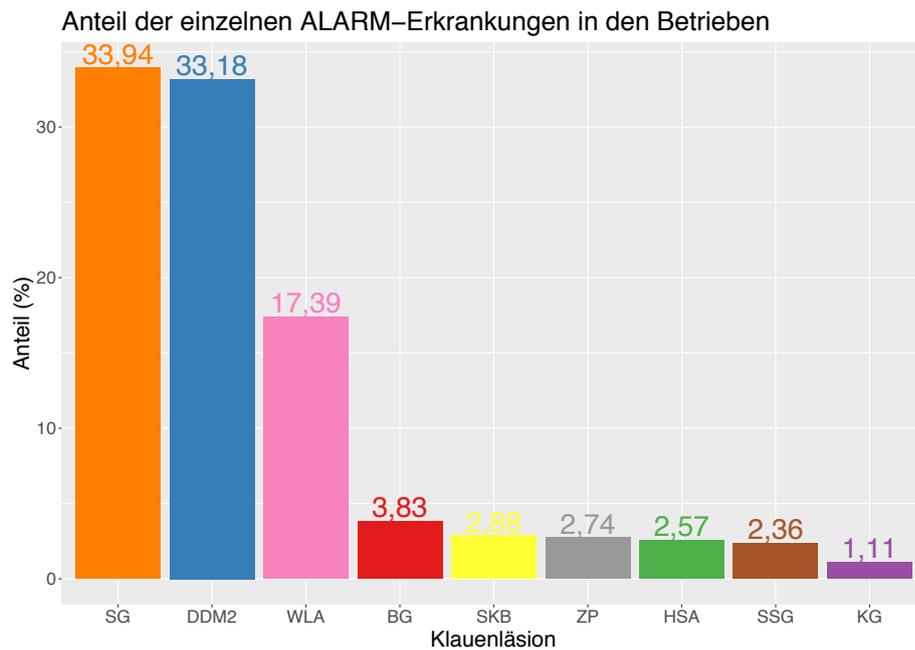


Abb. 4 Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeiten der Klauenerkrankungen innerhalb der Gruppe der ALARM-Klauenerkrankungen in Prozent. Die Bedeutung der Abkürzungen ist im Abkürzungsverzeichnis angeführt. n = 25343 Klauenbefunde, 526 Betriebe, 28638 Tiere

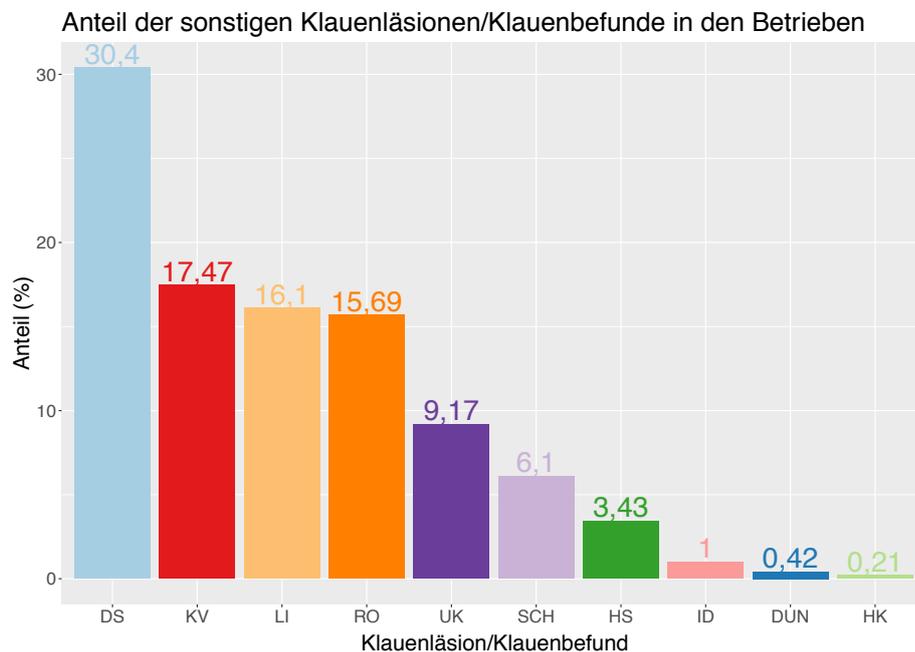


Abb. 5 Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeiten der einzelnen Klauenläsionen/Klauenbefunde innerhalb der Gruppe "SONST" (sonstige Klauenläsionen/Klauenbefunde) in Prozent. Die Bedeutung der Abkürzungen ist im Abkürzungsverzeichnis angeführt. n = 42883 Klauenbefunde, 526 Betriebe, 28638 Tiere

Bei der Gruppe der sonstigen Klauenläsionen/Klauenbefunde (Abb. 5) wurden Doppelsohlen mit 30,4 % mit Abstand am häufigsten diagnostiziert. Am zweithäufigsten wurden konkave

Vorderwände, Limax und Rollklauen mit einer Häufigkeit von 17,5 bis 15,7 % festgestellt. Ungleichgroße Klauen (UK), Scherenklauen (SCH) und nicht-axiale Hornspalten kamen seltener vor. Klauenfäule (ID), dünne Sohlen (DUN) und Hornklüfte (HK) wurden mit unter 1 % am seltensten diagnostiziert.

#### 4.1.2. Anzahl der Kühe pro Betrieb

Durchschnittliche Anzahl der Kühe pro Betrieb und Jahr

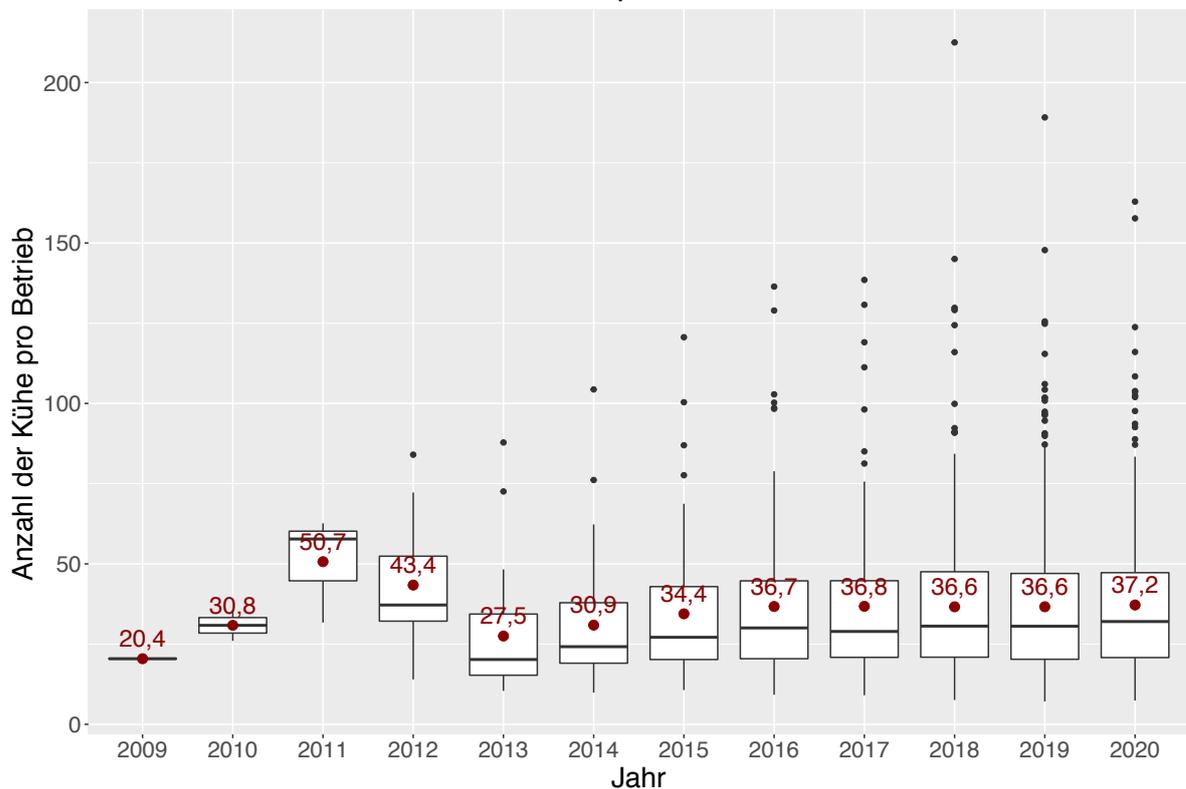


Abb. 6 Boxplot zur Darstellung der durchschnittlichen Kuhzahl in allen Betrieben (n = 526) je Eintragsjahr. Die rote Zahl und der rote Punkt stellen den Mittelwert der Kuhzahl für jedes Jahr dar. Der schwarze Querbalken in jeder Box bezeichnet den Median. Die Zahl der Einträge bzw. Betriebe pro Jahr waren: 2009 = 2, 2010 = 2, 2011 = 3, 2012 = 9, 2013 = 33, 2014 = 65, 2015 = 89, 2016 = 102, 2017 = 139, 2018 = 338, 2019 = 454 und 2020 = 377 Betriebe

Die durchschnittliche Kuhzahl zeigte ab 2014 eine leicht ansteigende Tendenz mit 27 bis zu 37 Tieren pro Betrieb (Abb. 6). Auch ist anhand der Zunahme des oberen Quartils und der Ausreißer zu sehen, dass nicht nur der Durchschnitt, sondern auch die Gesamtzahl der Kühe pro Betrieb über die Jahre hinweg stetig anstieg. Zwischen den Jahren 2009 und 2013 unterschied sich die durchschnittliche Kuhzahl stark aufgrund der geringen Anzahl der erfassten Betriebe.

### 4.1.3. Entwicklung der durchschnittlichen Kuhzahl über den Beobachtungszeitraum

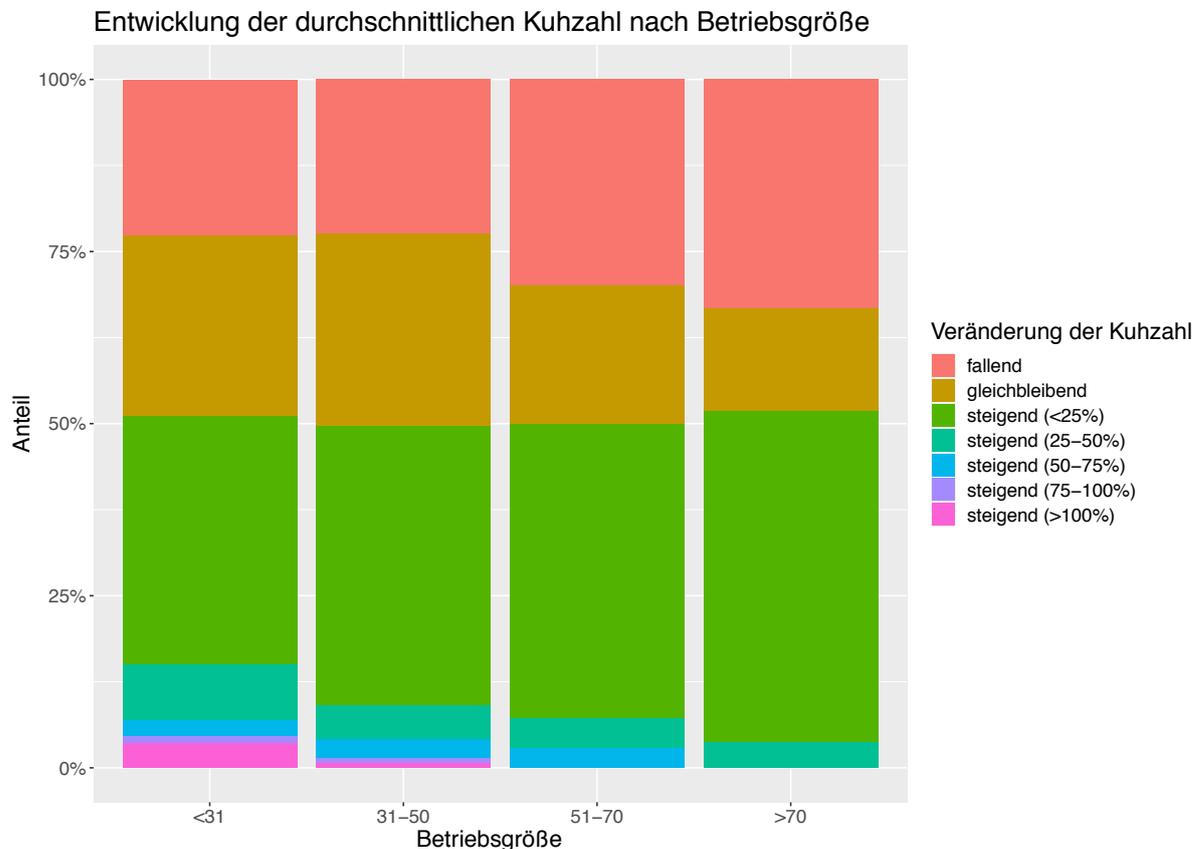


Abb. 7 Gestapeltes Balkendiagramm zur Darstellung der Veränderung der durchschnittlichen Kuhzahl pro Betrieb über den Beobachtungszeitraum. Betriebe wurden anhand der Quartile basierend auf der durchschnittlichen Kuhzahl des ersten Eintragsjahres in 4 Gruppen geteilt: <31 = unter 31 Tiere, 31-50 = 31 bis 50 Tiere, 51-70 = 51 bis 70 Tiere, >70 = über 70 Tiere. Die Veränderung der Kuhzahl wurde wie folgt berechnet: Prozentueller Anteil der Differenz der durchschnittlichen Kuhzahl (DK\_KUH) des ersten und des letzten Eintragsjahres im Vergleich zum ersten Eintragsjahr. Die Veränderung der Kuhzahl wurde weiters in 7 Gruppen gegliedert: fallend = die Kuhzahl ist im letzten Eintragsjahr um mindestens 1 Tier gesunken, gleichbleibend = Die Kuhzahl ist um nicht weniger als ein Tier gesunken oder gestiegen, steigend = die Kuhzahl ist um mehr als 1 Tier gestiegen, steigend (<25 %) = Kuhzahl ist um weniger als 25 % gestiegen, steigend (25-50 %) = Kuhzahl ist um 25-50 % gestiegen, steigend (50-75 %) = Kuhzahl ist um mehr als 50 % bis 75 % gestiegen, steigend (75-100 %) = Kuhzahl ist um mehr als 75 % bis 100 % gestiegen, steigend (>100 %) = Kuhzahl ist um mehr als 100 % gestiegen, n = 526 Betriebe

In allen Betriebsklassen stieg die Kuhzahl im Beobachtungszeitraum bei ca. der Hälfte der Betriebe, wobei kleine Betriebe unter 31 Tieren die größten Steigerungen zeigten mit bis zu einer Verdopplung der Kuhzahl im Vergleich des ersten zum letzten Eintragsjahr. Bei einem Viertel der Betriebe blieb die Kuhzahl über den Beobachtungszeitraum gleich. Bei Betrieben über 70 Tieren sank die durchschnittliche Kuhzahl bei etwa 30 % der Betriebe um mindestens ein Tier, was um 8 % höher war als bei kleineren Betrieben (Abb. 7).

#### 4.1.4. Zusammenhänge zwischen Betriebsgröße und dem Durchschnittsalter der Milchkühe

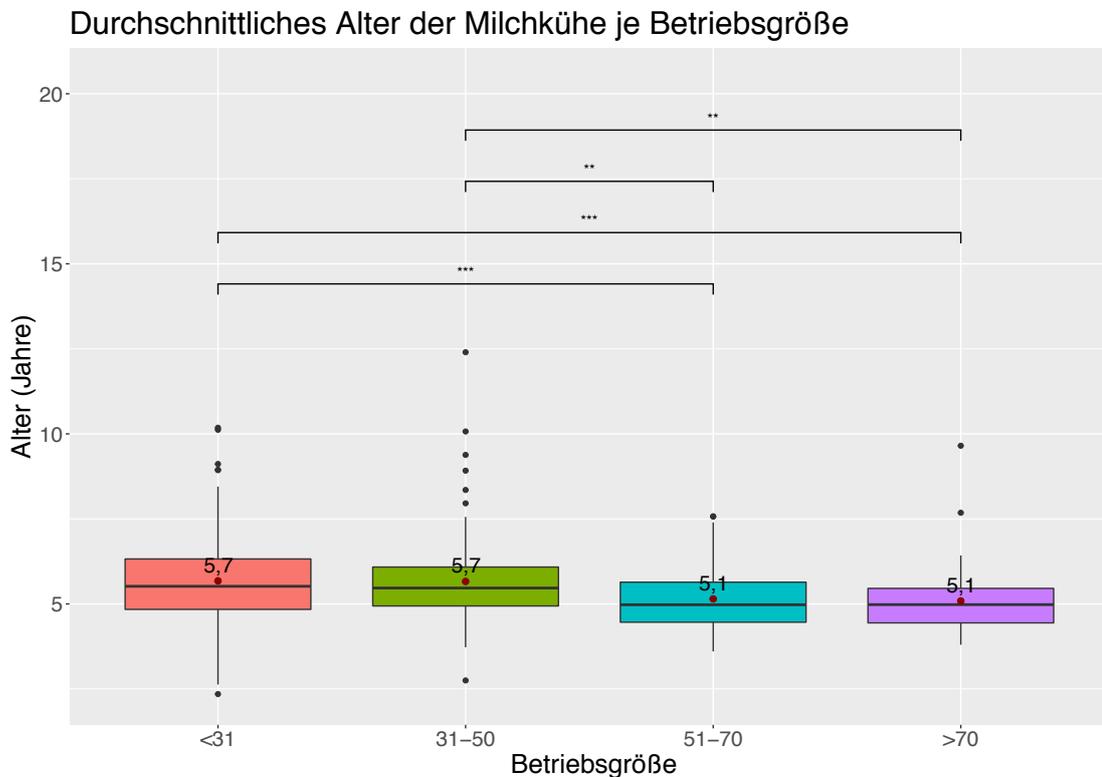


Abb. 8 Boxplot zur Darstellung der Verteilung des Durchschnittsalters der Milchkühe in den Betrieben geordnet nach Betriebsgröße. Die Tiere wurden nach Nutzungsart K (d.h. Milchkuh) gefiltert. Betriebe wurden anhand der Quartile in 4 Gruppen geteilt: <31 = unter 31 Tiere, 31-50 = 31 bis 50 Tiere, 51-70 = 51 bis 70 Tiere, >70 = über 70 Tiere. Signifikante Unterschiede wurden paarweise für jede Gruppe berechnet. \*\*\* = hochsignifikant ( $p < 0,001$ ), \*\* = signifikant ( $p < 0,01$ ). Das Alter in Jahren wurde aus der Differenz des Geburtsdatums des Tieres und dem Datum der Klauenpflege ermittelt und daraus das Durchschnittsalter pro Betriebsgröße und Jahr berechnet.  $n = 9078$  Tiere, 87 Betriebe

Bei Betrieben ab einer Betriebsgröße von 50 Tieren war das Durchschnittsalter aller Milchkühe mit 5,1 Jahren im Schnitt um ein halbes Jahr niedriger als bei kleineren Betrieben unter 50 Tieren (Abb. 8). Dieser Unterschied im Durchschnittsalter zwischen Betrieben mit bis zu 50 Tieren und Betrieben mit mehr als 50 Tieren war signifikant ( $p < 0,01$ ).

#### 4.1.5. Anzahl der Klauenpflegebesuche pro Betrieb

Verteilung der Anzahl der Klauenpflegebesuche pro Betrieb und Jahr

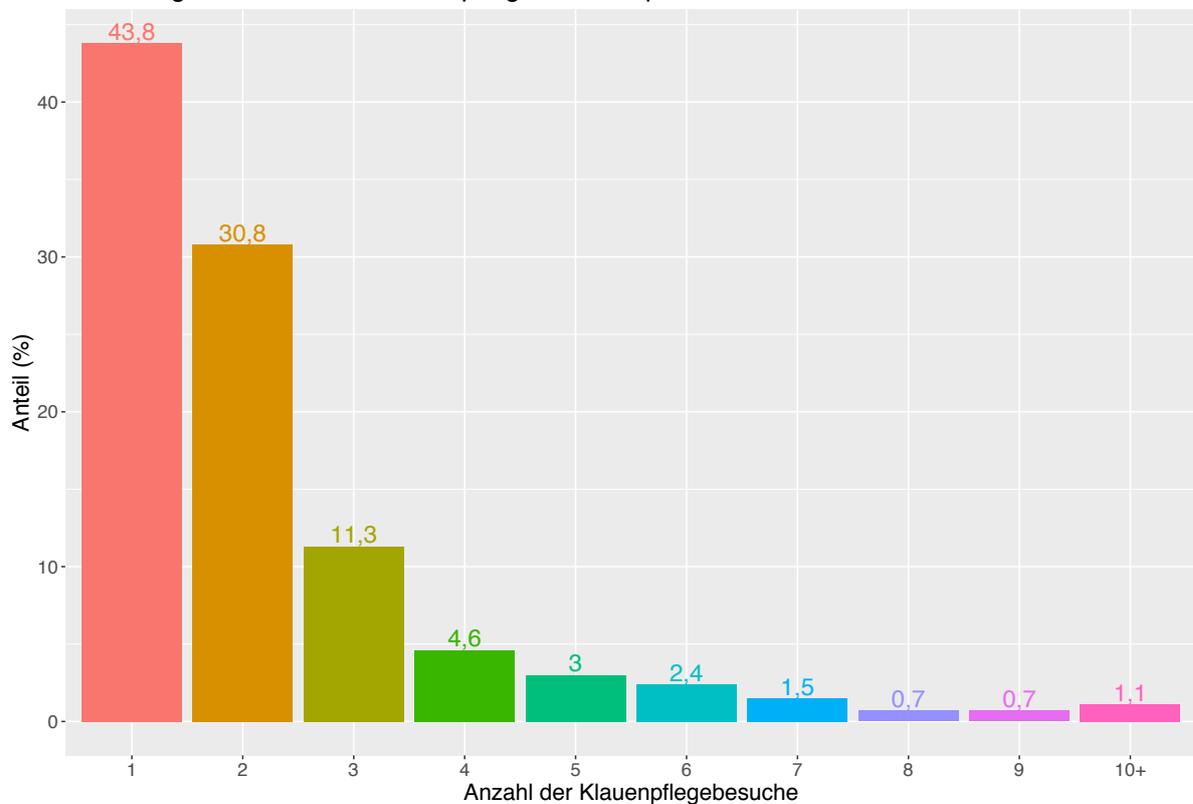


Abb. 9 Balkendiagramm zur Veranschaulichung des prozentuellen Anteils der jeweiligen Anzahl der jährlichen Klauenpflegebesuche pro Betrieb und Prüfjahr. n = 1613 Klauenpflegebesuche, 526 Betriebe

Weiters wurde untersucht, wie viele Klauenpflegebesuche pro Betrieb und Jahr durchgeführt worden waren. Aus Abb. 9 ist ersichtlich, dass die jährlichen Klauenpflegebesuche in den Betrieben überwiegend ein- (43,8 %) oder zweimal (30,8 %) stattfanden. Drei oder mehr Klauenpflegebesuche pro Jahr wurden bei circa einem Viertel der Betriebe durchgeführt.

#### 4.1.6. Anteil der Kühe, bei denen pro Besuch eine Klauenpflege erfolgte

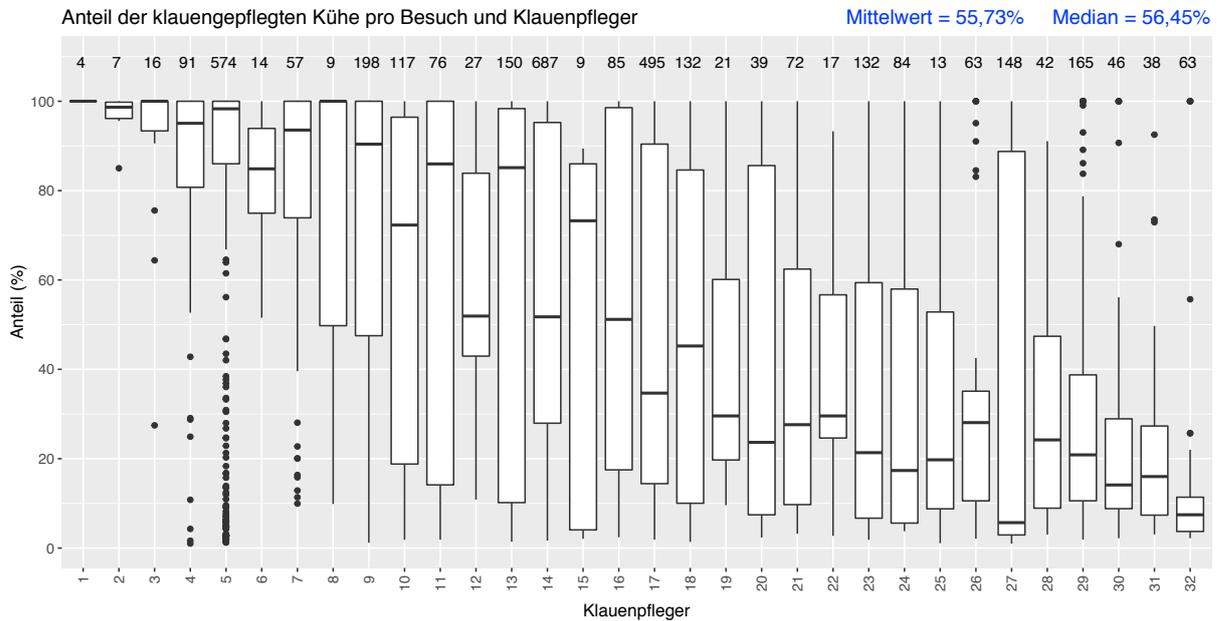


Abb. 10 Boxplot zur Darstellung des Anteils der klauengepflegten Kühe an der Gesamtherdenzahl (durchschnittliche Kuhzahl DK\_KUH) pro Klauenpflegebesuch je nach Klauenpfleger/in (anonymisiert). Die Zahl oberhalb jeder Box bezeichnet die Anzahl der Klauenpflegebesuche für den/die in der x-Achse genannten KlauenpflegerIn. Mittelwert und Median des Anteils der klauengepflegten Kühe aller Besuche und Klauenpfleger/innen sind oben rechts in blau dargestellt. n = 32 Klauenpfleger/innen, 526 Betriebe

In Abb. 10 wird dargestellt, wie viele Tiere pro Besuch je Klauenpfleger/in klauengepflegt worden waren, wobei ersichtlich ist, dass bei einem Großteil der Klauenpfleger/innen der Anteil der von ihnen gepflegten Tiere je nach Besuch stark variierte. Etwa die Hälfte der Klauenpfleger/innen führten pro Besuch im Schnitt bei 55,73 % der Kühe eines Betriebes eine Klauenpflege durch. Bei einigen dokumentierten Klauenpflegebesuchen wurden auch nur einzelne Tiere mit Klauenerkrankungen gepflegt.

#### 4.1.7. Wie hoch war der Anteil der von Klauenerkrankungen betroffenen Kühe zum jeweiligen Klauenpflegetermin?

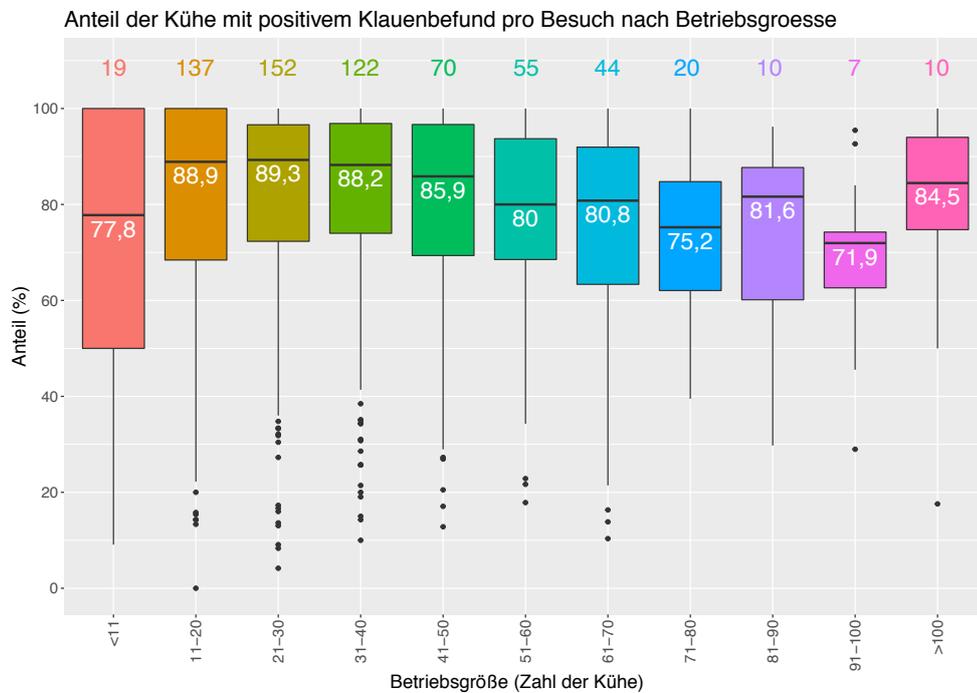


Abb. 11 Boxplot zur Darstellung des Anteils der Kühe mit positivem Klauenbefund (d.h. alle Läsionen/Befunde außer K0) pro Klauenpflegebesuch geordnet nach Betriebsgröße über die Jahre 2010–2020. In dieser Berechnung wurden alle Klauenpflegebesuche aus dem ungefilterten Datensatz berücksichtigt. Die Zahl oberhalb jeder Box bezeichnet die Anzahl der einzigartigen Betriebe für die in der x-Achse genannte Betriebsgröße (ein Betrieb kann in mehrere Gruppen fallen, wenn sich dessen Betriebsgröße über den Beobachtungszeitraum veränderte). Die weiße Zahl bzw. der schwarze Querbalken in jeder Box bezeichnen den Median. n = 526 Betriebe

Der in Abb. 11 dargestellte Anteil der Kühe mit zumindest einem positiven Klauenbefund (Score 1 Befunde mitgezählt) lag in jeder Betriebsgrößengruppe im Schnitt über 70 %. Es gab jedoch vor allem bei den Betrieben mit unter 70 Kühen sehr große Schwankungen von 10 %–90 %, wenn man die Ausreißer miteinbezieht. Dies deutet darauf hin, dass bei manchen Klauenpflegebesuchen ein Großteil der Herde klauengepflegt wurde – das sind jene, bei denen der Anteil der Tiere mit positiven Klauenbefunden geringer ist – und bei anderen Besuchen wiederum nur Klauen von einzelnen, klauenkranken Tiere gepflegt wurden – nämlich jene, bei denen der Anteil der positiven Befunde deutlich höher ausfiel.

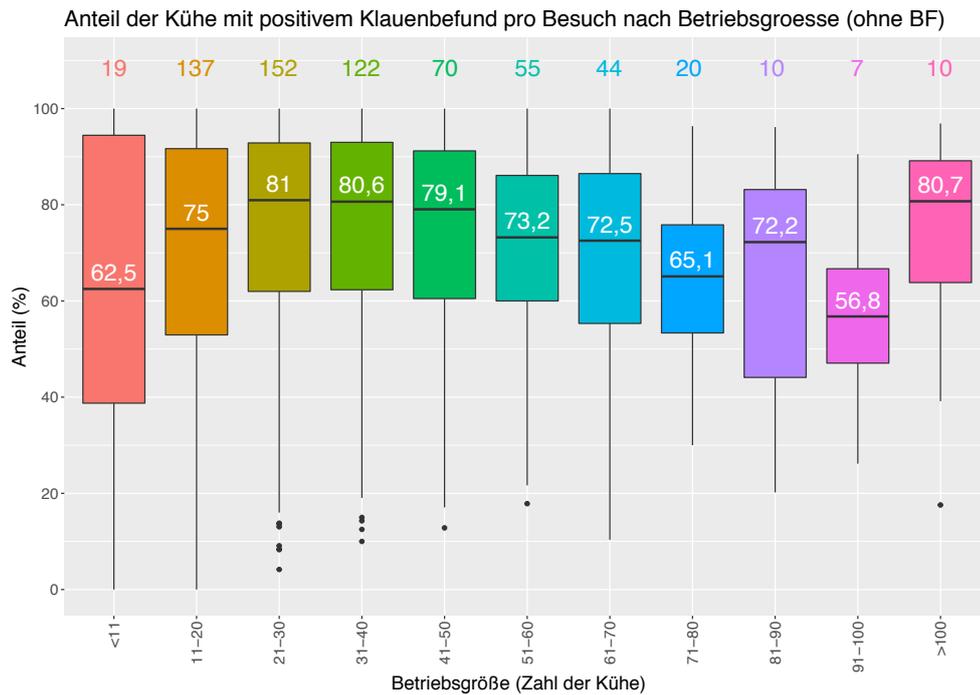


Abb. 12 Boxplot zur Darstellung des Anteils der Kühe mit positivem Klauenbefund ohne Ballenhornfäule (d.h. alle Klauenläsionen/Klauenbefunde außer K0 oder BF) pro Klauenpflegebesuch geordnet nach Betriebsgröße über die Jahre 2010–2020. In dieser Berechnung wurden alle Klauenpflegebesuche aus dem ungefilterten Datensatz berücksichtigt. Die Zahl oberhalb jeder Box bezeichnet die Anzahl der einzigartigen Betriebe für die in der x-Achse genannte Betriebsgröße (ein Betrieb kann in mehrere Gruppen fallen, wenn sich dessen Betriebsgröße über den Beobachtungszeitraum veränderte). Die weiße Zahl bzw. der schwarze Querbalken in jeder Box bezeichnen den Median. n = 526 Betriebe

Ignoriert man die Klauenbefunde mit Ballenfäule (Abb. 12), sinkt der Anteil der Tiere mit positivem Klauenbefund abhängig von der Betriebsgröße in unterschiedlichem Ausmaß um 4 bis 15 % ab.

#### 4.1.8. Zusammenhänge zwischen Anzahl der Klauenpflegebesuche pro Jahr und der Betriebsgröße

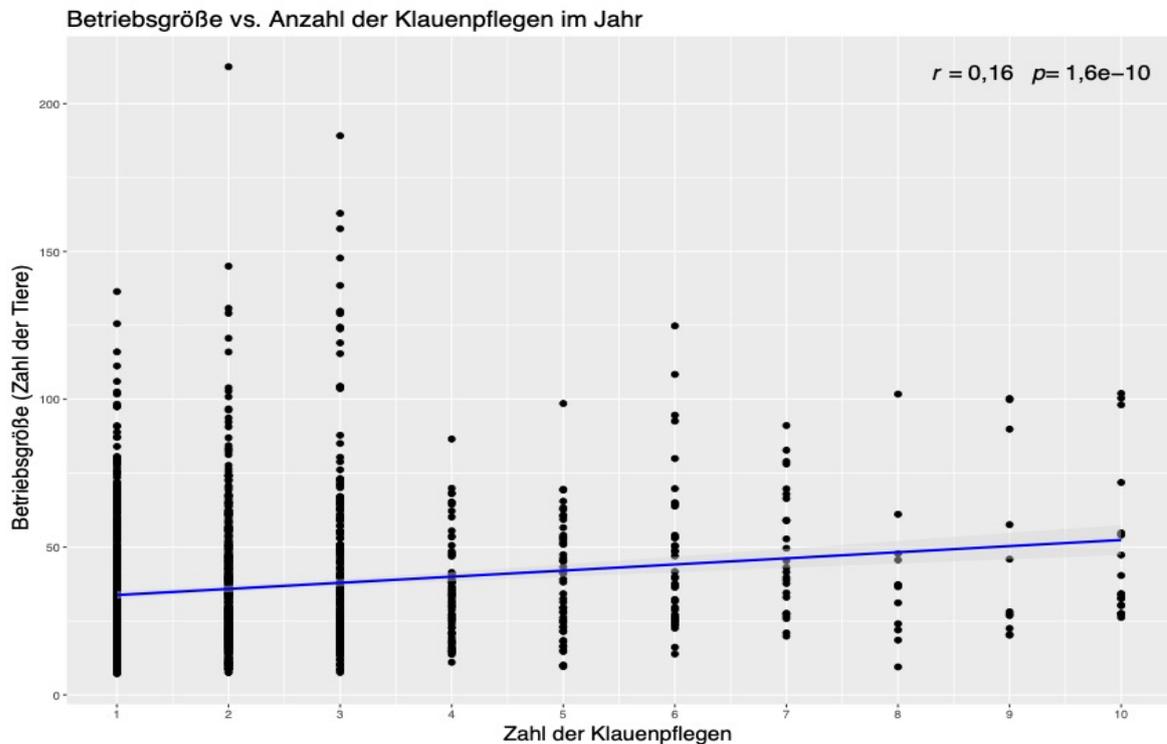


Abb. 13: Streudiagramm zur Darstellung des Zusammenhanges zwischen der Anzahl der Klauenpflegebesuche pro Jahr und der Betriebsgröße. Jeder Punkt bezeichnet einen Betrieb in einem bestimmten Prüfjahr. In Blau ist die Regressionslinie dargestellt.  $r$  = Korrelationskoeffizient nach Pearson. Klauenpflegebesuche über 10 wurden aufgrund der geringen Anzahl in Gruppe 10 zusammengefasst.  $n = 526$  Betriebe, 1613 Einträge

Zwischen der Betriebsgröße und der Anzahl der jährlichen Klauenpflegebesuche konnte ein hochsignifikanter, aber nur schwach ausgeprägter Zusammenhang gefunden werden. Größere Betriebe weisen eine etwas höhere Anzahl von Klauenpflegen pro Jahr auf (Abb. 13).

#### 4.1.9. Zusammenhänge zwischen dem Alter der Kühe und der Anzahl der bei ihnen durchgeführten Klauenpflegevisiten pro Jahr

Abb. 14 zeigt mögliche Zusammenhänge zwischen dem Durchschnittsalter einer Kuh und der Klauenpflegeetermine pro Jahr. Da der Korrelationskoeffizient  $R$  nach Pearson jedoch nur 0,069 beträgt, und das durchschnittliche Alter besonders bei der Anzahl der jährlichen Klauenpflegeetermine unter vier stark variierte, konnte kein relevanter Zusammenhang zwischen diesen Parametern nachgewiesen werden.

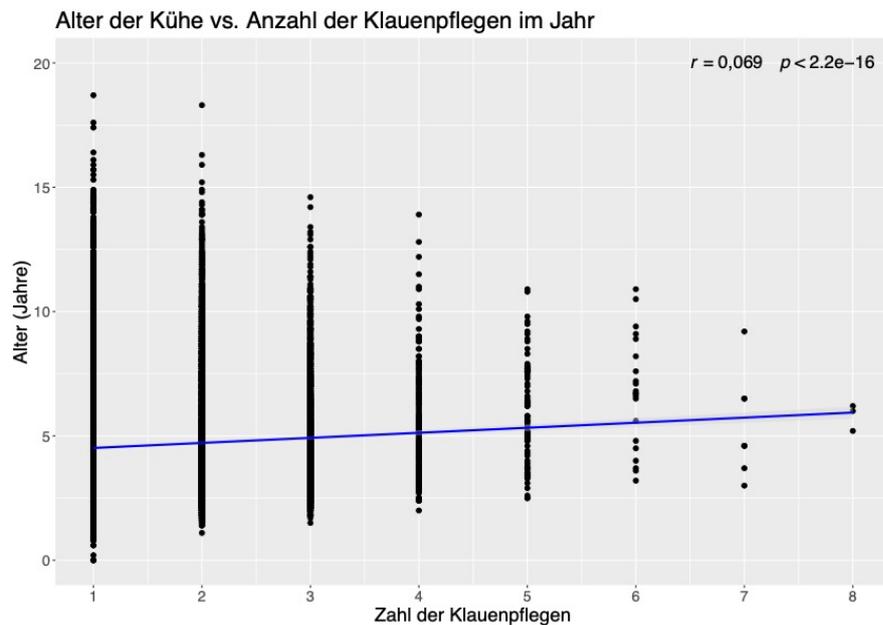


Abb. 14 Punktediagramm zur Darstellung des durchschnittlichen Alters der Tiere innerhalb des Betriebes gruppiert nach der Anzahl der Klauenpflegetermine pro Jahr. Das Alter in Jahren wurde aus der Differenz des Geburtsdatums des Tieres und dem Datum der Klauenpflege ermittelt und daraus das Durchschnittsalter für jede Gruppe (Zahl der Klauenpflegen) berechnet.  $n = 9078$  Tiere, 87 Betriebe

#### 4.1.10. Anteil der in den ersten 100 Laktationstagen klauengepflegten Milchkühe

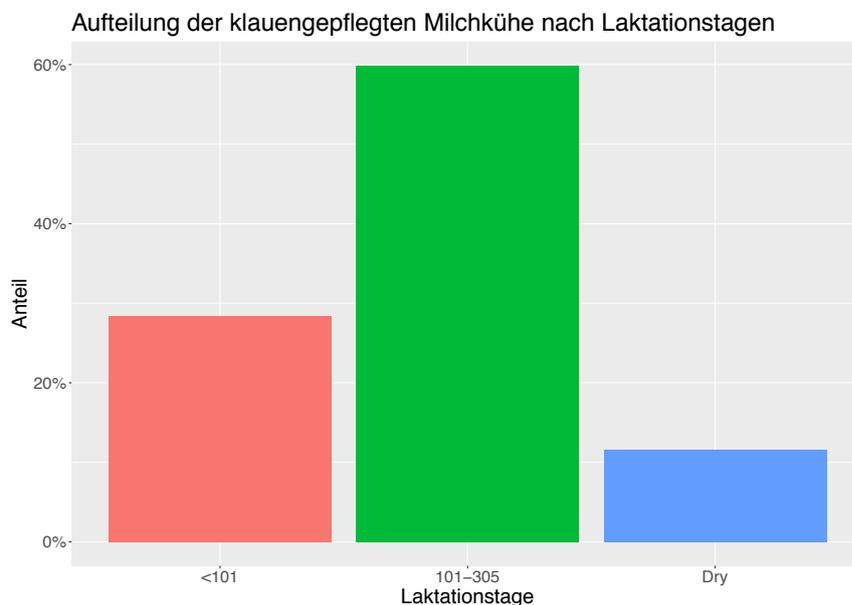


Abb. 15 Balkendiagramm zur Veranschaulichung in welchem Laktationsstadium sich die Milchkühe bei der Klauenpflege befanden. <101 Tage = Kühe in den ersten 100 Laktationstagen, 101-305 = Kühe zwischen dem 101. bis 305. Laktationstag, Dry = trockengestellte\* Kühe (ab 306. Tag und <60 Tage vom nächsten Kalbedatum entfernt). \* Da es im Datensatz keine direkte Angabe darüber gab, ob eine Kuh trockengestellt wurde oder nicht, wurde die durchschnittliche Laktationsdauer (305 Tage) und der Abstand zum nächsten Kalbedatum als Basis für die Gruppenzuordnung verwendet.  $n = 3516$  Milchkühe, 98 Betriebe

Etwa 60 % der Kühe wurden zwischen dem 101. und 305. Laktationstag klauengepflegt, circa 28 % der Tiere in den ersten 100 Laktationstagen und circa 11 % zu Beginn bzw. in der Trockenstehzeit (Abb. 15).

#### 4.1.11. Anteil der Klauenpflegebefunde pro Bundesland

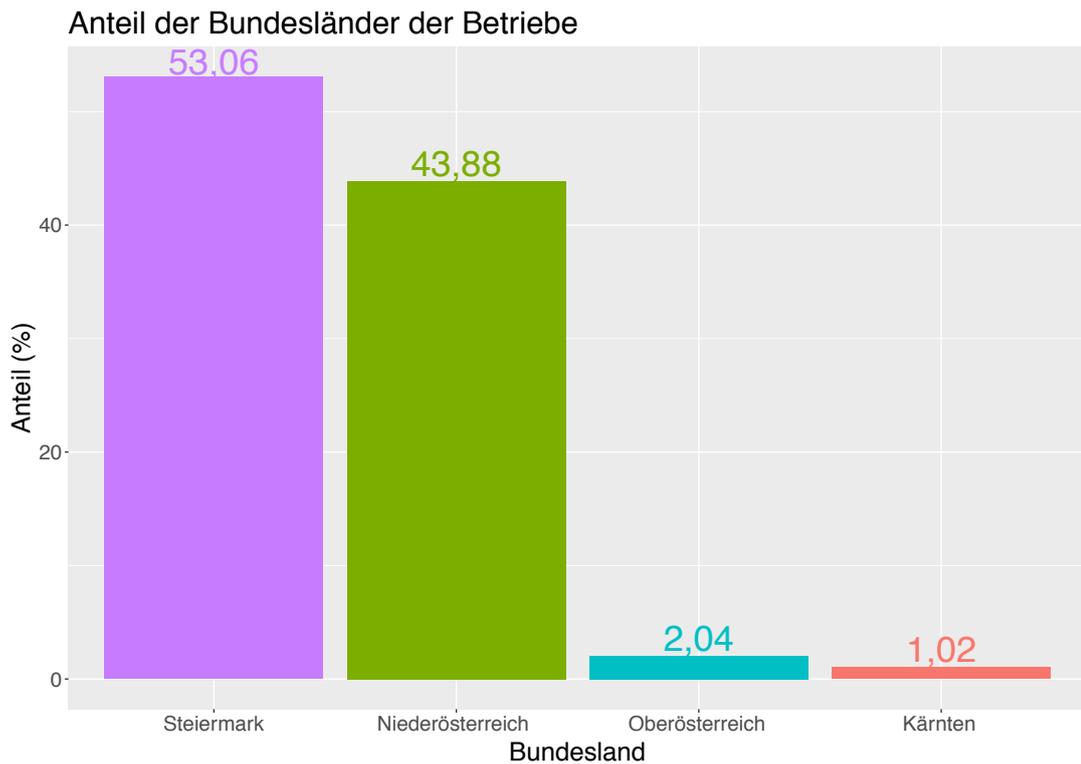


Abb. 16 Balkendiagramm zur Darstellung der prozentuellen Verteilung der im bearbeiteten Datensatz vertretenen Betriebe auf die österreichischen Bundesländer. n = 98 Betriebe

Abb. 16 zeigt, dass sich fast alle Betriebe aus dem analysierten Datensatz, von denen das Bundesland bekannt war, entweder in der Steiermark (53,1 %) oder in Niederösterreich (43,9 %) befanden, wohingegen nur einzelne erfasste Betriebe in Oberösterreich (2,0 %) und Kärnten (1,0 %) lagen. Betriebe aus den restlichen österreichischen Bundesländern waren in dem Datensatz nicht vertreten.

## 4.2. Qualitätskontrolle

Im Rahmen der Auswertung der von der ZuchtData zur Verfügung gestellten Klauendaten von 32 Klauenpfleger/innen wurde unter anderem auch untersucht, ob sich die einzelnen Klauenpfleger/innen in der Verteilung und Häufigkeit der von ihnen dokumentierten Befunde unterscheiden und ab welchem Anteil der klauengepflegten Tiere man einen Herdenschnitt definieren sollte. Diese Ergebnisse sind wichtig für die Durchführung und Interpretation der Ergebnisse in Kapitel 4.4.

Außerdem sollte überprüft werden, ob die in dem Projekt Klauen-Q-Wohl teilnehmenden Klauenpfleger/innen den vorgegebenen Qualitätskriterien entsprachen, d.h. mindestens fünf verschiedene Klauenläsionen/Klauenbefunde in ihren Dokumentationen verwendet haben und vergleichbare Resultate hinsichtlich der dokumentierten Klauenbefunde zwischen den teilnehmenden Klauenpfleger/innen aufweisen. Haben sich die Ergebnisse einzelner Klauenpfleger/innen signifikant von anderen unterschieden, so wurden diese von der Analyse ausgeschlossen.

### 4.2.1. Unterschiede zwischen den Klauenpfleger/innen bezüglich der Häufigkeit der dokumentieren Klauenläsionen/Klauenbefunde

Zuerst wurde überprüft, ob sich die Klauenpfleger/innen einerseits in der Häufigkeit der Erhebung der gruppierten Klauenläsionen/Klauenbefunde (ALARM, BF, DD, K0, SONST, SB und WLD) unterschieden und andererseits wurde mittels Chi-Quadrat-Test getestet, ob diese Unterschiede signifikant waren. In Abb. 17 ist dargestellt, dass sich die einzelnen Klauenpfleger/innen bei der Häufigkeit mancher dokumentierter Klauenläsionen/Klauenbefunde doch um bis zu 25 % unterschieden. So war beispielsweise der Befund "Klaue o.B." (K0) bei den meisten Klauenpfleger/innen der am häufigsten dokumentierte Befund, bei fast einem Drittel der Klauenpfleger/innen wurde K0 jedoch nur selten oder zumindest weniger häufig als zum Beispiel Ballenhornfäule registriert. Der Chi-Quadrat-Test ergab einen p-Wert von 0,455 ( $X\text{-squared} = 1313,1 / df = 1308$ ), was bedeutet, dass sich die Häufigkeiten der dokumentierten Befunde zwischen den Klauenpfleger/innen nicht signifikant voneinander unterscheiden, wenn man die durchschnittlichen Unterschiede von allen Klauenbefunden insgesamt betrachtet. Dieses Ergebnis schließt nicht aus, dass sich die Häufigkeit einzelner Klauenbefunde zwischen Klauenpfleger/innen signifikant voneinander unterscheiden kann, was in Kapitel 4.4 genauer untersucht wurde.

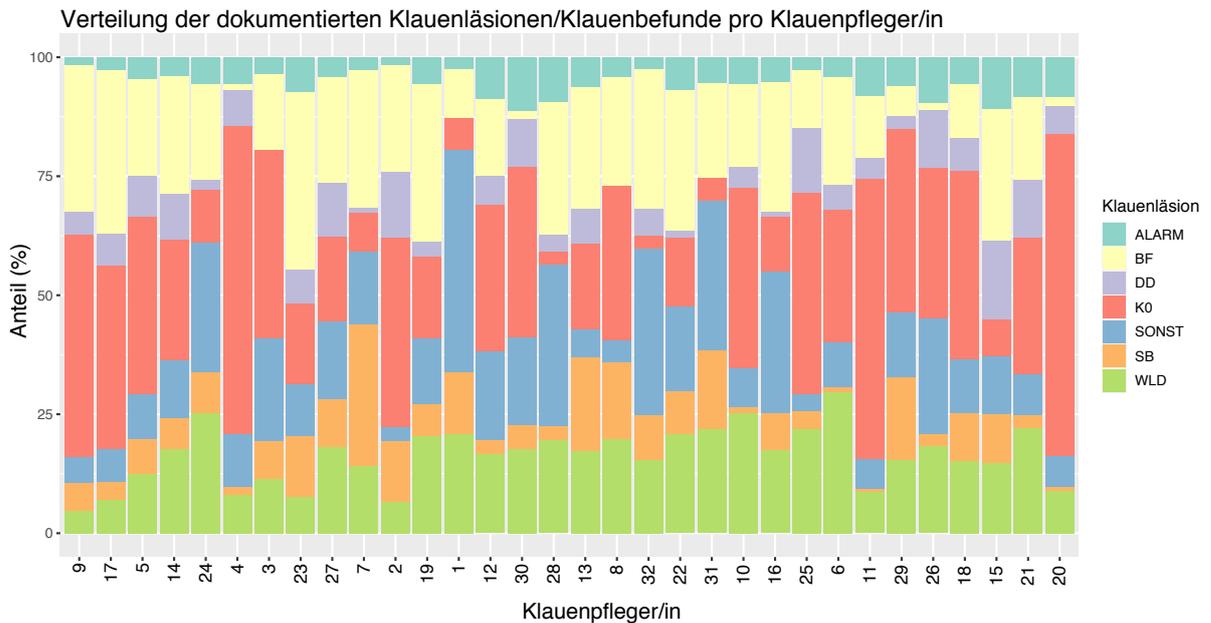


Abb. 17 Gestapeltes Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeiten der gruppierten Klauenläsionen/ Klauenbefunde je Klauenpfleger/in (anonymisiert). Klauenbefunde wurden pro Klaue gezählt (d.h. pro Tier konnte dieselbe Klauenläsion/derselbe Klauenbefund öfters gezählt werden, wenn dieser auf mehreren Klauen vorlag). Die Bedeutung der Abkürzungen ist im Abkürzungsverzeichnis angeführt; die Zahlen in der x-Achse sind die Codes für die jeweiligen Klauenpfleger/innen. DD ist inklusive M2-Stadium. n = 32 Klauenpfleger/innen, 417489 Klauenbefunde

Um die genauen Unterschiede bei den Alarm-Klauenerkrankungen besser untersuchen zu können, wurde die Gruppe der Alarmerkrankungen in Abb. 18 gesondert im Detail dargestellt. Dabei ist auffällig, dass mit Ausnahme von vier Klauenpfleger/innen alle anderen Klauenpfleger/innen Sohlengeschwüre mit bis zu 90 % als häufigste Alarm-Klauenerkrankung dokumentierten. Die anderen Befunde variieren bei jedem/jeder KlauenpflegerIn, wobei einige Klauenpfleger/innen Dermatitis digitalis M2-Stadium mit bis zu 60 %, axiale Hornspalten mit bis zu 30 %, Schwellung des Kronsaums und/oder Ballens und Weiße-Linie-Abszesse mit bis zu 25 % und Ballengeschwüre mit bis zu 20 % dokumentiert haben. Abgesehen von einzelnen Ausreißern ließ sich ein ähnlicher Trend in der Häufigkeit der dokumentieren Alarm-Klauenerkrankungen bei den im Projekt teilnehmenden Klauenpflegern feststellen (Abb. 18). Der Chi-Quadrat-Test zeigte mit  $p = 0,4451$  ( $X\text{-squared} = 1118,9 / df = 1113$ ), dass die Unterschiede in der Häufigkeit der dokumentierten ALARM-Klauenerkrankungen zwischen den Klauenpfleger/innen in Summe nicht signifikant waren.

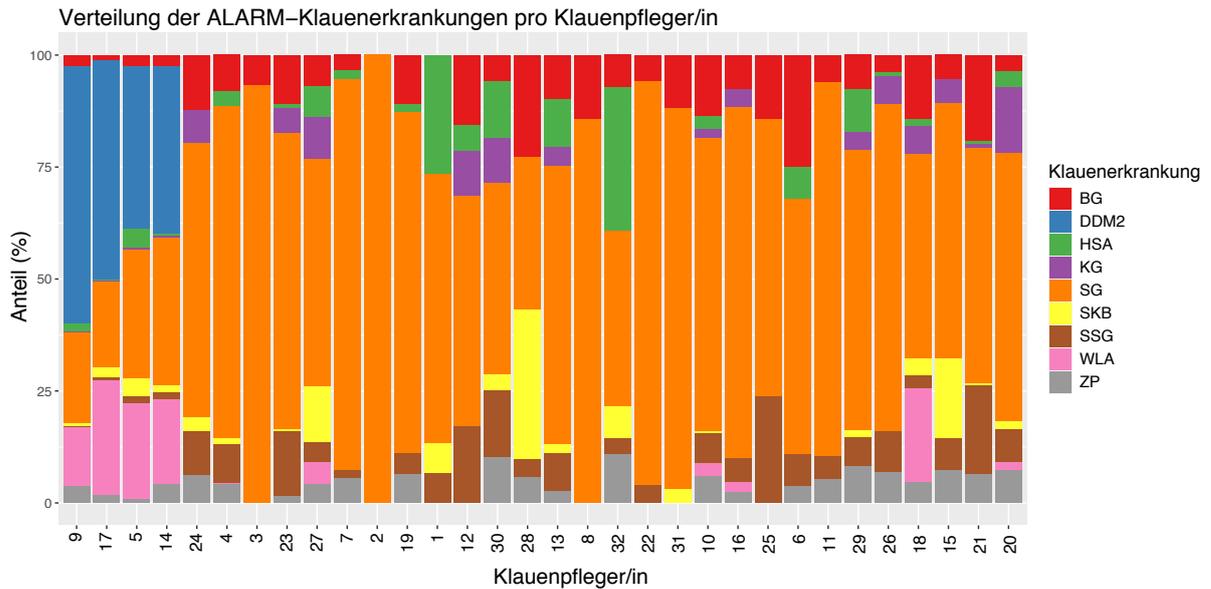


Abb. 18 Gestapeltes Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeiten der ALARM-Klauenerkrankungen je Klauenpfleger/in (anonymisiert). Klauenbefunde wurden pro Klaue gezählt (d.h. pro Tier konnte dieselbe Klauenläsion/derselbe Klauenbefund öfters gezählt werden, wenn dieser auf mehreren Klauen vorlag). Die Bedeutung der Abkürzungen ist im Abkürzungsverzeichnis angeführt; die Zahlen in der x-Achse sind die Codes für die jeweiligen Klauenpfleger/innen.  $n = 32$  Klauenpfleger/innen, 16935 Klauenbefunde

Analog dazu wurde in Abb. 19 auch die Gruppe der sonstigen Klauenläsionen/Klauenbefunde im Detail dargestellt. Hierbei konnte festgestellt werden, dass die Varianz in der Häufigkeit der einzelnen Klauenläsionen/Klauenbefunde zwischen den Klauenpfleger/innen weitaus höher war als bei den Alarm-Klauenerkrankungen. Je nach Klauenpfleger/in waren hierbei Doppelsohlen mit bis zu 70 %, konkave Vorderwand mit bis zu 75 %, Limax mit bis zu 55 %, Rollklauen mit bis zu 40 % und ungleichgroße Klauen mit bis zu 25 % die häufigsten dokumentierten Befunde. Der Chi-Quadrat-Test ergab mit  $p = 0,7382$  ( $X\text{-squared} = 1984 / df = 2025$ ), dass sich die Häufigkeit der dokumentierten sonstigen Klauenläsionen/Klauenbefunde zwischen den Klauenpfleger/innen nicht signifikant voneinander unterschied.

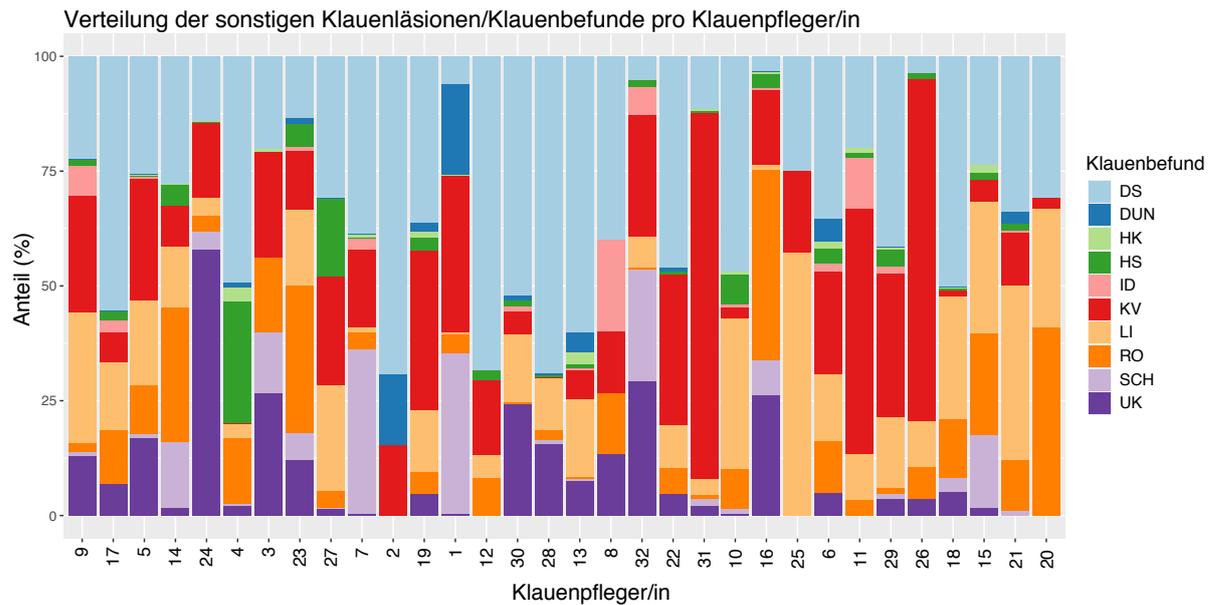


Abb. 19 Gestapeltes Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeiten der sonstigen Klauenläsionen/Klauenbefunde je Klauenpfleger/in (anonymisiert). Klauenbefunde wurden pro Klaue gezählt (d.h. pro Tier konnte dieselbe Klauenläsion/derselbe Klauenbefund öfters gezählt werden, wenn dieser auf mehreren Klauen vorlag). Die Bedeutung der Abkürzungen ist im Abkürzungsverzeichnis angeführt; die Zahlen in der x-Achse sind die Codes für die jeweiligen Klauenpfleger/innen. n = 32 Klauenpfleger/innen, 42883 Klauenbefunde

#### 4.2.2. Festlegung eines Cut-offs für den Herdenschmitt zur Berechnung der Prävalenz der Klauenläsionen/Klauenbefunde

Idealerweise sollte der Cut-off für den Herdenschmitt so gewählt werden, dass einerseits möglichst wenig Betriebe aus dem Datensatz herausgenommen werden müssen, und andererseits der Anteil der klauengepflegten Kühe immer noch groß genug ist, so dass eine repräsentative Gruppengröße bleibt, anhand welcher man verlässlich die Prävalenz der Klauenläsionen/Klauenbefunde für den gesamten Betrieb berechnen kann.

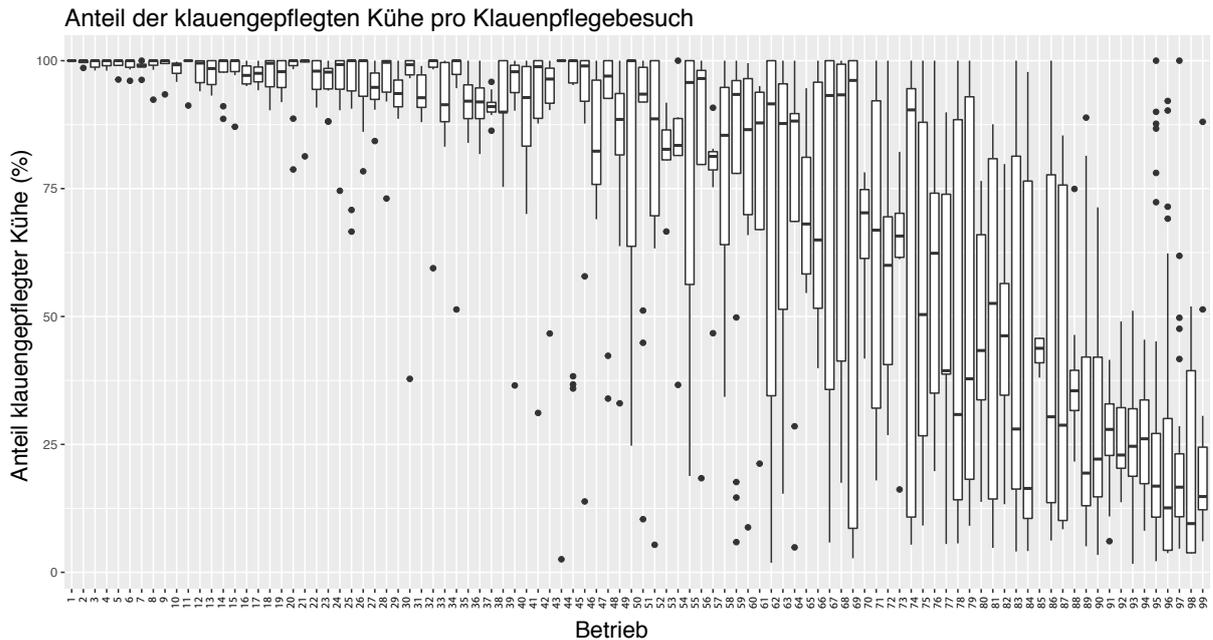


Abb. 20 Boxplot zur Darstellung des Anteils der klauengepflegten Kühe an der durchschnittlichen Gesamtkuhzahl pro Klauenpflegebesuch und Betrieb (anonymisiert) für das entsprechende Prüfjahr im Zeitraum von 2010–2020. Für diese Darstellung wurde aufgrund der hohen Zahl der Betriebe nur jene 99 Betriebe ausgewählt, die mindestens einen dokumentierten Klauenpflegetermin pro Jahr seit 2016 hatten. n = 99 Betriebe

Bei circa 40 % der Betriebe wurden bei jedem Klauenpflegebesuch mindestens 75 % der Herde klauengepflegt. Bei den restlichen Betrieben gab es hingegen große Schwankungen hinsichtlich des Anteils der klauengepflegten Tiere, die von Terminen, bei denen nur einzelne Tiere klauengepflegt wurden, bis hin zur gesamten Herde reichten (Abb. 20). Basierend auf den Ergebnissen aus Abb. 20 wurde ein Klauenpflegebesuch nur dann als Herdenschnitt definiert, wenn mindestens 50 % der Herde zu diesem Termin klauengepflegt worden waren.

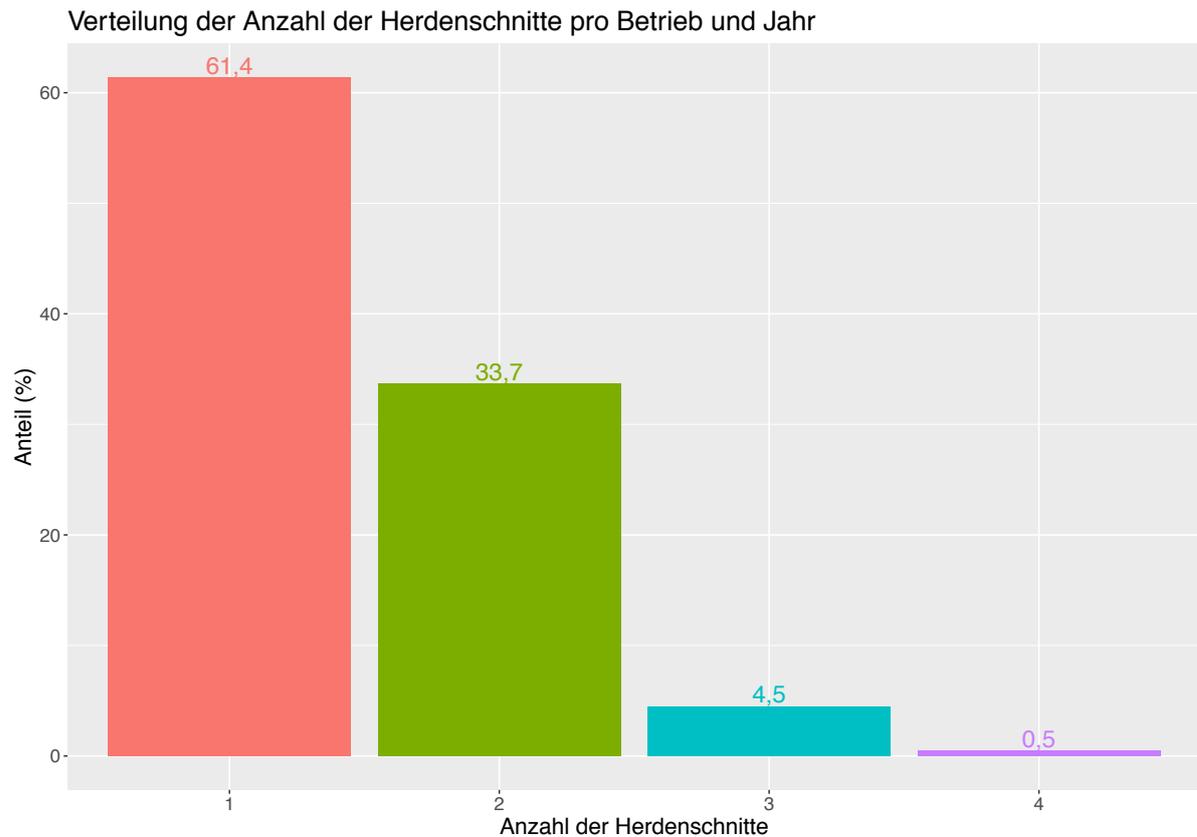


Abb. 21 Balkendiagramm zur Darstellung der Häufigkeit der jeweiligen Anzahl der jährlichen Herdenschnitte. Es wurde immer die Zahl der Herdenschnitte pro Betrieb in jedem einzelnen Prüfjahr gezählt - d.h. derselbe Betrieb kann bei unterschiedlicher Anzahl der Herdenschnitte in verschiedenen Prüfjahren in mehrere Gruppen fallen. n = 493 Betriebe

Filtert man nach dem Kriterium, dass ein Herdenschnitt dann vorliegt, wenn mindestens 50 % der Kühe eines Betriebes zum jeweiligen Termin klauengepflegt wurden, erhält man das in Abb. 21 dargestellte Diagramm. Daraus ist ersichtlich, dass in 61,4 % der Betriebe pro Jahr ein und in 33,7 % der Betriebe zwei Herdenschnitte durchgeführt wurden. Bei etwa 5 % der Betriebe wurden entweder drei oder vier Herdenschnitte vorgenommen. Da bei 33 Betrieben im Datensatz kein Herdenschnitt durchgeführt worden war, fielen diese nach den Filterkriterien aus der Auswertung.

### 4.3. Untersuchung des Zusammenhanges zwischen verschiedenen Faktoren und dem Auftreten bestimmter Klauenläsionen/ Klauenbefunde auf Einzeltierebene

In diesem Kapitel wird beschrieben, ob signifikante Zusammenhänge zwischen der Laktationszahl (Parität) bzw. dem Laktationsmonat und dem Auftreten ausgewählter Klauenläsionen nachweisbar waren. Da hier auf Einzeltier- und nicht auf Herdenebene untersucht wurde, wurden alle Klauenpflegeetermine, auch jene, bei denen nur einzelne Tiere klauengepflegt wurden, in der Auswertung mitberücksichtigt.

#### 4.3.1. Laktationszahl

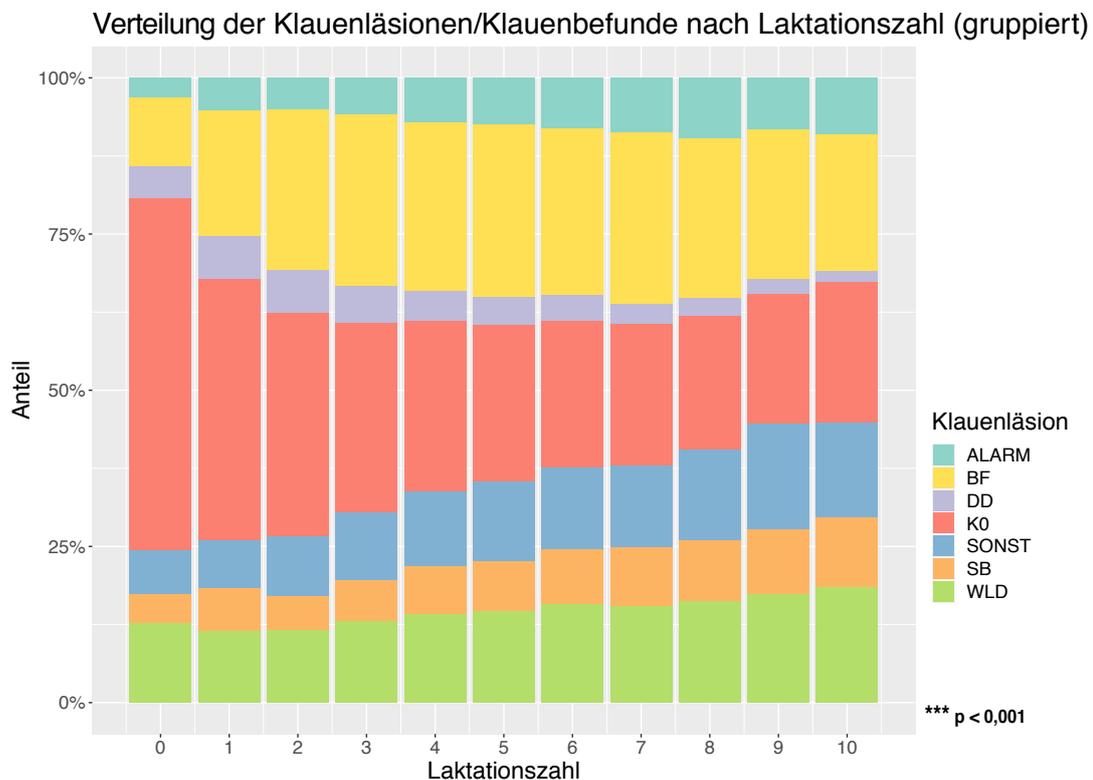


Abb. 22 Gestapeltes Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeit der gruppierten Klauenläsionen/ Klauenbefunde nach Laktationszahl. Laktationszahlen über 10 wurden aufgrund niedriger Tierzahlen unter der Laktationszahl 10 zusammengefasst. Es wurde hier jede Klaue separat ausgewertet - d.h. pro Tier konnte dieselbe Klauenläsion/derselbe Klauenbefund öfters gezählt werden, wenn dieser auf mehreren Klauen vorlag. Der p-Wert wurde basierend auf der relativen Frequenz von K0 verglichen mit der Summe der relativen Frequenzen aller anderen Klauenläsionen pro Laktationszahl mittels gemischten linearen Modells unter Berücksichtigung des Effektes des Einzeltieres berechnet. Die Bedeutung der Abkürzungen ist im Abkürzungsverzeichnis angeführt. DD ist exklusive M2-Stadium - dieses wurde zu den ALARM-Erkrankungen gezählt. Laktationszahl 0 bedeutet Kalbin. n = 28638 Tiere, 417489 Einträge (unterteilt in Laktationszahl 0 = 16586, 1 = 101467, 2 = 88366, 3 = 72176, 4 = 53543, 5 = 36420, 6 = 23162, 7 = 13061, 8 = 7082, 9 = 3329 und 10 = 2297 Einträge (davon 1272 bei Laktationszahl 10, 684 bei 11, 287 bei 12 und 54 Einträge bei 13)

Sortiert man die gruppierten Klauenbefunde nach Laktationszahl, so war für einige Klauenläsionen/Klauenbefunde ein Zusammenhang zur Laktationszahl erkennbar. Weiße-Linie-Defekte (Score 1) wurden häufiger dokumentiert je höher die Laktationszahl war, gleichermaßen wurden auch Alarm-Erkrankungen, sonstige Klauenbefunde und Sohlenblutungen mit steigender Laktationszahl öfters dokumentiert. Im Gegensatz dazu wurden die Häufigkeit von gesunden Klauen (ohne Befund) und zum Teil auch von Ballenhornfäule und Dermatitis digitalis (ohne M2-Stadium) deutlich häufiger bei niedriger Laktationszahl dokumentiert. Insgesamt gab es einen hochsignifikanten Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Klauenläsionen und der Laktationszahl (Abb. 22).

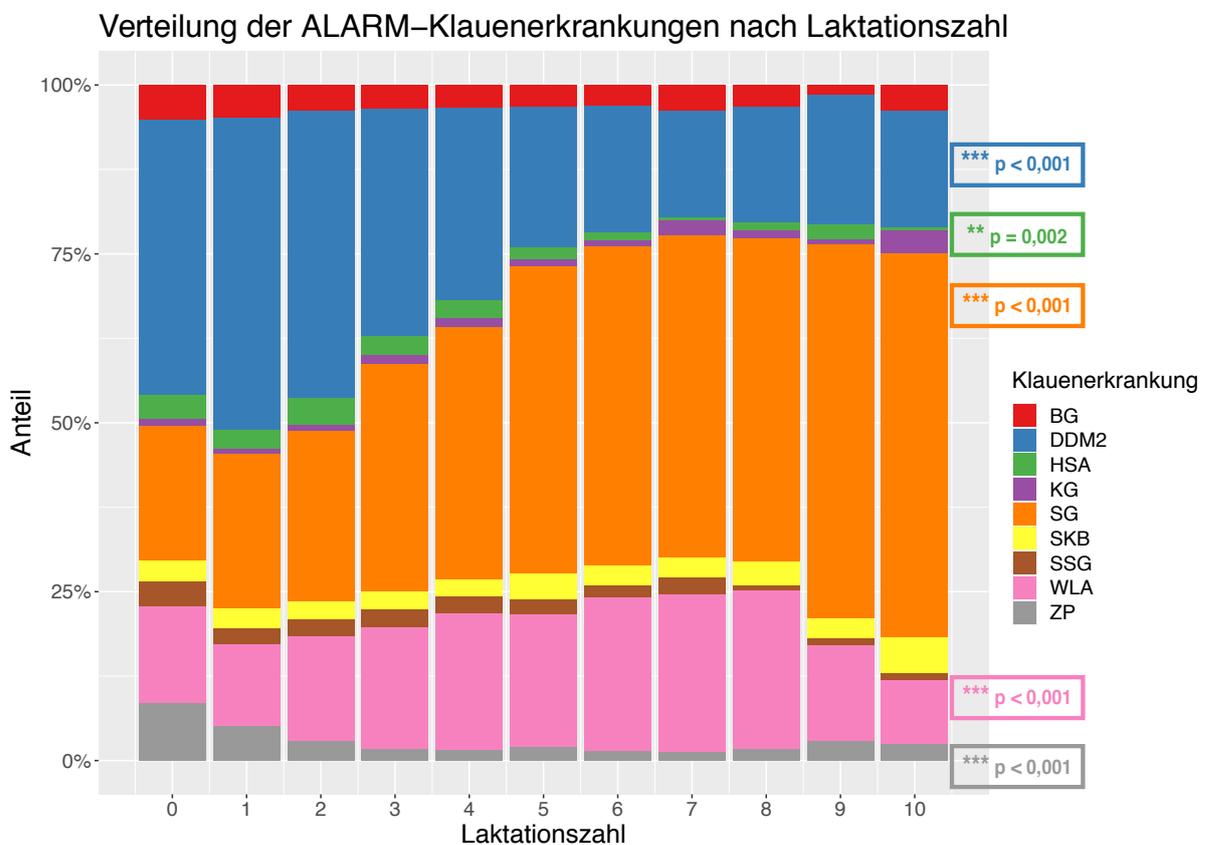


Abb. 23 Gestapeltes Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeit der ALARM-Klauenerkrankungen nach Laktationszahl. Laktationszahlen über 10 wurden aufgrund niedriger Tierzahlen unter der Laktationszahl 10 zusammengefasst. Es wurde hier jede Klaue separat ausgewertet - d.h. pro Tier konnte dieselbe Klauenerkrankung öfters gezählt werden, wenn diese auf mehreren Klauen vorlag. Der p-Wert jeder Klauenerkrankung (im Kästchen derselben Farbe) wurde basierend auf der relativen Frequenz der jeweiligen Klauenerkrankung verglichen mit der Summe der relativen Frequenzen aller anderen ALARM-Klauenerkrankungen pro Laktationszahl mittels gemischten linearen Modells unter Berücksichtigung des Effektes des Einzeltieres berechnet. Die Bedeutung der Abkürzungen ist im Abkürzungsverzeichnis angeführt. Laktationszahl 0 bedeutet Kalbin. n = 7401 Tiere, 16935 Einträge (unterteilt in Laktationszahl 0 = 317, 1 = 2818, 2 = 2624, 3 = 2827, 4 = 2729, 5 = 2165, 6 = 1532, 7 = 955, 8 = 572, 9 = 223 und 10 = 173 Einträge (davon 92 bei Laktationszahl 10, 46 bei 11, 29 bei 12 und 6 Einträge bei 13)

Bei Betrachtung der Gruppe der Alarm-Klauenerkrankungen (Abb. 23), zeigte sich, dass die relative Häufigkeit vor allem bei Sohlengeschwüren hochsignifikant positiv und Dermatitis digitalis (M2-Stadium) und Zwischenklauenphlegmone hochsignifikant negativ mit der Laktationszahl zusammenhing. Auffällig war hierbei auch, dass bei Kalbinnen (Laktationszahl 0) und Erstlingskühen (Laktationszahl 1) akute Dermatitis digitalis (M2) Stadien im Verhältnis zu den anderen Alarm-Erkrankungen signifikant häufiger dokumentiert wurden als in späteren Laktationen. Weiße-Linie-Abszesse wurden besonders häufig zwischen dem 3. und 8. Laktationsjahr dokumentiert und axiale Hornspalten traten häufiger in den ersten 3 Laktationsjahren auf. Bei Schwellungen des Kronsaums und/oder Ballens, Sohlenspitzen- und Ballengeschwüren konnte kein eindeutiger Trend festgestellt werden.

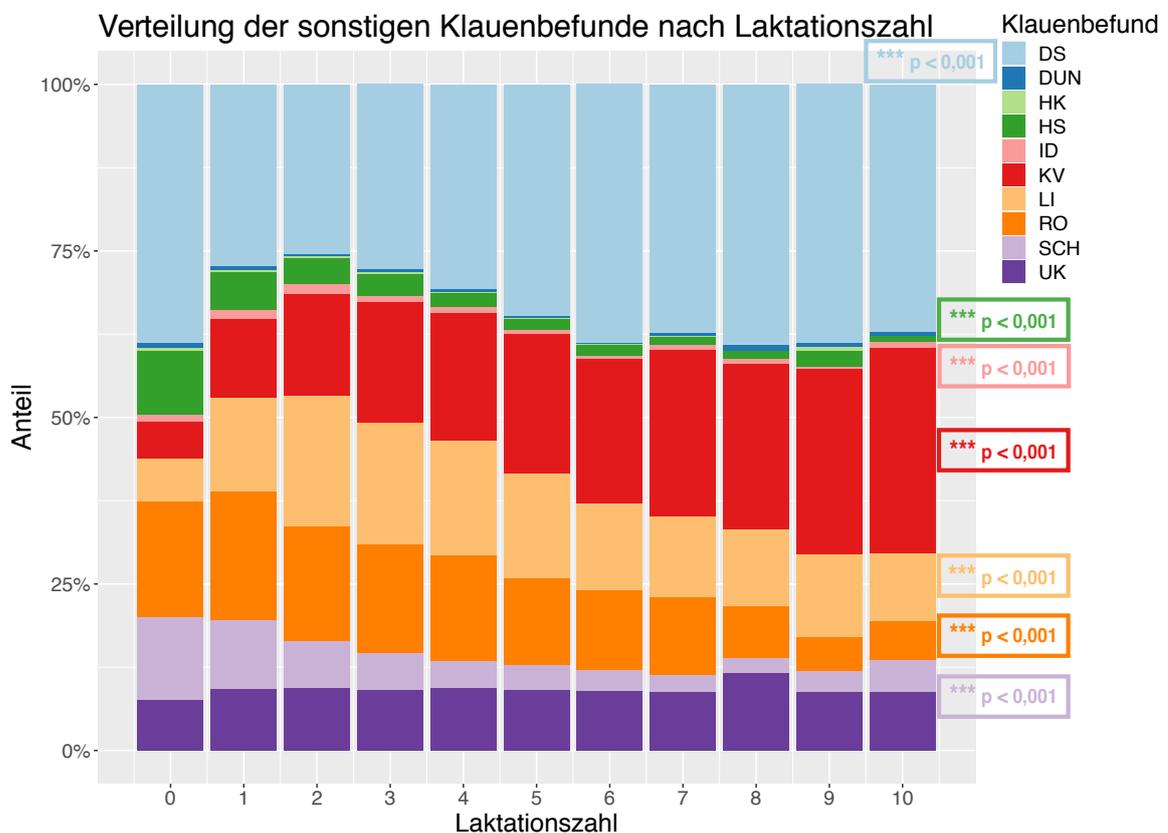


Abb. 24 Gestapeltes Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeit der Klauenläsionen/Klauenbefunde der Gruppe "SONST" (sonstige Klauenbefunde) nach Laktationszahl. Laktationszahlen über 10 wurden aufgrund niedriger Tierzahlen unter der Laktationszahl 10 zusammengefasst. Es wurde hier jede Klaue separat ausgewertet - d.h. pro Tier konnte dieselbe Diagnose öfters gezählt werden, wenn diese auf mehreren Klauen gefunden wurde. Der p-Wert jedes Klauenbefundes (im Kästchen derselben Farbe) wurde basierend auf der relativen Frequenz des jeweiligen Klauenbefundes verglichen mit der Summe der relativen Frequenzen aller anderen Klauenbefunde der Gruppe "SONST" pro Laktationszahl mittels gemischten linearen Modells unter Berücksichtigung des Effektes des Einzeltieres berechnet. Die Bedeutung der Abkürzungen ist im Abkürzungsverzeichnis angeführt. Laktationszahl 0 bedeutet Kalbin. n = 12385 Tiere, 42883 Einträge (unterteilt in Laktationszahl 0 = 1187, 1 = 7720, 2 = 8521, 3 = 7820, 4 = 6424, 5 = 4572, 6 = 3033, 7 = 1687, 8 = 1019, 9 = 559 und 10 = 341 Einträge (davon 210 bei Laktationszahl 10, 80 bei 11, 43 bei 12 und 8 Einträge bei 13)

Innerhalb der Gruppe der sonstigen Klauenbefunde (Abb. 24) zeigte besonders die konkave Vorderwand eine hochsignifikant zunehmende relative Häufigkeit bei steigender Laktationszahl und wurde am häufigsten in besonders späten Laktationszyklen dokumentiert. Rollklauen, Scherenklauen, Hornspalten und Klauenfäule waren signifikant häufiger während früherer Laktationen zu beobachten, vor allem bei Kalbinnen und Erstlingskühen. Doppelsohlen wurden besonders häufig bei Kalbinnen und Kühen in späten Laktationszyklen beobachtet. Limax wurde bei Kalbinnen (Laktationszahl 0) verhältnismäßig selten dokumentiert. Bei dünnen Sohlen, Hornklüften und ungleichen Klauen konnte kein Zusammenhang gefunden werden.

#### 4.3.2. Laktationsmonat

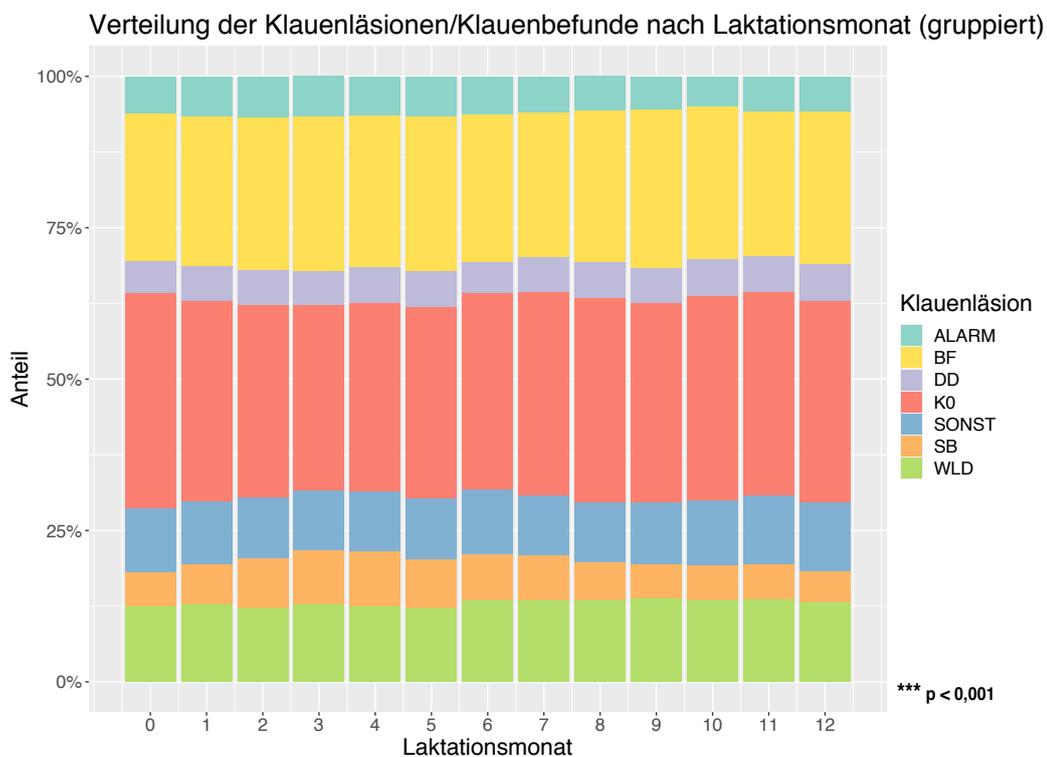


Abb. 25 Gestapeltes Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeit der gruppierten Klauenläsionen/Klauenbefunde nach Laktationsmonat. Es wurde hier jede Klaue separat ausgewertet - d.h. pro Tier konnte dieselbe Diagnose öfters gezählt werden, sollte diese auf mehreren Klauen festgestellt worden sein. Der p-Wert wurde basierend auf der relativen Frequenz von K0 verglichen mit der Summe der relativen Frequenzen aller anderen Klauenläsionen pro Laktationszahl mittels gemischten linearen Modells unter Berücksichtigung des Effektes des Einzeltieres berechnet. Die Bedeutung der Abkürzungen ist im Abkürzungsverzeichnis angeführt. DD ist exklusive M2-Stadium - dieses wurde zu den ALARM-Erkrankungen gezählt. n = 26345 Tiere, 371062 Klauenbefunde

In diesem Abschnitt wird beschrieben, ob signifikante Unterschiede zwischen den Laktationsmonaten und der Häufigkeit der dokumentierten Klauenläsionen/Klauenbefunde

nachweisbar waren. In Abb. 25 ist die Häufigkeit der gruppierten Klauenläsionen/ Klauenbefunde nach Laktationsmonat dargestellt, wobei bis auf minimale Unterschiede von 1–5 % keine großen Abweichungen erkennbar waren. Die einzige Ausnahme bildeten Sohlenblutungen, welche bis zum 4. Laktationsmonat zunehmend häufiger auftraten und deren Häufigkeit dann gegen Ende der Laktation wieder abnahm. Insgesamt gab es einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Klauenläsionen und dem Laktationsmonat (Abb. 25).

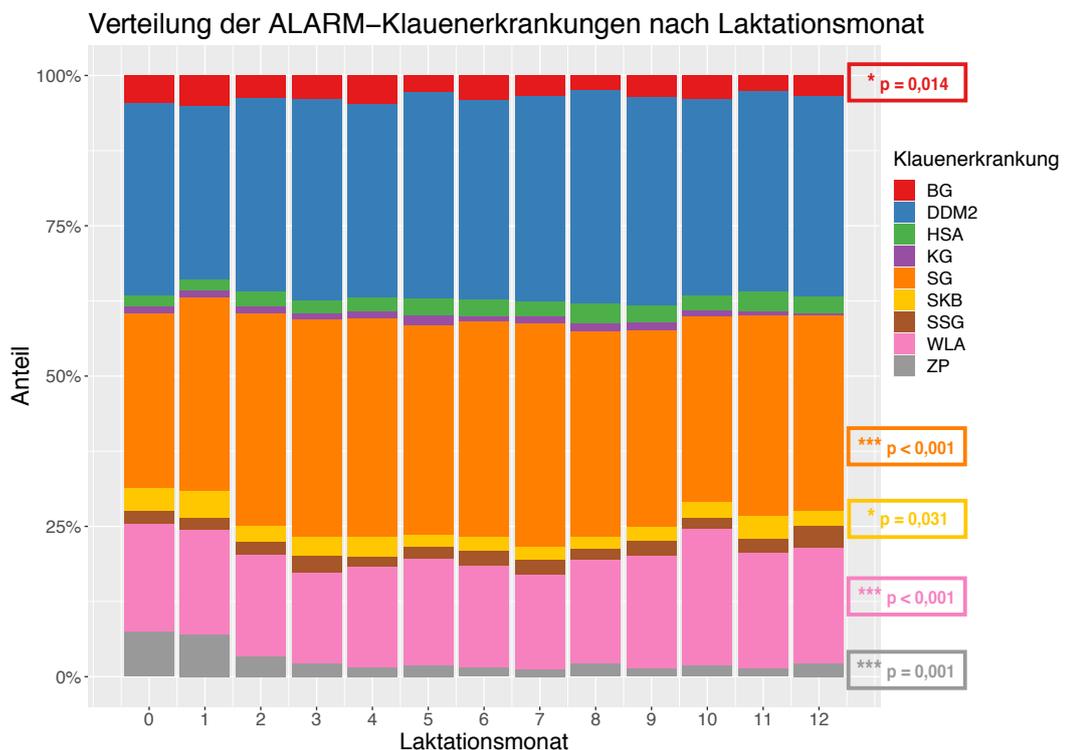


Abb. 26 Gestapeltes Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeit der ALARM-Klauenerkrankungen nach Laktationsmonat. Es wurde hier jede Klaue separat ausgewertet - d.h. pro Tier konnte dieselbe Diagnose öfters gezählt werden, sollte diese auf mehreren Klauen festgestellt worden sein. Der p-Wert jeder Klauenerkrankung (im Kästchen derselben Farbe) wurde basierend auf der relativen Frequenz der jeweiligen Klauenerkrankung verglichen mit der Summe der relativen Frequenzen aller anderen ALARM-Klauenerkrankungen pro Laktationszahl mittels gemischten linearen Modells unter Berücksichtigung des Effektes des Einzeltieres berechnet. Die Bedeutung der Abkürzungen ist im Abkürzungsverzeichnis angeführt. n = 8082 Tiere, 18238 Klauenbefunde

Die Alarm-Klauenerkrankungen sind in Abb. 26 im Detail aufgelistet. Aus dem Diagramm ist zu entnehmen, dass sich die relative Häufigkeit der meisten Alarm-Klauenerkrankungen innerhalb der Gruppe während der Laktationsmonate 0–12 kaum bzw. nur geringgradig veränderte. Einzig die Zwischenklauenphlegmone war deutlich häufiger vor allem kurz nach der Abkalbung bis zum 2. Laktationsmonat zu beobachten, und auch Sohlengeschwüre

wurden häufiger ab dem 2. Laktationsmonat festgestellt. Weiße-Linie-Abszesse zeigten einen minimalen Anstieg in späteren Laktationsmonaten, wohingegen die relative Häufigkeit von Ballengeschwüren und Schwellungen des Kronsaums und/oder Ballens mit fortschreitender Laktation abnahm. Bei der akuten Form der Dermatitis digitalis und axialen Hornspalt konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen relativer Häufigkeit und Laktationsmonat gefunden werden.

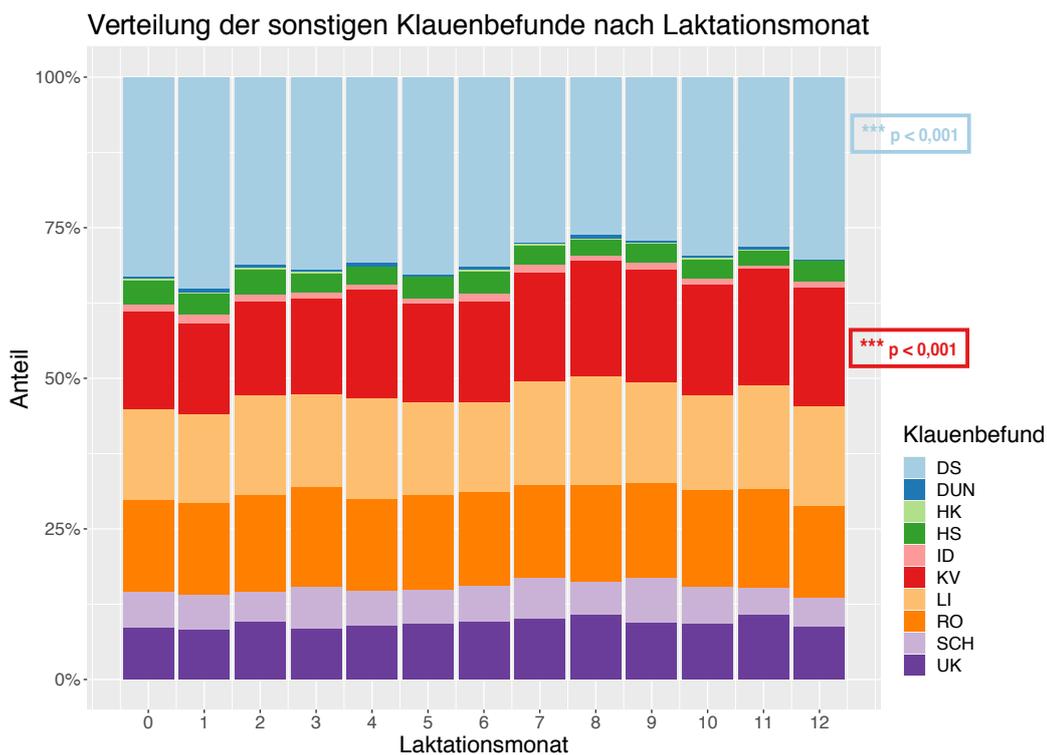


Abb. 27 Gestapeltes Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeit der Klauenläsionen/Klauenbefunde der Gruppe "SONST" (sonstige Klauenbefunde) nach Laktationsmonat. Es wurde hier jede Klaue separat ausgewertet - d.h. pro Tier konnte dieselbe Diagnose öfters gezählt werden, sollte diese auf mehreren Klauen festgestellt worden sein. Der p-Wert jedes Klauenbefundes (im Kästchen derselben Farbe) wurde basierend auf der relativen Frequenz des jeweiligen Klauenbefundes verglichen mit der Summe der relativen Frequenzen aller anderen Klauenbefunde der Gruppe "SONST" pro Laktationszahl mittels gemischten linearen Modells unter Berücksichtigung des Effektes des Einzeltieres berechnet. Die Bedeutung der Abkürzungen ist im Abkürzungsverzeichnis angeführt. Laktationszahl 0 bedeutet Kalbin. n = 11410 Tiere, 30854 Klauenbefunde

Innerhalb der Gruppe der sonstigen Klauenbefunde konnten signifikante Zusammenhänge zwischen Laktationsmonat und der relativen Häufigkeit nur bei Doppelsonnen und konkaver Vorderwand festgestellt werden (Abb. 27).

## 4.4. Untersuchung des Zusammenhanges zwischen verschiedenen Faktoren und der Prävalenz bestimmter Klauenläsionen/ Klauenbefunde auf Herdenebene

In diesem Kapitel werden mögliche Einflüsse von Faktoren wie Haltungform, Abgangsrate aufgrund von Lahmheit und Klauenerkrankungen, Milchleistung, Hauptrasse am Betrieb, Klauenpfleger/in, Prüffahr und Anzahl der jährlichen Herdenschnitte auf die Prävalenz ausgewählter Klauenläsionen auf Herdenebene mittels eines gemischten linearen Modells, welches in Abschnitt 3.2.6 beschrieben wurde, dargestellt.

### 4.4.1. Haltungform

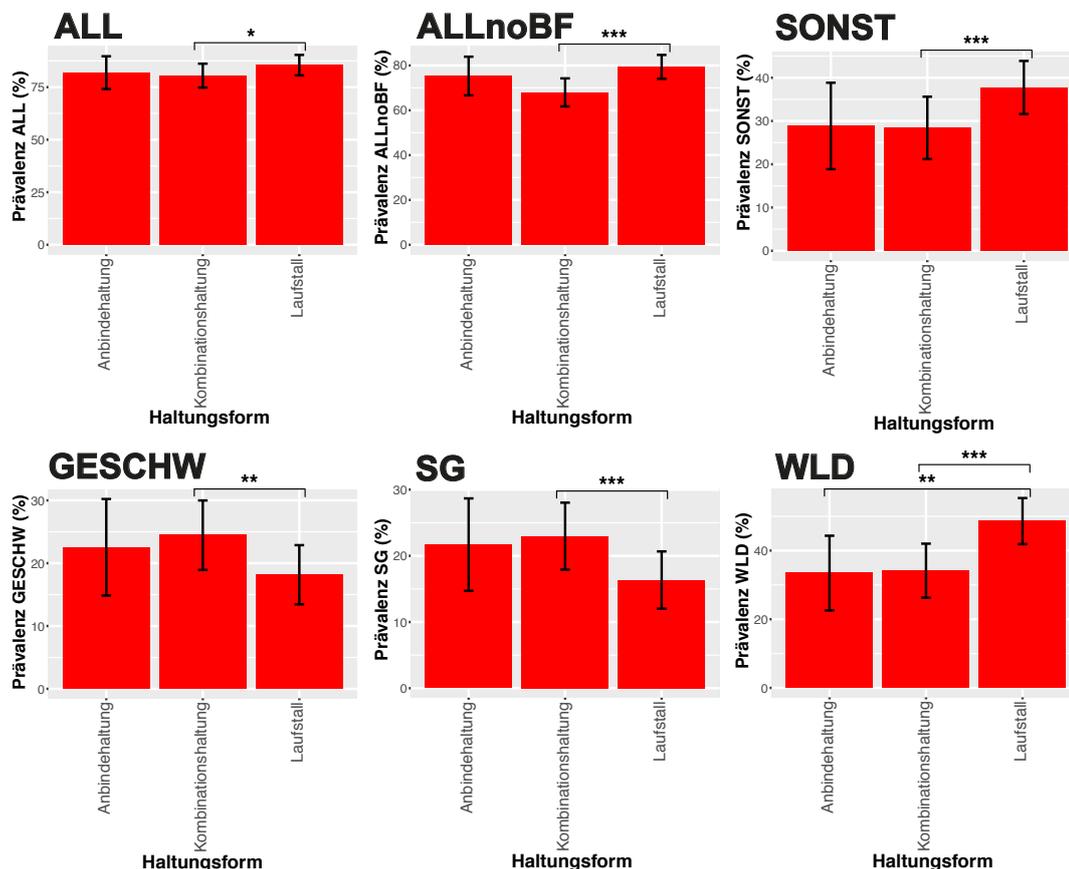


Abb. 28 Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Prävalenz bestimmter Klauenläsionen in Prozent (y-Achse) und Haltungform (x-Achse). Anbindehaltung = ganzjährige Anbindehaltung ohne Auslauf (Daten vor Inkrafttreten des Bundestierschutzgesetz 2004 bzw. von Betrieben mit Ausnahmegenehmigung erhoben), Kombinationshaltung = Anbindehaltung mit mindestens 90 Tagen Auslauf. Es wurden nur Klauenläsionen mit signifikanten Zusammenhängen dargestellt. \*\*\* = hochsignifikanter Zusammenhang ( $p < 0,001$ ), \*\* = signifikant ( $p < 0,01$ ), \* = schwach signifikant ( $p < 0,05$ ). Das Kürzel über jedem Graphen entspricht der dargestellten Klauenläsion. Die Bedeutung der Abkürzungen ist im Abkürzungsverzeichnis angeführt.  $n = 384$  Betriebe

Abhängig von der Klauenläsion und Art der Haltung gab es unterschiedlich deutliche Zusammenhänge (Abb. 28). Im Diagramm in Abb. 28, in welchem die wichtigsten und häufigsten Klauenläsionen, die signifikante Unterschiede aufwiesen, dargestellt wurden, ist erkennbar, dass die durchschnittliche Prävalenz von Klauenläsionen bei allen drei Haltungsformen bei etwa 80 % lag, wobei in der Laufstallhaltung mit 85 % die höchste Prävalenz beobachtet wurde. Lässt man die Befunde mit Ballenhornfäule weg, sieht man, dass in der Kombinationshaltung die Gesamtprävalenz deutlich niedriger war als in den anderen beiden Haltungssystemen. In der Laufstallhaltung wurden Weiße-Linie-Erkrankungen (48 %) und sonstige Klauenbefunde (37 %) am häufigsten dokumentiert. Sohlengeschwüre (22 %) und Geschwüre insgesamt (24 %) wurden am häufigsten in der Kombinationshaltung beobachtet. Bei den anderen untersuchten Klauenläsionen wie beispielsweise Alarm-Erkrankungen insgesamt, Sohlenspitzeneschwüren, axialen Hornspalten und Schwellung des Kronsaums bzw. Ballens konnten aufgrund der hohen Varianz und/oder geringen Prävalenz keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

#### **4.4.2. Milchleistung**

Bei der Untersuchung des Zusammenhanges zwischen Milchleistung und Prävalenz bestimmter Klauenläsionen (Abb. 29) konnten abhängig von der Klauenläsion unterschiedliche Zusammenhänge beobachtet werden. Bei Betrachtung der Gruppen, in denen alle Klauenläsionen mit und ohne Ballenhornfäule zusammengefasst wurden, konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Milchleistungsklassen nachgewiesen werden. Die einzigen signifikanten Zusammenhänge konnten bei Ballenhornfäule (71 %), deren Prävalenz bei Kühen mit einer Milchleistung von 9001–10000 kg signifikant höher war als bei Kühen mit einer Milchleistung von <7001 kg, und Zwischenklauenphlegmone (0,5 %), die in der Milchleistungsklasse von 8001-9000 kg signifikant am seltensten auftrat, gefunden werden. Bei den anderen untersuchten und daher nicht dargestellten Klauenläsionen konnten aufgrund der hohen Varianz und/oder geringen Prävalenz keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

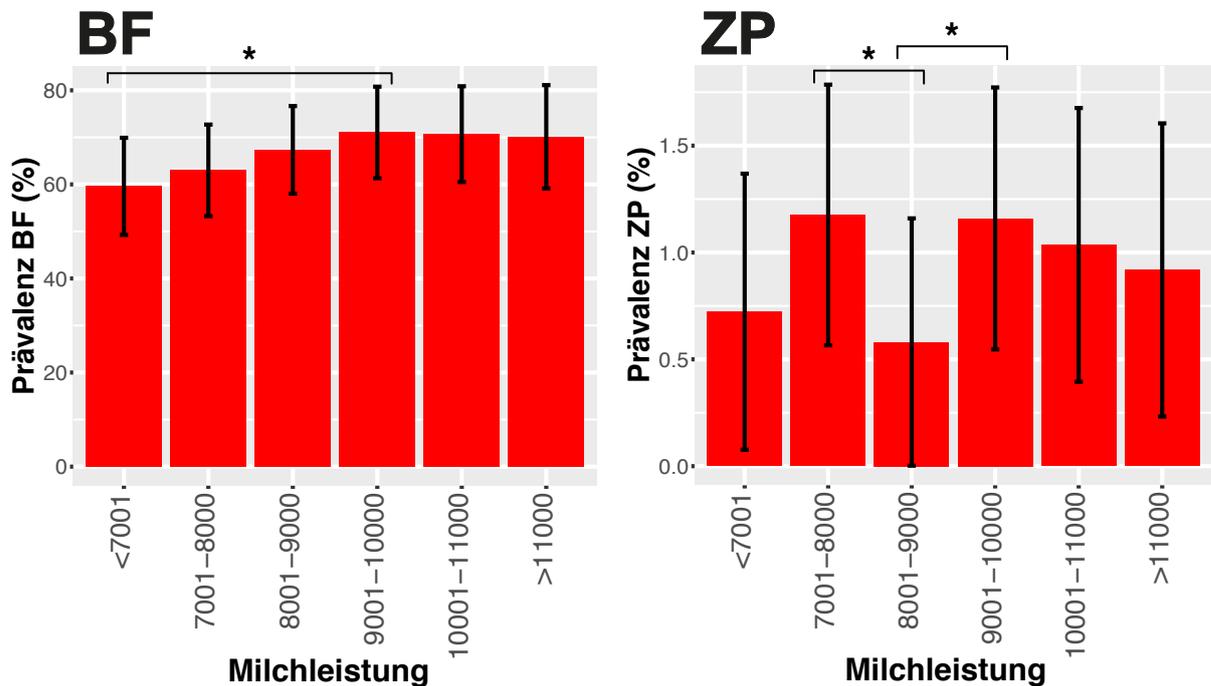


Abb. 29 Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Prävalenz bestimmter Klauenläsionen in Prozent (y-Achse) und Jahresmilchleistung in Kilogramm (x-Achse). Die Jahresmilchleistung wurde zur besseren Übersicht in sechs Klassen aufgeteilt. Es wurden nur Klauenläsionen mit signifikanten Zusammenhängen dargestellt. \*\*\* = hochsignifikanter Zusammenhang ( $p < 0,001$ ), \*\* = signifikant ( $p < 0,01$ ), \* = schwach signifikant ( $p < 0,05$ ). Das Kürzel über jedem Graphen entspricht der dargestellten Klauenläsion. Die Bedeutung der Abkürzungen ist im Abkürzungsverzeichnis angeführt.  $n = 384$  Betriebe

#### 4.4.3. Rasse

Die Ergebnisse des gemischten Modells für die Hauptrasse sind in Abb. 30 zusammengefasst. Fleckvieh-Kühe hatten mit 89 % die höchste Prävalenz von Klauenläsionen, dicht gefolgt von Holstein mit 87 % und Brown Swiss mit 72 %. Bei Holstein-Kühen wurden vor allem Alarm-Erkrankungen (44 %) und Dermatitis digitalis (42 %) dokumentiert. Weiße-Linie-Defekte (58 %), sonstige Klauenläsionen (38 %) und Sohlenblutungen (37 %) hatten die höchste Prävalenz bei Fleckvieh-Rindern, wobei WLD und SB den stärksten Zusammenhang zeigten. Ballengeschwüre, Zwischenklauenphlegmone und Weiße-Linie-Abszesse waren zwischen den drei Rassen nahezu gleich verteilt und wurden daher nicht dargestellt.

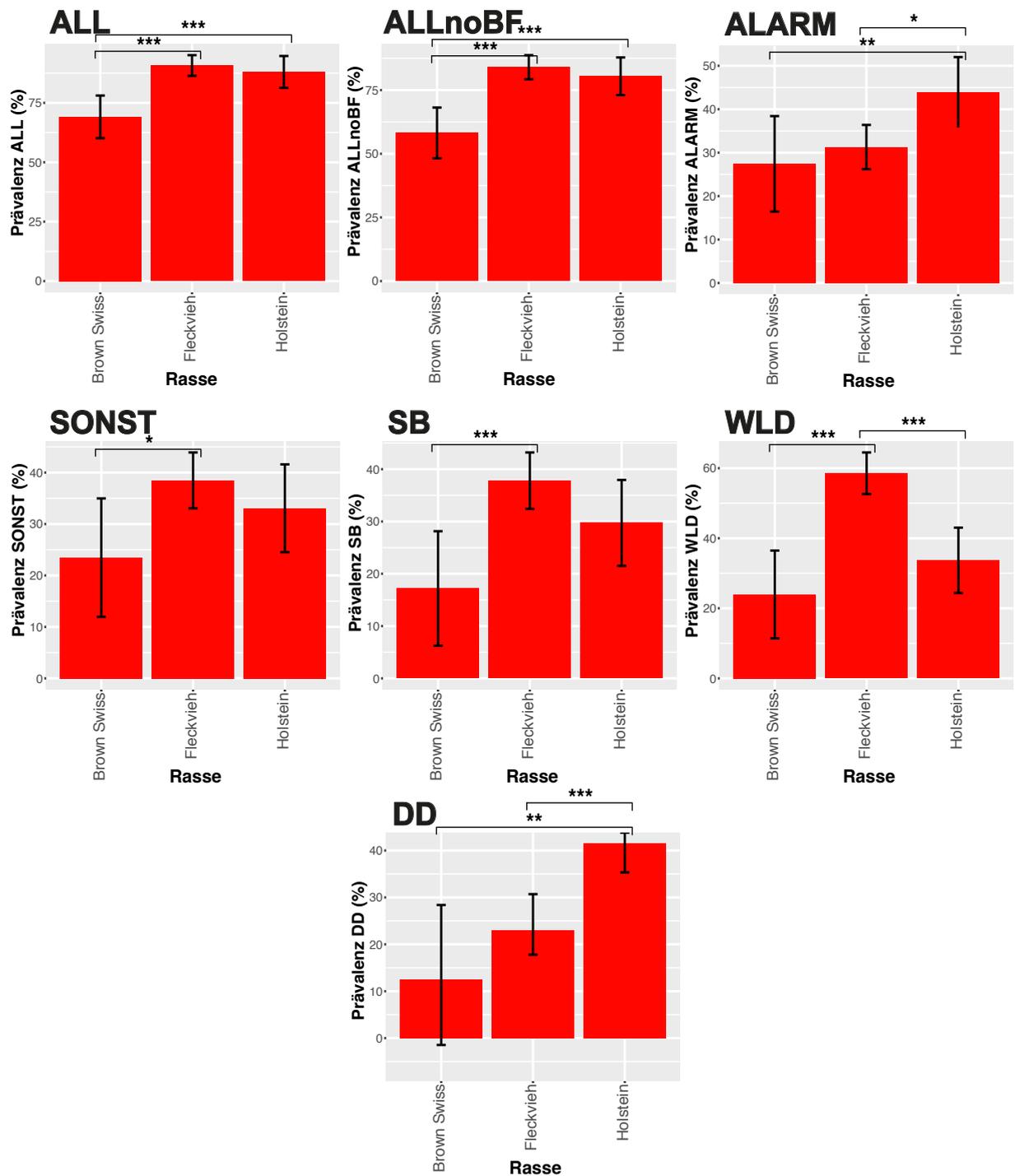


Abb. 30 Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Prävalenz bestimmter Klauenläsionen in Prozent (y-Achse) und Hauptrasse (d.h. die häufigste Rasse am Betrieb). Es wurden nur Klauenläsionen mit signifikanten Zusammenhängen dargestellt. \*\*\* = hochsignifikanter Zusammenhang ( $p < 0,001$ ), orange/\*\* = signifikant ( $p < 0,01$ ), gelb/\* = schwach signifikant ( $p < 0,05$ ), grau = nicht signifikant. Das Kürzel über jedem Graphen entspricht der dargestellten Klauenläsion. Die Bedeutung der Abkürzungen ist im Abkürzungsverzeichnis angeführt.  $n = 384$  Betriebe

#### 4.4.4. Abgangsrate

Abgesehen von einzelnen Ausreißern, wie die Gruppe der sonstigen Klauenläsionen (SONST), schienen höhere durchschnittliche Prävalenzen von Klauenläsionen mit einer höheren Abgangsrate zusammen zu hängen (Abb. 31). Dieser Zusammenhang war einzig und allein bei Weiße-Linie-Abszessen signifikant nachweisbar.

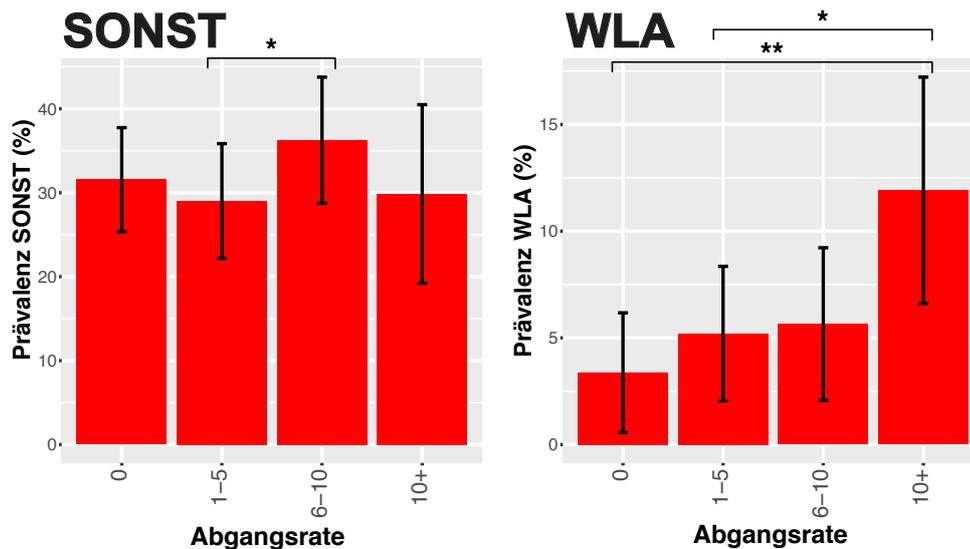


Abb. 31 Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Prävalenz bestimmter Klauenläsionen in Prozent (y-Achse) und jährliche Abgangsrate in Prozent (x-Achse). Die Abgangsrate wurde in vier Klassen aufgeteilt. Es wurden nur Klauenläsionen mit signifikanten Zusammenhängen dargestellt. \*\*\* = hochsignifikanter Zusammenhang ( $p < 0,001$ ), \*\* = signifikant ( $p < 0,01$ ), \* = schwach signifikant ( $p < 0,05$ ). Das Kürzel über jedem Graphen entspricht der dargestellten Klauenläsion. Die Bedeutung der Abkürzungen ist im Abkürzungsverzeichnis angeführt.  $n = 384$  Betriebe

#### 4.4.5. Prüffjahr

Weiters wurde der Zusammenhang zwischen Prävalenz von Klauenläsionen und Prüffjahr im Zeitraum von 2015 bis 2019 untersucht (Abb. 32). Den stärksten Zusammenhang zeigte Ballenhornfäule, deren durchschnittliche Prävalenz über den Beobachtungszeitraum von fünf Jahren um 24 % gesunken war. Auf der anderen Seite war die durchschnittliche Prävalenz von Weiße-Linie-Defekten um 8 %, bei sonstigen Klauenläsionen um 5 %, bei Ballengeschwüren um 1,7 %, bei axialen Hornspalten um 0,7 % und bei Schwellungen des Kronsaums und/oder Ballens um 0,5 % angestiegen. Bei der Gruppe der Klauenläsionen insgesamt, Geschwüre insgesamt (GESCHW) und Sohlenblutungen war die Prävalenz von 2015 auf 2017 gesunken und von 2017 auf 2019 wieder angestiegen. Die Prävalenz von Dermatitis digitalis war nur im Prüffjahr 2019 schwach signifikant höher als im Jahre 2018.

Fasst man alle Alarm-Erkrankungen zusammen, konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen Prävalenz und Prüffahr gefunden werden.

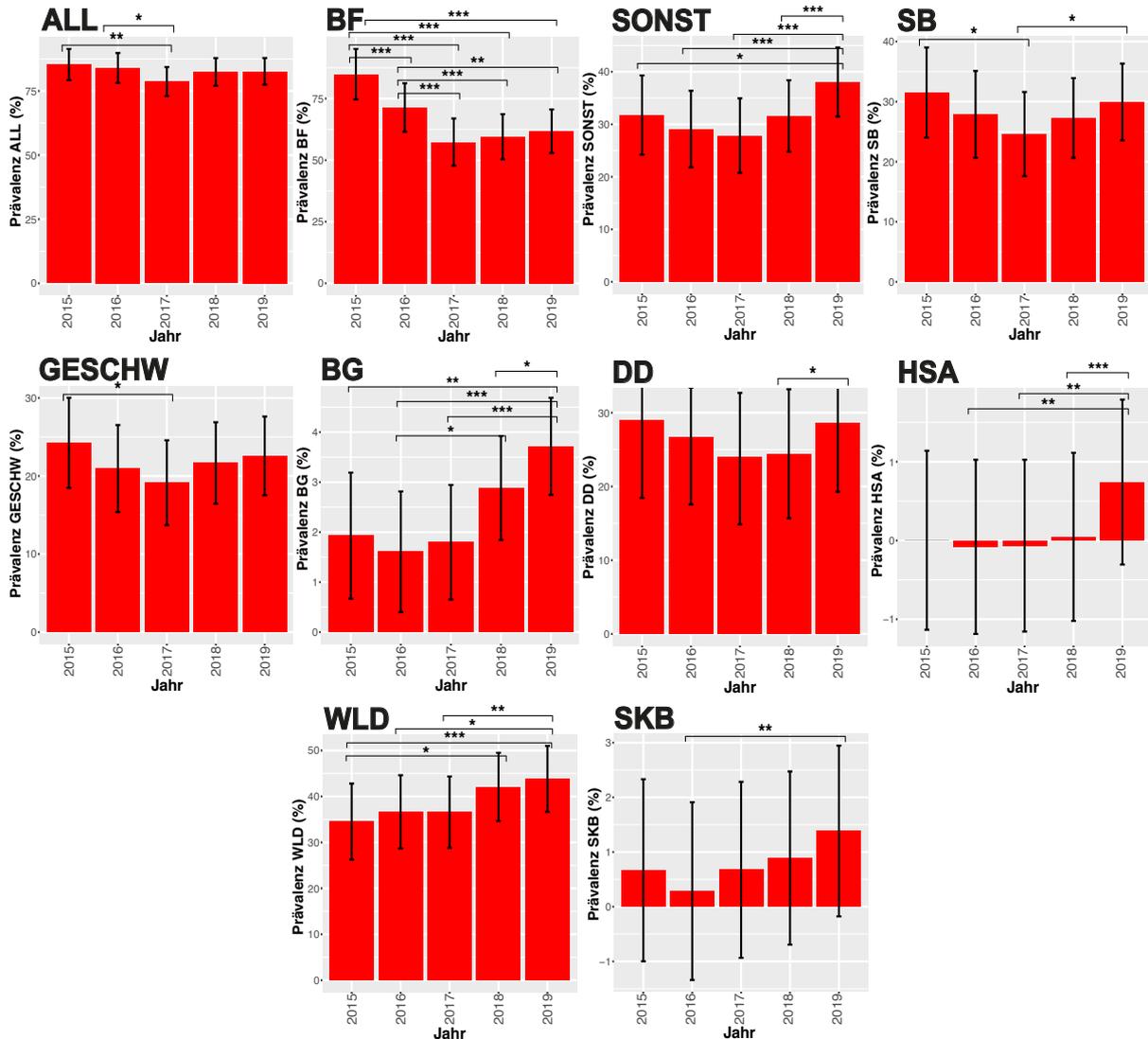


Abb. 32 Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Prävalenz bestimmter Klauenläsionen in Prozent (y-Achse) und Prüffahr (x-Achse). In dieser Analyse wurden die Jahre 2015 bis 2019 berücksichtigt. Es wurden nur Klauenläsionen mit signifikanten Zusammenhängen dargestellt. \*\*\* = hochsignifikanter Zusammenhang ( $p < 0,001$ ), \*\* = signifikant ( $p < 0,01$ ), \* = schwach signifikant ( $p < 0,05$ ). Das Kürzel über jedem Graphen entspricht der dargestellten Klauenläsion. Die Bedeutung der Abkürzungen ist im Abkürzungsverzeichnis angeführt.  $n = 384$  Betriebe

#### 4.4.6. Zahl der Herdenschnitte

Bei allen analysierten Klauenbefunden bestand ein eindeutig positiver, hochsignifikanter Zusammenhang zwischen Prävalenz und Anzahl der jährlichen Herdenschnitte (Abb. 33), wobei die Prävalenzen bei drei oder mehr Herdenschnitten immer am höchsten waren.

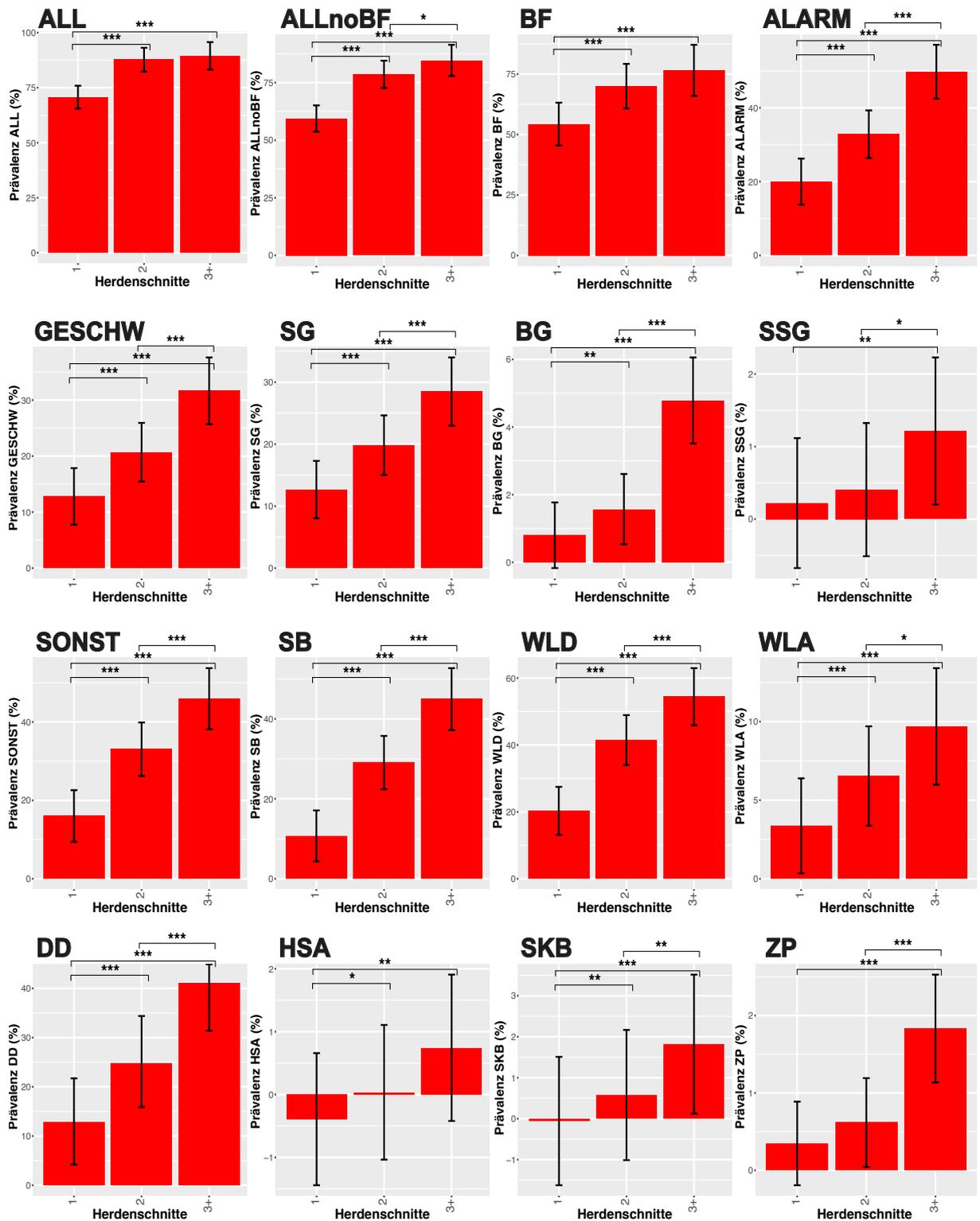


Abb. 33 Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Prävalenz bestimmter Klauenläsionen in Prozent (y-Achse) und Zahl der jährlichen Herdenschnitte (x-Achse). Zahl der Herdenschnitte größer gleich drei wurden in der Gruppe "3+" zusammengefasst. Es wurden nur Klauenläsionen mit signifikanten Zusammenhängen dargestellt. \*\*\* = hochsignifikanter Zusammenhang ( $p < 0,001$ ), \*\* = signifikant ( $p < 0,01$ ), \* = schwach signifikant ( $p < 0,05$ ). Das Kürzel über jedem Graphen entspricht der dargestellten Klauenläsion. Die Bedeutung der Abkürzungen ist im Abkürzungsverzeichnis angeführt.  $n = 384$  Betriebe

## 4.5. Benchmarking

In diesem Abschnitt werden Kennzahlen bzw. Bezugswerte für die Prävalenzen der einzelnen Klauenläsionen/Klauenbefunde dargestellt und definiert, anhand welcher sich Landwirte orientieren können, ob die Klauengesundheit in ihrem Betrieb sehr gut, durchschnittlich oder doch eher schlecht einzustufen ist. Die Ergebnisse des Benchmarkings der Klauenläsionen/Klauenbefunde für den Beobachtungszeitraum 2015–2020 wurden in Abb. 34 und die wichtigsten Klauenläsionen zur besseren Übersicht auch in Tabellenform (Tab. 2) zusammengefasst.

Tab. 2. Ergebnisse des Benchmarkings für die Prävalenz der Klauenläsionen/Klauenbefunde für die Eintragsjahre 2015 bis 2020. Die Referenzwerte entsprechen der Prävalenz der jeweiligen Klauenläsion in derselben Zeile in Prozent. Zur Berechnung der Prävalenzen wurden alle Schweregrade (inklusive Grad 1) herangezogen. Die Bedeutung der Abkürzungen ist im Abkürzungsverzeichnis angeführt. n = 384 Betriebe bzw. 254 Betriebe (DD)

<b>Klauenläsion</b>	<b>Beste 10 %</b>	<b>Beste 25 %</b>	<b>Median</b>	<b>Schlechteste 25 %</b>	<b>Schlechteste 10 %</b>
<b>ALARM</b>	4,2	9,1	16,8	43,5	100,0
<b>GESCHW</b>	2,5	5,7	11,6	33,4	100,0
<b>WLD</b>	13,9	28,0	53,3	93,3	100,0
<b>WLA</b>	0,0	0,0	0,0	12,0	63,4
<b>SB</b>	0,9	13,1	28,1	68,3	100,0
<b>SONST</b>	9,1	19,6	34,1	72,1	100,0
<b>DD</b>	1,8	8,3	22,9	62,1	99,6

Die 25 % der Betriebe mit der besten Klauengesundheit zeigten bei Weiße-Linie-Defekten (Score 1) eine maximale Prävalenz von 28,0 %, bei sonstigen Klauenbefunden von 19,6 %, bei Alarm-Klauenerkrankungen von 9,1 %, bei Dermatitis digitalis von 8,3 %, bei Geschwüren gesamt von 5,7 % und bei Sohlengeschwüren von 5,7 % (Tab. 2). Bei Schwellung des Kronsaums bzw. Ballens, Weiße-Linie-Abszessen, axialen Hornspalten, Ballengeschwüren, Sohlenspitzen- und Zwischenklauenphlegmone lag die Prävalenz bei den 25 % der Betriebe mit der besten Klauengesundheit bei 0 % (Abb. 34).

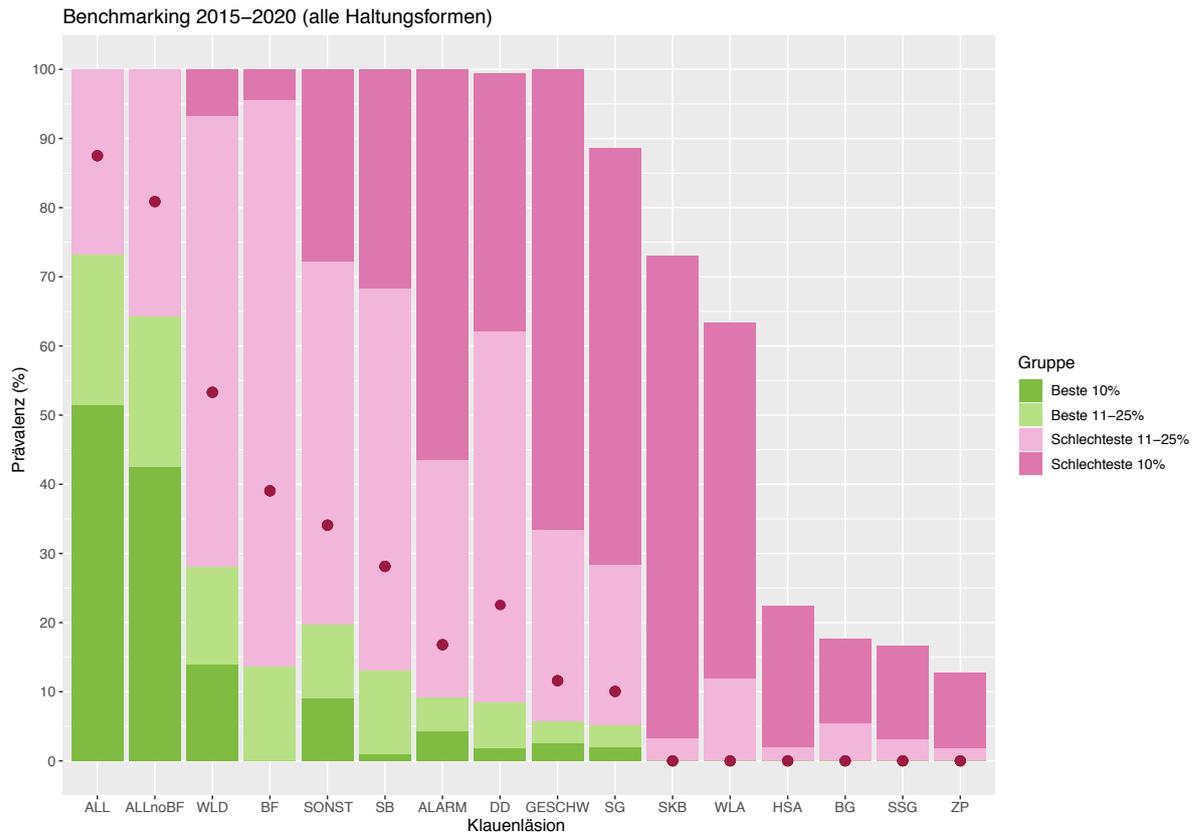


Abb. 34 Balkendiagramm zur Darstellung der Ergebnisse des Benchmarkings für die Prävalenz der Klauenläsionen/Klauenbefunde für die Eintragsjahre 2015 bis 2020. Für die Berechnung der Prävalenzen wurden nur Eintragsjahre mit mindestens einem Herdenschnitt (d.h.  $\geq 50\%$  der Herde wurde klauengepflegt) berücksichtigt. Beginn und Ende jedes Balkens einer Farbe (= Gruppe) entspricht dem Bezugswert der Prävalenz einer bestimmten Klauenläsion/Klauenbefund und Gruppe. Der rote Punkt markiert den Median für jede Gruppe. ALL = alle Klauenläsionen/Klauenbefunde außer K0 (gesund), ALLnoBF = alle Klauenläsionen/Klauenbefunde außer K0 und BF, GESCHW = Summe der Prävalenzen von SG, SSG, BG und KG. Die Bedeutung der weiteren Abkürzungen ist im Abkürzungsverzeichnis angeführt. n = 384 Betriebe

## 5. Diskussion

### **Datenqualität und Einfluss auf die Interpretation der Ergebnisse**

Bei der Zusammenstellung des Datensatzes der Klauenläsionen/Klauenbefunde gab es einige Aspekte, die bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden sollten. Erstens bestand eine unregelmäßige Verteilung der Datenmenge zwischen einzelnen Betrieben und innerhalb derselben Betriebe verglichen mit den verschiedenen Prüfjahren. So lagen bei manchen Betrieben und Prüfjahren nur sporadisch Befunde vor, da nur ein- bis zweimal jährlich eine Klauenpflege durchgeführt worden war, bei anderen Betrieben wurden wiederum bis zu 30 verschiedene Klauenpflegebesuche innerhalb eines Jahres aufgezeichnet, wodurch die Ergebnisse aus einzelnen Betrieben und Eintragsjahren stark überrepräsentiert waren und dadurch die Statistiken verfälschen könnten.

Bei der Berechnung der Prävalenz von Klauenerkrankungen wurde diese Tatsache berücksichtigt und dadurch ausgeglichen, dass pro Betrieb die Befunde aus allen Klauenpflegebesuchen eines Jahres zusammengefasst wurden und somit, wenn dieselbe Kuh aufgrund einer Klauenerkrankung öfters klauengepflegt wurde, diese nur einmal gezählt wurde. Aufgrund der sporadischen und unregelmäßigen Herdenschnitte konnte auch keine Untersuchung nach Jahreszeit vorgenommen werden.

Zweitens bestand der Datensatz zu 95 % aus Klauenpflegebefunden aus der Steiermark und Niederösterreich, wohingegen die restlichen 5 % der Befunde aus Kärnten und Oberösterreich stammten. Die anderen österreichischen Bundesländer waren im Datensatz gar nicht vertreten, da aus diesen Bundesländern über den definierten längeren Zeitraum noch keine Klauenpflegedaten zentral an die ZuchtData übermittelt worden waren. Es liegt also eine sehr ungleichmäßige Verteilung an verfügbaren Daten zwischen den Bundesländern vor. Deshalb muss bei der Beurteilung der Ergebnisse berücksichtigt werden, dass sich der Großteil der Befunde auf nur zwei Bundesländer – Steiermark und Niederösterreich – bezieht, die aber immerhin zusammen mit Oberösterreich die Bundesländer mit den meisten und größten Milchviehbetrieben repräsentieren (ZuchtData 2020). Trotzdem kann daher nicht von einer österreichweiten Auslegung der Ergebnisse ausgegangen werden. Aus demselben Grund konnte auch keine Analyse zum Vorkommen bestimmter Klauenerkrankungen in einzelnen Bundesländern durchgeführt werden.

Drittens fehlten bei über der Hälfte der Betriebe aus dem Datensatz Informationen zur Lokalisation und Grad der Erkrankung, zum Haltungssystem, zur Laktationszahl, zum

Laktationsmonat und zu weiteren Faktoren, aufgrund der Verwendung von Daten aus unterschiedlichen Klauenpflegersoftwareprogrammen, bei denen zum Teil nicht alle dieser Parameter standardmäßig dokumentierbar sind, weshalb bei der Beantwortung der Fragestellungen im Rahmen der Diplomarbeit nur mit einem Teil der Betriebe aus dem Datensatz gearbeitet werden konnte. Auch konnte der Einfluss der Bodenart und der Bodenbeschaffenheit, die nachweislich bei der Entstehung bestimmter Klauenerkrankungen eine große Rolle spielen (Somers et al. 2003, Shearer und van Amstel 2007, Bergsten et al. 2015), aufgrund der fehlenden Information nicht analysiert werden.

Ein weiterer grundsätzlich möglicherweise limitierender Aspekt im Datensatz ist die Dokumentation der Klauenbefunde durch 32 verschiedene Klauenpfleger/innen. Selbst wenn diese durch eine gemeinsame Ausbildung auf den gleichen Stand gebracht worden sind und durch einen Interrater-Reliability-Test die Vergleichbarkeit der Befunde sichergestellt worden war, kann trotzdem nicht komplett ausgeschlossen werden, dass gewisse Klauenpfleger/innen in Bezug auf die Dokumentation von beispielsweise Ballenhornfäule oder Sohlenblutungen genauer sind oder bestimmte Klauenerkrankungen subjektiv als schwerwiegender einschätzen und andere Schweregrade dokumentieren. Aus diesem Grund wurde mit Ausnahme der Weißen-Linie-Erkrankung, bei welcher die Schweregrade 2 und 3 zu den Weiße-Linie-Abszessen hinzugezählt wurden, auch keine Differenzierung nach Schweregraden vorgenommen, sondern in jeder Berechnung alle Schweregrade (inklusive Grad 1) berücksichtigt.

Um diese Limitationen und potenziellen Fehlerquellen jedoch so gering wie möglich zu halten, wurde der Übereinstimmungsgrad (Cohens Kappa Wert) der im Rahmen des Projektes Klauen-Q-Wohl durchgeführten Online-Umfrage zur korrekten Zuordnung von Abbildungen mit Klauenläsionen (Interrater-Reliability-Test) so gewählt, dass nur Klauenpflegebefunde von solchen Klauenpfleger/innen berücksichtigt wurden, die einen Cohens Kappa Wert  $\geq 0,6$  aufwiesen, was schon eine starke Übereinstimmung bedeutet (Landis und Koch 1977). In einer anderen Studie wurde auch die Übereinstimmung der Datenerhebung zwischen fünf teils sehr erfahrenen und fünf weniger erfahrenen Lahmheitsbeurteilern, insgesamt also 10 Personen, unter Verwendung eines an Sprecher et al. (1997) angelehnten und modifizierten 5-Punkte Beurteilungssystems überprüft, wobei es hierbei auch um eine visuelle Beurteilung von Lahmheit ging (Thomsen et al. 2008). Dabei zeigte sich, dass alle fünf erfahrenen Beurteiler gute Übereinstimmungen beim Inter- und Intraobserver-Test aufwiesen, und dass ein vorher stattgefundenes Training bei erfahrenen Beurteilern nur einen geringen positiven Effekt ohne statistische Signifikanz (weighted mean kappa Werte von 0,48 vorher und 0,52 nachher) auf

die Ergebnisse hatte (Thomsen et al. 2008). Huber et al. (2021) und Strauss et al. (2021) führten im Rahmen von ähnlichen Projekten in der Schweiz auch eine Online-Umfrage unter Klauenpfleger/innen durch, um die Übereinstimmung in der Erkennung von Klauenbefunden zu testen, und auch in einer Studie aus Spanien wurde zur Untersuchung der Klauengesundheit und genetischen Parametern mit von Klauenpfleger/innen dokumentierten Befunden gearbeitet (Pérez-Cabal und Charfeddine 2015). Somit erscheint die Nutzung der Klauenpflegedaten, die von geschulten und erfahrenen Klauenpfleger/innen elektronisch bei jeder Klauenpflegevisite dokumentiert wurden, und welche auch regelmäßig in der Qualität ihrer Diagnosestellung durch Berechnung von Kappa Werten bei Interobserver-Tests überprüft werden (Huber et al. 2021, Strauss et al. 2021), beim Definieren von Kennzahlen und Grenzwerten für die Klauengesundheit und zur Berechnung von Herdenprävalenzen für wissenschaftliche Auswertungen unverzichtbar (Pérez-Cabal und Charfeddine 2015, Heringstad et al. 2018, Huber et al. 2021).

### **Ergebnisse aus den Daten des Klauen-Q-Wohl Projektes**

Die im Datensatz am häufigsten dokumentierten Klauenläsionen/Klauenbefunde waren Ballenhornfäule, Weiße-Linie-Defekte (Grad 1), Dermatitis digitalis (DD) und Sohlenblutungen, was mit einer vergleichbaren Analyse von Klauenpflegedaten in Österreich mittels Klauenmanager bei ca. 679 Kühen aus 15 Milchviehherden übereinstimmt (Kofler et al. 2013). Eine ähnliche Häufigkeitsverteilung konnte auch bei einer Auswertung der Klauenpflegedaten von 281 Mutterkühen aus 15 Herden in Kärnten gefunden werden mit dem einzigen Unterschied, dass in letztgenannter Analyse chronische Reheklauen bzw. konkave Vorderwand als häufigste Klauendiagnose dokumentiert worden waren (Keplinger et al. 2013). Die häufigsten sonstigen Klauenbefunde (SONST) waren in absteigender Reihenfolge Doppelsohlen, konkave Vorderwand, Limax und Rollklauen, wobei Doppelsohlen und konkave Vorderwand auch bei einer Studie an Kalbinnen in österreichischen Milchviehbetrieben sehr häufig gefunden werden konnten (Kofler et al. 2011). Innerhalb der Gruppe der Alarm-Klauenerkrankungen, welche insgesamt einen relativen Anteil von 6 % an allen dokumentierten Klauenläsionen bzw. Klauenbefunden aufwiesen, wurden Sohlengeschwüre (33,9 %), die akute Form der Dermatitis digitalis (33,2 %) und Weiße-Linie-Abszesse (17,4 %) mit Abstand am häufigsten diagnostiziert, was nicht überraschend ist, da diese häufig Folgeerkrankungen von den oben genannten häufigsten Klauenläsionen mit Infektion der Lederhaut darstellen. Diese Vergleiche mit früheren Auswertungen von dokumentierten

Klauengesundheitsdaten von nur einzelnen Klauenpfleger/innen (Kofler et al. 2011, Kofler et al. 2013, Keplinger et al. 2013) zeigten, dass der in der vorliegenden Studie untersuchte, sehr viel größere Datensatz aus 526 österreichischen Milchviehbetrieben ähnliche Ergebnisse bezüglich der Häufigkeit bestimmter Klauenläsionen/ Klauenbefunde ergab.

Die Analyse der vorliegenden Daten zeigte zudem, dass häufiger von Klauenläsionen betroffene Kühe klauengepflegt wurden als klauengesunde Kühe. Dieses Ergebnis legt nahe, dass viele Betriebe einen Klauenpfleger/eine Klauenpflegerin rufen, wenn auch nur einzelne Tiere ein Problem mit der Klauengesundheit haben, und nicht generell die Klauenpflege als prophylaktische Maßnahme ansehen. Wenn Tiere nur nach Bedarf und Notwendigkeit klauengepflegt werden, wäre dies auch eine mögliche Erklärung dafür, warum die meisten Betriebe nur einen Herdenschnitt pro Jahr durchführten.

Wider Erwarten wurden, wie in Abb. 14 ersichtlich, ältere Kühe nicht häufiger klauengepflegt als jüngere, obwohl bekannt ist, dass mit zunehmender Laktationsnummer die Häufigkeit bestimmter Klauenerkrankungen bzw. Läsionen wie Sohlengeschwüre, Weiße-Linie-Abszesse und chronische Reheklauen deutlich zunimmt (Fjeldaas et al. 2007, Foditsch et al. 2016). Eine Erklärung dafür könnte sein, dass ein Klauenpflegeregime angepasst an Risikofaktoren bzw. Risikoperioden bei Milchkühen bei vielen Landwirten entweder noch gar nicht bekannt ist bzw. aus anderen Gründen (z.B. Kostengründen oder aufgrund zu kleiner Herdengröße) nicht umgesetzt wird (Kofler 2019, Sadiq et al. 2020, Kofler 2021).

Während des Beobachtungszeitraumes von 2010 bis 2020 zeigten knapp über die Hälfte der Betriebe ein Wachstum bei der durchschnittlichen Kuhzahl und Herdengröße. Das bedeutet, dass mehr als 50 % der dokumentierten Milchviehbetriebe in Österreich verglichen mit dem ersten Eintragsjahr gewachsen sind, ausgebaut haben bzw. mehr Kühe hielten. Dieser steigende Trend bezüglich der Kuhzahl pro Betrieb deckt sich auch mit der neuesten Statistik aus der AMA-Rinderdatenbank, in welcher zwar der Rinderbestand in Österreich eine sinkende Tendenz durch die Schließung vieler Betriebe aufweist, jedoch jene Betriebe, die geblieben sind, ein starkes Wachstum in der Herdengröße zeigten (Krall 2020). An dieser Stelle ist anzumerken, dass minimales Wachstum in der Herdengröße auch dadurch entstehen konnte, dass zur Berechnung der Herdengröße nicht mit der tatsächlichen Kuhzahl, sondern mit einer basierend auf Futtertagen der Milchkühe am Betrieb berechneten durchschnittlichen Kuhzahl (DK\_KUH) gearbeitet wurde, da die Herdengröße je Betrieb im Jahr Schwankungen unterliegt und zu einer Klauenpflegevisite nicht immer alle Tiere klauengepflegt werden.

Bei der Analyse der Einflussfaktoren auf das Auftreten von Klauenerkrankungen auf Einzeltierebene zeigte sich, dass in Bezug auf die Haltungform unterschiedlich deutliche

Zusammenhänge erkennbar waren. Insgesamt lag die durchschnittliche Prävalenz von Klauenläsionen bei allen drei Haltungformen bei etwa 80 %. Die Laufstallhaltung zeigte insgesamt die höchste Prävalenz (85 %), wobei hier hauptsächlich sonstige Klauenbefunde und Weiße-Linie-Defekte zur Gesamtprävalenz beitrugen. In der Kombinations- und Anbindehaltung wurden vor allem Geschwüre (besonders SG) beobachtet. Ähnliche Gesamtprävalenzen in Milchviehherden wurden von Kofler et al. (2013) und von Becker et al. (2014a) berichtet. Der Anteil an schmerzhaften Alarm-Klauenerkrankungen (Kofler 2021) lag bei allen drei Haltungformen im Mittel zwischen 32 bis 36 %, was im Vergleich mit anderen Studien als relativ hoch einzustufen ist (Fjeldaas et al. 2007, Becker et al. 2014a).

Bei der Analyse der Einflussfaktoren auf das Auftreten von Klauenerkrankungen auf Einzeltierebene zeigte sich, dass der Laktationsmonat insgesamt einen signifikanten Einfluss auf das Auftreten bestimmter Klauenerkrankungen zu haben scheint, besonders bei Sohlengeschwüren, die zwischen dem zweiten und neunten Laktationsmonat gehäuft auftraten, und Zwischenklauenphlegmone, welche vor allem kurz nach der Abkalbung bis zum zweiten Laktationsmonat gehäuft dokumentiert wurde. Ähnliche Ergebnisse wurden in anderen Studien berichtet, wonach Sohlen- und Sohlenspitzen-geschwüre gehäuft ab drei Wochen nach der Abkalbung auftraten (Mason et al. 2012) und Zwischenklauenphlegmone besonders in den ersten 60 Laktationstagen gehäuft vorkam (DeFrain et al. 2013).

Des Weiteren schien die Laktationszahl einen noch größeren Einfluss auf das Auftreten gewisser Klauenläsionen/Klauenbefunde zu haben. So wurden beispielsweise Alarm-Klauenerkrankungen, besonders Sohlengeschwüre, sowie die konkave Vorderwand deutlich häufiger dokumentiert je höher die Laktationszahl war, wohingegen die Häufigkeit des Befundes "Klaue o.B.", Zwischenklauenphlegmone und Dermatitis digitalis (ohne M2-Stadium) negativ mit der Laktationszahl zusammenhingen. Diese Ergebnisse decken sich mit den Resultaten anderer Studien, bei welchen die Zwischenklauenphlegmone am häufigsten im 1. Laktationsjahr festgestellt wurde (Alban et al. 1995), Sohlengeschwüre besonders bei Kühen ab der Laktationszahl 4 und höher auftraten (Fjeldaas et al. 2007, Foditsch et al. 2016) und die Häufigkeit von Dermatitis digitalis mit steigender Laktationszahl sank (Barker et al. 2009). Bei der Analyse der Einflussfaktoren auf die Prävalenz von Klauenläsionen/Klauenbefunden auf Herdenebene zeigten sich deutlich divergierende Ergebnisse, abhängig von den jeweiligen Klauenläsionen/Klauenbefunden bzw. Einflussfaktoren.

Als der sich mit der stärksten Signifikanz auswirkende Faktor erschien die Zahl der Herdenschnitte, wobei wider Erwarten die Prävalenz jeder berücksichtigten Klauenläsion mit steigender Anzahl der Herdenschnitte anstieg. Dieser Zusammenhang ist möglicherweise so

zu erklären, dass Betriebe mit höherer Prävalenz von Klauenerkrankungen/Klauenläsionen öfters einen Klauenpfleger/eine Klauenpflegerin zu sich bestellen und auf sogenannten "Problem-Betrieben" daher öfters eine Klauenpflege durchgeführt wird. Daraus ist aber auch abzuleiten, dass diese Betriebe nicht präventiv agieren, was der eigentliche Sinn der funktionellen Klauenpflege wäre (Kofler 2019, Sadiq et al. 2020), sondern erst nach Bedarf, d.h. wenn Kühe bereits lahm sind, eine Klauenpflege durchführen lassen. Eine weitere Erklärung dafür könnte sein, dass bei Betrieben, bei denen öfters eine Klauenpflege bzw. ein Herdenschnitt durchgeführt wird, die Wahrscheinlichkeit, dass Klauenläsionen gefunden werden, höher ist als bei Betrieben, die nur einen Herdenschnitt pro Jahr durchführen, und demnach auch die Gesamtprävalenz höher erscheint.

Der Einfluss des Klauenpflegers/der Klauenpflegerin war ein weiterer Faktor, bei dem je nach KlauenpflegerIn und Klauenläsion/Klauenbefund große Varianzen in der relativen Dokumentationshäufigkeit zu beobachten waren. Da die ausgewählten Klauenpfleger/innen alle durch die Notwendigkeit einer gleichwertigen Ausbildung (LFI-Klauenpflege-Zertifikatslehrgang) und einen absolvierten Interrater-Reliability-Test hinsichtlich ihrer Diagnosefähigkeiten validiert worden waren, ist davon auszugehen, dass die Ursache für die Unterschiede nicht vorrangig bei den Klauenpfleger/innen selbst, sondern bei den von ihnen klauengepflegten Betrieben liegen, welche eben sehr unterschiedliche Prävalenzen an verschiedenen Klauenläsionen aufweisen können. Dies wurde auch in zahlreichen anderen Studien nachgewiesen (Kofler et al. 2011, Keplinger et al. 2013, Becker et al. 2014a, Becker et al. 2014b, Kofler und Pesenhofer 2015).

Bezüglich des Einflussfaktors "Rasse" wurde festgestellt, dass in der vorliegenden Untersuchung Brown Swiss Kühe im Allgemeinen die niedrigste Prävalenz an Klauenläsionen aufwiesen. Im Gegensatz dazu zeigten Fleckvieh-Rinder insgesamt bei allen Klauenläsionen, besonders aber bei Weiße-Linie-Erkrankungen und Sohlenblutungen und Holstein Rinder bei Dermatitis digitalis und Alarm-Erkrankungen die höchste Prävalenz. Bereits andere Autor/innen konnten nachweisen, dass die Rasse durchaus einen Einfluss auf die Prävalenz von Klauenerkrankungen bzw. von durch Klauenerkrankungen bedingte Lahmheiten haben kann, so zeigten Brown Swiss Kühe im Vergleich zu anderen Rassen deutlich niedrigere Prävalenzen (Becker et al. 2014b, Kofler et al. 2021).

Der Faktor Milchleistung hatte überraschender Weise nur bei Zwischenklauenphlegmone und Ballenhornfäule einen schwach signifikanten Einfluss. Abgangsrate durch Lahmheit bzw. Klauenerkrankungen hatte nur bei Weiße-Linie-Abszessen einen signifikanten Einfluss, wobei hier die Prävalenz am höchsten bei einer Abgangsrate von über 10 % war. Gerade bei Weiße-

Linie-Abszessen, die eine Komplikation von infizierten, vorangeschrittenen Weiße-Linie-Defekten sind, können daraus noch ernsthaftere Komplikationen wie eine eitrige Arthritis des Klauengelenkes resultieren, weshalb diese Erkrankung durchaus eine Abgangsursache sein könnte (Nuss et al. 2019). Warum die Prävalenzen von Klauenläsionen in der vorliegenden Auswertung kaum einen nachweisbaren Effekt auf die Milchleistung erkennen ließen, könnte einfach darin begründet sein, dass sich die Jahresmilchleistung, welche für die Berechnung zur Verfügung stand, auf die gesamte Herde und nicht auf das einzelne, klauenerkrankte Tier bezog, so dass sich mit solchen, nicht auf das Einzeltier bezogenen Daten diese Effekte nicht berechnen ließen. Für die Berechnung des Effektes von Lahmheiten unterschiedlichen Grades bzw. von den sie verursachenden Klauenerkrankungen sind prospektive Studien notwendig mit Erfassung der monatlichen Milchleistungsdaten auf Kuhebene oder noch besser mit Hilfe der Tagesmilchmengen pro Kuh, so wie dies von zahlreichen Autor/innen beschrieben wurde (Coulon et al. 1996, Amory et al. 2008, Bicalho et al. 2008, Kofler et al. 2021). Die Abgangsrate wiederum könnte deshalb nur einen geringen Einfluss gehabt haben, da die meisten schmerzhaften Klauenerkrankungen zwar lahmheitsverursachend, aber durchaus behandelbar sind, sofern diese früh genug erkannt werden. Nach den statistischen Auswertungen der ZuchtData lag die Abgangsrate durch Klauen- bzw. Gliedmaßenkrankungen bei Fleckvieh Kühen im Jahr 2020 bei 7,5 %, was niedriger war als die Abgangsrate in den Jahren 2019 (7,8 %) und 2018 (8,5 %), wobei Klauenerkrankungen gefolgt von Fruchtbarkeit (24 %) und Euterkrankheiten (13,3 %) die dritthäufigste Abgangsursache bedingt durch Krankheiten für Milchkühe darstellten (ZuchtData 2020). Ein möglicher Grund, weshalb im Rahmen dieser Auswertungen kein starker Zusammenhang zwischen Abgangsrate und Prävalenz von Klauenläsionen/Klauenbefunden gefunden werden konnte, könnte sein, dass bei dem gemischten linearen Modell die Abgangsrate am Betrieb auf Herdenebene und nicht die durch Klauenerkrankungen abgegangenen Rinder im Einzelnen betrachtet wurden.

Zu guter Letzt zeigte sich bei der Untersuchung des Prüfjahres, dass die Prävalenzen von Ballengeschwüren, Weiße-Linie-Erkrankungen, Schwellungen des Kronsaums und/oder Ballens und axialen Hornspalten über die ausgewerteten Jahre hinweg gestiegen waren, die Prävalenz von Ballenhornfäule hingegen gesunken war. Bei der Haltungform konnten bis auf ein erhöhtes Auftreten von Weiße-Linie-Erkrankungen und sonstigen Klauenbefunden sowie erniedrigtes Auftreten von Geschwüren insgesamt (besonders SG) in der Laufstallhaltung keine stark signifikanten Unterschiede zu anderen Haltungsformen festgestellt werden. In einer Studie aus Norwegen, bei der 55 Milchviehherden in Anbindehaltung und 57

Milchviehherden in Laufstallhaltung analysiert wurden, wurde gezeigt, dass Kühe in Laufstallhaltung in der Regel höhere Prävalenzen an Dermatitis digitalis, Ballenhornfäule, Blutungen an der weißen-Linie und Sohle, Sohlengeschwüren und Weiße-Linie-Defekten aufwiesen (Sogstad et al. 2005). Fjeldaas et al. (2011) zeigten auch, dass Dermatitis digitalis, Weiße-Linie-Erkrankungen und Ballenhornfäule häufiger in Laufstallhaltung als in Anbindehaltung auftraten, vor allem, wenn spaltenlose Betonböden zum Einsatz kamen. Dies legt nahe, dass besonders in der Laufstallhaltung der Einsatz falscher Böden zu unphysiologischer Abnützung des Klauenhorns führt und daher zusätzlich bei seltener oder unregelmäßiger Klauenpflege das Auftreten von Klauenläsionen begünstigt wird.

### **Entwicklung eines Benchmarkings für die Klauengesundheit**

Die Berechnung der Kennzahlen für das Benchmarking der Klauengesundheit erfolgte analog der Publikationen von Egger-Danner et al. (2020, 2021), welche anhand der Sortierung nach "Betrieben mit bester Gesundheit" und "Betrieben mit schlechtester Gesundheit" Kennzahlen für die Fruchtbarkeit und Tiergesundheit festlegten. Für die Berechnung der Kennzahlen zur Klauengesundheit wurden in der vorliegenden Studie ausschließlich validierte Daten von den Klauenpfleger/innen verwendet, aus denen jährliche Prävalenzen von Klauenläsionen/Klauenbefunden errechnet wurden. Im Gegensatz hierzu steht eine vergleichbare Studie aus der Schweiz, worin fixe Grenzwerte für ausgewählte Klauenerkrankungen für Schweizer Milchkühe festgelegt wurden (Huber et al. 2021). Diese fixen Grenzwerte für die Kennzahlen zur Klauengesundheit wie Prävalenz an Lahmheit, Prävalenz von Abgängen infolge Lahmheit und Prävalenzen von sieben ausgewählten Klauenerkrankungen, waren auf Grundlage von Umfragen bei Klauenpfleger/innen, Tierärzten/Tierärztinnen, Landwirt/innen und Veterinärmedizinstudent/innen definiert worden (Huber et al. 2021). In dieser Schweizer Studie ist jedoch ausführlich beschrieben, dass die Lahmheitsprävalenz und das Auftreten von Klauenerkrankungen zwischen den einzelnen befragten Personengruppen sehr subjektiv und unterschiedlich wahrgenommen worden war (Huber et al. 2021). Aus diesem Grund ist der Ansatz einer Definition der Kennzahlen für die Klauengesundheit über ein Benchmarking mit Sortierung der Betriebe von sehr niedriger (beste 10 % der Betriebe) bis zu hoher Jahresprävalenz von Klauenläsionen (schlechteste 10 % der Betriebe) möglicherweise sinnvoller und auch flexibler, da ein solches Benchmarking jedes Jahr mit Hilfe der neuesten Datensätze, die von den Klauenpfleger/innen aus den Betrieben laufend zur Verfügung gestellt und zentral von der ZuchtData ausgewertet werden, aktualisiert werden kann (Egger-Danner

et al. 2020). Bei der Berechnung der Kennzahlen bei Egger-Danner et al. (2021) wurden zur Vergleichbarkeit über die Erfassungsart (Klauenpfleger/in, Landwirt/in) der Klauenbefunde bei Daten von Klauenpfleger/innen die Grad 1-Befunde für Doppelsohle, Ballenhornfäule, Weiße-Linie-Erkrankung und Sohlenblutung in der Berechnung der Kennzahlen für das Benchmarking nicht berücksichtigt. Bei den Alarmbefunden wurden die WLD-Befunde (Grad 2 und Grad 3) berücksichtigt.

Ein solches Benchmarking ermöglicht eine sehr flexible Bestimmung von Kennzahlen, welche je nach Jahr, Haltungsform, Rasse und weiteren betrieblichen Besonderheiten einfach angepasst werden kann, und welche sich immer an den besten 10 % der ausgewerteten Betriebe orientiert. Außerdem motiviert Benchmarking und somit die Möglichkeit eines Vergleiches mit Kolleginnen und Kollegen nachweislich Landwirtinnen und Landwirte zur Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen im Betrieb (Sumner et al. 2018, Sumner et al. 2020). Während es einige Publikationen zur Anwendung von Benchmarking im Bereich von Kuhkomfort und Tierwohl in Milchviehbetrieben gibt (von Keyserlingk et al. 2012, Simon et al. 2016, Trillo et al. 2017, Zuliani et al. 2018, Crossley et al. 2021), existiert nur eine einzige, der Autorin derzeit bekannte Studie aus der Schweiz, die sich mit Kennzahlen zur Klauengesundheit beschäftigte (Huber et al. 2021). Das Benchmarking der Klauengesundheit, wie von Egger-Danner et al. (2021) beschrieben, ist für Milchviehbetriebe im Rinderdatenverbund (RDV – <https://www.rdv-gmbh.net>) bereits in Programmierung. Die Auswertungen werden in den LKV-Herdenmanager integriert.

## **Empfehlungen für Betriebsleiter/innen und Klauenpfleger/innen**

Basierend auf den Ergebnissen der Datenanalysen konnten folgende Empfehlungen für Betriebsleiter/innen und Klauenpfleger/innen zur Senkung der Prävalenz von Klauenerkrankungen/Klauenläsionen und zur Verbesserung der Klauengesundheit in den Betrieben mit mittlerer oder schlechter Klauengesundheit formuliert werden. Basierend auf den Ergebnissen des Benchmarkings liegen die Kennzahlen für die 25 % der Betriebe mit der besten Klauengesundheit bei den Alarm-Klauenerkrankungen bei 9 %, bei Geschwüren insgesamt bei 5,7 % (davon Sohlengeschwüre 5 %, Ballengeschwüre und Sohlenspitzen-geschwüre 0 %), bei Weiße-Linie-Defekten bei 27 %, bei Sohlenblutungen bei 13 % sowie bei Dermatitis digitalis bei 8,3 %. Bei Schwellung des Kronsaums bzw. Ballens, Weiße-Linie-Abszessen, axialen Hornspalten und Zwischenklauenphlegmone lag die Prävalenz der 25 % der besten Betriebe bei 0 %. Sohlen-/Sohlenspitzen-geschwüre und

Weiß-Linie-Erkrankungen kommen besonders häufig zwei Monate nach der Abkalbung bei Haltung auf harten (Spalten-)Böden zum Vorschein (Mason et al. 2012), weshalb gute Stallhygiene und Einstreu essentielle Faktoren zur Vorbeugung von Klauenerkrankungen darstellen (Cook und Nordlund 2009, de Vries et al. 2015, Bernhard et al. 2020).

Weiters schafft v.a. die elektronische Dokumentation der Klauengesundheit bei jeder Klauenpflege mit der Möglichkeit der sofortigen Analyse der Klauenpflegedaten noch am Hof (Wenz und Giebel 2012, Kofler 2013, Kofler und Pesenhofer 2015) und der Besprechung der Befunde mit dem/der LandwirtIn ein Bewusstsein für etwaige Schwachstellen im Management bzw. in der Haltung (Sumner et al. 2018, Sumner et al. 2020). Sie kann nachweislich die Klauengesundheit am Betrieb verbessern und ermöglicht auch die zentrale Erfassung dieser Klauenpflegedaten durch nationale Zuchtorganisationen, um die Klauengesundheit ebenso auf Ebene der Zucht langfristig zu verbessern (Kofler 2013, Kofler und Pesenhofer 2015, Pérez-Cabal und Charfeddine 2015, Heringstad et al. 2018). Die Dokumentation der Klauenpflegedaten kann gleichermaßen dazu dienen, den zeitlichen Verlauf der Klauengesundheit zu verfolgen und durchgeführte Verbesserungsmaßnahmen am Betrieb auf ihren Erfolg hin zu überprüfen (Wenz und Giebel 2012, Kofler 2013, Keplinger et al. 2013, Kofler und Pesenhofer 2015). Um die Qualität der elektronisch dokumentierten Daten sicher zu stellen, werden regelmäßige, jährliche Schulungen für Klauenpfleger/innen empfohlen (Huber et al. 2021, Strauss et al. 2021), die jede/r KlauenpflegerIn in Anspruch nehmen sollte. Des Weiteren sollte die Klauenpflege regelmäßig in Intervallen von 4 bis 6 Monaten, je nach Betriebssituation, und vor allem präventiv durchgeführt werden (Kofler 2019, Sadiq et al. 2020, Kofler et al. 2021) und nicht erst bei Auftreten von offensichtlichen Klauenerkrankungen bzw. Lahmheiten – sowohl aus tierschutzrelevanten Gründen (Bruijnjs et al. 2012) als auch Kostengründen (Bruijnjs et al. 2010). Dies sorgt auch für eine Steigerung der Milchleistung und Fruchtbarkeit und verbessert das Tierwohl (Thomsen et al. 2019, Kofler et al. 2021).

## 6. Zusammenfassung

Klauenerkrankungen – vor allem schmerzhaft, sogenannte Alarm-Klauenerkrankungen – sind nach wie vor in vielen Milchviehbetrieben Ursache für zahlreiche Lahmheiten und jährliche Abgänge.

Ziel dieser Diplomarbeit war die statistische Auswertung von Klauenpflegedaten aus dem Projekt „Klauen-Q-Wohl“ von 32 Klauenpfleger/innen zu Klauenerkrankungen aus 526 österreichischen Milchviehbetrieben mit besonderem Fokus auf Alarm-Klauenerkrankungen und deren Einflussfaktoren.

Basierend auf diesen Ergebnissen wurden Empfehlungen für Betriebsleiter/innen und Klauenpfleger/innen zur Verbesserung der Klauengesundheit in Österreich formuliert und Bezugswerte in Form eines Benchmarkings berechnet, anhand welchen sich Betriebsleiter/innen orientieren können, wie gut die Klauengesundheit ihrer Herde ist.

Die am häufigsten diagnostizierten Klauenläsionen/Klauenbefunde waren Ballenhornfäule (BF) mit 24,4 %, Weiße-Linie-Defekte (WLD) mit 12,9 %, Dermatitis digitalis (DD) mit 5,8 % und Sohlenblutungen mit 6,9 %. Als häufigste Alarm-Erkrankungen wurden Sohlengeschwüre (SG) mit 33,9 %, die akute Form der DD mit 33,2 % und Weiße-Linie-Abszesse (WLA) mit 17,4 % identifiziert. Über die Hälfte der am Projekt teilnehmenden Milchviehbetriebe zeigten über den Beobachtungszeitraum eine zunehmende Kuhzahl am Betrieb mit einer mittleren Herdengröße von 36 Tieren. Das Durchschnittsalter der Milchkühe am Betrieb lag zwischen 5,1 und 5,7 Jahren. Rund 75 % der Betriebe führte ein- oder zweimal, 11 % drei- und die restlichen 14 % viermal oder noch häufiger pro Jahr eine Klauenpflege durch.

Aufgrund des stark variierenden Anteils an klauengepflegten Tieren je Klauenpflegebesuch wurden als Grundlage für die Identifikation von Einflussfaktoren nur Klauenpflegebesuche mit mindestens 50 % klauengepflegten Tiere berücksichtigt. Auf Einzeltierebene konnte festgestellt werden, dass Laktationszahl und Laktationsmonat einen besonders großen Einfluss auf das Auftreten von Sohlengeschwüren (SG), M2-Stadien der DD, Zwischenklauenphlegmone (ZP), Weiße-Linie-Abszesse und Klauenrehe (konkave Vorderwand) hatten. Auf Herdenebene hatten die Faktoren Haltungsform, Rasse und Zahl der jährlichen Herdenschnitte die stärksten Effekte auf die Klauengesundheit. Die Haltungsform hatte nur bei WLD, sonstigen Klauenbefunden und Geschwüren einen hochsignifikanten Effekt auf die Prävalenz, Milchleistung nur bei ZP sowie Abgangsrate nur bei WLA. Das Prüfjahr beeinflusste hauptsächlich die Prävalenz von BF, Ballengeschwüren und WLD.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass im Mittel wenig Herdenschnitte in österreichischen Milchviehbetrieben durchgeführt wurden, sowie präventive Klauenpflege nur selten an gesunden Kühen gemacht wurde. Des Weiteren sind die Dokumentation der Klauengesundheit bei jeder Klauenpflege und Benchmarking wertvolle Mittel, um potenzielle Schwachstellen im Management bzw. in der Haltung zu detektieren und Landwirt/innen zur Durchführung von Verbesserungsmaßnahmen zu motivieren. Außerdem spielten die Parität, Rasse, Haltungsform und Zahl der jährlichen Klauenpflegen eine große Rolle bei dem Auftreten von Klauenläsionen, weshalb eine regelmäßige, präventiv durchgeführte Klauenpflege essentiell ist, um nicht nur die Klauengesundheit und das Wohlbefinden der Tiere zu verbessern, sondern auch längerfristig Kosten zu sparen.

## 7. Summary

Claw disorders – especially painful, so-called "alarm disorders" – are still the main cause of lameness and annual losses in many dairy farms. The aim of this thesis was the statistical evaluation of claw trimming data from the project "Klauen-Q-Wohl" collected from 32 claw trimmers and 526 Austrian dairy farms with a special focus on alarm disorders and their predisposing factors.

Based on these results, recommendations for farm managers and claw trimmers to improve claw health in Austria were proposed and reference values for the prevalence of claw disorders were calculated, which farm managers can then use as a guide to evaluate the claw health on their farm compared to other farms in Austria.

The most commonly detected claw lesions were heel horn erosion (24,4%), white line disease (WLD - 12,9%), digital dermatitis (DD - 5,8%) and sole haemorrhages (6,9%). Sole ulcers (SG - 33,9%), DD (M2-stage - 33,2%) and white line abscesses (WLA - 17,4%) were identified as the most common alarm disorders.

Over half of the dairy farms participating in the project showed an increase in farm size with an average herd size of 36 animals over the observation period. The mean age of the dairy cows on the farms ranged between 5.1 and 5.7 years. Seventy-five percent of dairy farms performed one or two, 11% performed three and the remaining 14% performed four or more annual claw trimmings. Due to the highly varying proportion of animals which received a claw trimming by a claw trimmer on each visit, only claw trimming events where at least 50% of the herd had received a claw trim were used to calculate the prevalence of each claw lesion for the identification of predisposing factors.

At the individual animal level, it was found that the parity (number of lactations) and month of lactation had a particularly large influence on the occurrence of sole ulcers, DD (M2-stage), interdigital phlegmon (ZP), white line abscesses and laminitis with formation of a concave dorsal wall contour. At the herd level, housing system, breed and the number of annual herd trims had the strongest effects on claw health. Housing system only had a significant effect on the prevalence of WLD, the group of other non-painful claw lesions and ulcers. Milk yield influenced the prevalence of ZP and culling rate the prevalence of WLA. The year mainly influenced the prevalence of heel horn erosion, heel ulcers and white line disease.

In conclusion, few herd trims were carried out on Austrian dairy farms on average and preventive claw trimmings were rarely performed on healthy cows. Furthermore, benchmarking and the documentation of claw health at every claw trimming event are a valuable means to

detect potential weak points in management or husbandry and serve as motivation for farmers to carry out improvement measures. Furthermore, parity, breed, housing system and the number of annual herd trims played a major role in the occurrence of claw lesions, which is why regular, preventive claw trimmings are essential for not only improving claw health and the well-being of the animals overall, but also for saving costs in the long term.

## 8. Abkürzungsverzeichnis

ALARM	Alarm-Klauenerkrankungen (SG, SSG, BG, KG, SSN, WLA, SKB, HSA, DDM2)
BF	Ballenhornfäule
BG	Ballengeschwür
DD	Dermatitis digitalis
DDM2	M2-Stadium der Dermatitis digitalis
DS	Doppelsohle
DUN	Dünne Sohle
GESCHW	Geschwüre (SG, SSG, BG, KG)
HK	Hornkluft
HSA	Axialer Hornspalt
ID	Klauenfäule
KG	Klauengeschwür
KV	konkave Vorderwand
LI	Limax
RO	Rollklaue
SCH	Scherenklaue
SG	Sohlengeschwür
SKB	Schwellung des Kronsaums und/oder Ballens
SONST	sonstige, meist nicht schmerzhaftige Klauenbefunde (DS, KV, LI, RO, UK, DUN, SCH, HK, ID)
SSG	Sohlenspitzenengeschwür
SSN	Sohlenspitzennekrose
UK	Ungleiche Klauen
WLA	Weißer-Linie-Abszess
WLD	Weißer-Linie-Defekt
ZP	Zwischenklauenphlegmone

## 9. Literaturverzeichnis

- Alban L, Lawson LG, Agger JF. 1995. Foul in the foot (interdigital necrobacillosis) in Danish dairy cows — frequency and possible risk factors. *Prev Vet Med* 24 (2):73-82.
- Amory JR, Barker ZE, Wright JL, Mason SA, Blowey RW, Green LE. 2008. Associations between sole ulcer, white line disease and digital dermatitis and the milk yield of 1824 dairy cows on 30 dairy cow farms in England and Wales from February 2003-November 2004. *Prev Vet Med* 83 (3-4):381-391.
- Andersson L, Lundström K. 1981. The Influence of Breed, Age, Body Weight and Season on Digital Diseases and Hoof Size in Dairy Cows. *Zentralbl Veterinaermed [A]* 28 (2):141-151.
- Barker ZE, Amory JR, Wright JL, Mason SA, Blowey RW, Green LE. 2009. Risk factors for increased rates of sole ulcers, white line disease, and digital dermatitis in dairy cattle from twenty-seven farms in England and Wales. *J Dairy Sci* 92 (5):1971-1978.
- Becker J, Steiner A, Kohler S, Koller-Bähler A, Wüthrich M, Reist M. 2014a. Lahmheit und Klauenerkrankungen bei Schweizer Milchkühen: I. Häufigkeit. *Schweiz Arch Tierheilkd* 156 (2):71–78.
- Becker J, Steiner A, Kohler S, Koller-Bähler A, Wüthrich M, Reist M. 2014b. Lameness and foot lesions in Swiss dairy cows: II. Risk factors. *Schweiz Arch Tierheilkd* 156 (2):79–89.
- Bergsten C. 1995. Digital disorders in dairy cattle with special reference to laminitis and heel horn erosion: the influence of housing, management and nutrition [Dissertation]. Sakara (Schweden): Swedish University of Agricultural Sciences, Veterinary Institute.
- Bergsten C, Frank B. 1996. Sole haemorrhages in tied primiparous cows as an indicator of periparturient laminitis: effects of diet, flooring and season. *Acta Vet Scand* 37 (4):383-394.
- Bergsten C, Herlin A. 1996. Sole haemorrhages and heel horn erosion in dairy cows: the influence of housing system on their prevalence and severity. *Acta Vet Scand* 37 (4):395-408.
- Bergsten C, Telezhenko E, Ventorp M. 2015. Influence of soft or hard floors before and after first calving on dairy heifer locomotion, claw and leg health. *Animals (Basel)* 5 (3):662-686.
- Bernhard JK, Vidondo B, Achermann RL, Rediger R, Müller KE, Steiner A. 2020. Carpal, tarsal, and stifle skin lesion prevalence and potential risk factors in Swiss dairy cows kept in tie stalls: A cross-sectional study. *PLoS One* 15 (2):e0228808.
- Bicalho RC, Warnick LD, Guard CL. 2008. Strategies to analyze milk losses caused by diseases with potential incidence throughout the lactation: a lameness example. *J Dairy Sci* 91 (7):2653-2661.
- Brujinis MR, Hogeveen H, Stassen EN. 2010. Assessing economic consequences of foot disorders in dairy cattle using a dynamic stochastic simulation model. *J Dairy Sci* 93 (6):2419-2432.
- Brujinis MR, Beerda B, Hogeveen H, Stassen EN. 2012. Assessing the welfare impact of foot disorders in dairy cattle by a modeling approach. *Animal* 6 (6):962-970.

- Burgstaller J, Raith J, Kuchling S, Mandl V, Hund A, Kofler J. 2016. Claw health and lameness prevalence in cows from compost bedded and cubicle freestall dairy barns in Austria. *Vet J* 216:81-86.
- Carvalho VRC, Bucklin R, Shearer J, Shearer L. 2005. Effects of trimming on dairy cattle hoof weight bearing and pressure distributions during the stance phase. *Transactions of the ASAE American Society of Agricultural Engineers* 48:1653-1659.
- Cha E, Hertl JA, Bar D, Gröhn YT. 2010. The cost of different types of lameness in dairy cows calculated by dynamic programming. *Prev Vet Med* 97 (1):1-8.
- Christen AM, Egger-Danner C, Capion N, Charfeddine N, Cole J, Cramer G, De Jong G, Fiedler A, Fjeldaas T, Gengler N, Haskell M, Heringstad B, M. H, Koeck A, Kofler J, Müller K, Pryce J, Sogstad A, Stock F, Thomas G, Vasseur E: Lameness in dairy cattle. In: Section 7 - Bovine Functional Traits: Guidelines for health, female fertility, udder health, claw health traits, and lameness; pp.115-137. <https://www.lcar.org/Guidelines/07-Bovine-Functional-Traits.pdf> (Zugriff 10.05.2021).
- Clarkson MJ, Downham DY, Faulkner WB, Hughes JW, Manson FJ, Merritt JB, Murray RD, Russell WB, Sutherst JE, Ward WR. 1996. Incidence and prevalence of lameness in dairy cattle. *Vet Rec* 138 (23):563-567.
- Clemente CH. 1995. *Klauenpflege beim Rind*. 3. Aufl. Frankfurt a. M.: DLG-Verlag.
- Cook NB, Nordlund KV. 2009. The influence of the environment on dairy cow behavior, claw health and herd lameness dynamics. *Vet J* 179 (3):360-369.
- Coulon JB, Lescourret F, Fonty A. 1996. Effect of foot lesions on milk production by dairy cows. *J Dairy Sci* 79 (1):44-49.
- Crossley RE, Bokkers EAM, Browne N, Sugrue K, Kennedy E, de Boer IJM, Conneely M. 2021. Assessing dairy cow welfare during the grazing and housing periods on spring-calving, pasture-based dairy farms. *J Anim Sci* 99 (5). DOI 10.1093/jas/skab093.
- De Vries M, Bokkers EA, van Reenen CG, Engel B, van Schaik G, Dijkstra T, de Boer IJ. 2015. Housing and management factors associated with indicators of dairy cattle welfare. *Prev Vet Med* 118 (1):80-92.
- DeFraen JM, Socha MT, Tomlinson DJ. 2013. Analysis of foot health records from 17 confinement dairies. *J Dairy Sci* 96 (11):7329-7339.
- Del Giorgio Solfa F. 2019. *Öffentliches Benchmarking: Beiträge für subnationale Regierungen und Benchmarking Design*. 1. Aufl. Villa Elisa: FDGS; Buenos Aires; <https://www.aacademica.org/del.giorgio.solfa/163> (Zugriff 22.06.2021).
- Diana A, Lorenzi V, Penasa M, Magni E, Alborali GL, Bertocchi L, De Marchi M. 2020. Effect of welfare standards and biosecurity practices on antimicrobial use in beef cattle. *Sci Rep* 10 (1):20939.
- Dippel S, Dolezal M, Brenninkmeyer C, Brinkmann J, March S, Knierim U, Winckler C. 2009. Risk factors for lameness in cubicle housed Austrian Simmental dairy cows. *Prev Vet Med* 90 (1-2):102-112.
- Distl O, Schmid D. 1993. [Systematic control of claw health in cows raised in loose housing systems for the total year]. *Tierarztl Prax* 21 (1):27-35.
- Dolecheck KA, Bewley JM. 2018. Animal board invited review: Dairy cow lameness expenditures, losses and total cost. *Animal* 12 (7):1462–1474.

- Donovan GA, Risco CA, Temple GM, Tran TQ, van Horn HH. 2004. Influence of transition diets on occurrence of subclinical laminitis in Holstein dairy cows. *J Dairy Sci* 87 (1):73-84.
- Döpfer D. 2000. Summary about research activities concerning (papillomatous) digital dermatitis in cattle published or developed since 1998 [Vortrag]. In: Mortellaro C, De Vecchis L, Brizzi A, Hrsg. 11th International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit and 3rd International Conference on Bovine Lameness. Parma, Italy: Fondazione iniziative zooprofilattiche e zootecniche.
- Döpfer D, Koopmans A, Meijer FA, Szakáll I, Schukken YH, Klee W, Bosma RB, Cornelisse JL, van Asten AJ, ter Huurne AA. 1997. Histological and bacteriological evaluation of digital dermatitis in cattle, with special reference to spirochaetes and *Campylobacter faecalis*. *Vet Rec* 140 (24):620-623.
- Drendel TR, Hoffman PC, Socha MT, Tomlinson DJ, Ward TL. 2005. Effects of feeding zinc, manganese, and copper amino acid complexes and cobalt glucoheptonate to dairy replacement heifers on claw disorders. *Prof Anim Sci* 21 (3):217-224.
- Egger-Danner C, Nielsen P, Fiedler A, Müller K, Fjeldaas T, Döpfer D, Daniel V, Bergsten C, Cramer G, Christen A-M, Stock K, Thomas G, Holzhauer M, Steiner A, Clarke J, Capion N, Charfeddine N, Pryce E, Oakes E, Burgstaller J, Heringstad B, Ødegård C, Kofler J (2015): ICAR Claw Health Atlas. ICAR, Rome, [http://www.icar.org/Documents/ICAR\\_Claw\\_Health\\_Atlas.pdf](http://www.icar.org/Documents/ICAR_Claw_Health_Atlas.pdf) (Zugriff 15.04.2021).
- Egger-Danner C, Köck A, Fuchs K, Grassauer B, Fuerst-Waltl B, Obritzhauser W. 2020. Use of benchmarking to monitor and analyze effects of herd size and herd milk yield on cattle health and welfare in Austrian dairy farms. *J Dairy Sci*, 103 (8):7598-7610.
- Egger-Danner, C, Suntinger, M, Fiedler, A, Kofler, J. 2021. Kennzahlen zur Klauengesundheit in Österreich. Klauengesundheitsbroschüre. Herausgeber LFI Österreich (in Druck).
- Enevoldsen C, Gröhn YT, Thysen I. 1991. Heel erosion and other interdigital disorders in dairy cows: associations with season, cow characteristics, disease, and production. *J Dairy Sci* 74 (4):1299-1309.
- Fiedler A. 2000. Comparative studies about the prevalence of claw diseases in tie-stalls and loose-housing systems in Bavaria 1998 and 1999 [Vortrag]. In: Mortellaro C, De Vecchis L, Brizzi A, Hrsg. 11th International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit and 3rd International Conference on Bovine Lameness. Parma, Italy: Fondazione iniziative zooprofilattiche e zootecniche.
- Fiedler A, Maierl J, Nuss K. 2019. Funktionelle Klauenpflege. In: Fiedler A, Maierl J, Nuss K (Hrsg): *Erkrankungen der Klauen & Zehen des Rindes*. 2. Aufl., Stuttgart: Thieme, 59-83.
- Fischer D, Grund S, Pesenhofer R, Friebel L, Mülling CKW. 2021. Kurative Klauenpflege zur mechanischen Entlastung von Sohlengeschwüren – eine Ex-vivo-Studie. *Tierarztl Prax Ausg G* 49 (2):92-100.
- Fjeldaas T, Sogstad AM, Osterås O. 2011. Locomotion and claw disorders in Norwegian dairy cows housed in freestalls with slatted concrete, solid concrete, or solid rubber flooring in the alleys. *J Dairy Sci* 94 (3):1243-1255.
- Fjeldaas T, Nafstad O, Fredriksen B, Ringdal G, Sogstad AM. 2007. Claw and limb disorders in 12 Norwegian beef-cow herds. *Acta Vet Scand* 49 (1):24.

- Foditsch C, Oikonomou G, Machado VS, Bicalho ML, Ganda EK, Lima SF, Rossi R, Ribeiro BL, Kussler A, Bicalho RC. 2016. Lameness prevalence and risk factors in large dairy farms in upstate new york. model development for the prediction of claw horn disruption lesions. *PLoS One* 11 (1):e0146718.
- Führer G, Majoroš Osová A, Vogl C, Kofler J. 2019. Prevalence of thin soles in the hind limbs of dairy cows housed on fully-floored vs. partially-floored mastic asphalt areas in Austria. *Vet J* 254:105409.
- Fürst-Waltl B, Egger-Danner C, Guggenbichler S, Kofler J. 2021. Auswirkung von Lahmheit auf Fruchtbarkeitsmerkmale bei Fleckvieh-Kühen in Österreich – Ergebnisse aus dem Efficient-Cow-Projekt. *Schweiz Arch Tierheilkd* 163(11): in Druck.
- Green LE, Huxley JN, Banks C, Green MJ. 2014. Temporal associations between low body condition, lameness and milk yield in a UK dairy herd. *Prev Vet Med* 113 (1):63-71.
- Green LE, Hedges VJ, Schukken YH, Blowey RW, Packington AJ. 2002. The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows. *J Dairy Sci* 85 (9):2250-2256.
- Greenough PR. 1987. Pododermatitis circumscripta (ulceration of the sole) in cattle. *Agri Pract* 8:17-22.
- Greenough PR. 2001. Sand cracks, horizontal fissures, and other conditions affecting the wall of the bovine claw. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 17 (1):93-110.
- Greenough PR, Vermunt JJ. 1991. Evaluation of subclinical laminitis in a dairy herd and observations on associated nutritional and management factors. *Vet Rec* 128 (1):11-17.
- Greenough PR, Weaver AD. 1997. Lameness in cattle. 3 Aufl. Philadelphia, USA: Saunders.
- Greenough PR, Weaver AD, Broom DM, Esslemont RJ, Galindo FA. 1997. In: Greenough PR, Weaver AD (Hrsg.): Lameness in cattle. 3. Aufl. Philadelphia: WB Saunders, 3–13.
- Hansen I. 2000. Consequences of selection for milk yield from a geneticist's viewpoint. *J Dairy Sci* 2000:83(5):1145–1150.
- Heringstad B, Egger-Danner C, Pryce JE, Stock KF, Kofler J, Sogstad AM, Holzhauer M, Fiedler A, Müller K, Nielsen P, Thomas G, Gengler N, De Jong G, Ødegård C, Malchiodi F, Miglior F, Alsaad M, Cole JB. 2018. Invited review: Genetics and claw health: Opportunities to enhance claw health by genetic selection. *J Dairy Sci* 101:4801–4821.
- Hernandez J, Shearer JK, Webb DW. 2001. Effect of lameness on the calving-to-conception interval in dairy cows. *J Am Vet Med Assoc* 218 (10):1611-1614.
- Hernandez J, Shearer JK, Webb DW. 2002. Effect of lameness on milk yield in dairy cows. *J Am Vet Med Assoc* 220 (5):640-644.
- Huber S, Welham Ruiters M, Syring C, Steiner A. 2020. Verbesserung der Klauengesundheit beim Rind in der Schweiz. *Schweiz Archiv Tierheilk* 162 (5):285–292.
- Huber S, Bernhard J, Syring C, Steiner A. 2021. Erarbeitung von Kennzahlen und Grenzwerten zur Klauengesundheit beim Schweizer Rindvieh. *Schweiz Arch Tierheilkd* 163 (2):139-152.
- Hughes J. 2001. A system for assessing cow cleanliness. *In Practice* 23 (9):517-524.
- Keplinger J, Rinner D, Kofler J. 2013. Evaluierung der Klauengesundheit von Mutterkühen in Österreich mit Hilfe eines digitalen Dokumentationsprogrammes. *Wien Tierärztl Mschr* 100:115-126.
- Kleen JL, Upgang L, Rehage J. 2013. Prevalence and consequences of subacute ruminal acidosis in German dairy herds. *Acta Vet Scand* 55 (1):48.

- Kofler J. 2013. Computerised claw trimming database programs as the basis for monitoring hoof health in dairy herds. *Vet J* 198:358–361.
- Kofler J. 2014. Leitfaden & Diagnoseschlüssel für Klauenerkrankungen beim Rind. Vetmeduni Wien; [https://www.vetmeduni.ac.at/fileadmin/v/wiederkaeuer/Diagnoseschl%C3%BCssel\\_KLAUENBEFUNDE\\_f%C3%BCr\\_Klauenpfleger\\_Tier%C3%A4rzte\\_2-12-2014.pdf](https://www.vetmeduni.ac.at/fileadmin/v/wiederkaeuer/Diagnoseschl%C3%BCssel_KLAUENBEFUNDE_f%C3%BCr_Klauenpfleger_Tier%C3%A4rzte_2-12-2014.pdf) (Zugriff 14.04.2021)
- Kofler J. 2015. Dünne Sohlen als Lahmheitsursache beim Rind – Ätiologie, Komplikationen und Maßnahmen. *Klauentierpraxis* 23: 5-13.
- Kofler J. 2017. Pathogenesis and Treatment of Toe Lesions in Cattle Including "Nonhealing" Toe Lesions. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 33 (2):301-328.
- Kofler J. 2020. Professionelle Klauenpflege - ALARM Krankheiten und Dokumentationen. Webinar NTÖ Klauenpflege. Nachhaltige Tierhaltung Österreich; <https://sbg.lfi.at/webinar-am-27-02-2020-professionelle-klauenpflege-alarm-krankheiten-und-dokumentationen+2500+2108325> (Zugriff 14.04.2021).
- Kofler J. 2021. Klauengesundheit im Griff –mit System und Konsequenz. *News4Vets* 10 (1):56-65.
- Kofler J, Gasteiner J. 2002. Klauenrehe – Die wichtigste Klauenerkrankung der Milchrinder. *Klauentierpraxis* 10:125-130.
- Kofler J, Pesenhofer R. 2015. Monitoring der Klauengesundheit in Milchviehherden mittels kontinuierlicher elektronischer Dokumentation von Klauenbefunden bei jeder Herdenpflege. *Tierärztl Umschau* 70:199 – 207.
- Kofler J, Hangl A, Pesenhofer R, Landl G. 2011. Evaluation of claw health in heifers in seven dairy farms using a digital claw trimming protocol and claw data analysis system. *Berl Munch Tierärztl Wochenschr* 124 (7-8):272-281.
- Kofler J, Osova A, Altenbrunner-Martinek B, Burgstaller J. 2017. Necrosis of the apex of the pedal bone (toe necrosis) in 30 cattle - retrospective evaluation of surgical approaches and outcomes. *Wien Tierärztl Monatsschr* 104 (5-6):131-142.
- Kofler J, Pesenhofer R, Landl G, Sommerfeld-Stur I, Peham C. 2013. Langzeitkontrolle der Klauengesundheit von Milchkühen in 15 Herden mithilfe des Klauenmanagers und digitaler Kennzahlen. *Tierärztl Prax* 41 (G):31-44.
- Kofler J, Lischer C, Rheinfeld S, Kramer M, Pees M. 2018. In: Baumgartner W, Wittek T (Hrsg.): *Klinische Propädeutik der Haus- und Heimtiere*. 9 Aufl. Stuttgart: Enke, 178-231.
- Kofler J, Fürst-Waltl B, Dourakas M, Steininger F, Egger-Danner C. 2021. Auswirkung von Lahmheit auf die Milchleistung bei Milchkühen in Österreich – Ergebnisse aus dem Efficient-Cow-Projekt. *Schweiz Arch Tierheilkd* 163 (2):123–138.
- Kofler J, Fiedler A, Charfeddine N, Capion N, Fjeldaas T, Cramer G, Bell N, Müller K, Christen A, Thomas G, Heringstad B, Stock K, Holzhauser M, Nieto J, Egger-Danner C, Döpfer D *ICAR Claw Health Atlas – Appendix 1 - Digital Dermatitis Stages (M-stages)*. <https://www.icar.org/Documents/ICAR-Claw-Health-Atlas-Appendix-1-DD-stages-M-stages.pdf> (Zugriff 10.05.2021).
- Kofler J. 2019. In: Litzke LF, Rau B, Hrsg. *Funktionelle Klauenpflege beim Rind*. 7. Aufl. Stuttgart: Enke Verlag in MVS Medizinverlag, 388-422.
- Krall E. 2020. *Statistik der Landwirtschaft 2019*. Wien: Verlag Österreich GmbH, Statistik Austria.

- Kreutzer RT. 2018. Toolbox für Marketing und Management. Kreativkonzepte – Analysewerkzeuge – Prognoseinstrumente. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 132-136.
- Kujala M, Dohoo IR, Soveri T. 2010. White-line disease and haemorrhages in hooves of Finnish dairy cattle. *Prev Vet Med* 94 (1-2):18-27.
- Landis JR, Koch GG. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33 (1):159-174.
- Landmann D, König S. 2006. Utilizing data from PC-supported documentation to reveal the impact of housing systems on claw diseases [Vortrag]. In: Proceedings of the 14th Symposium on Lameness in Ruminants. Colonia del Sacramento Uruguay, 156–159.
- Landmann D, Eise M, Fiedler A, Feldmann M, Feucker W. 2004. PC-supported documentation of claw diseases as the basis for herd management [Vortrag]. In: Proceedings of the 13th International Symposium on Lameness in Ruminants. Maribor Slovenia, 99–100.
- Leist G, Rudolph R, Natterman H. 1998. Digital dermatitis: A histopathological evaluation and some new aspects in the pathogenesis of a multifactorial disease. *Vet Practitioner* 32:71-74.
- Lischer CJ, Ossent P, Räber M, Geyer H. 2002. Suspensory structures and supporting tissues of the third phalanx of cows and their relevance to the development of typical sole ulcers (Rusterholz ulcers). *Vet Rec* 151 (23):694-698.
- Livesey C, Fleming F. 1984. Nutritional influences on laminitis, sole ulcer and bruised sole in Friesian cows. *Vet Rec* 114 (21):510-512.
- Machado VS, Caixeta LS, McArt JA, Bicalho RC. 2010. The effect of claw horn disruption lesions and body condition score at dry-off on survivability, reproductive performance, and milk production in the subsequent lactation. *J Dairy Sci* 93 (9):4071-4078.
- Maierl J, Mülling C, Nuss K. 2019: Funktionelle Anatomie. In: Fiedler A, Maierl J, Nuss K (Hrsg.): *Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes*. 2 Aufl. Stuttgart: Thieme, 15-44.
- Mason WA, Laven LJ, Laven RA. 2012. An outbreak of toe ulcers, sole ulcers and white line disease in a group of dairy heifers immediately after calving. *N Z Vet J* 60 (1):76-81.
- Meyer SW, Weishaupt MA, Nuss KA. 2007. Gait pattern of heifers before and after claw trimming: a high-speed cinematographic study on a treadmill. *J Dairy Sci* 90 (2):670-676.
- Müller J. 2018. Einfluss von Gliedmassenstellung und Gewichtsverlagerung auf die Klauenbelastung der Hinterbeine von Milchkühen [Dissertation]. Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich.
- Mülling C, Budras KD. 1998. Influence of environmental factors on horn quality of the bovine hoof [Vortrag]. In: Lischer CJ, Ossent P (Hrsg.): Proceedings of the 10th International Symposium on Lameness in Ruminants. Luzerne Schweiz, 214-215.
- Mülling C, Bragulla H, al. e. 1994. Strukturelle Faktoren mit Einfluß auf die Hornqualität und Prädilektionsstellen für Erkrankungen an der Fußungsfläche der Rinderklaue. *Schweiz Arch Tierheilk* 136:49-57.
- Mülling CK, Bragulla HH, Reese S, Budras KD, Steinberg W. 1999. How structures in bovine hoof epidermis are influenced by nutritional factors. *Anat Histol Embryol* 28 (2):103-108.
- Murray RD, Downham DY, Clarkson MJ, Faull WB, Hughes JW, Manson FJ, Merritt JB, Russell WB, Sutherst JE, Ward WR. 1996. Epidemiology of lameness in dairy cattle: description and analysis of foot lesions. *Vet Rec* 138 (24):586-591.

- Nuss K, Köstlin RG, Böhmer H, Weaver M. 1990. Zur Bedeutung der Ungulocoriitis septica (traumatica) an der Klauenspitze ("Sohlenspitzen-geschwür") des Rindes. *Tierärztl Prax* 18:567-575.
- Nuss K, Kolp E, Braun U, Weidmann E, Hässig M. 2014. Klauengrösse von Schottischen Hochland-Kühen nach Weide- und Laufstallhaltung. *Schweiz Arch Tierheilk* 156 (9):433-440.
- Nuss K, Kofler J, Fiedler A, Steiner A. 2019. Spezielle Diagnostik und Therapie. In: Fiedler A, Maierl J, Nuss K (Hrsg): *Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes*. 2 Aufl. Stuttgart: Thieme, 102-174.
- Osová A, Hund A, Mudron P. 2017. Interdigital phlegmon (foot rot) in dairy cattle - an update. *Wien Tierärztl Mschr* 104:209-220.
- Ossent P, Lischer C. 1998. Bovine laminitis: the lesions and their pathogenesis. *In Practice* 20 (8):415-427.
- Ózsvári L. 2017. Economic cost of lameness in dairy cattle herds. *J Dairy Vet Anim Res* 6(2):283–289.
- Paraškevov BD. 2004. Wörter und Namen gleicher Herkunft und Struktur. *Lexikon etymologischer Dubletten im Deutschen*. Berlin u. New York: De Gruyter, S. 31.
- Pérez-Cabal MA, Charfeddine N. 2015. Models for genetic evaluations of claw health traits in Spanish dairy cattle. *J Dairy Sci* 98 (11):8186-8194.
- Pijl R. 2004. Electronic data recording during claw trimming [Vortrag]. In: *Proceedings of the 13th International Symposium on Lameness in Ruminants*. Maribor, Slovenia, 114-115.
- Randall LV, Green MJ, Chagunda MG, Mason C, Green LE, Huxley JN. 2016. Lameness in dairy heifers; impacts of hoof lesions present around first calving on future lameness, milk yield and culling risk. *Prev Vet Med* 133:52-63.
- Rouha-Mülleder C, Iben C, Wagner E, Laaha G, Troxler J, Waiblinger S. 2009. Relative importance of factors influencing the prevalence of lameness in Austrian cubicle loose-housed dairy cows. *Prev Vet Med* 92 (1-2):123-133.
- Sadiq MB, Ramanoon SZ, Mansor R, Syed-Hussain SS, Shaik Mossadeq WM. 2020. Claw trimming as a lameness management practice and the association with welfare and production in dairy cows. *Animals (Basel)* 10 (9). DOI 10.3390/ani10091515.
- Schmid T, Weishaupt MA, Meyer SW, Waldern N, Peinen K, Nuss K. 2009. High-speed cinematographic evaluation of claw-ground contact pattern of lactating cows. *Vet J* 181 (2):151-157.
- Shearer JK, van Amstel SR. 2007. Effect of flooring and flooring surfaces on lameness disorders in dairy cattle. *Western Dairy Management Conference Reno, NV*: pp.148-159. <http://www.wdmc.org/2007/shearer.pdf> (Zugriff 09.04.2021).
- Shearer JK, Van Amstel SR. 2017. Pathogenesis and Treatment of Sole Ulcers and White Line Disease. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 33 (2):283-300.
- Simon GE, Hoar BR, Tucker CB. 2016. Assessing cow-calf welfare. Part 1: Benchmarking beef cow health and behavior, handling; and management, facilities, and producer perspectives. *J Anim Sci* 94 (8):3476-3487.
- Sogstad AM, Fjeldaas T, Østerås O, Forshell KP. 2005. Prevalence of claw lesions in Norwegian dairy cattle housed in tie stalls and free stalls. *Prev Vet Med*, 70 (3-4):191-209.

- Somers JG, Frankena K, Noordhuizen-Stassen EN, Metz JH. 2003. Prevalence of claw disorders in Dutch dairy cows exposed to several floor systems. *J Dairy Sci* 86 (6):2082-2093.
- Somers JR, Huxley J, Lorenz I, Doherty ML, O'Grady L. 2015. The effect of lameness before and during the breeding season on fertility in 10 pasture-based Irish dairy herds. *Ir Vet J* 68 (1):14.
- Sprecher DJ, Hostetler DE, Kaneene JB. 1997. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology* 47 (6):1179-1187.
- Strauss G, Stucki D, Jury A, Locher I, Syring C, Ruiters M, Steiner A. 2021. Evaluation eines Ausbildungskonzeptes für Klauenpfleger zur Durchführung eines schweizweiten Klauengesundheitsmonitorings für Rinder. *Schweiz Arch Tierheilkd* 163 (3):189-201.
- Sumner CL, von Keyserlingk MAG, Weary DM. 2018. How benchmarking motivates farmers to improve dairy calf management. *J Dairy Sci* 101 (4):3323-3333.
- Sumner CL, von Keyserlingk MAG, Weary DM. 2020. How benchmarking promotes farmer and veterinarian cooperation to improve calf welfare. *J Dairy Sci* 103 (1):702-713.
- Thomsen PT, Munksgaard L, Tøgersen FA. 2008. Evaluation of a lameness scoring system for dairy cows. *J Dairy Sci* 91 (1):119-126.
- Thomsen PT, Foldager L, Raundal P, Capion N. 2019. Lower odds of sole ulcers in the following lactation in dairy cows that received hoof trimming around drying off. *Vet J* 254:105408.
- Tomlinson DJ, Mülling CH, Fakler TM. 2004. Invited Review: Formation of Keratins in the Bovine Claw: Roles of Hormones, Minerals, and Vitamins in Functional Claw Integrity. *J Dairy Sci* 87 (4):797-809.
- Trillo Y, Quintela LA, Barrio M, Becerra JJ, Peña AI, Vigo M, Garcia Herradon P. 2017. Benchmarking welfare indicators in 73 free-stall dairy farms in north-western Spain. *Vet Rec Open* 4 (1):e000178.
- Van der Linde C, de Jong G, Koenen EPC, Eding H. 2010. Claw health index for Dutch dairy cattle based on claw trimming and conformation data. *J Dairy Sci* 93 (10):4883-4891.
- Vermunt JJ, Greenough PR. 1994. Predisposing factors of laminitis in cattle. *Br Vet J* 150 (2):151-164.
- Vermunt JJ, Greenough PR. 1996. Sole haemorrhages in dairy heifers managed under different underfoot and environmental conditions. *Br Vet J* 152 (1):57-73.
- Von Keyserlingk MA, Barrientos A, Ito K, Galo E, Weary DM. 2012. Benchmarking cow comfort on North American freestall dairies: lameness, leg injuries, lying time, facility design, and management for high-producing Holstein dairy cows. *J Dairy Sci* 95 (12):7399-7408.
- Warner D, Vasseur E, Villettaz Robichaud M, Adam S, Pellerin D, Lefebvre DM, Lacroix R. 2020. Development of a benchmarking tool for dairy herd management using routinely collected herd records. *Animals* 10 (9):1689.
- Wenz JR, Giebel SK. 2012. Retrospective evaluation of health event data recording on 50 dairies using Dairy Comp 305. *J Dairy Sci* 95:4699-4706.
- Whay HR, Waterman AE, Webster AJF. 1997. Associations between locomotion, claw lesions and nociceptive threshold in dairy heifers during the peri-partum period. *Vet J* 154 (2):155-161.

- Whitaker DA, Kelly JM, Smith S. 2000. Disposal and disease rates in 340 British dairy herds. *Vet Rec* 146 (13):363-367.
- ZAR. 2017. Klauen-Q-Wohl. <https://zar.at/Projekte/Klauen-Q-Wohl.html> (Zugriff 10.05.2021).
- ZuchtData. 2020. ZuchtData Jahresbericht 2020. <https://www.zar.at/Downloads/Jahresberichte/ZuchtData-Jahresberichte.html> (Zugriff 10.05.2021).
- Zuliani A, Mair M, Kraševc M, Lora I, Brscic M, Cozzi G, Leeb C, Zupan M, Winckler C, Bovolenta S. 2018. A survey of selected animal-based measures of dairy cattle welfare in the Eastern Alps: Toward context-based thresholds. *J Dairy Sci* 101 (2):1428-1436.

## 10. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 R-Code für das lineare gemischte Modell .....	32
Abb. 2 Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeiten der einzelnen Klauenläsionen/ Klauenbefunde im Datensatz in Prozent .....	34
Abb. 3 Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeiten der gruppierten Klauenläsionen/ Klauenbefunde im Datensatz in Prozent .....	35
Abb. 4 Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeiten der Klauenerkrankungen innerhalb der Gruppe der ALARM-Klauenerkrankungen in Prozent .....	36
Abb. 5 Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeiten der einzelnen Klauenläsionen/ Klauenbefunde innerhalb der Gruppe "SONST" (sonstige Klauenläsionen/Klauenbefunde) in Prozent.....	36
Abb. 6 Boxplot zur Darstellung der durchschnittlichen Kuhzahl in allen Betrieben (n = 526) je Eintragsjahr	37
Abb. 7 Gestapeltes Balkendiagramm zur Darstellung der Veränderung der durchschnittlichen Kuhzahl pro Betrieb über den Beobachtungszeitraum .....	38
Abb. 8 Boxplot zur Darstellung der Verteilung des Durchschnittsalters der Milchkühe in den Betrieben geordnet nach Betriebsgröße .....	39
Abb. 9 Balkendiagramm zur Veranschaulichung des prozentuellen Anteils der jeweiligen Anzahl der jährlichen Klauenpflegebesuche pro Betrieb und Prüfjahr .....	40
Abb. 10 Boxplot zur Darstellung des Anteils der klauengepflegten Kühe an der Gesamtherdenzahl (durchschnittliche Kuhzahl DK_KUH) pro Klauenpflegebesuch je nach Klauenpfleger (anonymisiert) .....	41
Abb. 11 Boxplot zur Darstellung des Anteils der Kühe mit positivem Klauenbefund (d.h. alle Läsionen/Befunde außer K0) pro Klauenpflegebesuch geordnet nach Betriebsgröße über die Jahre 2010– 2020.....	42
Abb. 12 Boxplot zur Darstellung des Anteils der Kühe mit positivem Klauenbefund ohne Ballenhornfäule (d.h. alle Klauenläsionen/Klauenbefunde außer K0 oder BF) pro Klauenpflegebesuch geordnet nach Betriebsgröße über die Jahre 2010–2020.....	43
Abb. 13 Streudiagramm zur Darstellung des Zusammenhangs zwischen der Anzahl der Klauenpflegebesuche pro Jahr und der Betriebsgröße .....	44
Abb. 14 Punktediagramm zur Darstellung des durchschnittlichen Alters der Tiere innerhalb des Betriebes gruppiert nach der Anzahl der Klauenpflegetermine pro Jahr .....	45
Abb. 15 Balkendiagramm zur Veranschaulichung in welchem Laktationsstadium sich die Milchkühe bei der Klauenpflege befanden.....	45
Abb. 16 Balkendiagramm zur Darstellung der prozentuellen Verteilung der im bearbeiteten Datensatz vertretenen Betriebe auf die österreichischen Bundesländer.....	46
Abb. 17 Gestapeltes Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeiten der gruppierten Klauenläsionen/ Klauenbefunde je Klauenpfleger (anonymisiert) .....	48
Abb. 18 Gestapeltes Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeiten der ALARM- Klauenerkrankungen je Klauenpfleger (anonymisiert).....	49

Abb. 19 Gestapeltes Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeiten der sonstigen Klauenläsionen/ Klauenbefunde je Klauenpfleger (anonymisiert) .....	50
Abb. 20 Boxplot zur Darstellung des Anteils der klauengepflegten Kühe an der durchschnittlichen Gesamtkuhzahl pro Klauenpflegebesuch und Betrieb (anonymisiert) für das entsprechende Prüfjahr im Zeitraum von 2010–2020.....	51
Abb. 21 Balkendiagramm zur Darstellung der Häufigkeit der jeweiligen Anzahl der jährlichen Herdenschnitte .....	52
Abb. 22 Gestapeltes Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeit der gruppierten Klauenläsionen/ Klauenbefunde nach Laktationszahl.....	53
Abb. 23 Gestapeltes Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeit der ALARM-Klauenerkrankungen nach Laktationszahl.....	54
Abb. 24 Gestapeltes Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeit der Klauenläsionen/Klauenbefunde der Gruppe "SONST" (sonstige Klauenbefunde) nach Laktationszahl.....	55
Abb. 25 Gestapeltes Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeit der gruppierten Klauenläsionen/ Klauenbefunde nach Laktationsmonat.....	56
Abb. 26 Gestapeltes Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeit der ALARM-Klauenerkrankungen nach Laktationsmonat .....	57
Abb. 27 Gestapeltes Balkendiagramm zur Darstellung der relativen Häufigkeit der Klauenläsionen/Klauenbefunde der Gruppe "SONST" (sonstige Klauenbefunde) nach Laktationsmonat ...	58
Abb. 28 Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Prävalenz bestimmter Klauenläsionen in Prozent (y-Achse) und Haltungsform (x-Achse).....	59
Abb. 29 Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Prävalenz bestimmter Klauenläsionen in Prozent (y-Achse) und Jahresmilchleistung in Kilogramm (x-Achse) .....	61
Abb. 30 Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Prävalenz bestimmter Klauenläsionen in Prozent (y-Achse) und Hauptrasse (d.h. die häufigste Rasse am Betrieb) .....	62
Abb. 31 Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Prävalenz bestimmter Klauenläsionen in Prozent (y-Achse) und jährliche Abgangsrate in Prozent (x-Achse) .....	63
Abb. 32 Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Prävalenz bestimmter Klauenläsionen in Prozent (y-Achse) und Prüfjahr (x-Achse).....	64
Abb. 33 Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Prävalenz bestimmter Klauenläsionen in Prozent (y-Achse) und Zahl der jährlichen Herdenschnitte (x-Achse) .....	65
Abb. 34 Balkendiagramm zur Darstellung der Ergebnisse des Benchmarkings für die Prävalenz der Klauenläsionen/Klauenbefunde für die Eintragsjahre 2015 bis 2020 .....	67