

**Modellierung haltungsassoziierter Faktoren für
das Auftreten von Rippenschwellungen bei
Milchkühen in Anbindehaltung**

von Greta Elisabeth Abele

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

**Modellierung haltungsassoziierter Faktoren für das Auftreten von
Rippenschwellungen bei Milchkühen in Anbindehaltung**

von Greta Elisabeth Abele

aus Neuhausen im Enzkreis

München 2023

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

Lehrstuhl für Innere Medizin und Chirurgie der Wiederkäuer

Arbeit angefertigt unter der Leitung von:

Univ.-Prof. Dr. Gabriela Knubben

Mitbetreuung durch Dr. Andreas W. Öhm

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Gabriela Knubben

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. Michael H. Erhard

Tag der Promotion: 22.07.2023

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
I. Einleitung	1
II. Literaturübersicht.....	3
1. Rippenschwellungen.....	3
2. Anbindehaltung.....	5
3. Tierwohl.....	6
4. Lahmheit.....	8
5. Sprunggelenkläsionen.....	9
6. Statistische Modellierungen	10
6.1 Signifikanz	11
6.2 Logistische Regression	12
6.3 Hierarchisches Studiendesign.....	13
6.4 Der Weg zum optimalen Modell	13
III. Publierte Studienergebnisse	15
Abstract	17
Introduction	17
Material and Methods	18
Herd selection	18
On-farm assessments	20
Data Editing and Statistical Analysis.....	23
Results	25
Discussion.....	31
Conclusions	35
Acknowledgements	35
References	35

Supporting Information	43
IV. Erweiterte Ergebnisse	53
1. Einfaktorielle Analysen	53
2. Ergebnisse nach Regionen	53
V. Erweiterte Diskussion	57
1. Rippenschwellungen.....	57
2. PaeRi-Methoden	57
3. Statistische Modellierung.....	58
4. Signifikanz.....	60
5. Faktoren auf Tierebene	62
5.1. Lahmheit	62
5.2. Sprunggelenkläsionen	62
6. Faktoren auf Betriebsebene	63
6.1. Haupt- und Nebenerwerb	63
6.2. Konventionelle und ökologische Landwirtschaft	63
6.3. Weidegang und Zugang zu Auslauf	63
6.4. Einstreu	64
6.5. Betriebsgröße	64
7. Faktoren auf Ebene der Regionen	65
8. Ausblick.....	65
VI. Zusammenfassung	67
VII. Summary.....	69
VIII. Literaturverzeichnis	71
IX. Danksagung	81

I. Einleitung

Das Thema Tierwohl steht heutzutage stark im öffentlichen Fokus. Für Verbraucher*innen sind nicht mehr nur Qualität und Preis tierischer Produkte von zentraler Bedeutung bei der Kaufentscheidung, sondern ebenso die Haltungsbedingungen landwirtschaftlicher Nutztiere (BARKEMA et al., 2015; SCHNETTLER et al., 2008; VANHONACKER et al., 2007b, EUROPEAN COMMISSION, 2016). Konsument*innen ist heute sehr bewusst, dass ihre Milch und ihr Fleisch nicht in landwirtschaftlicher Idylle entstehen, sondern häufig Tierleid dahinter steckt (WEARY & KEYSERLINGK, 2017). Darüber hinaus fehlt durchschnittlichen Bürger*innen das Fachwissen, um Haltungsformen objektiv zu beurteilen. Dass die grüne Wiese alleine eine hochleistende Milchkuh nicht ausreichend mit Energie und Nährstoffen versorgt (FAO, 2011), ist den wenigsten bewusst, ebenso wie der wirtschaftliche Druck, unter dem Landwirt*innen stehen.

VANHONACKER et al. (2007a) beschrieben die Situation sogar so, dass Beschäftigte in der Landwirtschaft und Verarbeitung eine andere Sprache zu sprechen scheinen als die breite Öffentlichkeit, wenn es um Tierwohl und Tierschutz geht.

Eine Aufgabe der Wissenschaft ist es, die Diskrepanz zwischen zum Teil emotional, häufig von Laien geführter, öffentlicher Meinung zu Haltungsbedingungen und tatsächlichen Bedingungen in den landwirtschaftlichen Betrieben vor Ort aufzuzeigen. Des Weiteren sollte unabhängige Forschung eine möglichst objektive Beurteilung von Tierhaltungsbedingungen ermöglichen und im Idealfall praxistaugliche Lösungsansätze für die Übereinbringung von Konsumentenwunsch und betriebswirtschaftlicher Realität hervorbringen.

Zur Beurteilung von Haltungssystemen können neben Leistungsparametern wie beispielsweise Reproduktion oder Milchleistung, das Vorhandensein von Verletzungen und Technopathien herangezogen werden, da sich diese objektiv bewerten lassen. Sie stehen dem Recht der Tiere auf Unversehrtheit (Council Directive 98/58/EC in Europe) entgegen und liefern daher geeignete Anhaltspunkte.

Daneben sind auch die Beurteilung von artgemäßen Verhaltensweisen und klinischen Erkrankungen als Bewertungsmaßstäbe weithin anerkannt (FREGONESI & LEAVER, 2001; SCOTT et al., 2003), wobei es bisher keinen Goldstandard für die Beurteilung des Tierwohls gibt (REGULA et al., 2004).

In der vorliegenden Arbeit wurde das Auftreten von Rippenschwellungen in süd-, nord- und ostdeutschen Milchkuhbetrieben erfasst und Risikofaktoren dafür identifiziert. Die Erkenntnisse sollen dazu beitragen, zukünftige Tierhaltungsbedingungen im Sinne des Tierwohls zu verbessern.

Da man der Komplexität des Tierwohl-Sachverhaltes nicht mit einer einzelnen Studie gerecht werden kann, fokussiert sich diese Arbeit darauf, einen sehr kleinen, dennoch bedeutsamen Aspekt detailliert zu beleuchten. Denn obwohl es sehr viele Studien zu haltungsbedingten Traumata bei Milchkühen gibt, wurde Rippenschwellungen bisher kaum Aufmerksamkeit gewidmet (BRAUN et al., 2017).

II. Literaturübersicht

1. Rippenschwellungen

Für die Entstehung von Rippenschwellungen werden verschiedene Prozesse verantwortlich gemacht. Durch Verletzungen in Form von Stürzen, Zusammenstößen mit anderen Tieren, Hörnern oder Stalleinrichtungen oder durch unsachgemäßen Transport kann es zu Rippenfrakturen kommen (STÖBER, 2006). Einzelne spontane Frakturen infolge eines Phosphormangels oder einer Fluorose sind beschrieben (BRAUN et al., 2017a; STÖBER, 2006). Unter der Bildung eines Kallus heilen gedeckte Frakturen meist komplikationslos ab, schwerwiegende Pathologien wie Haemo- oder Pneumothorax, Nekrosen und Abszessbildung können dabei jedoch auftreten (STÖBER, 2006).

Prädilektionsstellen von Rippenschwellungen wurden von BLOWEY & BELL (2014) am costo-chondralen Übergang der siebten bis neunten Rippe, eine Handbreit kaudal des Olekranons, beschrieben. BLOWEY (2007) stellte auch die Schaftmitte der Rippe als gelegentlich betroffen dar. Andere Autorinnen und Autoren führen Rippenschwellungen an der zweiten bis vierten (MADDOX, 1986) oder dritten bis fünften Rippe (PATON, 2014) an. Sie können sowohl uni- als auch bilateral auftreten (BLOWEY, 2007), wobei sich die beidseitige Evaluierung unter Praxisbedingungen als problematisch erweist (BOYLING, 2011).

Die Schwellungen der Rippen erscheinen zum allergrößten Teil schmerzlos (BLOWEY & BELL, 2014; PATON, 2014) und chronischer Genese (BLOWEY, 2007, 2008). Aufgrund der schwachen klinischen Erscheinung handelt es sich oft um Zufallsbefunde (OEHM et al., 2020). STRAPPINI et al. (2012) fanden Rippenprellungen an 7,7 % der untersuchten Schlachtkörper. Bei Studien an Tieren in Offenställen fand BOYLING (2011) eine Prävalenz von 9,7 %, BLOWEY (2011) berichtet von einer Prävalenz von 14,7 % und WHITCHELL (2013) von 16,1 %.

BLOWEY & BELL (2014) nehmen einen Zusammenhang zwischen Klauenverletzungen, Lahmheit und Rippenschwellungen an. Lahme Kühe können sich demnach nicht arttypisch fortbewegen und sind daher mutmaßlich anfälliger für

Stürze als ihre gesunden Artgenossinnen. Außerdem haben sie Schwierigkeiten, sich physiologisch abzulegen und aufzustehen, was zu Kollisionen mit stallbaulichen Elementen führen kann (BLOWEY, 2007). PATON (2014) und BLOWEY (2007) gehen von einer Assoziation zwischen niedrigem Body Condition Score, Lahmheit und Rippenschwellungen aus. Diese kann auf eine reduzierte Fettpolsterung an den Klauen zurückgeführt werden, wodurch die empfindlichen Strukturen des Fußes stärkeren mechanischen Belastungen ausgesetzt sind, was in der Folge zu Lahmheiten führen kann (RANDAL, 2018; NEWSOME, 2018). Darüber hinaus ist anzunehmen, dass die rein visuelle Detektion der Rippenschwellungen bei Tieren mit niedrigem BCS leichter fällt. Ein weiterer Erklärungsansatz findet sich in der Schutzfunktion von Fettpolstern über den Rippen.

Als zusätzlicher Risikofaktor für Rippenschwellungen wurde zunehmendes Alter beschrieben (BOYLING, 2011). ESPEJO et al. (2006) fanden einen Zusammenhang zwischen Lahmheit und steigender Laktationsnummer, was die multifaktorielle Interaktion und Pathogenese unterstreicht.

Basierend auf Erkenntnissen aus der Humanmedizin ist davon auszugehen, dass Rippenfrakturen sehr schmerzhaft sind, selbst wenn sich die Veränderungen in der Bildgebung nur marginal darstellen (MALGHEM et al., 2001), dennoch fanden sie bisher in der Beurteilung von Tierwohl und Haltungsbedingungen keine Beachtung.

2. Anbindehaltung

In Anbindehaltung sind Kühe an einem Stallhaltungsplatz fixiert, an dem sie stehen, fressen, schlafen und trinken, Kot und Urin absetzen und ihre Kälber zur Welt bringen. Die Fixierung erfolgt in der Regel durch Fanggitter, Grabner-Anbindung mit Gurt oder Kette, einem Halsband mit Kette oder über einen Zentralgelenkshalsrahmen. Weitere Fixierungsarten sind möglich aber weniger geläufig. Der Untergrund besteht aus blankem Beton oder ist mit einer Gummimatte belegt, Einstreu ist möglich. Hinter dem Tier können ein Gitterrost oder eine Rinne zur Entmistung angelegt sein, ebenso ist ein Mistschieber möglich (BELLOF & KRANZ, 2019).

DORFNER & ZENGER (2017) zeigen im Rahmen der Agrarstrukturerhebung, dass 46,0 % der Betriebe in Bayern ihre Tiere nach wie vor in Anbindehaltung halten. 36,0 % der bayerischen Betriebe binden ihre Rinder ganzjährig an. Bezogen auf die Milchmenge bedeutet dies, dass zum Zeitpunkt der Erhebung 20,0 % der bayerischen Kuhmilch von dauerhaft angebundenen Milchkühen ohne Auslauf kommen.

Laut PraeRi-Bericht (2020) werden in 29,6 % der untersuchten Betriebe in Bayern Milchkühe angebunden gehalten und nur 44,2 % dieser Anbindehaltungsbetriebe bieten ihren Milchkühen Zugang zur Weide.

Betrachtet man Gesamtdeutschland, so waren 2020 noch zehn Prozent der Haltungsplätze Anbindehaltungsplätze, was rund 1,1 Millionen Haltungsplätzen entspricht. Dies bedeutet einen Rückgang um 62,0 % seit 2010. 52,0 % der Betriebe mit Anbindehaltung gewährten zusätzlich Weidegang, 48,0 % hielten ihre Tiere ganzjährig im Anbindestall (DESTATIS, 2020).

Es gibt Hinweise darauf, dass Laufställe (KROHN & MUNKSGAARD, 1993; WEARY & TASZKUN, 2000) und regelmäßige Bewegung im Freien (GUSTAFSON, 1993; GUSTAFSON & LUND-MAGNUSSEN, 1995) positive Auswirkungen auf die Gesundheit und das Wohlbefinden von Milchkühen haben.

In einem Urteil vom 03.02.2022 bestätigt das Verwaltungsgericht Münster, dass Rindern in Anbindehaltung vom 1. Juni bis 30. September jeden Jahres

mindestens zwei Stunden täglich Zugang zu Auslauf gewährt werden muss (VG MÜNSTER, 2022). Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, dass sich die Zahl der Betriebe mit Rindern in ausschließlicher Anbindehaltung in den kommenden Jahren weiter reduzieren wird. Ein Gutachten des Thünen-Instituts ging bereits vor dem aktuellen Urteil von einem Rückgang der Anbindehaltung auf 13.500 Betriebe mit 270.000 Milchkühen bis 2027 deutschlandweit aus (BERGSCHMIDT et al., 2017).

3. Tierwohl

Bereits 1965 veröffentlichte Rogers Brambell einen Bericht über die Untersuchung des Wohlergehens intensiv gehaltener Nutztiere, der eine erste Definition der „Fünf Freiheiten“ aufzeigt. Das „Farm Animal Welfare Council“ (FAWC, 1993) definierte auf dieser Grundlage die „Fünf Freiheiten“ als die Freiheit von Hunger und Durst, von Krankheit, Schmerzen oder Verletzungen, von Unbehagen, Angst oder Leid und der Freiheit, artgemäßes Verhalten auszuüben.

Das „Animal Care Reference Manual“ der NATIONAL MILK PRODUCERS FEDERATION (2016) definiert Tierwohl ganz ähnlich: als Gesundheit, Wohlbehagen, gute Ernährung, Sicherheit, die Möglichkeit, angeborenes Verhalten auszuüben und die Freiheit von unangenehmen Zuständen wie Schmerzen, Angst und Leiden.

VON KEYSERLINGK et al. (2009) beschrieb Tierwohl als einen positiven Gemütszustand, in dem Tiere in der Lage sind, ihre physiologischen Funktionen und natürlichen Verhaltensmuster auszuüben. Jede Art von Erkrankung oder Verletzung, die Schmerzen und Leiden mit sich bringen, stehen diesem Wohlbefinden gegenüber (BROOM, 1993; MATTIELLO et al., 2011; VON KEYSERLINGK et al., 2009). Artikel 3 der Europäischen Richtlinie 98/58/EC betont die besondere Verantwortung von Tierbesitzer*innen oder Tierhalter*innen, die körperliche Unversehrtheit ihrer Tiere zu gewährleisten und vermeidbare Schmerzen, Leiden oder Schäden zu minimieren.

Um Tierwohl in verschiedenen Haltungssystemen zu bewerten, wurden von BLANCO-PENEDO et al. (2020), BERNHARD et al. (2020), KRUMMEL (2013) und LOBECK (2011) Verletzungen, Veränderungen der Haut und Lahmheiten herangezogen und ihr Einfluss auf den Kuhkomfort beurteilt. Das KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (2006) ging darüber hinaus und bewertete Haltungsverfahren anhand der in der Ethologie beschriebenen Funktionskreise: Sozialverhalten, Fortbewegung, Ruhen und Schlafen, Nahrungsaufnahme, Ausscheidung, Fortpflanzung, Komfort und Erkundung.

FRASER (2008) definierte Tierwohl als das multidimensionale Ergebnis aus Verhalten, Gesundheit und Emotionen.

Im Welfare Quality® Projekt (2009) wurden tierbasierte Indikatoren (bspw. Gesundheit und Verhalten) zur Beurteilung des Wohlergehens der Rinder vor ressourcen- (bspw. Besatzdichte und Bauart des Stalls) und managementbasierten (bspw. Zuchtstrategien und Gesundheitsvorsorge) Indikatoren bevorzugt, da sie eine höhere Aussagekraft für das einzelne Tier enthalten. Obwohl es nach wie vor keinen Goldstandard zur Beurteilung von Tierwohl gibt, bestand die Bestrebung, die fachlichen Meinungen von Wissenschaftler*innen und weiteren betroffenen Interessensgruppen in einem möglichst optimierten Scoring-Modell zu vereinigen. Als die vier Grundpfeiler des Wohlergehens wurden Fütterung, Unterbringung, Gesundheit und artgemäßes Verhalten festgelegt (WELFARE QUALITY®, 2009).

POPESCU et al. (2013) forderten darüber hinaus, nicht nur die physische Gesundheit als Tierwohl-Indikator zu betrachten, sondern ebenso den Gemütszustand zu berücksichtigen, der jedoch äußerst schwierig zu beurteilen ist (RUSHEN et al., 2008).

4. Lahmheit

Lahmheit stellt neben Mastitis und Unfruchtbarkeit eines der bedeutendsten Probleme der modernen Milchkuhhaltung dar (KOSSAIBATI & ESLEMONT, 1997; WHITAKER et al., 2000; MANSKE, 2002). Lahmheiten beeinflussen die Milchleistung (ARCHER et al., 2010), die Fruchtbarkeit (BICALHO et al., 2007), Lebenserwartung (BOOTH et al., 2004) und das generelle Wohlbefinden (WHAY et al., 2003) der Milchkühe negativ. Neben wirtschaftlichen Aspekten geht es ebenso um Tierschutzrelevanz (BARKER et al., 2010, COSTA et al., 2018, POPESCU et al., 2013), da Lahmheiten in der Regel auf Schmerzhaftigkeit zurückzuführen sind (WHAY et al., 1998; JUAREZ et al., 2003) und das artgemäße Verhalten betroffener Tiere einschränken (ITO et al., 2010, WEIGELE et al., 2018, GRIMM et al., 2019).

Rund 90 % der Lahmheiten von Milchkühen werden durch Erkrankungen der Klauen verursacht (EDWARDS, 1980, RUSSEL et al., 1982; CLARKSON et al., 1996;), dabei sind die Hintergliedmaßen mit 65,0 – 92,0 % deutlich häufiger betroffen als die Vordergliedmaßen (EDWARDS, 1980; MURRAY et al., 1996). Neben nicht-infektiösen Ursachen, wie Sohlengeschwüren und Erkrankungen der Weißen Linie, können auch infektiöse Ätiologien, wie digitale Dermatitis oder interdigitale Phlegmone, zugrunde liegen (MURRAY et al., 1996).

Für Lahmheit von Milchkühen werden unter anderem Prävalenzen von 26,2 % in Nordamerika (KING et al., 2016), 31,8 % in Großbritannien (GRIFFITHS et al., 2018) und 17,8 % in Nordwestdeutschland (SCHRANNER, 2015) beschrieben. Der PraeRi-Bericht (2020) zeigt eine Lahmheits-Prävalenz der Milchkühe von 22,8 % für die Region Norddeutschland, 22,7 % für Bayern und 39,4 % für die Region Ostdeutschland. Die Betriebs-Prävalenzen weichen stark voneinander ab, von keiner lahmen Kuh bis zu 86,6 % lahmen Kühe innerhalb eines Betriebs.

In Anbindehaltung ist die Lahmheitsprävalenz niedriger als in Laufstallhaltungen (COSTA et al., 2018).

Als Risikofaktoren für Lahmheiten auf Betriebsebene werden Herdengröße (Oehm et al., 2019, CHAPINAL et al., 2014), Beschaffenheit des Untergrunds (CHAPINAL et al., 2011), Liegekomfort, Stalldesign und Breite des Laufgangs

genannt (ESPEJO & ENDRES, 2007). Betrachtet man das Einzeltier, so werden Parität (SOLANO et al., 2015), Laktationsstadium (FODITSCH et al., 2016), Milchleistung (CHAPINAL et al., 2014) und Body Condition Score (Oehm et al., 2019, RANDALL et al., 2018, BICALHO et al., 2009) als Risikofaktoren beschrieben. Darüber hinaus haben Fütterungsmanagement (AMORY et al., 2006), Routine in der Klauenpflege (Oehm et al., 2019, FJELDAAS et al., 2007) und Zugang zu Weide oder Auslauf (HERNANDEZ-MENDO et al., 2007) einen Einfluss auf das Auftreten von Lahmheiten.

5. Sprunggelenkläsionen

Verletzungen der Sprunggelenke sind ein weit verbreitetes Problem in der Milchkuhhaltung. WEARY & TASZKUN (2000) fanden bei 73,0 % der 1.752 beobachteten, laktierenden Kühe an mindestens einem Sprunggelenk Läsionen. Von den betroffenen Tieren hatten 87,0 % Verletzungen an beiden Sprunggelenken. Die Anzahl und Schwere der Verletzungen stieg mit zunehmendem Alter an.

KIELLAND et al. (2009) fanden im Median bei 64,0 % der Tiere eines Betriebes Sprunggelenkläsionen, mit durchschnittlich $60,5 \% \pm 21,2 \%$ betroffenen Kühen. Verletzungen der Sprunggelenke werden in allen untersuchten Betrieben vorgefunden, sechs Betriebe haben sogar eine Prävalenz von 100,0 %. Die Autor*innen identifizieren die Länge der Liegeboxen im Laufstall als Risikofaktor, ebenso wie Lahmheit und die zweite oder höhere Trächtigkeit.

Sprunggelenkläsionen können sehr schmerzhaft sein und ihrerseits Lahmheit verursachen (LIVESEY et al., 2002), sie haben erhebliche negative Auswirkungen auf Reproduktion, Milchleistung, Lebenserwartung und Wohlbefinden (KING et al., 2017; WEIGELE et al., 2018). Verunreinigungen der Sprunggelenke werden vielfach zur Beurteilung der allgemeinen Sauberkeit und Unversehrtheit von Milchkühen herangezogen (WELFARE QUALITY, 2009). BUROW et al. (2012) fanden in sehr langen Weidezeiten (neun bis 21 Stunden) einen schützenden Faktor für die Haut der Sprunggelenke; Lahmheit, harte Untergründe in den Liegeboxen und die Rasse Holstein stellen Risikofaktoren dar.

BRENNINKMEYER et al. (2013) zeigten ebenfalls, dass tief eingestreute Liegeboxen Sprunggelenkläsionen vorbeugen können. Außerdem identifizierten sie das Vorhandensein einer Kotkante als den größten präventiven Faktor. Daneben spielt Lahmheit auf Tier- und Herdenebene eine große Rolle, was auf vergleichbare Risikofaktoren zwischen Lahmheit und Sprunggelenkläsionen zurückgeführt wird. Präventive Maßnahmen gegen Sprunggelenkläsionen beeinflussen Lahmheit in ähnlicher Weise positiv.

6. Statistische Modellierungen

Ziel von statistischen Analysen in der Wissenschaft sind möglichst sichere Vorhersagen zukünftiger Ereignisse beziehungsweise die Beschreibung der Realität. Reproduzierbarkeit und Replizierbarkeit spielen hierbei die entscheidende Rolle. Reproduzierbarkeit liegt vor, wenn mit ein und demselben Datensatz und der gleichen Methode identische Ergebnisse erzielt werden. Replizierbarkeit bedeutet, übereinstimmende Ergebnisse über mehrere Studien hinweg zu erhalten (NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCE, ENGINEERING AND MEDICINE, 2019).

Statistische Signifikanz liegt vor, wenn sich die Nullhypothese mit einem akzeptablen Maß an Unsicherheit als wahr erweist oder widerlegt wird. Keine Hypothese kann endgültig bewiesen werden, da es unendlich viele Ursachen für das Eintreten eines bestimmten Ergebnisses gibt (MARIANI & PÊGO-FERNANDES, 2014; HESTON & KING, 2017).

Aus diesem Grund legt man das Signifikanzniveau fest, das angibt, zu wie viel Prozent man mit seinem Ergebnis falsch liegen kann. Häufig verwenden Wissenschaftler*innen ein Unsicherheitsniveau von 5,0 % (0,05), das bedeutet, dass die Ergebnisse der Studie mit einer Wahrscheinlichkeit von 5,0 % nicht korrekt sind. Statistische Analysen geben einen p-Wert aus, welcher auch als Wahrscheinlichkeitswert bezeichnet werden kann. Er gibt die Wahrscheinlichkeit eines bestimmten, statistischen Modells an, mit der die vorliegenden oder extremere Ergebnisse eintreten, wenn die Nullhypothese stimmt. Daraus kann man schlussfolgern, ob die vorliegenden Assoziationen nur zufällig aufgetreten

sind. Liegt p bei 0,05 oder niedriger, wird in der Regel von statistischer Signifikanz ausgegangen (TENNY & ABDELGAWAD, 2022).

6.1 Signifikanz

Gemeinhin wird ein p -Wert von $< 0,05$ als statistisch signifikant angenommen. Dieser Schwellenwert ist jedoch nicht wenig umstritten. 2016 veröffentlichten WASSERSTEIN & LAZAR „The ASA Statement on p -Values“ in dem die Einigung führender Wissenschaftler*innen auf bestimmte Prinzipien festgehalten werden:

1. p -Werte können die Inkompatibilität der Daten für ein bestimmtes statistisches Modell angeben.
2. p -Werte sind kein Maß dafür, ob die untersuchte Hypothese wahr ist oder die Daten rein zufällig erzeugt wurden.
3. Wissenschaftliche Schlussfolgerungen sowie betriebliche oder politische Entscheidungen sollten nicht auf dem Unterschreiten eines p -Wertes basieren.
4. Eine korrekte Schlussfolgerung kann es nur bei vollständiger Erhebung und Transparenz geben.
5. Ein p -Wert oder statistische Signifikanz sind kein Maß für die Größe eines Effekts oder die Bedeutsamkeit eines Ergebnisses.
6. Ein p -Wert für sich alleine genommen ist kein guter Beweis für ein Modell oder eine Hypothese.

Bereits 1984 hinterfragte COWGER (1984) die Signifikanz und stellte sie als „Wissenschaftlichen Ritualismus“ zur Debatte. Er verwies darauf, dass ein statistischer Signifikanztest nur ein Glied in der Kette der methodologischen Beweisführung dafür ist, dass die Ergebnisse im Wesentlichen den Annahmen entsprechen.

Beruhend auf dieser kritischen Ausgangslage wurden für die vorliegende Veröffentlichung neben der eigentlichen Modellierung auch einfaktorielle Analysen der einzelnen Faktoren untereinander, sowie ein Directed Acyclic Graph erstellt. Weitere Ausführungen hierzu folgen in der erweiterten Diskussion.

6.2 Logistische Regression

Von binomialer oder binärer logistischer Regression spricht man in der Statistik, wenn die abhängige Variable zwei mögliche Ausprägungen hat, d. h. ein dichotomes Skalenniveau aufweist.

Im Zuge der logistischen Regression werden Odds Ratios bestimmt, die die Qualität und Ausprägung des Zusammenhangs zwischen zwei Merkmalen darstellen (DIAZ-QUIJANO, 2012).

Die Ergebnisse der univariablen Analyse fließen nicht direkt in die Erstellung des endgültigen Modells mit ein, sollten aber dabei unterstützen, die Zusammenhänge in diesem multifaktoriellen Geschehen besser zu verstehen.

Wichtig ist die Unterscheidung zwischen Kausalität und Korrelation. Wenn Variablen miteinander korrelieren, kann man Hypothesen testen. Die Variablen können positiv oder negativ miteinander verbunden sein und die Stärke der Korrelation kann über einen Koeffizienten beschrieben werden. Gemeinhin werden Korrelationskoeffizienten nach Pearson (FORSTER, 2000), Kendall (McSHANE & GAL, 2017) oder Spearman (MYERS, 2003) herangezogen. Kausalität liegt vor, wenn eine eindeutige Ursache-Wirkungs-Beziehung besteht, innerhalb von Beobachtungsstudien ist dies faktisch nicht möglich (SCHIEDL, 1995).

6.3 Hierarchisches Studiendesign

Von vorgegebenen Effekten („fixed effects“) spricht man bei Einflüssen, die einen endlichen Charakter mit systematischer Varianz aufweisen und die Daten maßgeblich beeinflussen können (QUENÉ & VAN DEN BERGH, 2008).

Wiederholte Messungen stehen dem Vorgehen unabhängiger Beobachtungen entgegen. Bei gemischten Modellen kann man verschachtelte („nested“) und überkreuzte („crossed“) Zufallseffekte unterscheiden. Liegt ein hierarchisches Studiendesign zugrunde, ist von verschachtelten Zufallseffekten auszugehen: Mehrere Milchkühe stehen auf einem Betrieb, mehrere Betriebe befinden sich in einer Region, Deutschland lässt sich in mehrere Regionen unterteilen.

Von überkreuzten Zufallseffekten spricht man, wenn ein bestimmter Faktor in mehr als einer Ebene des Faktors der darüberliegenden Ebene vorkommt. Für die vorliegende Arbeit wären dies beispielsweise Anbindesysteme, wenn sie innerhalb der einzelnen Betriebe variieren.

6.4 Der Weg zum optimalen Modell

Die Möglichkeit, viele Einflussfaktoren und ermittelte Variablen in ein einzelnes multifaktorielles Modell mit einzubeziehen, eröffnet nicht nur viele Optionen sondern kann auch herausfordernd sein. Es ist von einer mehr oder weniger starken Interaktion der Einflussfaktoren untereinander sowie Confounding-Effekten auszugehen, die kaum abschließend ermittelt werden können. Um diesem Umstand gerecht zu werden und ein möglichst optimal zu den eigenen Daten passendes Modell zu ermitteln, haben sich folgende Gütekriterien zur Beurteilung von Modellen als nützlich erwiesen: R^2 (Residuenquadratsumme), adjusted R^2 , AIC (Akaike-Information-Criterion) (LUSKIN, 1991) und BIC (Bayesian-Information-Criterion) (BURNHAM & ANDERSON, 2004).

Bei R^2 handelt es sich um die Quadratsumme der zwischen den im Modell berechneten und den tatsächlichen Werten. Je niedriger dieser Betrag ausfällt, desto besser passt das Modell zu den bestehenden Werten. Hingegen ist keine Aussage darüber möglich, wie gut weitere Werte damit vorhergesagt werden könnten und die Gefahr eines überangepassten Modells besteht. Ähnlich verhält

es sich mit dem adjusted R^2 , welcher zusätzlich die Anzahl der Variablen mit einbezieht und daher die Modell-Performance genauer wiedergibt.

Der AIC hilft beim Vergleich mehrerer potenzieller Modell-Kandidaten, wobei das Modell mit dem niedrigsten AIC zu wählen ist. Er ist einfach zu berechnen und in einer Vielzahl von Anwendungen nützlich (BURNHAM, 2004). Beim BIC wird zusätzlich, ähnlich dem adjusted R^2 , ein Bezug zur Anzahl der Variablen hergestellt, sodass Modelle bereits ab acht enthaltenen Variablen „abgestraft“ werden. Weniger komplexe Modelle sind komplexeren vorzuziehen, Einfachheit der Modelle muss gegenüber der Güte der Anpassung abgewogen werden. Bei AIC und BIC handelt sich um relative Gütekriterien, da sie lediglich zwei Modelle miteinander vergleichen aber keine Aussage darüber zulassen, wie gut das herangezogene Modell tatsächlich den Daten entspricht (BURNHAM & ANDERSON, 2004; FORSTER, 2000).

Mit Hilfe der Vorwärtsselektion ist das „beste“ Modell ausfindig zu machen. Dabei startet man mit einem kleinstmöglichen Modell und nimmt Schritt für Schritt je eine Variable hinzu. Ob diese beibehalten oder verworfen wird, wird anhand oben genannter Gütekriterien (R^2 , adjusted R^2 , AIC und BIC) ausgemacht. Das Vorgehen umfasst viele Einzelschritte und ist beendet, wenn keine Verbesserung mehr - basierend auf den definierten Gütekriterien - durch Hinzunahme weiterer Variablen erreicht werden kann.

III. Publierte Studienergebnisse

Der Originaltitel "Prevalence of and factors associated with swellings of the ribs in tie stall housed dairy cows in Germany" wurde am 15. Juli 2022 im Fachjournal Plos One online veröffentlicht.

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0269726>

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269726>

Prevalence of and factors associated with swellings of the ribs in tie stall housed dairy cows in Germany

Short title: Rib swellings in tied dairy cows

Greta E. Abele^{1*}, Yury Zablotski¹, Melanie Feist¹, K. Charlotte Jensen², Annegret Stock³, Amely Campe⁴, Roswitha Merle⁵, Andreas W. Oehm¹

¹ Clinic for Ruminants with Ambulatory and Herd Health Services, Ludwig-Maximilians Universität Munich, Sonnenstrasse 16, 85764 Oberschleissheim, Germany.

² Clinic for Cattle, University of Veterinary Medicine, Foundation, Bischofsholer Damm 15, 30173 Hannover, Germany

³ Clinic for Ruminants and Swine, Faculty of Veterinary Medicine, Freie Universität Berlin, Königsweg 65, 14163 Berlin, Germany

⁴ Department of Biometry, Epidemiology and Information Processing, WHO Collaborating Center for Research and Training for Health at the Human-Animal-Environment Interface, University of Veterinary Medicine, Foundation, Bünteweg 2, 30559 Hannover, Germany.

⁵Institute for Veterinary Epidemiology and Biostatistics, Freie Universität Berlin, Königsweg 67, 14163 Berlin, Germany

*Corresponding author

Email addresses: GA: Greta.Abele@web.de

PLoS ONE 17(7), e0269726, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269726>

Received: July 26, 2021

Accepted: May 26, 2022

Published: July 15, 2022

Abstract

Swellings of the ribs result from severe injury and affected animals are subjected to considerable and prolonged pain and suffering. The knowledge on rib swellings in dairy cows has yet been very limited. Therefore, the present study aimed at determining the prevalence of rib swellings in tie stall housed dairy cows in Germany as well as at identifying associated factors. Mean animal-level prevalence of rib swellings for 2,134 cows was 7.54 % with a mean of 7.00 % on farm level (range 0.00 % - 37.49 %). Multivariable mixed logistic regression models including nested random effects were built and factors associated with swellings of the ribs were evaluated for 1,740 dairy cows on 96 farms in Germany. Out of the initial 22 predictors, 8 factors were selected for the final model. Managing dairy cows on a part-time basis (OR 0.49 [CI 0.25 – 0.98]) appeared to decrease the odds for rib swellings compared with full-time farming. Cattle breeds other than Simmental entailed lower odds for rib swellings (OR 0.29 [CI 0.14 – 0.59]). Lameness (OR 2.59 [CI 1.71 – 3.93]) and cows with wounds and/or swellings of the hocks (OR 2.77 [CI 1.32 – 5.84]) had more than two times the odds for rib swellings compared with sound animals. The results of the present study can help raising awareness of rib swellings in dairy cows and contribute to the body of evidence on this condition.

Introduction

Animal welfare has become increasingly important for consumers of milk and beef [1, 2, 3] as well as for political decision making [4]. Regulatory framework contributes to the improvement of animal well-being but policy makers need objective parameters to evaluate different housing systems and to set political incentives for improving livestock production. The Animal Care Reference Manual of the National Milk Producers Federation [5] defines animal welfare as being “[...] healthy, comfortable, well nourished, safe, able to express innate behaviour and not suffering from unpleasant states such as pain, fear and distress.” Von Keyserlingk et al. [6] have defined animal welfare as a positive affective state, where animals are able to establish their physiological functions and have the capacity to express natural behavioural patterns. Health disorders that entail pain and suffering are yet in sharp contrast to these aspects [6, 7, 8]. Council Directive 98/58/EC in Europe [4] article 3 underscores the specific responsibility of animal owners or keepers to ensure physical integrity of their

animals and to minimise avoidable pain, suffering or injury. For the evaluation of animal welfare aspects in different housing systems of dairy cattle, housing-associated traumatic lesions and alterations of the integument as well as lameness have been considered critical in regard to dairy cow comfort [9, 10, 11].

Even though an abundance of studies has been presented on traumatic lesions associated with housing conditions [10, 12, 13] rib swellings in dairy cows have yet received little scientific interest and knowledge is limited [14]. Blowey and Bell [15] have presumed an association between the presence of claw lesions, lameness and swellings of the ribs. Lamé cows have difficulties with physiological locomotion and may therefore be prone to falling down. Additionally, lame cows lay down and rise in an unphysiological manner and thus may collide with elements of the stalls [16]. Rib swellings may also be attributable to injuries by the horns of herd mates, transport or mounting by other cows [17]. Paton [18] and Blowey [16] have assumed an association of rib swellings with a low body condition score (BCS) which becomes especially perceivable in the area caudal of the olecranon, at the costochondral junction. However, the mid shaft point of the rib can be also affected, the changes often appear bilaterally and consist of a hard bony enlargement [16]. Knowledge on the prevalence of rib swellings in dairy cows as well as on potential risk factors is very limited. Therefore, the aims of this study were (1) to determine the prevalence of rib swellings in tie stall housed dairy cows and (2) to identify potential risk factors by means of multivariable mixed logistic regression models. Factors associated with management practises, housing conditions, and the individual animal were considered. Knowledge of these factors is of special interest in order to understand relevant on-farm patterns of management and housing that may be associated with an increased prevalence of rib swellings and to work towards a continuous improvement of animal welfare.

Material and Methods

Herd selection

This study was part of a cross-sectional study on animal health, biosecurity and housing conditions in German dairy farms. Tie stall farms in three main dairying regions in the North (region 1), East (region 2), and South (region 3) of Germany

were included. Study selection and sampling procedures are elaborated on [19, 20, 21].

Briefly, farms were randomly sampled for each study region (North: federal states of Lower Saxony and Schleswig-Holstein; East: federal states of Saxony-Anhalt, Brandenburg, Mecklenburg-Western Pomerania, and Thuringia; South: federal state of Bavaria) and stratified by administrative district and farm size. The national animal information database (HIT) as well as farm data from the Milchprüfing Bayern e.V. provided information on farm size within administrative district and study region for sampling. Farms were randomly drawn from these data bases stratified by administrative district and farm size (number of cows) within the federal state and study region. Different scenarios were calculated given a power of 80 % and a level of significance of 5 % in order to calculate an optimal and feasible sample size. Given these scenarios and considering feasibility, 250 farms were determined to be visited per study region. A response rate of 30 – 40 % was expected. Within each study region, a total amount of 1,250 farms, i.e. 5 times more farms than required for the study, were drawn from the underlying population in order to cover a response rate of at least 20 %. Region-specific farm size cut-off values were determined in order to obtain a realistic distribution of farm sizes within the study population and due to structural differences in dairy farming in Germany [22]. Overall, the response rate was far lower than originally expected and overall ranged from 6 % to 9 % (North: 9 %; East: 9 %; South: 6 %), 253 farms were from region North, 252 from East and 260 from South.

Farms received information on the study and an invitation to participate by mail and chose voluntarily to participate. Every farm was visited once.

Observers (n = 16) were jointly trained during a seminar at the start of the study: Questionnaires and data entry forms were evaluated and discussed, video assessments and live scorings were included. During a subsequent three-month pilot phase observers were trained in farm visits, possible pitfalls were identified and refinements were made. As a result, standard operating procedures could be established.

On-farm data collection was carried out between December 2016 and August 2019. The anonymity of the participating farms was guaranteed in alignment with the German and European data protection legislation.

On-farm assessments

All lactating and dry animals housed in tie stalls at the day of the farm visit underwent individual scoring for body condition, lameness, rib swellings and changes of the hock, neck, back and tail. Live stall lameness scoring was performed to document weight shifting between feet, sparing one foot while standing, unequal weight bearing when being induced to step from side to side, and standing on the edge of the kerb [23]. Each cow was observed from the rear as well as from a caudolateral perspective during a 90 seconds period of time. If two out of the aforementioned four indicators could be recorded, a cow was classified as lame [23, 24]. Body condition scoring was carried out according to a five point scale ranging from 1 – 5 with 0.25 increment intervals established by Edmonson et al. [25], modified by Metzner et al. [26] for Simmental cattle. BCS was categorised into *underconditioned*, *optimally conditioned*, and *overconditioned* in alignment with what has been presented for different breeds and stages of lactation [27-31]. Elaborations are presented in supplementary file 1 (S1 BCS categories).

The presence of rib swellings was visually recorded in the lateral thoracic region between the 7th and the 9th rib at the transition from the bony part to the cartilaginous part of the rib (Figure 1) [32]. Cows were assessed from a caudolateral position.

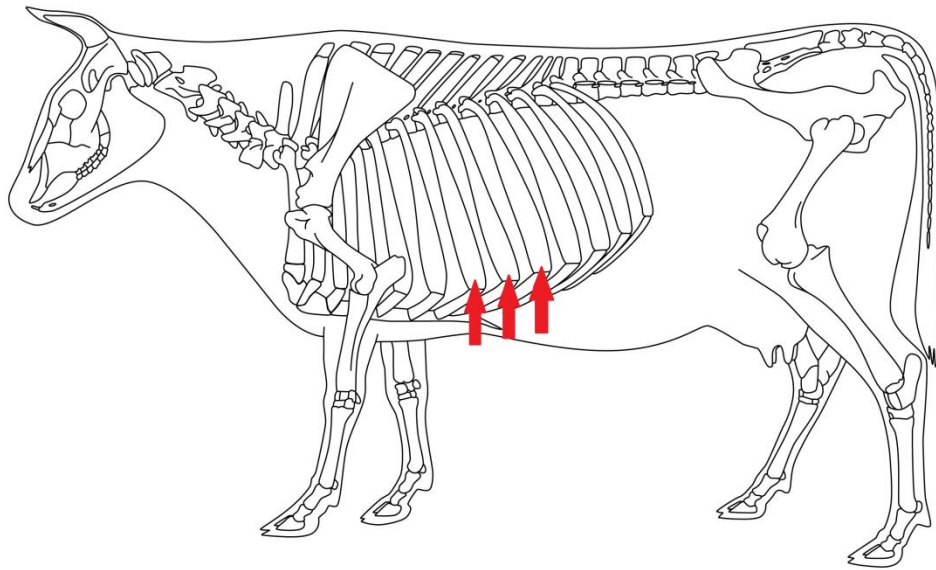


Figure 1: Common predilection site of rib swellings in cattle: Costochondral junctions at 7th - 9th rib

Skin changes of the hocks were documented using the approach by Regula et al. [33] and Kielland et al. [34]. Accordingly, both tarsal regions were observed from a caudolateral perspective: 1 = no skin change, 2 = hairless patch (visible loss of hair as well as visible hair breakage), 3 = swelling (no wound), 4 = wound (no swelling but any form of disconnection/injury/laceration of the skin), 5 = wound and swelling. A score of 6 (no assessment possible due to solid plaque of manure) was introduced to reflect hocks which were too dirty to be assessed. The most severe skin change present at a time was documented. Strict standard operating procedures were developed at the beginning of the study and during the pilot phase.

Skin changes in the neck area were assessed between the first cervical and the first thoracic vertebra using a score according to Kielland et al. [35]: 1 = no skin change, 2 = hairless patch, 3 = wound and/or swelling. A similar score was applied to record abnormalities of the back in the region between the first cervical and the first caudal vertebra in an area of 10 centimetres on both sides of the median line of the back. Abnormalities of the tail were documented as follows: 1 = no change, 2 = bulge or deviation of the tail, 3 = amputated tail.

Stanchions were selected according to a systematic random sampling and measured for length and width. The median value per farm was calculated. The assumptions of a 95 % confidence interval (CI), a standard deviation (SD) of 10, a precision of ± 5 centimeters and a potential number of 10 up to 1,500 stalls on farm were taken as a basis for the following procedure. The number of stanchions on each farm that were to be measured was in accordance with an a priori determined calculation: if up to 29 stanchions with cows were present, 10 were measured, if 30 – 49 stanchions were present, 15 were measured, and if 50 – 99 stanchions were present, 17 were measured. In case more than 100 stanchions were present, 18 were measured. Which stanchion needed measuring was counted starting with the first stall. For example, if 30 stanchions were present on a specific farm, every second was due to measuring.

The assessment of slipperiness, stall base (rubber, concrete), gutter design, type of tying system and bedding was conducted in a similar manner to the measurements of stanchions see above.

Slipperiness was assessed as follows: the observers tried to glide on the floor with their boots to ascertain the extent of resistance [36]: 1 = low slipperiness, 2 = moderate slipperiness, 3 = high slipperiness.

Information on the operational type of the farm (main/ supplementary source of income, organic/ conventional farming) and if pasture access or an additional outdoor exercise area were present for cows, was collected during an interview with the farm manager on each farm. Sideline farmers declared that they primarily did a job other than dairy farming and that dairy farming was solely a supplementary source of income.

HIT as well as the national milk recording system (DHI) were used to retrieve data on parity, age, breed, and days in milk.

Data were recorded via questionnaires and data entry forms and manually introduced to a central SQL database immediately after every on-farm assessment. From this database, Microsoft Excel data sheets could be exported for further analyses.

Data Editing and Statistical Analysis

All statistical analyses were conducted with the R software for statistical computing version 1.2.5033 (R Core Team, 2019) using the R Studio interface. The following packages were implemented: *plyr* [37], *gdata* [38], *tidyverse* [39], *tidyr* [40], *ggstatsplot* [41], *lme4* [42], *lmerTest* [43], *sjPlot* [44], *effects* [45, 46], *optimx* [47], *performance* [44], and *caret* [48].

Statistical unit was the cow. Each predictor underwent descriptive analysis in order to assess the distribution. Univariable analyses were performed on animal level for each factor in regard to the target variable *rib swelling* (1/0) using binary logistic regression. The variable *breed* was sorted into two categories (German Simmental vs. Other) for the multivariable regression. Similarly, the variables *length* and *width of stanchions* were transformed into categorical variables with three categories depending on their distribution and the values of their quartiles (length: < 157.0 centimeters = short, ≥ 157.0 centimeters – <175.0 centimeters = medium, ≥ 175.0 centimeters = high; width: < 99.0 centimeters = narrow, ≥ 99.0 centimeters – <104.0 centimeters = medium, ≥ 104.0 centimeters = large). Similarly, *farm size* was categorised into small (< 22 animals), medium (22 – 38 animals) and large (≥ 39 animals) based on the number of cows housed on farm.

For the multivariable modelling procedure, lesions of the neck, the back, and the tail were dichotomised (no skin change present vs. observable skin change present). We proceeded similarly for hock lesions: Hocks which scored “6” were from further analysis excluded. Subsequently, the remaining hock scores were sorted into the categories 1 (no skin change observed), 2 (hairless area), and 3 (wound and/or observable swelling).

For the multivariable modelling procedure, a complete cases data set including all potential variables of interest was created. In a manual stepwise forward selection process, multivariable mixed logistic regression models including a nested random effect (*farm* nested within *region*) were created using the *glmer* function in R. The random effect accounts for random variability within the data as a result of actual differences between farms (within regions), e.g. housing conditions, management practices, and further farm-specific elements across the different dairy operations. In doing so, we payed attention to the fact that effects may differ

across farms since animals are subjected to varying on-farm settings. Moreover the random effect also accounts for the clustering of animals within herd.

Farm size (categorised) and *season* (*spring*: March, April, May; *summer*: June, July, August, *autumn*: September, October, November; *winter*: December, January, February) were included as fixed effects.

The Akaike's Information Criterion (AIC) and conditional R^2 were used to assess the model's quality after every newly introduced variable. A p-value of ≤ 0.05 was regarded as statistically significant. The model's quality improved, if a statistically significant decrease of the AIC was detected. The lowest AIC represented the most appropriate model [49]. Furthermore, the R function `compare_performance` (model 1, model 2, rank = TRUE) from the performance package [44] was implemented. This function allows to rank model based on several criteria. Additionally to the AIC, the BIC, which is more strict in regard to model complexity, as well as conditional R^2 , Intraclass correlation coefficient, and sigma are displayed. We used a combination of these criteria to assess models. Moreover, a Hosmer-Lemeshow test [50] using the `performance_hosmer()` function from the R package performance was conducted. A p-value of 0.418 indicated the appropriateness of the model. A receiver operating characteristic curve (ROC-curve) was generated (supplementary file 3) using the R package ROCR [51] and the area under the curve (AUC) was calculated to be 0.836 (95 % Confidence Interval 0.802 – 0.870) via the pROC package [52].

The R function `vif()` from the caret package [48] was applied to control for variance inflation (VIF) and to identify (multi-)collinearity among the predictors. As none of the VIF scores was higher than 5, (multi-)collinearity was determined not to be present [53]. If an interaction between predictors appeared plausible from a biological point of view, this interaction was integrated within the model and the AIC was assessed if a significant improvement was yielded.

Results

A total number of 2,134 dairy cows on 97 farms in Germany were included in the initial data set of this study, 307 of them in 12 farms from region *North*, 98 in 6 farms from region *East* and 1,729 in 79 farms from region *South*.

The mean animal – level prevalence of rib swellings among these cows was 7.54 %. On farm level, the mean prevalence of rib swellings was 7.00 % (range 0.00 % - 37.49 %). Ribs swellings were not present on 39 out of 97 farms (40.21 %). On average, farms managed 22 cows and the farm size ranged from one to 108 cows. Descriptive statistics of all variables within the data set are presented in table 1 and table 2.

Table 1. Descriptive statistics of all categorical variables within the initial data set

Predictor	Categories	n _{cows}	n _{cows} (%)	n _{cows} (%)	n _{cows} (%)
		(%)	Region <i>North</i>	Region <i>East</i>	Region <i>South</i>
Rib swellings	No	1,973 (92.46)	304 (99.02)	96 (97.96)	1,573 (90.98)
	Yes	161 (7.54)	3 (0.98)	2 (1.04)	156 (9.02)
BCS	Optimally conditioned	1,333 (65.44)	154 (57.46)	37 (45.68)	1,142 (67.65)
	Overconditioned	262 (12.86)	39 (14.55)	17 (20.99)	206 (12.20)
	Underconditioned	442 (21.70)	75 (27.99)	27 (33.33)	340 (20.14)
Breed	Brown Swiss	191 (8.95)	1 (0.33)	2 (2.04)	188 (10.87)
	German Holstein	368 (17.24)	238 (77.52)	69 (70.41)	61 (3.53)
	German Simmental	1,429 (66.96)	21 (6.84)	10 (10.20)	1,398 (80.86)
	Other	146 (6.84)	47 (15.31)	17 (17.35)	82 (4.74)
Back changes	No skin change	2,058 (96.44)	302 (98.37)	88 (89.80)	1,668 (96.47)
	skin change	76 (3.56)	5 (1.63)	10 (10.20)	61 (3.53)
Hock changes	No skin change	336 (18.14)	90 (31.36)	20 (22.22)	226 (15.32)
	Hairless spot	1,109 (59.88)	149 (51.92)	52 (57.78)	908 (61.56)
	Wound and/or	407 (21.98)	48 (16.72)	18 (20.00)	341 (23.12)

	swelling				
Neck changes	No skin change	1,279 (59.54)	195 (63.73)	70 (71.43)	1,005 (58.13)
	Hairless spot	724 (33.99)	97 (31.70)	23 (23.47)	605 (34.99)
	Wound and/or swelling	138 (6.47)	14 (4.58)	5 (5.10)	119 (6.88)
Tail changes	No alteration	1,996 (93.62)	279 (90.88)	76 (77.55)	1,641 (95.02)
	Signs of fracture ¹ / Amputation	136 (6.38)	28 (9.12)	22 (22.45)	86 (4.98)
Lameness	Not Lamé	1.673 (78.40)	274 (89.25)	73 (74.49)	1,326 (76.69)
	Lame	461 (21.60)	33 (10.75)	25 (25.51)	403 (23.31)
Farming on regular / sideline basis	1 (regular)	1.537 (72.95)	294 (95.77)	98 (100.00)	1,145 (67.27)
	2 (sideline basis)	570 (27.05)	13 (4.23)	0 (0.00)	557 (32.73)
Farming type	Conventional farming	1,915 (89.74)	307 (100.00)	91 (92.86)	1,517 (87.74)
	Organic farming	219 (10.26)	0 (0.00)	7 (7.14)	212 (12.26)
Gutter design	Concrete or gutter without grate	595 (27.89)	172 (56.03)	64 (65.31)	359 (20.78)
	Gutter with grate	1.538 (72.11)	135 (43.97)	34 (34.69)	1,369 (79.22)
Stanchion flooring	Concrete	488 (23.00)	133 (43.32)	12 (12.24)	343 (19.98)
	Rubber	1,634 (77.00)	174 (56.68)	86 (87.76)	1,374 (79.22)
Pasture access	Yes	1,000 (46.86)	307 (100.00)	49 (50.00)	644 (37.25)
	No	1,134 (53.14)	0 (0.00)	49 (50.00)	1,085 (62.75)
Exercise	No access to exercise	1,853 (86.83)	255 (83.85)	41 (41.84)	1,557 (90.05)
	Exercise	281 (13.17)	52 (16.15)	57 (58.16)	172 (9.95)
Presence of bedding material	No bedding material/ low amount	1,977 (92.69)	151 (49.19)	98 (100.00)	1,728 (100.00)

	Bedding material present	156 (7.31)	156 (50.81)	0 (0.00)	0 (0.00)
Slipperiness	high slipperiness	259 (12.14)	33 (10.75)	13 (13.27)	213 (12.33)
	moderately slipperiness	1,174 (55.04)	149 (48.53)	73 (74.49)	952 (55.09)
	low slipperiness	700 (32.82)	125 (40.72)	12 (12.24)	563 (32.58)
Tying system	Grabner tie ²	1,187 (55.65)	187 (60.91)	56 (57.14)	944 (54.63)
	Vertical neck frame	330 (15.47)	53 (17.26)	21 (21.43)	256 (14.81)
	Collar and chain	294 (13.78)	0 (0.00)	5 (5.10)	289 (16.72)
	Other	322 (15.10)	67 (21.82)	16 (16.33)	239 (13.83)
Parity	first	784 (36.74)	119 (38.76)	50 (51.02)	615 (33.57)
	second	522 (24.46)	86 (28.01)	14 (14.29)	422 (24.41)
	≥third	828 (38.80)	102 (33.22)	34 (34.69)	692 (40.02)
Season	Autumn	406 (19.03)	48 (15.64)	0 (0.00)	358 (20.71)
	Spring	817 (38.28)	189 (61.56)	41 (41.84)	587 (33.95)
	Summer	500 (23.43)	31 (10.10)	57 (58.16)	412 (23.83)
	Winter	411 (19.26)	39 (12.70)	0 (0.00)	372 (21.52)
Farm-size ³	< 22	521 (24.41)	68 (22.15)	62 (63.27)	391 (22.61)
	22 – 39	1,061 (49.72)	90 (29.32)	36 (36.73)	935 (54.08)
	≥ 40	552 (25.87)	149 (48.53)	0 (0.00)	403 (23.31)
Observer	1	109 (5.11)	109	0	0
	2	42 (1.97)	42	0	0
	3	13 (0.61)	13	0	0
	4	54 (2.53)	54	0	0
	5	5 (0.23)	0	5	0
	6	34 (1.59)	0	34	0
	7	182 (8.53)	0	0	182
	8	428 (20.06)	0	0	428

	9	213 (9.98)	0	0	213
	10	156 (7.31)	0	0	156
	11	421 (19.73)	0	0	421
	12	68 (3.19)	68	0	0
	13	205 (9.61)	0	0	205
	14	23 (1.08)	0	23	0
	15	36 (1.67)	0	36	0
	16	145 (6.79)	21	0	124

¹ signs of fracture include the presence of a bulge and a deviation of the tail

² chain/belt fixed vertically with attached sliding frame around the cow's neck

³ number of dairy cows equates to farm size

Table 2: Distribution of continuous variables within the initial data set

Predictor	Mean	Range	1 st Quartile	Median	3 rd Quartile	n _{cows}
Length of stanchion (in centimeters)	169.30	135.50 – 240.50	157.00	169.30	175.00	2,134
Width of stanchion (in centimeters)	102.40	91.00 – 131.50	99.00	101.00	102.40	2,134
Days in milk	209.90	0.00 – 1,112.00	89.00	190.00	303.50	2,099

The results of the univariable analyses are displayed in supplementary file 2 (S2 Results of the univariable analyses of all factors with the target variable rib swelling). Out of 23 factors, 15 showed a significant association with the presence of rib swellings.

Omitting missing values, the complete cases data set for the multivariable mixed logistic regression analysis consisted of 1,740 dairy cows on 96 farms. The results of the final model are displayed in table 3.

Table 3 Final multivariable mixed logistic regression model for factors associated with rib swellings in 1,740 dairy cows on 96 farms.

			<i>Rib Swelling</i>		
Predictor	Category	Parameter estimate	Odds Ratio	Confidence interval (95 %)	P-value
Intercept	-		0.08	0.03 – 0.24	<0.001
BCS					0.071
	Optimal	Reference	-	-	-
	Overconditioned	-0.53	0.59	0.29 – 1.19	0.140
	Underconditioned	0.35	1.42	0.89 – 2.27	0.140
Breed					<0.001
	German Simmental	Reference	-	-	-
	Other	-1.23	0.29	0.14 – 0.59	0.001
Pasture					0.089
	No	Reference	-	-	-
	Yes	-0.53	0.59	0.32 – 1.08	0.089
Hock changes					<0.001
	No skin changes	Reference	-	-	-
	Hairless patch	0.23	1.26	0.62 – 2.54	0.525
	Swelling and/or wound	1.02	2.77	1.32 – 5.84	0.007
Farming on regular / sideline basis					0.044
	Regular basis	Reference	-	-	-
	Sideline basis	-0.70	0.49	0.25 – 0.98	0.044
Lameness					<0.001

	No	Reference	-	-	-
	Yes	0.95	2.59	1.71 – 3.93	<0.001
Season					0.50
	Autumn	Reference	-	-	-
	Spring	-0.46	0.63	0.31 – 1.29	0.209
	Summer	-0.37	0.59	0.31 – 1.57	0.379
	Winter	-0.58	0.56	0.23 – 1.34	0.194
Farm size					0.40
	< 22 cows	Reference	-	-	-
	22 – 38 cows	0.10	1.11	0.55 – 2.22	0.779
	> 39 cows	-0.46	0.63	0.26 – 1.54	0.314

Out of the initial 22 predictors, 6 factors associated with housing conditions and the individual animal as well as both fixed effects for *season* and *farm size* were maintained within the final model.

The percentage of heterogeneity, i.e. the value of τ for *farm* nested within *region* describing the variance across different farms within the three study regions, was 0.34 in the final model with 0.14 being attributable to *farm*. The total variance of our model was 3.29. Other than Simmental breed (e.g. Brown Swiss, Holstein or others) was found to have lower odds (OR 0.29 [CI 0.14 – 0.59, $p = 0.001$]) for rib swellings than Simmental cows. Managing on a sideline basis and if dairy farming only provided a supplementary source of income entailed lower odds of rib swellings in dairy cows in the final model (OR 0.49 [CI 0.25 – 0.98], $p = 0.044$). Lamé cows experienced more than two times the odds of rib swellings compared with non-lamé animals (OR 2.59 [CI 1.71 – 3.93], $p < 0.001$). As for hock changes, the presence of a wound and/or a swelling entailed higher odds for the presence of ribs swellings in the individual animal (OR 2.77 [CI 1.32 – 5.84], $p = 0.007$). This association was statistically significant compared with animals without skin changes in the tarsal area.

Discussion

The aim of the present study was to assess the prevalence of rib swellings as a welfare factor in dairy cows housed in tie stall facilities in Germany and to evaluate potential risk factors. This is of particular interest as swellings of the ribs are likely to be a consequence of severe injury and hence are associated with considerable, mostly prolonged pain and suffering in affected animals [54, 55].

In addition to rib swellings there were other animal welfare factors taken into account.

Lameness is regarded as one of the most important matter for animal welfare in dairy production [56, 57, 58]. Hock lesions can be very painful and on their part cause lameness [59]. Lameness, and therefore hock lesions, have considerable adverse effects on milk yield, reproductive performance, life expectancy and general well-being [60, 61] so an association among mutual factors can be assumed.

Even though an abundance of studies has evaluated indicators of animal welfare in modern production facilities, rib swellings in dairy cows have yet received little scientific attention, potentially due to the fact that they are mostly chronic lesions when they are discovered which are not in a particular focus by both veterinarians and farmers and usually do not experience veterinary treatment [16]. To our knowledge, the present study is the first work to determine the prevalence of rib swellings in tied dairy cows and to evaluate potential risk factors.

As early as 2012, Merle et al. [22] described structural differences of farming within Germany. To meet this requirement we included the three regions in our study. Tie stall housing in Germany is similar to other countries in Europe, e.g. Switzerland and Austria. So we could assume that the results are readily applicable to other tie stall settings.

The variance of our model is 3.29. Structural differences between farming practices and management exist in the dairy sector throughout Germany [22]: For example, larger dairies are present in East Germany (region East of this study) compared with other parts of the country. Another characteristic to be aware of is the integration of pasture access in dairy production which is common in North Germany (region North) as well as in parts of Bavaria (region South) while

largely absent in East Germany. The average farm size is larger in the Northwest than in other regions and soil fertility within Germany varies greatly. These and other differences may be the source of the 20 % variance of *region*. This may be an explanation for the range in mean farm-level prevalence of rib swellings and underscores the importance of individual, farm-specific strategies to evaluate the situation and to develop control programs. This is supported by Boyling [62] who similarly reported a fairly marked range of farm-level prevalences between 3.5 % and 26.8 % with a mean of 9.70 % which is similar to the present study but in free stall barns. Apart from this reasoning, small farms with a small amount of cows may tend to reach high or low farm prevalence with only a few animals being housed. Hence, the impact of one affected animal on the farm-specific prevalence of rib swellings is more pronounced than in larger farms.

A study of Blowey, Bell and Boyling [32] mentions a mean prevalence of rib swellings of 14.7 % in 1,998 dairy cows in 13 herds housed in cubicle systems with different bedding types. Witchell [55] found 16.1 % of dairy cows in cubicle systems to be affected. As for the current study, it is important to be aware, that solely the presence of rib swellings was assessed. Hence, no assumption can be made about the underlying pathology, e. g. trauma-associated swellings, abscesses, fractures and others.

Enrollment in this study was on a voluntary basis. Farmer characteristics play a pivotal role in regard to animal welfare and to the way they manage their farms as well as to how they communicate and interact with veterinary consulting [63-66]. Proactive farmers are more open to external advice and particularly interested in preventive rather than reactive approaches of tackle issues of animal welfare and health on their farms [67-69]. This may have rendered these farmers more intrinsically motivated to participate in the present study whereas farmers with a different mindset may not have had this level of motivation to be enrolled.

Even with a low number of scorers, consistent and reliable records e.g. for locomotion are difficult to obtain and inter-observer reliability values often are unable to obtain the expected levels. Therefore, animals may be misclassified in regard to the outcome of interest and relevant associations may be covered up during modelling or spurious associations may arise [70-73]. In regard to locomotion scores, a very recent study has underscored the importance of

including observer within the modelling procedure in order to draw reliable inference [20]. In the current study, assessment of inter-observer reliability in regard to rib swellings was not possible. Therefore, observer was included as a fixed effect throughout the modelling process in the current study in order to account for potential observer effects. However, it is important to be aware that a high number of observers was included and some observers had a very low number of observations. This not only rendered the models unable to converge but also could not yield estimates for single observers. Therefore, the effect of observer was solely modelled in a univariable context. From this, we can say that while for some observers, estimates could not be produced, some observers did not appear to have a relevant association in regard to rib swellings and relevant associations were present for single observers. When looking at the results of the present work, this needs to be taken into account to avoid misinterpretation and to be aware of potential limitations. For future studies in this context, we recommend assessing inter-observer reliability. Lameness in the present study was assessed using the SLS [23, 24]. It is important to be aware of the fact that a moderate sensitivity of 0.54 – 0.77 was determined by Leach et al [23] compared with the Sprecher locomotion scoring system [74]. Hence, lameness may be underestimated on average by 27 % (11 – 37 %) when using the SLS approach [23]. As a consequence, the true lameness prevalence may well be higher among tied dairy cows than reported in the present work. Jewell et al. [12] also used the SLS in their study and reported 15.3 % (95 % CI 12.5 – 18.6) of cows to be lame with a farm-level prevalence of lameness of 0 – 30.6 %. In a study by Bouffard et al. [75] 25 % of cows scored for lameness using the SLS approach were identified as lame. Even though lameness may have been underestimated because of the method of assessment, the prevalence reported in the current work is in accordance with the extant literature.

Furthermore, we are convinced to have attained a high level of standardisation due to an intensive study protocol including standard operation procedures from enrollment to data collection, plausibility checks, and analysis. Moreover, the wide variation between herds in regard to the prevalence of rib swellings as well as the aforementioned results from previous studies supports the outcomes of the present study.

Our model showed a significant relationship between the occurrence of rib swellings and lameness. The causality yet is still not clear and needs further investigations. Even moderately lame cows extend their lying duration about approximately 45 minutes [76] which may foster the development of decubital areas in the costochondral area of the ribs. Relatively more rib swellings were present in stanchions covered with rubber mats compared with stalls where bare concrete was the type of stall base. However, rubber mats are commonly covered with only sparse amounts of bedding which may explain the increased occurrence of rib swellings. This setting of bedding amount and type of stall base clearly requires deeper investigations. Moreover, the way to lie down is unphysiological in lame cows. Lame cows may be more prone to either slipping and falling down abruptly or to harmful collisions with elements of stall design, especially in short stalls that are common in tie stall facilities [8, 76] which can result in an increased occurrence of rib swellings [16].

Changes of the hocks increased the odds for rib swellings (OR 2.77 [CI 1.32 – 5.84]) in our final multivariable mixed logistic regression model. Hock injuries also seem to be associated with lameness [77]. Witchell [54] described a higher risk of hock injuries in lame cows, potentially through an increasing lying time that means an expansion of contact time between the lying surface and the hocks [78]. Similar results have been presented by a recent study on lameness in tie stall facilities by Oehm et al. [77]. Swellings and/or wounds on the hocks increased the odds of lameness according to them by 2.57. These two variables appear to be closely associated and may share a common risk setting. Accordingly, lameness and hock lesions may have a similar effect on the occurrence of rib swellings. Hence, even though hock lesions (and lameness) may be causally involved in the occurrence of rib swellings, they are a common finding in dairy cows and simply may therefore be associated with the condition.

Simmental cows seem to have a higher risk to get rib swellings than other breeds like Brown Swiss, German Holstein and others. As studies on Simmental cows in particular are limited compared with studies on Holstein cows, it is difficult to provide an evidence-based explanation for this associations.

Part-time-farmers had lower odds of rib swellings on their farm compared with farmers where dairy farming provided the main source of income. Because of a

lack of literature for farming in sideline basis we can only speculate about the reasons. One point can be an association with farm size, although farm size itself shows no significant association in our final model but a significant association in univariable analysis with part and full time farming.

Conclusions

Swellings of the ribs tend to be common on some dairy farms housing their cows in tie stalls whereas other farms do not experience the problem. Knowledge on the occurrence of rib swellings in dairy cows has been scarce. The results of the present study suggest that their occurrence is closely associated with a setting of animal-related and farm-specific factors like hock lesions, breed and lameness.

Acknowledgements

We further cordially thank all participating farmers as well as the following colleagues involved in the study (in alphabetical order): Friedemann Adler, Heidi Arndt, Katrin Birnstiel, Amely Campe, Alexander Choucair, Phuong Do Duc, Antonia Hentzsch, Martina Hoedemaker, Verena Kaufmann, Laura Kellermann, Marcus Klawitter, Gabriela Knubben-Schweizer, Corinna Lausch, Moritz Metzner, Philip Paul, Frederike Reichmann, Dmitrij Sartison, Alexander Stoll, Maria Volkmann, Marina Volland, Svenja Woudstra, Philip Zuz.

References

1. Barkema HW, von Keyserlingk MA, Kastelic JP, Lam TJ, Luby C, Roy JP, LeBlanc SJ, Keefe GP, Kelton DF. Invited review: changes in the dairy industry affecting dairy cattle health and welfare. *J Dairy Sci.* 2015;98: 7426-45. doi: 10.3168/jds.2015-9377.
2. Schnettler BM, Ricardo VM, Roberto SF, Vallejos LC, Seúlveda NB. Consumer perception of animal welfare and livestock production in the Auracania region, Chile. *Chilean JAR* 2008; 68(1): 80-93.

3. Vanhonacker F, Verbeke W, Van Poucke E, Tuyttens FAM. Segmentation based on consumers' perceived importance and attitude toward farm animal welfare. *Int J of Social Agr Food* 2007;15(3): ISSN 0798-1759.
4. Council Directive 98/58/EC in Europe
5. National Milk Producers Federation. *Animal Care Reference Manual*. 2016.
6. Von Keyserlingk MAG, Rushen J, de Passillé AM, Weary DM. Invited review: The welfare of dairy cattle – Key concepts and the role of science. *J Dairy Sci*. 2009; 92: 4101-4111.
7. Broom DM. Assessing the welfare of modified or treated animals. *Livestock Prod Sci*. 1993;36: 39-54. doi: 10.1016/0301-6226(93)90136-6.
8. Mattiello S, Battini M, Andreoli E, Barbieri S. Short communication: Breed differences affecting dairy cattle welfare in traditional alpine tie-stall husbandry systems. *J Dairy Sci*. 2011;94: 2403-2407
9. Blanco-Penedo I, Ouweltjes W, Ofner-Schröck E, Brügemann K, Emanuelson U (2020): Symposium review: Animal welfare in free-walk systems in Europe. *J Dairy Sci*. 2020;103(6): 5773-5782
10. Bernhard JK, Vidondo B, Achermann RL, Rediger R, Müller KE, Steiner A. Carpal, tarsal, and stifle skin lesion prevalence and potential risk factors in Swiss dairy cows kept in tie stalls: A cross-sectional study. *PLOS* 2020. Doi: 10.1371/journal.pone.0228808.
11. Lobeck KM, Endres MI, Shane EM, Godden SM, Fetrow J. Animal welfare in cross-ventilated, compost-bedded pack, and naturally ventilated dairy barns in the upper Midwest. *J Dairy Sci*. 2011;94: 5469-5479. doi: 10.3168/jds.2011-4363.
12. Jewell MT, Cameron M, Spears J, McKenna SL, Cockram MS, Sanchez J, Keefe GP. Prevalence of hock, knee, and neck skin lesions and associated risk factors in dairy herds in the Maritime Provinces of Canada. *J Dairy Sci*. 2019;102(4): 3376-3391. doi: 10.3168/jds.2018-15349.
13. Zaffino Heyerhoff JC, LeBlanc SJ, DeVries TJ, Nash CGR, Gibbons J, Orsel K, Barkema HW, Solano L, Rushen J, De Passillé AM, Haley DB. Prevalence of and factors associated with hock, knee, and neck injuries on dairy cows in freestall housing. *Canada J Dairy Sci*. 2014;97: 173-184.

14. Braun U, Warislohner S, Hetzel U, Nuss K. Case report: clinical and postmortem findings in four cows with rib fracture. *BMC Res Notes* 2017;10: 85.
15. Blowey R, Bell N. Rib fractures in slaughter cattle. *Vet Rec.* 2014;175(9): 231.
16. Blowey R. Rib dislocation or fracture associated with bovine lameness. *The Vet Rec.* 2007;160(11): 383-4.
17. Stöber M: Verletzungen der Brustwand. In: Dirksen G, Gründer H, Stöber M: *Innere Medizin und Chirurgie des Rindes.* 2006. Parey Buchverlag, Berlin.
18. Paton R. Observations on rib fractures in slaughter cattle. *Vet Rec.* 2014;175: 123-124.
19. PraeRi. Animal health, hygiene and biosecurity in German dairy cow operations – a prevalence study (PraeRi). Final Report, June 30, 2020; https://ibei.tiho-hannover.de/praeeri/pages/69#_AB
20. Oehm AW, Merle R, Tautenhahn A, Jensen KC, Mueller KE, Feist M, Zablotzki Y. Identifying cow - level factors and farm characteristics associated with locomotion scores in dairy cows using cumulative link mixed models. *PLoS One.* 2022; 17(1):e0263294. doi: 10.1371/journal.pone.0263294.
21. Jensen KC, Oehm AW, Campe A, Stock A, Woudstra S, Feist M, Müller KE, Hoedemaker M, Merle R. German Farmers' Awareness of Lameness in Their Dairy Herds. *Front Vet Sci* 2022. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.866791>
22. Merle R, Busse M, Rechter G, Meer U. Regionalisierung Deutschlands anhand landwirtschaftlicher Strukturdaten. *Berl Münch Tierärztl Wochenschr.* 2012; 125:52-59. doi 10.2376/0005-9366-125-52.
23. Leach KA, Dippel S, Huber J, March S, Winckler C, Whay HR. Assessing lameness in cows kept in tie-stalls. *J. Dairy Sci.* 2009;92: 1567–1574.
24. Gibbons J, Haley DB, Higginson Cutler J, Nash C, Zaffino Heyerhoff J, Pellerin D, Adam S, Fournier A, de Passilé AM, Rushen J, Vasseur E. Technical note: a comparison of 2 methods of assessing lameness prevalence in tiestall herds. *J Dairy Sci.* 2014;97: 350-3. doi: 10.3168/jds.2013-6783.

25. Edmonson A, Lean I, Weaver L, Farver T, Webster G. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J Dairy Sci.* 1989;72(1): 68-78.
26. Metzner M, Heuwieser W, Klee W. Die Beurteilung der Körperkondition (Body condition scoring) im Herdenmanagement. *Prakt Tierarzt.* 74. Jahrgang. 1993;11: 991-998.
27. Heuwieser W, Mansfeld R. Beurteilung der Körperkondition bei Milchkühen, Teil 2. *Milchpraxis* 1992;30: 10-14.
28. Kritzinger F, Schoder G. Gesund und fit bringt optimale Leistung. BCS. Body Condition Scoring für Fleckvieh. *Oö TGD. Linz.* 2009: 1-2.
29. Kritzinger F, Schoder G. Gesund und fit bringt optimale Leistung. BCS. Body Condition Scoring für Holstein. *Oö TGD. Linz.* 2009: 1-2.
30. Kritzinger F, Schoder G, Mader C, Winckler R. Gesund und fit bringt optimale Leistung. BCS. Body Condition Scoring für Braunvieh. *Oö TGD. Linz.* 2009: 1-2.
31. Martin R, Mansfeld R, Hoedemaker M, deKruif A. Milchleistung und Fütterung. In de Kruif, Mansfeld, Hoedemaker (editors): *Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind.* Third edition. Enke Verlag, Stuttgart, Germany. 2013, pp. 126-163.
32. Blowey R, Bell N, Boyling E. The prevalence of palpable rib swellings and association with lameness in 13 dairy herds. *Proceedings of the 16th International Symposium and 8th Conference on Lameness in Ruminants.* Rotorua, February 28 to March 3, 2011.
33. Regula G, Danuser J, Spycher B, Wechsler B: Health and welfare of dairy cows in different husbandry systems in Switzerland. *Prev Vet Med.* 2004;66: 247–264.
34. Kielland C, Ruud LE, Zanella AJ, Osteras O. Prevalence and risk factors for skin lesions on legs of dairy cattle housed in freestalls in Norway. *J Dairy Sci.* 2009;92(11): 5487-5496.
35. Kielland, C., K. E. Bøe, A. J. Zanella and O. Østerås. Risk factors for skin lesions on the necks of Norwegian dairy cows. *J Dairy Sci.* 2010;93(9): 3979-3989.
36. Bran JA, Costa JHC, Von Keyserlingk MAG, Hötzel MJ. Factors associated with lameness prevalence in lactating cows housed in freestall and compost-bedded pack dairy farms in southern Brazil. *Prev Vet Med.* 2019;172: 104773.

37. Wickham H. The Split-Apply-Combine Strategy for Data Analysis. *Journal of Statistical Software* 2011;40(1): 1-29.
38. Warnes GR, Bolker B, Gorjanc G, Grothendieck G, Korosec A, Lumley T, MacQueen D, Magnusson A, Rogers J and others. *gdata: Various R Programming Tools for Data Manipulation*. R package version 2.18.0. 2017.
39. Wickham H, Averick M, Bryan J, Chang W, D'Agostino McGowan L, Francois R, Golemund G, Hayes A, Henry L, Hester J and others. Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software* 2019;4(43), 1686. doi: 10.21105/joss.01686.
40. Wickham H & Henry L. *tidyr: Tidy messy data*. 2019. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=tidyr>
41. Patil I. *ggstatsplot: 'ggplot2' Based Plots with Statistical Details*. CRAN 2018. Retrieved from <https://cran.r-project.org/web/packages/ggstatsplot/index.html>
42. Bates D, Maechler M, Bolker B and Walker S. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software* 2015;67(1): 1-48. doi: 10.18637/jss.v067.i01.
43. Kuznetsova A, Brockhoff PB and C. RHB. lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *J Stat Softw* 2017;82(13): 1-26.
44. Lüdtke D, Makowski D, Waggoner P, Patil I. *performance: assessment of regression model performance*. Cran 2020. Doi: 10.5281/zenodo.3952174.
45. Fox J. Effect Displays in R for Generalised Linear Models. *Journal of Statistical Software* 2003;8(15): 1-27. Available from: <https://www.jstatsoft.org/article/view/v008i15>
46. Fox J, Weisberg S. Visualizing Fit and Lack of Fit in Complex Regression Models with Predictor Effect Plots and Partial Residuals. *J Stat Softw.* 2019;87(9): 1-27.
47. Nash JC, Varadhan R. Unifying Optimization Algorithms to Aid Software System Users: *optimx* for R. *J Stat Softw.* 2011;43(9): 1-14. (URL [http://www.jstatsoft.org/v43/i09/.](http://www.jstatsoft.org/v43/i09/))
48. Kuhn, M. *Caret: Classification and Regression Training*. R package version 6.0-86. 2020. <https://CRAN.R-project.org/package=caret>.

49. Burnham KP, Anderson DR. Model Selection and Multinomial Inference: a Practical Information-Theoretic approach. 2nd edition. New York, NY, Springer. 2002.
50. Hosmer DW & Lemeshow S. Applied Logistic Regression. Hoboken. 2000. NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc. doi: 10.1002/0471722146
51. Sing T, Sander O, Beerenwinkel N, Lengauer T. 2005. "ROCR: visualizing classifier performance in R." *Bioinformatics* 2005;21(20): 7881. <http://rocr.bioinf.mpi-sb.mpg.de>
52. Xavier Robin, Natacha Turck, Alexandre Hainard, Natalia Tiberti, Frédérique Lisacek, Jean-Charles Sanchez and Markus Müller. pROC: an open-source package for R and S+ to analyze and compare ROC curves. *BMC Bioinformatics* 2011;12(77). DOI: 10.1186/1471-2105-12-77 <http://www.biomedcentral.com/1471-2105/12/77/>
53. Hair J, Babin BJ, Anderson RE, Black WC. *Multivariate data analysis*. 8th ed: Cengage Learning EMEA; 2018.
54. Blowey R. The 15th International Symposium & the 7th Conference on Lameness in Ruminants. Rib Swellings Associated with Chronically Lamé Cattle – A Clinical Note. Kuopio, Finland. 2008.
55. Witchell L: An investigation into lameness and body condition as risk factors for rib injuries in dairy cows. Year 3 dissertation. University of Nottingham. 2013.
56. Barker ZE, Leach KA, Whay HR, Bell NJ, Main DC. Assessment of lameness prevalence and associated risk factors in dairy herds in England and Wales. *J Dairy Sci*. 2010;93:932-41.
57. Costa JHC, Burnett TA, von Keyserlingk MAG, Hotzel MJ. Prevalence of lameness and leg lesions of lactating dairy cows housed in southern Brazil: Effects of housing systems. *J Dairy Sci*. 2018;101:2395-405.
58. Popescu S, Borda C, Diugan EA, Spinu M, Groza IS, Sandru CD. Dairy cows welfare quality in tie-stall housing system with or without access to exercise. *Acta Vet Scand* 2013;55(43). <https://doi.org/10.1186/1751-0147-55-43>
59. Livesey CT, Marsh C, Metcalf JA, Laven RA. Hock injuries in cattle kept in straw yards or cubicles with rubber mats or mattresses. *Vet Rec*. 2002; 150:677-9.

60. King MTM, LeBlanc SJ, Pajor EA, DeVries TJ. Cow-level associations of lameness, behavior, and milk yield of cows milked in automated systems. *J Dairy Sci.* 2017;100:4818-28.
61. Weigele HC, Gygax L, Steiner A, Wechsler B, Burla J-B. Moderate lameness leads to marked behavioral changes in dairy cows. *J Dairy Sci.* 2018;101: 2370–2382.
62. Boyling E. Estimating the prevalence of rib swellings in dairy cattle, PhD thesis, University of Bristol. 2011.
63. Greiner R, Patterson L, Miller O. Motivations, risk perceptions and adoption of conservation practises by farmers. *Agric Syst.* 2009;99: 86-104.
64. Ellis-Iversen J, Cook AJC, Watson E, Nielen M, Larkin L, Woolridge M, Hogeveen H. Perceptions, circumstances and motivators that influence implementation of zoonotic control programs on cattle farms. *Prev Vet Med.* 2010;93: 276-85.
65. Jansen J, Steuten CDM, Renes, RJ, Aarts N, Lam TJGM. Debunking the myth of the hard-to-reach farmer: effective communication on udder health. *J Dairy Sci.* 2010;93: 1296-1306.
66. Kielland C, Skjerve E, Osteras O, Zanella AJ. Dairy farmer attitudes and empathy toward animals are associated with animal welfare indicators. *J Dairy Sci.* 2010;93: 2998-3006.
67. Derks M, van Werven T, Hogeveen H, Kremer WD. Veterinary herd health management programs on dairy farms in the Netherlands: use, execution, and relations to farmer characteristics. *J Dairy Sci.* 2013;96(3): 1623-37. doi: 10.3168/jds.2012-6106.
68. Bard AM, Main D, Roe E, Haase A, Whay HR, Reyher KK. To change or not to change? Veterinarian and farmer perceptions of relational factors influencing the enactment of veterinary advice on dairy farms in the United Kingdom. *J Dairy Sci.* 2019;102(11): 10379-10394. doi: 10.3168/jds.2019-16364.
69. Roche SM, Kelton DF, Meehan M, Von Massow M, Jones-Bitton A. Exploring dairy producer and veterinarian perceptions of barriers and motivators to adopting on- farm management practices for Johne's disease control in Ontario, Canada. *J Dairy Sci.* 2019;102(5): 4476-4488. doi: 10.3168/jds.2018-15944.

70. Schlageter-Tello A, Bokkers EA, Groot Koerkamp PW, Van Hertem T, Viazzi S, Romanini CE, Halachmi I, Bahr C, Berckmans D, Lokhorst K. Effect of merging levels of locomotion scores for dairy cows on intra- and interrater reliability and agreement. *J Dairy Sci.* 2014;97:5533-42.
71. Channon AJ, Walker AM, Pfau T, Sheldon IM, Wilson AM. Variability of Manson and Leaver locomotion scores assigned to dairy cows by different observers. *Vet Rec.* 2009;164:388-92.
72. Schlageter-Tello A, Bokkers EA, Koerkamp PW, Van Hertem T, Viazzi S, Romanini CE, Halachmi I, Bahr C, Berckmans D, Lokhorst K. Manual and automatic locomotion scoring systems in dairy cows: a review. *Prev Vet Med.* 2014;116:12-25.
73. Eriksson HK, Daros RR, von Keyserlingk MAG, Weary DM. Effects of case definition and assessment frequency on lameness incidence estimates. *J Dairy Sci.* 2020;103:638-48.
74. Sprecher DJ, Hostetler DE, Kaneene JB. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology.* 1997 Apr 15;47(6):1179-87. doi: 10.1016/s0093-691x(97)00098-8.
75. Bouffard V, de Passillé A.M, Rushen J, Vasseur E, Nash C.G.R, Haley D.B, Pellerin D. Effect of following recommendations for tiestall configuration on neck and leg lesions, lameness, cleanliness, and lying time in dairy cows. *J Dairy Sci.* 2017;100:2935-2943. doi.org/10.3168/jds.2016-11842
76. Weigele HC, Gygax L, Steiner A, Wechsler B, Burla J-B. Moderate lameness leads to marked behavioral changes in dairy cows. *J Dairy Sci.* 2018;101: 2370–2382.
77. Oehm AW, Jensen KC, Tautenhahn A, Mueller KE, Feist M, Merle R. Factors associated with lameness in tie stall housed dairy cows in south Germany. *Front Vet Sci.* 2020;7: 601-640. doi: 10.3389/fvets.2020.601640.
78. Huxley JN, Whay HR. Cow based assessments Part 2: Rising restrictions and injuries associated with the lying surface. *UK Vet Livestock* 2006;11(4): 33–8.

Supporting Information

S1 BCS categories

S2 Results of the univariable analyses of all factors with the target variable rib swelling

S3 ROC-curve

S4 Interview guide in English

S5 Interview guide in the original language German

S6 Directed acyclic graph

S7 Data set

S1 BCS categories

Days in Milk	Breed								
	Holstein			Brown Swiss			Simmental/Other		
	Under	Optimal	Over	Under	Optimal	Over	Under	Optimal	Over
0 - 29	≤ 2.75	3.0 – 3.75	> 3.75	≤ 2.75	3.0 – 3.75	> 3.75	≤ 3.25	3.5 – 4.25	> 4.25
30 – 99	≤ 2.5	2.75 – 3.25	> 3.25	≤ 2.5	2.75 – 3.25	> 3.25	≤ 3.0	3.25 – 4.0	> 4.0
100 - 199	≤ 2.5	2.75 – 3.25	> 3.25	≤ 2.5	2.75 – 3.25	> 3.25	≤ 3.0	3.25 – 4.0	> 4.0
200 – 299	≤ 2.75	3.0 – 3.75	> 3.75	≤ 2.75	3.0 – 3.75	> 3.75	≤ 3.25	3.5 – 4.25	> 4.25
> 300	< 3.25	3.25 – 3.75	> 3.75	< 3.25	3.25 – 3.75	> 3.75	< 3.75	3.75 – 4.25	> 4.25

S1: BCS categories in accordance with stage of lactation and breed (Heuwieser und Mansfeld, 1992; Kritzinger und Schoder, 2009a, 2009b; Kritzinger et al., 2009; Martin et al., 2014).

S2 Results of the univariable analyses of all factors with the target variable *rib swelling*.

Predictor - Categories	Parameter estimate	Standard error	Odds ratio	Confidence Interval (95 %)	P-value
BCS					0.011
- Optimally conditioned	Reference	-	-	-	-
- Overconditioned	-0.60	0.33	0.55	0.27 – 0.99	0.063
- Underconditioned	0.35	0.18	1.41	0.97 – 2.03	0.067
Breed					
- Other	Reference	-	-	-	-
- German Simmental	1.21	0.23	3.35	2.16 – 5.43	<0.001
Back changes					
- No skin change	Reference	-	-	-	-
- Wound	0.77	0.34	2.15	1.06 – 4.01	0.023
Hock changes					<0.001
- No skin change	Reference	-	-	-	-
- Hairless spot	0.12	0.28	1.13	0.67 – 2.02	0.663
- Wound and/or swelling	1.16	0.29	3.18	1.86 – 5.73	<0.001
Neck changes					0.004
- No skin change	Reference	-	-	-	-
- Hairless spot	0.57	0.17	1.76	1.26 – 2.46	0.001
- Wound and/or swelling	0.19	0.35	1.21	0.58 – 2.29	0.584
Tail changes ¹					
- No skin changes	Reference	-	-	-	-
- Signs of fracture/Amputation	-0.02	0.34	0.98	0.47 – 1.81	0.945
Lameness					
- Not lame	Reference	-	-	-	-
- lame	1.16	0.17	3.20	2.30 – 4.45	<0.001
Farming on regular/sideline basis					
- regular	Reference	-	-	-	-
- sideline	-0.43	0.21	0.65	0.43 – 0.96	0.037
Farming type					

- conventional	Reference	-	-	-	-
- organic	-0.58	0.33	0.56	0.27 – 1.02	0.082
Gutter design					
- Concrete or gutter without grate	Reference	-	-	-	-
- Gutter with grate	0.79	0.22	2.21	1.45 – 3.50	<0.001
Stanchion flooring					
- Concrete	Reference	-	-	-	-
- Rubber	0.38	0.21	1.46	0.97 – 2.26	0.080
Pasture access					
- No	Reference	-	-	-	-
- Yes	-0.88	0.18	0.41	0.29 – 0.59	<0.001
Presence of bedding material					
- None/ low amount	Reference	-	-	-	-
- Bedding material present	-2.61	1.01	0.07	0.00 – 0.33	0.009
Slipperiness					0.6
- High	Reference	-	-	-	-
- Moderate	-0.16	0.25	0.85	0.53 – 1.44	0.527
- Low	0.02	0.27	1.02	0.62 – 1.76	0.929
Tying system					0.005
- Grabner tie	Reference	-	-	-	-
- Collar and chain	-0.50	0.27	0.61	0.35 – 1.00	0.064
- Other	-0.88	0.30	0.42	0.22 – 0.72	0.004
- Vertical neck frame	-0.35	0.24	0.71	0.43 – 1.11	0.152
Parity					0.018
- First	Reference	-	-	-	-
- Second	-0.15	0.24	0.86	0.53 – 1.36	0.518
- \geq Third	0.40	0.19	1.48	1.03 – 2.15	0.034
Exercise area present					
- No	Reference	-	-	-	-
- Yes	-0.34	0.27	0.71	0.40 – 1.18	0.210
Season					0.11
- Autumn	Reference	-	-	-	-
- Spring	-0.47	0.23	0.62	0.40 – 0.98	0.037
- Summer	-0.17	0.24	0.84	0.53 – 1.35	0.479
- Winter	-0.013	0.24	0.99	0.61 – 1.59	0.956
Farm size					0.004
- < 22 cows	Reference	-	-	-	-
- 22 – 38 cows	0.50	0.21	1.64	1.10 – 2.53	0.019
- > 39 cows	-0.10	0.26	0.91	0.54 – 1.53	0.716
Observer ²					<0.001
- 8	Reference	-	-	-	-
- 1	-	-	0.00	N/A	0.980
- 2	-	-	0.00	N/A	0.987
- 3	-	-	0.00	N/A	0.993
- 4	-0.56	0.75	0.57	0.09 – 1.98	0.454
- 5	-	-	0.00	N/A	0.996
- 6	-0.80	1.03	0.45	0.02 – 2.22	0.440
- 7	0.86	0.29	2.36	1.33 – 4.21	0.003
- 9	-0.68	0.43	0.50	0.20 – 1.12	0.114
- 10	0.53	0.33	1.70	0.87 – 3.21	0.109
- 11	0.69	0.25	2.00	1.24 – 3.30	0.005
- 12	-	-	0.00	N/A	0.984

- 13	0.53	0.30	1.70	0.92 – 3.07	0.083
- 14	-	-	0.00	N/A	0.991
- 15	-0.86	1.03	0.42	0.02 – 2.09	0.407
- 16	0.20	0.37	1.22	0.57 – 2.46	0.594
Length of stanchions (categorised) ³					0.001
- Short	Reference	-	-	-	-
- Medium	-0.25	0.19	0.78	0.54 – 1.12	0.175
- Long	-0.89	0.26	0.41	0.24 – 0.67	<0.001
Width of stanchion (categorised) ⁴					0.20
- Narrow	Reference	-	-	-	-
- Medium	0.31	0.21	1.37	0.91 – 2.11	0.143
- broad	0.08	0.24	1.08	0.67 – 1.74	0.753
Days in milk (categorised) ⁵					0.10
- < 89 days	Reference	-	-	-	-
- 89 – 303.5 days	-0.03	0.19	0.97	0.67 – 1.43	0.876
- > 303.5 days	-0.45	0.25	0.64	0.39 – 1.03	0.068

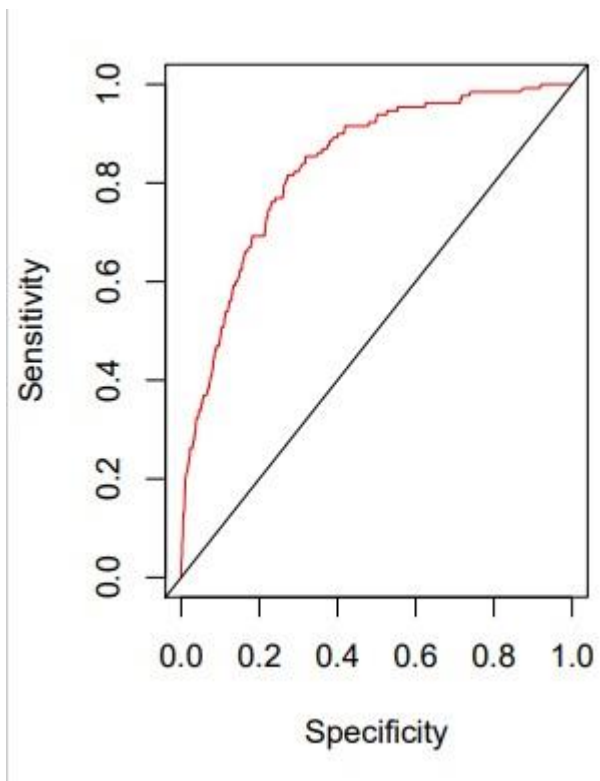
¹Since no cow with an amputated tail also had a rib swelling, the model was not able to calculate a value for this predictor

² Some observers had a very low number of observations and values were not estimable

³length of stanchions was categorized according to the distribution of the measured values (≤ 158.00 cm; > 158.00 cm – 175.00 cm; > 175.00 cm).

⁴width of stanchions was categorized according to the distribution of the measured values (≤ 99.0 cm; 99.0 cm – 104.0 cm; >104.0 cm)

⁵ days in milk was categorized according to the distribution of the measured values ($89 \leq$ days; $89 - 303.50$ days; $303.50 >$ days)

S3 ROC-curve

S4 Interview guide in English

Date	Farm ID			
Interviewer	Interviewee			
This questionnaire contains questions about all potential aspects of this farm. The questionnaire is standardised in order to be able to compare farms. therefore, all questions will be read out loud exactly as they are written within the questionnaire. Please answer to them in a short manner. If a question remains unclear, feel free to tell.				
A. Structure				
A1. Is your farm the main source of income or a supplementary source of income				
main source	supplementary income	I do not know	not specified	
A2. Is this farm managed conventionally or according to organic farming principles?				
conventional	organic	I do not know	not specified	

Date	Farm ID						
Interviewer							
Interviewee							
A. Pasture							
A1. Is pasture access provided? If yes, which group of animals is pastured during which season?							
	young stock	heifers	early lactating cows	cows in mid-lactation	cows in late lactation	early dry cows	cows in late dry period
no							
summer							
year round							
A2. Is exercise area provided? If yes, which group of animals during which season?							
	young stock	heifers	early lactating cows	cows in mid-lactation	cows in late lactation	early dry cows	cows in late dry period
no							
summer							
year round							

S7 Dataset

Umfangreiche Excel-Datei

IV. Erweiterte Ergebnisse

1. Einfaktorielle Analysen

Die einfaktoriellen Analysen flossen nicht direkt in die Ergebnisse der Modellierung mit ein, sollten aber maßgeblich dazu beitragen, sich einen umfangreichen Überblick über mögliche Abhängigkeiten und Assoziationen zwischen den einzelnen Einflussfaktoren zu verschaffen. Die einfaktorielle Analyse der Rippenschwellungen mit sämtlichen Prädiktoren ist in S2 der Veröffentlichung zu finden. 15 der 23 Einflussfaktoren zeigen eine signifikante Assoziation zur Zielvariable „Rippenschwellung“.

2. Ergebnisse nach Regionen

In Tabelle 1 und Tabelle 2 sind die Deskriptionen des Datensatzes nach Regionen aufgeteilt zu finden. Die Prävalenz der Rippenschwellungen auf Einzeltierebene variierten zwischen 0,98 % in der Region Nord, 1,04 % in der Region Ost und 9,02 % in der Region Süd. Die regionalen Daten zeigen bereits bekannte strukturellen Unterschiede in der Milchkuhhaltung in Deutschland auf, beispielsweise Betriebsgröße, Haltungsform, Weidegang und Rasse betreffend (MERLE et al., 2012).

Tabelle 1: Deskriptive Statistik aller kategorialer Variablen des ursprünglichen Datensatzes nach Regionen

Prädiktor	Kategorie	n _{cows} (%)	n _{cows} (%) Region Nord	n _{cows} (%) Region Ost	n _{cows} (%) Region Süd
Rippenschwellung	Nein	1.973 (92,46)	304 (99,02)	96 (97,96)	1.573 (90,98)
	Ja	161 (7,54)	3 (0,98)	2 (1,04)	156 (9,02)
BCS	Optimalgewicht	1.333 (65,44)	154 (57,46)	37 (45,68)	1.142 (67,65)
	Übergewichtig	262 (12,86)	39 (14,55)	17 (20,99)	206 (12,20)
	Untergewichtig	442 (21,70)	75 (27,99)	27 (33,33)	340 (20,14)
Rasse	Braunvieh	191 (8,95)	1 (0,33)	2 (2,04)	188 (10,87)
	Holstein-Friesian	368 (17,24)	238 (77,52)	69 (70,41)	61 (3,53)
	Fleckvieh	1.429 (66,96)	21 (6,84)	10 (10,20)	1.398 (80,86)
	Andere	146 (6,84)	47 (15,31)	17 (17,35)	82 (4,74)
Rücken	Keine Hautveränderung	2.058 (96,44)	302 (98,37)	88 (89,80)	1.668 (96,47)
	Hautveränderungen	76 (3,56)	5 (1,63)	10 (10,20)	61 (3,53)
Sprunggelenke	Keine Hautveränderung	336 (18,14)	90 (31,36)	20 (22,22)	226 (15,32)
	Haarlose Stelle	1.109 (59,88)	149 (51,92)	52 (57,78)	908 (61,56)
	Wunde und/oder	407 (21,98)	48 (16,72)	18 (20,00)	341 (23,12)

	Schwellung				
Nacken	Keine Hautveränderung Haarlose Stelle Wunde und/oder Schwellung	1.279 (59,54) 724 (33,99) 138 (6,47)	195 (63,73) 97 (31,70) 14 (4,58)	70 (71,43) 23 (23,47) 5 (5,10)	1.005 (58,13) 605 (34,99) 119 (6,88)
Veränderungen am Schwanz	Keine Veränderung Anzeichen einer Fraktur/Amputation	1.996 (93,62) 136 (6,38)	279 (90,88) 28 (9,12)	76 (77,55) 22 (22,45)	1.641 (95,02) 86 (4,98)
Lahmheit	Nicht lahm Lahm	1.673 (78,40) 461 (21,60)	274 (89,25) 33 (10,75)	73 (74,49) 25 (25,51)	1.326 (76,69) 403 (23,31)
Haupt- /Nebenerwerb	Haupterwerb Nebenerwerb	1.537 (72,95) 570 (27,05)	294 (95,77) 13 (4,23)	98 (100,00) 0 (0,00)	1.145 (67,27) 557 (32,73)
Betriebsform	Konventionell Ökologisch	1.915 (89,74) 219 (10,26)	307 (100,00) 0 (0,00)	91 (92,86) 7 (7,14)	1.517 (87,74) 212 (12,26)
Entmistung	Beton oder Rinne ohne Gitterrost Gitterrost	595 (27,89) 1.538 (72,11)	172 (56,03) 135 (43,97)	64 (65,31) 34 (34,69)	359 (20,78) 1.369 (79,22)
Untergrund	Beton Gummi	488 (23,00) 1.634 (77,00)	133 (43,32) 174 (56,68)	12 (12,24) 86 (87,76)	343 (19,98) 1.374 (79,22)
Weidegang	Ja Nein	1.000 (46,86) 1.134 (53,14)	307 (100,00) 0 (0,00)	49 (50,00) 49 (50,00)	644 (37,25) 1.085 (62,75)
Auslauf	Kein Zugang Zugang zu Auslauf	1.853 (86,83) 281 (13,17)	255 (83,85) 52 (16,15)	41 (41,84) 57 (58,16)	1.557 (90,05) 172 (9,95)
Einstreu	Keine oder kaum Einstreu Ausreichend Einstreu	1.977 (92,69) 156 (7,31)	151 (49,19) 156 (50,81)	98 (100,00) 0 (0,00)	1.728 (100,00) 0 (0,00)
Rutschfestigkeit	Sehr rutschig Mittelgradig rutschig Kaum rutschig	259 (12,14) 1.174 (55,04) 700 (32,82)	33 (10,75) 149 (48,53) 125 (40,72)	13 (13,27) 73 (74,49) 12 (12,24)	213 (12,33) 952 (55,09) 563 (32,58)
Anbindesystem	Grabner Zentralgelenkshalsra- hmen Halsband und Kette Anderes	1.187 (55,65) 330 (15,47) 294 (13,78) 322 (15,10)	187 (60,91) 53 (17,26) 0 (0,00) 67 (21,82)	56 (57,14) 21 (21,43) 5 (5,10) 16 (16,33)	944 (54,63) 256 (14,81) 289 (16,72) 239 (13,83)
Trächtigkeit	Erste Zweite ≥Dritte	784 (36,74) 522 (24,46) 828 (38,80)	119 (38,76) 86 (28,01) 102 (33,22)	50 (51,02) 14 (14,29) 34 (34,69)	615 (33,57) 422 (24,41) 692 (40,02)
Jahreszeit	Herbst Frühjahr Sommer Winter	406 (19,03) 817 (38,28) 500 (23,43) 411 (19,26)	48 (15,64) 189 (61,56) 31 (10,10) 39 (12,70)	0 (0,00) 41 (41,84) 57 (58,16) 0 (0,00)	358 (20,71) 587 (33,95) 412 (23,83) 372 (21,52)
Betriebsgröße	< 22 22 – 39 ≥ 40	521 (24,41) 1.061 (49,72) 552 (25,87)	68 (22,15) 90 (29,32) 149 (48,53)	62 (63,27) 36 (36,73) 0 (0,00)	391 (22,61) 935 (54,08) 403 (23,31)

1 Anzeichen einer Fraktur sind Wölbungen oder Achsenabweichung des Schwanzes

2 Kette oder Riemen vertikal an einem Gleitrahmen befestigt

Tabelle 2: Verteilung der kontinuierlichen Variablen des ursprünglichen Datensatzes

Prädiktor	Durchschnitt	Spannbreite	1. Quartil	Median	3. Quartil	n_{cows}
Länge der Stände (in Zentimetern)	169,30	135,50 – 240,50	157,00	169,30	175,00	2.134
- Region Nord	165,50	135,50 – 197,00	157,00	164,50	170,00	307
- Region Osten	173,20	139,00 – 220,00	155,00	175,00	175,00	98
- Region Süd	169,80	136,00 – 240,50	157,00	167,00	174,50	1.729
Weite der Stände (in Zentimetern)	102,40	91,00 – 131,50	99,00	101,00	102,40	2.134
- Region Nord	102,50	92,00 – 115,00	96,00	101,00	110,00	307
- Region Ost	104,70	96,00 – 115,00	104,00	106,00	107,00	98
- Region Süd	102,30	91,00 – 131,50	99,00	100,50	103,50	1.729
Tage in Milch	209,90	0,00 – 1.112,00	89,00	190,00	303,50	2.099
- Region Nord	207,42	2,00 – 862,00	83,75	175,00	322,25	304
- Region Ost	257,50	2,00 – 860,00	76,00	224,00	401,00	83
- Region Süd	207,99	0,00 – 1.112,00	90,75	190,00	299,00	1.712

V. Erweiterte Diskussion

1. Rippenschwellungen

Die Ermittlung von Rippenschwellungen bei Tieren in Laufstallhaltung erwies sich als problematisch, wie bereits BOYLING 2011 beschrieb. Aus diesem Grund wurden nur Tiere in Anbindehaltung in die Studie miteinbezogen. Die Beurteilung erfolgte visuell anhand des Bereichs zwischen siebter und neunter Rippe, am kostochondralen Übergang, ca. eine Handbreit hinter des Olekranons (PRAERI, 2020). Mithilfe diagnostischer Möglichkeiten, wie Ultraschall oder Röntgen, hätten sich mutmaßlich mehr Tiere mit Läsionen der Rippen identifizieren lassen können. Hinzu kommt, dass Rippenschwellungen in der ursprünglich durchgeführten Querschnittsstudie nur einer von sehr vielen erfassten Parametern an den jeweiligen Tieren und auf den Betrieben waren. Würde man das Augenmerk ausschließlich auf Rippenschwellungen legen, könnte die Prävalenz höher ausfallen. Überdies fand in der Evaluierung uni- oder bilaterales Vorkommen der Rippenschwellungen keine Beachtung. Interessant wäre hierbei, ob beispielsweise einseitige Lahmheit zu einseitigen, vielleicht sogar kontralateralen Rippenschwellungen führen und ob Rippenschwellungen vermehrt uni- oder bilateral vorkommen. Laut BLOWEY (2007, 2008) kommen sie häufig bilateral vor, auch wenn die Lahmheit der untersuchten Kühe einseitig bestand. Es handelt sich dabei jedoch um klinische Beobachtungen, evidenzbasiert sind diese Ergebnisse bisher nicht.

2. PaeRi-Methoden

Bei der Auswahl der betroffenen Betriebe wurde auf Freiwilligkeit der Landwirt*innen gesetzt. Diese wurden kontaktiert und mussten der Teilnahme aus freien Stücken und ohne direkt persönlich davon zu profitieren, zustimmen. Ob Betriebe mit Problemen bei der Herdengesundheit oder solche mit besonders gutem Herdenmanagement überrepräsentiert waren, bleibt ungeklärt. Aufgrund dieser Ausgangssituation muss von einer gewissen Vorselektion ausgegangen werden, die sich statistisch kaum erfassen lässt (HERNÁN et al., 2004).

3. Statistische Modellierung

Bei der logistischen Regression handelt es sich um ein leistungsstarkes Werkzeug in der Epidemiologie, das die gleichzeitige Analyse mehrerer erklärender Variablen ermöglicht und zugleich störende Einflüsse reduziert (SPERANDEI, 2014).

Auf der Suche nach für die Entstehung von Rippenschwellungen relevanten Faktoren wurde im Voraus keine Variablenselektion durchgeführt. Da von einem multifaktoriellen Geschehen mit gegenseitiger Beeinflussung der einzelnen Einflussfaktoren auszugehen ist, sollte dadurch kein systematischer Fehler in Form von unerwünschter Selektion vorab („selection bias“) erfolgen. Jede Variable wurde im multivarianten Kontext bewertet, um Confounding zu reduzieren. Von Confounding spricht man, wenn eine Variable sowohl die Zielgröße als auch die Einflussgröße beeinflusst. BEUEKLMANN & BRUNNER (2016) definieren einen „Confounder“ als eine Variable, die die Schätzung des Zusammenhangs zwischen der unabhängigen Variablen (Exposition) und der abhängigen Variablen (Ergebnis) um mindestens 10,0% verändert. Dies ist beispielsweise bei Lahmheit der Fall, die sowohl in Assoziation mit Sprunggelenkläsionen als auch mit Rippenschwellungen steht. Confounding sollte bereits durch das Studiendesign und eine möglichst umfassende Randomisierung (MÜLLER-WALDECK, 2019) bei der Auswahl der teilnehmenden Betriebe vermieden werden.

Die einzelnen Einflussfaktoren, die zur Modellierung herangezogen wurden, mussten nicht nur unter statistischen, sondern auch unter biologischen Aspekten plausibel erscheinen. Eine gegenseitige Beeinflussung von beispielsweise Entmistungsart und Weidegang ist nicht plausibel, ebenso wenig wie Jahreszeit und Rasse.

Ziel war es, das beste Modell, basierend auf den vorhandenen Daten, mit den entsprechend assoziierten Risikofaktoren zu erstellen. Aus diesem Grund wurden auch Faktoren mit in die multivariable Modellierung einbezogen, die in der einfaktoriellen Analyse keine signifikante Assoziation zur Zielvariablen Rippenschwellungen zeigten. Wenn diese dennoch zur Verbesserung des Modells

beitragen, wurden sie im Modell beibehalten. Von einer Verbesserung wurde ausgegangen, wenn das letzte Modell dem vorhergehenden signifikant, d.h. mit p des AIC $\leq 0,05$, überlegen war. Mit diesem Vorgehen wurde sichergestellt, dass die einzelnen Einflussfaktoren im Kontext beurteilt und mögliche Confounder nicht außer Acht gelassen wurden. Auch auf den ersten Blick nicht statistisch signifikante Einflussfaktoren können zum Gesamtsystem beitragen. Bei den beiden Faktoren Betriebsgröße und Nebenerwerb ist beispielsweise von Confounding auszugehen. Unter anderem, um diesem Sachverhalt gerecht zu werden, wurden beide Faktoren in die Modellselektion mit aufgenommen.

Zusätzlich wurden „Variance Inflation Factors (VIFs)“ in R herangezogen, um mögliche Multikollinearitäten zu beurteilen. R gibt eine Korrelationsmatrix aller Faktoren des Modells aus. Wären Korrelationen zwischen einzelnen Faktoren hier $\geq 0,7$, so wären nur biologisch relevante Einflussgrößen beibehalten worden. Der Großteil der Daten wurde auf Einzeltierebene erfasst, obwohl sich die Einflüsse auf das Einzeltier hierarchisch aufzeigen lassen. Mehrere Tiere stehen in einem Abteil, mehrere Abteile bilden einen einzelnen Betrieb, viele Betriebe gemeinsam lassen sich Regionen zuordnen. Auf jeder dieser hierarchischen Ebenen kommen Einflussfaktoren und Zufallseffekte auf eine Grundgesamtheit hinzu, die nicht abschließend in die Betrachtung mit einbezogen und erfasst werden können. Um dieser Begebenheit gerecht zu werden, wurden der Betrieb und die Region als „nested random effects“ berücksichtigt. Dabei wurde der Betrieb innerhalb der Region „verschachtelt“ in das statistische Modell mit aufgenommen. Der Wert Tau für diesen verschachtelten Zufallseffekt betrug 0,34, Tau der Betriebe betrug 0,14. Das bedeutet, 14,0 % der Varianz innerhalb des Datensatzes sind auf Unterschiede auf Betriebsebene zurückzuführen, 20,0 % auf Unterschiede zwischen den Studienregionen.

Zusätzlich wurden Jahreszeit und Betriebsgröße als „fixed effects“ in das Modell miteinbezogen, um ihre potenziellen Effekte zu adjustieren, da sie einen nicht zu leugnenden Einfluss auf die Tiergesundheit haben können.

Meist bilden die Tiere in Anbindehaltung eines einzelnen Betriebs gemeinsam ein Abteil, sodass keine sinnvollen Vergleiche innerhalb eines Betriebs zwischen

verschiedenen Abteilen gezogen werden können. Derartige Kontrollgruppen wären mit Hinblick auf die statistische Aussagekraft wünschenswert gewesen.

Von Modellen mit zu wenigen Parametern ist bekannt, dass sie erhebliche Verzerrungen nach sich ziehen können (FORSTER, 2000; BURNHAM & ANDERSON, 2004). Andererseits schneiden überangepasste Modelle aufgrund Redundanz und Multikollinearität bei der Identifizierbarkeit schlecht ab, was bedeutet, dass die wahre Beziehung zwischen einzelnen Variablen möglicherweise verschleiert wird (COOK & RANSTAM, 2016).

Systematische Fehler („bias“) in Beobachtungsstudien korrekt einzuschätzen, stellt eine große Herausforderung dar (BERO et al., 2008). In der vorliegenden Arbeit sind sowohl ein „selection bias“ durch die Vorauswahl der teilnehmenden Betriebe beziehungsweise die freiwillige Teilnahme der Landwirt*innen, als auch ein „performance bias“ durch den Einfluss der Prüftierärzt*innen bei der Befragung der Studienteilnehmer*innen anzunehmen.

4. Signifikanz

Den Grundstein für die Festlegung eines statistischen Schwellenwertes legte FISHER bereits 1934. Er hielt $p \leq 0,05$ für ein geeignetes, jedoch nicht bindendes, Standardisierungsniveau. NEYMAN & PEARSON (1933) hingegen sprachen sich für einen Hypothesentest anstelle eines Signifikanztests aus. Sie gehen davon aus, dass die Hauptannahme darin besteht, dass zwei Gruppen existieren und folglich die Berechnung von zwei Häufigkeitsverteilungen notwendig ist (HESTON & KING, 2017). Sie veröffentlichten das berühmte Zitat „Without hoping to know whether each separate hypothesis is true or false, we may search for rules to govern our behavior with regard to them, in following which we insure that, in the long run of experience, we shall not be too often wrong.“, was sinngemäß so viel bedeutet wie: Wir werden nie wissen, ob eine Hypothese wahr oder falsch ist, wir können nur Regeln für unser Vorgehen suchen, um mit Hilfe von langjähriger Erfahrung nicht zu oft falsch zu liegen.

HESTON & KING (2017) geben zu bedenken, dass statistische Signifikanz keine Aussage darüber zulässt, ob die Nullhypothese tatsächlich wahr ist oder nicht. Sie

hilft uns zwar bei der Auswertung von Daten, macht aber notwendig, dass beide Fälle analysiert werden: sowohl der p-Wert als auch die Wahrscheinlichkeit der Zurückweisung der Nullhypothese. Forschende meinen folglich, dass statistische Signifikanz vorliegt, wenn es in Wahrheit keinen Unterschied zwischen den Studiengruppen gäbe und die Ergebnisse höchstens einmal zufällig innerhalb zwanzig identischer Studiendurchläufe auftreten würden.

Trotz der nach wie vor kontroversen Diskussion um den p-Wert und die Bedeutung der statistischen Signifikanz, wurde diese in der vorliegenden Arbeit als Hilfsmittel herangezogen, um die Validität der Ergebnisse aufzuzeigen. In Anlehnung an die Schlussfolgerungen von WASSERSTEIN & LAZAR (2016) wurden die Daten zu Rippenschwellungen nicht nur einer multifaktoriellen Regressionsanalyse unterzogen sondern darüber hinaus ein umfangreicher Rahmen zum besseren Verständnis gespannt. Hierbei waren grafische Darstellungen (Directed acyclic graph) ebenso wie einfaktorielle Analysen hilfreich.

5. Faktoren auf Tierebene

5.1. Lahmheit

BLOWEY (2008) verfolgte die Theorie, dass lahme Kühe mit Klauenläsionen vermehrt von Rippenschwellungen betroffen sind. Sie bewegen sich im Melkkarussell zu langsam und sind dadurch Kollisionen ausgesetzt, ihre Mobilität ist eingeschränkt. Das Risiko von Lahmheit bei Milchkühen wiederum ist mit höherer Parität (ESPEJO et al., 2006), Laktationsstadium (FODITSCH et al. 2016), Milchleistung (CHAPINAL et al., 2014) und Body Condition Score (BICALHO et al., 2009, Randall et al., 2018) assoziiert. Neben Fütterungsmanagement (AMORY et al., 2006), Klauenpflege (FJELDAAS et al., 2007) und Zugang zu Weide oder Auslauf (HERNANDEZ-MENDO et al., 2007) ist von einem Effekt der Überbelegung auszugehen. Bereits 1990 zeigten WIERENGA & HOPSTER und 2007 FREGONESI et al., dass eine Überbelegung die Liegezeiten der Kühe deutlich reduziert. ESPEJO et al. (2006) gingen davon aus, dass eine reduzierte Liegedauer Lahmheiten begünstigt.

MATZHOLD et al. (2021) finden eine negative Assoziation zwischen Anindehaltung und Lahmheit. In weiteren Studien wären Vergleichsgruppen in Anbindehaltung und Laufstallhaltung wünschenswert, die aktuellen Erkenntnisse lassen hierzu keine Schlüsse zu.

5.2. Sprunggelenksläsionen

Verletzungen und Schwellungen der Sprunggelenke weisen eine enge Assoziation zum Auftreten von Lahmheit auf (OEHM et al., 2022). WEIGELE et al. (2018) zeigen, dass lahrende Kühe länger liegen, was zu abrasiven Verletzungen an den Sprunggelenken führen kann (HASKELL et al. 2006). Die Risikofaktoren für Lahmheiten, Sprunggelenksläsionen und Rippenschwellungen weisen enge Überschneidungen auf. Es ist davon auszugehen, dass Maßnahmen zur Vorbeugung dieser Pathologien ebenso zur Prävention weiterer Technopathien beitragen kann.

6. Faktoren auf Betriebsebene

6.1. Haupt- und Nebenerwerb

In Nebenerwerbsbetrieben wurden sowohl in der multifaktoriellen als auch in der einfaktoriellen Analyse signifikant niedrigere Odd Ratios für Rippenschwellungen gefunden als in Haupterwerbsbetrieben. Über die Gründe kann nur spekuliert werden, da wissenschaftliche Erkenntnisse in diesem Bereich bisher sehr rar sind. MAZUREK et al. (2010) gingen von vermehrten sozialen Interaktionen zwischen Nebenerwerbslandwirt*innen und ihren Tieren aus, Entwöhnungs- und Gruppierungs-Indikatoren waren besser, Tierwohl-Indikatoren befanden sich jedoch auf vergleichbarem Niveau. Tendenziell haben Nebenerwerbslandwirt*innen weniger Tiere zu versorgen und könnten daher Auffälligkeiten und gesundheitliche Mängel schneller entdecken, andererseits ist ihre technische Ausstattung oft nicht auf einem so hohen Niveau (Melkroboter, Fruchtbarkeitsmanagement etc.), wie dies möglicherweise in Haupterwerbsbetrieben der Fall ist. Auch die mehr emotionale statt ökonomische Bindung zu den Tieren könnte eine Rolle spielen.

6.2. Konventionelle und ökologische Landwirtschaft

Die Einbeziehung der Betriebsart nach konventionell und ökologisch unterschieden brachte für das multivariante Modell keine signifikante Verbesserung des AIC. Der betriebsspezifische Effekt konnte dadurch zwar etwas reduziert werden, der Anteil der Tiere in ökologischer Haltung war jedoch insgesamt recht gering (219 Milchkühe, 10,26 % aller Tiere) und das Risiko der Überangepasstheit („overfitting“) durch Heranziehen zu vieler Variablen sollte so niedrig wie möglich gehalten werden.

6.3. Weidegang und Zugang zu Auslauf

Es zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede beim Auftreten von Rippenschwellungen zwischen Tieren mit und ohne Weidegang, eine gegenseitige Beeinflussung verschiedener Faktoren ist hierbei jedoch anzunehmen. Gestützt wird diese These dadurch, dass der Faktor „Weide“ das

multifaktorielle Modell signifikant verbesserte. An dieser Stelle wäre eine Betrachtung auf Betriebsebene sinnvoll, das heißt ein Vergleich von Betrieben mit und ohne Weidegang.

VON KEYSERLINGK et al. (2009) zeigten, dass bereits kurzzeitiger Weidegang den Gesundheitszustand von Kühen verbessern kann. POPESCU et al. (2013) beschrieben ebenfalls signifikant bessere Tierwohlqualitäten in Betrieben mit Anbindehaltung, die zusätzlich Zugang zu Weiden oder Paddocks anboten. Laut REGULA et al. (2004) waren Tiere in Anbindehaltung mit Zugang zum Freien einem niedrigeren Lahmheitsrisiko ausgesetzt als solche, die ausschließlich angebunden waren.

6.4. Einstreu

Die Anbindestände der vorliegenden Studie waren nur zu einem sehr geringen Teil (bei 156 von 2.134 Tieren, 7,30 %) mit ausreichend Einstreu ausgestattet, sodass eine Beurteilung und statistische Analyse dieses Einflussfaktors auf Rippenschwellungen nicht sinnvoll war. Jedoch erscheint auch an dieser Stelle eine Betrachtung auf Betriebsebene als sinnvoll.

6.5. Betriebsgröße

Auf Betriebsebene betrug die Prävalenz der Rippenschwellungen 7,0 %. Beachtlich ist hierbei, dass die Spannweite von 0,0 % bis zu 37,5 % reichte. Für die Modellierung wurden die Betriebe anhand ihrer Größe nach Quartilen kategorisiert. In Region 3 (Bayern) hielt die Mehrzahl der Betriebe 22-38 Tiere, in Ostdeutschland standen Tiere in Anbindehaltung hauptsächlich in kleinen Betrieben mit weniger als 22 Tieren. In Norddeutschland dominierten große Betriebe mit mindestens 39 Tieren. Diese Ergebnisse entsprechen im Wesentlichen den Regionalisierungsdaten von MERLE et al. (2012). Die Betriebsgröße zeigt in der einfaktoriellen Analyse eine Assoziation zu Rippenschwellungen, wobei Tiere in mittelgroßen Betrieben (mit 22-38 Tieren) häufiger betroffen waren. Dieselbe Gruppe zeigt häufiger Lahmheit, weshalb dieser Zusammenhang bestätigt wird, auch wenn die genaue Ätiologie nicht geklärt ist.

7. Faktoren auf Ebene der Regionen

Die große Varianz der Verteilung der Prävalenz von Rippenschwellungen zwischen den Regionen lässt lediglich Mutmaßungen zu. Die absolute Zahl der Tiere mit Rippenschwellungen in den Regionen Nord und Ost sind sehr niedrig, die insgesamt Zahl der einbezogenen Tiere (307 und 98) weicht jedoch auch stark von der Gesamtzahl der Tiere aus Bayern (1.729) ab. Aus diesem Grund erfolgte die Modellierung über die Regionen hinweg statt. Da regionale Effekte wie Bodenfruchtbarkeit, Verfügbarkeit von Futtermitteln, Aufwuchs und dessen Mineralstoffzusammensetzung jedoch einen maßgeblichen Einfluss auf die Gesunderhaltung der Tiere haben, wurde die Region als Zufallseffekt im Modell berücksichtigt.

8. Ausblick

Perspektivisch sind sicherlich weitere, umfangreiche Studien notwendig, um Einflussfaktoren auf Rippenschwellungen genauer zu identifizieren und damit zur Prävention beizutragen. Eine Sensibilisierung praktizierender Kolleg*innen scheint überdies sinnvoll, um dieser schmerzhaften Genese mehr Aufmerksamkeit zu widmen.

In nachfolgenden Studien sollten sowohl die Maße der Milchkühe als auch die Maße der Anbindestände berücksichtigt und idealerweise ins Verhältnis zueinander gesetzt werden. Darüber hinaus wäre der Einfluss von Einstreu interessant.

Die Beobachtung der Tiere über einen längeren Zeitraum könnte Aufschluss über abweichende Bewegungsmuster, insbesondere beim Aufstehen und Ablegen, geben. Darüber hinaus sollten Rangkämpfe, Dominanzverhalten, Temperament und der generelle Zugang zu Ressourcen wie Schlaf- und Fressplätzen in Laufstallhaltungen berücksichtigt werden. Durch vermehrte Interaktionen zwischen den Tieren in dieser Haltungsform ist eine höhere Prävalenz von Rippenschwellungen zu erwarten.

Abschließend empfiehlt sich eine genauere Betrachtung der Betriebe, die eine hohe Prävalenz für Rippenschwellungen aufweisen. Neben den bereits beschriebenen Risikofaktoren lassen sich in besonders stark betroffenen Betrieben möglicherweise weitere identifizieren.

Mit Hilfe von zukünftigen Längsschnittstudien könnten die in der vorliegenden Studie beschriebenen Risikofaktoren weiter analysiert und sowohl auf Einzeltierebene als auch im Betriebsvergleich validiert werden.

Schlussendlich sollten Ätiologie und Pathogenese von Rippenschwellungen genauer untersucht werden, um Entstehungsmechanismen besser zu verstehen. Diese Erkenntnisse könnten sich zukünftig positiv auf Haltungsbedingungen und damit die Gesundheit und das Wohlergehen von Milchkühen auswirken.

VI. Zusammenfassung

Haltungsbedingungen von Nutztieren und ihre teils traumatischen Folgen sind bereits gut untersucht. Rippenschwellungen hingegen erhielten bisher nur wenig wissenschaftliche Aufmerksamkeit. Sie entstehen durch schwere Verletzungen und ziehen starke, länger anhaltende Schmerzen nach sich. Die vorliegende Studie setzte sich zum Ziel, die Prävalenz von Rippenschwellungen in deutschen Milchkuhbetrieben mit Anbindehaltung zu ermitteln und Risikofaktoren dafür zu identifizieren. Unter 2.134 Milchkühen fand sich eine durchschnittliche Prävalenz der Rippenschwellungen von 7,54 %, wobei sich eine Varianz zwischen den untersuchten 97 Betrieben von 0,00 % bis 37,49 % zeigte. Mithilfe von einfaktoriellen Analysen und multivariabler logistischer Regression wurden 22 Einflussparameter untersucht. Für das finale Modell wurden die Daten von 1.740 Tieren aus 96 Betrieben herangezogen und acht maßgebliche Risikofaktoren identifiziert. Im multifaktoriellen Ansatz zeigte sich, dass die Tierhaltung im Nebenerwerb (OR 0.49 [CI 0.25 – 0.98]) und andere Rassen als Fleckvieh (OR 0.29 [CI 0.14 – 0.59]) negativ mit Rippenschwellungen assoziiert waren. Lahmende Kühe (OR 2.59 [CI 1.71 – 3.93]) und Tiere mit Verletzungen oder Schwellungen an den Sprunggelenken (OR 2.77 [CI 1.32 – 5.84]) hingegen zeigten eine positive Assoziation. Insgesamt ist bei der Genese von Rippenschwellungen von einem multifaktoriellen Geschehen auszugehen, an dem verschiedenste tierbezogene und betriebsbezogene Faktoren maßgeblich beteiligt sind.

VII. Summary

Housing conditions of livestock and their traumatic consequences have been well studied. However rib swellings have received little scientific attention. They are caused by serious injuries and result in severe prolonged pain. The aim of the present study was to determine the prevalence of rib swellings in German dairy farms with tie-stall housing and to identify risk factors. An average prevalence of rib swelling of 7.54% was found among 2,134 dairy cows, with a range across 97 farms examined of 0.00% to 37.49%. Twenty-two predictors were examined in univariable analyses and multivariable logistic regression. The final model identified eight relevant risk factors with data of 1,740 cows on 96 farms. Cows kept in part-time farming (OR 0.49 [CI 0.25 – 0.98]) and breeds other than Simmental (OR 0.29 [CI 0.14 – 0.59]) seem to reduce the risk of rib swellings. In contrast lame cows (OR 2.59 [CI 1.71 – 3.93]) and cows with wounds and/or swellings of the hocks (OR 2.77 [CI 1.32 – 5.84]) showed significant higher Odds Ratio compared to sound animals.

Overall, the genesis of rib swelling can be assumed to be multifactorial, with various animal-related and farm-related factors are significantly involved.

VIII. Literaturverzeichnis

Amory JR, Kloosterman P, Barker ZE, Wright JL, Blowey RW, Green LE. Risk factors for reduced locomotion in dairy cattle on nineteen farms in The Netherlands. *J Dairy Sci* 2006; 89:1509-15

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

Barkema HW, von Keyserlingk MA, Kastelic JP, Lam TJ, Luby C, Roy JP, LeBlanc SJ, Keefe GP, Kelton DF. Invited review: changes in the dairy industry affecting dairy cattle health and welfare. *J Dairy Sci* 2015; 98:7426-45 [doi: 10.3168/jds.2015-9377]

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

Bellof G, Granz S. Tierproduktion. Nutztiere züchten, halten und ernähren. 15. Auflage, Thieme, 2019

Bergschmidt A, Lindena T, Neuenfeld S, Tergast H. Folgenabschätzung eines Verbots der ganzjährigen Anbindehaltung von Milchkühen. Thünen Working Paper 111, 2017

Bernhard JK, Vidondo B, Achermann RL, Rediger R, Müller KE, Steiner A. Carpal, tarsal, and stifle skin lesion prevalence and potential risk factors in Swiss dairy cows kept in tie stalls: A cross-sectional study. *PLOS* 2020; 15(2) e0228808 [doi: 10.1371/journal.pone.0228808]

Bero L, Chartres N, Diong J, Fabbri A, Ghersi D, Lam J, et al. The risk of bias in observational studies of exposures (ROBINS-E) tool: concerns arising from application to observational studies of exposures. *Syst Rev* 2018; 7:242

Beukelmann T, Brunner HI. Chapter 6 - Trial Design, Measurement, and Analysis of Clinical Investigations in *Textbook of Pediatric Rheumatology* (Seventh Edition). 2016; 54-77 [https://doi.org/10.1016/B978-0-323-24145-8.00006-5]

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

Bicalho RC, Vokey F, Erb HN, Guard CL. Visual locomotion scoring in the first seventy days in milk: impact on pregnancy and survival. *J Dairy Sci* 2007; 90:4586-91

- Blanco-Penedo I, Ouweltjes W, Ofner-Schröck E, Brügemann K, Emanuelson U. Symposium review: Animal welfare in free-walk systems in Europe. *J Dairy Sci* 2020; 103(6):5773-5782
- Blowey R. Rib dislocation or fracture associated with bovine lameness. *The Vet Rec* 2007; 160(11):383-4
- Blowey R. The 15th International Symposium & the 7th Conference on Lameness in Ruminants. Rib Swellings Associated with Chronically Lamé Cattle – A Clinical Note. 2008; Kuopio, Finland
- Booth CJ, Warnick LD, Grohn YT, Maizon DO, Guard CL, Janssen D. Effect of lameness on culling in dairy cows. *J Dairy Sci* 2004; 87:4115-22
- Boyling E. Estimating the prevalence of rib swellings in dairy cattle. PhD thesis. University of Bristol, 2011
- Brambell R. Report of the Technical Committee to Inquire into the Welfare of Animals Kept under Intensive Livestock Husbandry Systems, 1965
- Braun U, Warislohner S, Hetzel U, Nuss K. Case report: clinical and postmortem findings in four cows with rib fracture. *BMC Res Notes* 2017; 10:85
- Brenninkmeyer C, Dippel S, Brinkmann S, March S, Winckler C, Knierim C. Hock lesion epidemiology in cubicle housed dairy cows across two breeds, farming systems and countries. *Preventive Veterinary Medicine*. 2013; 109(3-4):236-245, ISSN 0167-5877 [<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2012.10.014>]
- Broom DM. Assessing the welfare of modified or treated animals. *Livest Prod Sci* 1993; 36:39-54
- Burnham KP, Anderson DR. Multimodel Inference: Understanding AIC and BIC in Model Selection. *Sociological Methods & Research*. 2004; 33: 261-304 [doi: 10.1177/0049124104268644]
- Chapinal N, de Passille AM, Pastell M, Hanninen L, Munksgaard L, Rushen J. Measurement of acceleration while walking as an automated method for gait assessment in dairy cattle. *J Dairy Sci* 2011; 94:2895-901
- Chapinal N, Liang Y, Weary DM, Wang Y, von Keyserlingk MA. Risk factors for lameness and hock injuries in Holstein herds in China. *J Dairy Sci* 2014; 97:4309-16
- Clarkson MJ, Downham DY, Faull WB, Hughes JW, Manson FJ, Merritt JB, et al. Incidence and prevalence of lameness in dairy cattle. *Vet Rec* 1996; 138:563–7 [doi:10.1136/vr.138.23.563]

Cook JA, Ranstam J. Overfitting. *Br J Surg* 2016; 103(13):1814 [doi: 10.1002/bjs.10244]

Costa JHC, Burnett TA, von Keyserlingk MAG, Hotzel MJ. Prevalence of lameness and leg lesions of lactating dairy cows housed in southern Brazil: Effects of housing systems. *J Dairy Sci* 2018; 101(2):395-405

Council Directive 98/58/EC in Europe

Cowger CD. Statistical Significance Tests: Scientific Ritualism or Scientific Method? *Social Service Review* 1984; 58(3):358-372

Destatis, Agrarstrukturerhebung 2020

Diaz-Quijano, FA. A simple method for estimating relative risk using logistic regression. *BMC Medical Research Methodology* 2012; 12:14 <http://www.biomedcentral.com/1471-2288/12/14>

Dorfner G, Zenger X. Forschungsprojekt "Analyse der Struktur der Milchviehbetriebe mit Anbindehaltung in Bayern" Abschlussbericht. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 2017

Edwards B. Foot lameness in cattle. *In Practice* 1980; 2(4):25-31

Espejo LA, Endres MI, Salfert JA. Prevalence of Lameness in High-Producing Holstein Cows Housed in Freestall Barns in Minnesota. *J Dairy Sci* 2006; 89:3052-3058

Espejo LA, Endres MI. Herd-level risk factors for lameness in high-producing holstein cows housed in freestall barns. *J Dairy Sci* 2007; 90:306-14

European Commission. Attitudes of EU Citizens towards Animal Welfare Report. Special Eurobarometer 442. European Commission, Brussels, Belgium, 2016

FAO report. Impact of animal nutrition on animal welfare. Expert consultation, 2011

FAWC. 1993. Report on priorities for animal welfare research and development.

Fisher RA. Intra-class correlations and the analysis of variance. *Statistical methods for research workers*. 5th ed. Edinburgh: Oliver and Boyd, 1934: 198-235

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

Foditsch C, Oikonomou G, Machado VS, Bicalho ML, Ganda EK, Lima SF, Rossi R, Ribeiro BL, Kussler A, Bicalho RC. 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* 2016; 11: e0146718

Forster MR. Key Concepts in Model Selection: Performance and Generalizability. *J Math Psy* 2000; 44:205-231

Fraser D. Understandig animal welfare. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 2008; 50:S1 [doi:10.1186/1751-0147-50-S1-S]

Fregonesi JA, Tucker CB, Weary DM. Overstocking reduces lying time in dairy cows. *J Dairy Sci* 2007; 90:3349–54 [doi:10.3168/jds.2006-794]

Griffiths BE, Grove White D, Oikonomou G. A cross-sectional study into the prevalence of dairy cattle lameness and associated herd-level risk factors in England and Wales. *Front Vet Sci* 2018; 5:65

Grimm K, Haidn B, Erhard M, Tremblay M, Dopfer D. New insights into the association between lameness, behavior, and performance in Simmental cows. *J Dairy Sci*. 2019; 102:2453–68 [https://doi.org/ 10.3168/jds.2018-15035] PMID: 30638999

Gustafson GM, Lund-Magnussen E. Effect of daily exercise on the getting up and lying down behaviour of tied dairy cows. *Prev Vet Med* 1995; 25:27-36

Gustafson GM. Effects of daily exercise on the health of tied dairy cows. *Prev Vet Med* 1993; 17:209-223

Haskell MJ, Rennie LJ, Bowell VA, Bell MJ, Lawrence AB. Housing system, milk production, and zerograzing effects on lameness and leg injury in dairy cows. *J Dairy Sci* 2006; 89:4259-66 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72472-9] PMID: 17033013

Hernán MA, Hernández-Díaz S, Robins JM. A Structural Approach to Selection Bias. *Epidemiology* 2004; 15(5):615-625

Hernandez-Mendo O, von Keyserlingk MA, Veira DM, Weary DM. Effects of pasture on lameness in dairy cows. *J Dairy Sci* 2007; 90:1209-14

Heston TF, King JM. Predictive power of statistical significance. *World J Methodol* 2017; 7(4):112-116 [doi: 10.5662/wjm.v7.i4.112]

Ito K, von Keyserlingk MA, Leblanc SJ, Weary DM. Lying behavior as an indicator of lameness in dairy cows. *J Dairy Sci* 2010; 93:3553-60

Juarez S, Robinson P, DePeters E, Price E. Impact of lameness on behavior and productivity of lactating Holstein cows. *Appl Anim Behav Sci* 2003; 83:1.14

Kielland C, Ruud LE, Zanella AJ, Østerås O. Prevalence and risk factors for skin lesions on legs of dairy cattle housed in freestalls in Norway. *J Dairy Sci* 2009; 92:5487–5496 [doi: 10.3168/jds.2009-2293]

King MTM, LeBlanc SJ, Pajor EA, DeVries TJ. Cow-level associations of lameness, behavior, and milk yield of cows milked in automated systems. *J Dairy Sci* 2017; 100:4818-28

King MTM, Pajor EA, LeBlanc SJ, DeVries TJ. Associations of herd-level housing, management, and lameness prevalence with productivity and cow behavior in herds with automated milking systems. *J Dairy Sci* 2016; 99:9069-79

Krohn CC, Munksgaard L. Behaviour of dairy cows kept in extensive (loose housing/pasture) or intensive (tie stall) environments. *App Anim Behav Sci* 1993; 37:1-16

Krummel K. Spezifizierung der Lokalisation von Technopathien unter besonderer Berücksichtigung von Dekubitus am Tarsus von Kühen mit der Erarbeitung von Grundlagen für die Erstellung einer Systematik zu Ort und Grad der Veränderungen. Dissertationsschrift. LMU München, 2013

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. KTBL. Nationaler Bewertungsrahmen Tierhaltungsverfahren. 2006, Darmstadt

Livesey CT, Marsh C, Metcalf JA, Laven RA. Hock injuries in cattle kept in straw yards or cubicles with rubber mats or mattresses. *Vet Rec.* 2002; 150:677–9 [https://doi.org/10.1136/vr.150.22.677] PMID: 12074235

Lobeck KM, Endres MI, Shane EM, Godden SM, Fetrow J. Animal welfare in cross-ventilated, compost-bedded pack, and naturally ventilated dairy barns in the upper Midwest. *J Dairy Sci* 2011; 94:5469-5479 [doi: 10.3168/jds.2011-4363]

Luskin RC. Abusus Non Tollit Usum: Standardized Coefficients, Correlations, and R^{2s} . *Am J Pol Sci* 1991;35(4): 1032-1046 [https://doi.org/10.2307/2111505]

Maddox JG. Rib callus in cows: an abbatoir study. *Meat Hygienist.* 1986; 49:29-31

Malghem J, Vande Berg BC, Lecouvet FE, Maldague BE. Costal cartilage fractures as revealed on CT and sonography. *Am J Roentgenol* 2001; 176:429-432

Mariani AW, Pêgo-Fernandes PM. Statistical significance and clinical significance. *Sao Paulo Med J* 2014; 132(2):71-2 [doi: 10.1590/1516-3180.2014.1322817]

Mattiello S, Battini M, Andreoli E, Barbieri S. Short communication: Breed differences affecting dairy cattle welfare in traditional alpine tie-stall husbandry systems. *Am Dairy Sci Ass* 2011; 94:2403-2407

Matzhold C, Lasser J, Egger-Danner C, Fuerst-Waltl, Wittek T, Kofler J, Steiniger F, Klimek P: A systematic approach to analyse the impact of farm-profiles on bovine health. *Sci Rep* 2021; 11:21152 [<https://doi.org/10.1038/s41598-021-00469-2>]

Mazurek M, Prendiville DJ, Crowe MA, Veissier I, Earley B: An on-farm investigation of beef suckler herds using an animal welfare index (AWI). *BMC Veterinary Research* 2010; 6:55

McShane BB, Gal D. Statistical Significance and the Dichotomization of Evidence, *J Am Stat Assoc* 2017; 112:519, 885-895 [doi: 10.1080/01621459.2017.1289846]

Merle R, Busse M, Rechter G, Meer U. Regionalisierung Deutschlands anhand landwirtschaftlicher Strukturdaten. *Berl Münch Tierärztl Wochenschr* 2012; 125:52-59 [doi 10.2376/0005-9366-125-52]

Müller-Waldeck, R. Confounding – und wie man damit umgeht. *Ärztliches Journal* 2019

Murray RD, Downham DY, Clarkson MJ, Faull WB, Hughes JW, Manson FJ, Meritt JB, Russel WB, Sutherst JE, Ward WR. Epidemiology of lameness in dairy cattle: description and analysis of foot lesions. *Vet Rec* 1996; 138:586-591

Myers JL, Well AD. *Research Design and Statistical Analysis* (2nd ed.), Lawrence Erlbaum. 2003; 508. ISBN 978-0-8058-4037-7

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. *Reproducibility and Replicability in Science*. Washington, DC: The National Academies Press, 2019 [<https://doi.org/10.17226/25303>]

Newsome R, Green MJ, Bell N, Bollard N, Mason C, Whay H, et al. A prospective cohort study of digital cushion and corium thickness. Part 1: associations with body condition, lesion incidence, and proximity to calving. *J Dairy Sci.* 2017; 100:4745-58 [doi: 10.3168/jds.2016-12012]

Neyman J, Pearson ES. On the problem of the most efficient tests of statistical hypotheses. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 1933; 231: 289-337 [doi: 10.1098/rsta.1933.0009]

Oehm AW, Knubben-Schweizer G, Rieger A, Stoll A, Hartnack S. A systematic review and meta-analyses of risk factors associated with lameness in dairy cows. *MC Veterinary Research* (2019) 15:346 [<https://doi.org/10.1186/s12917-019-2095-2>]

Oehm AW, Merle R, Tautenhahn A, Jensen KC, Mueller K-E, Feist M, Zablotzki Y. Identifying cow – level factors and farm characteristics associated with locomotion scores in dairy cows using cumulative link mixed models. *PLoS ONE* 2022; 17(1): e0263294 [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263294>]

Paton R. Observations on rib fractures in slaughter cattle. *Veterinary Record* 2014; 175:123-124 [<https://doi.org/10.1136/vr.g4881>] PMID: 25081883

Popescu S, Borda C, Diugan EA, Spinu M, Groza IS, Sandru CD. Dairy cows welfare quality in tie-stall housing system with or without access to exercise. *Acta Vet Scand* 2013; 55(43) [<https://doi.org/10.1186/1751-0147-55-43>]

PraeRi. Animal health, hygiene and biosecurity in German dairy cow operations – a prevalence study (PraeRi). Final Report, June 30, 2020, https://ibei.tiho-hannover.de/praeeri/pages/69#_AB

Quené H, Van den Bergh H. Examples of mixed-effects modeling with crossed random effects and with binomial data. *J Mem Lang* 2008; 59:413–425

Randall LV, Green MJ, Green LE, Chagunda MGG, Mason C, Archer SC, et al. The contribution of previous lameness events and body condition score to the occurrence of lameness in dairy herds: a study of 2 herds. *J Dairy Sci* 2018; 101:1311–24 [doi: 10.3168/jds.2017-13439]

Randall LV, Green MJ, Green LE, Chagunda MGG, Mason C, Archer SC, Huxley JN. The contribution of previous lameness events and body condition score to the occurrence of lameness in dairy herds: A study of 2 herds. *J Dairy Sci* 2018; 101:1311-24

Regula G, Danuser J, Spycher B, Wechsler B. Health and welfare of dairy cows in different husbandry systems in Switzerland. *Prev Vet Med.* 2004; 66:247-264 [<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2004.09.004>]

Rushen J, De Passillé AM, Von Keyserlingk MAG, Weary DM. *The Welfare of Cattle*. Springer, Dordrecht, 2008, ISBN 978-1-4020-6557-6

Russel AM, Rowlands GJ, Shaw SR, Weaver AD. Survey of lameness in British dairy cattle. *Vet Rec* 1982; 111(8):155-160

Schild M. Correlation, determination and causality in introductory statistics. American Statistical Association. Section on Statistical Education, 1995

Schnettler BM, Ricardo VM, Roberto SF, Vallejos LC, Seúlveda NB. Consumer perception of animal welfare and livestock production in the Aurocania region, Chile. *Chilean JAR* 2008; 68(1):80-93

Schranner A. Prävalenzen von Lahmheiten bei Milchkühen in niedersächsischen Milchviehbetrieben. Diss. med. vet. 2007. Tierärztliche Hochschule Hannover, Germany

Scott EM, Fitzpatrick JL, Nolan AM, Reid J, Wiseman ML. Evaluation of welfare state based on interpretation of multiple indices. *Anim Wel* 2003; 12(4):457-468

Solano L, Barkema HW, Pajor EA, Mason S, LeBlanc SJ, Zaffino Heyerhoff JC, Nash CG, Haley DB, Vasseur E, Pellerin D, Rushen J, de Passille AM, Orsel K. Prevalence of lameness and associated risk factors in Canadian Holstein-Friesian cows housed in freestall barns. *Journal of Dairy Science* 2015; 98: 6978-91

Sperandei S. Understanding logistic regression analysis. *Biochemia Medica* 2014; 24(1):12–8

Stöber M. Verletzungen der Brustwand, In: Dirksen G, Gründer H, Stöber M (editors). *Innere Medizin und Chirurgie des Rindes*. Parey Buchverlag, Berlin, 2006

Strappini AC. Bruises in Chilean cattle: Their characterization, occurrence and relation with pre-slaughter conditions. Thesis, Wageningen University, Wageningen, NL, 2012

Tenny S, Abdelgawad I. Statistical Significance. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022. PMID: 29083828

The Animal Care Reference Manual of the National Milk Producers Federation

Vanhonacker F, Verbeke W, Van Poucke E, Tuyttens F. Do citizens and farmers interpret the concept of farm animal welfare differently? *Livest Sci* 2007a [doi: 10.1016/j.livsci.2007.09.017]

Vanhonacker F, Verbeke W, Van Poucke E. Segmentation based on consumers' perceived importance and attitude toward farm animal welfare. *Int J Sociol Agric Food*. 2007; 15(3)

VG Münster, Urteil vom 03.02.2022 - 4 K 2151/19

Von Keyserlingk MAG, Rushen J, de Passillé AM, Weary DM. Invited review: The welfare of dairy cattle - Key concepts and the role of science. *J Dairy Sci*. 2009; 92:4101-4111

Wasserstein RL, Lazar NA. The ASA Statement on p-Values: Context, Process, and Purpose. *The American Statistician* 2016; 70(2):129-133 [DOI: 10.1080/00031305.2016.1154108]

Weary DM & Tazskun I. Hock Lesions and Free-Stall Design. *J Dairy Sci* 2000; 83:697-702

Weary DM, Von Keyserlingk MAG. Public concerns about dairy-cow welfare: how should the industry respond? *Animal Production Science* 2017; 57:1201-1209 [http://dx.doi.org/10.1071/AN16680]

Weigele HC, Gygax L, Steiner A, Wechsler B, Burla J-B. Moderate lameness leads to marked behavioral changes in dairy cows. *J Dairy Sci* 2018; 101:2370-2382

Welfare Quality®. Welfare Quality® assessment protocol for cattle. Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands, 2009

Whay H, Waterman A, Webster A, O'brien J. The influence of lesion type on the duration of hyperalgesia associated with hind limb lameness in dairy cattle. *Vet J* 1998; 156:23-9

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

Wierenga HK, Hopster H. The significance of cubicles for the behaviour of dairy cows. *Appl Anim Behav Sci* 1990; 26:309-337

IX. Danksagung

Ganz besonderer, kaum in Worte zu fassender Dank gilt meinem Betreuer Dr. Andreas Öhm, ohne dessen Unterstützung es diese Arbeit wohl nie gegeben hätte. Tausend Dank dafür, dass du jederzeit ein offenes Ohr hattest, mir stets mit Rat und Tat zur Seite gestanden bist und ich mich immer auf eine unglaublich schnelle und hilfreiche Rückmeldung verlassen konnte.

Außerdem möchte ich Frau Prof. Dr. Knubben für das entgegengebrachte Vertrauen und die Überlassung meines Themas, sowie für konstruktive Einwände danken.

Bei Dr. Yury Zablotzki möchte ich mich für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung bedanken und bei Frau Dr. Feist für hilfreiche Bilder und Hinweise. Darüber hinaus bin ich den Studentierärzt*innen des PraeRi-Projekts und auch allen weiteren Tierärzt*innen und Landwirt*innen, die sich am Projekt beteiligten, zu großem Dank verpflichtet.

Abschließend danke ich im Besonderen meinem Mann Kilian, meinen Eltern Dagmar und Bernd und meiner Schwester Sophia, die mir sehr viele Freiräume eingeräumt haben und nicht müde wurden, sich um Sohn/Enkel/Neffe und gelangweilte Hunde zu kümmern, während ich Stunden und Tage am Schreibtisch verbracht habe.