

**Untersuchungen zu Beziehungen zwischen dem Betriebsmanagement und
den Kälberverlusten in großen Milchviehherden**

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Grades eines
Dr. med. vet.
beim Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Steffi Keller

Aus der Tierklinik für Reproduktionsmedizin und Neugeborenenkunde

Betreuer: apl. Prof. Dr. Karsten Donat

und

Prof. Dr. Dr. h.c. Axel Wehrend

Angefertigt an der Thüringer Tierseuchenkasse AdöR, Jena

**Untersuchungen zu Beziehungen zwischen dem Betriebsmanagement und
den Kälberverlusten in großen Milchviehherden**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines

Dr. med. vet.

beim Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

eingereicht von

Steffi Keller

Tierärztin aus Berlin

Gießen 2026

Mit der Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Dekan: Prof. Dr. Dr. Stefan Arnhold

Gutachter: Prof. Dr. Dr. h.c. Axel Wehrend

apl. Prof. Dr. Karsten Donat

Prof. Dr. Dr. Hermosilla

Prüfer: Prof. Dr. Burger-Schulz

Tag der Disputation: 30. Januar 2026

Für
meine Familie
&
in Gedenken an meinen Vater
Dr. Frank Mutschmann
** 10.01.1957 † 23.11.2018*

Ergebnisse dieser Dissertation wurden wie folgt veröffentlicht:

Keller S., Donat K., Söllner-Donat S., Wehrend A., Klassen A.

Immediate dam-sourced colostrum provision reduces calf mortality - management practices and calf mortality in large dairy herds.

Acta Veterinaria Scandinavia 2024 Dec 5;66(1):61.

DOI: 10.1186/s13028-024-00780-8. PMID: 39639387; PMCID: PMC11619662.

Keller S., Donat K., Söllner-Donat S., Wehrend A., Klassen A.

Beziehungen zwischen perinataler Mortalität und Management von Kühen vor und zur Kalbung in großen Milchviehherden.

Tierärztliche Praxis Ausgabe G Großtiere Nutztiere. 2024 Oct;52(5):271-280. German.

DOI: 10.1055/a-2410-1310. Epub 2024 Oct 24. PMID: 39447582.

Gender-Erklärung

Aufgrund der besseren Lesbarkeit wird in dieser Dissertation das generische Maskulinum verwendet. Es sind jedoch immer alle Geschlechter gemeint.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	1
1 Einleitung	2
2 Literaturübersicht	4
2.1 Kennzahlen der Kälbergesundheit.....	4
2.2 Betriebsbezogene Einflussfaktoren.....	6
2.3 Tierbezogene Einflussfaktoren.....	10
3 Ergebnisse	15
3.1 Publikation 1.....	15
3.1.1 Darstellung des Eigenanteils an Publikation 1.....	15
3.2 Publikation 2.....	30
3.2.1 Darstellung des Eigenanteils an Publikation 2.....	30
4 Diskussion	39
4.1 Diskussion der Fragestellung.....	39
4.2 Diskussion der Methode.....	39
4.3 Diskussion der Ergebnisse.....	43
5 Zusammenfassung	55
6 Summary	57
7 Literaturverzeichnis	59
8 Danksagung	71
9 Erklärung	72

Abkürzungsverzeichnis

AIC	Akaike Information Criterion
bzw.	beziehungsweise
BCS	Body Condition Score
FPT	Failure of passive transfer
g	Gramm
HI-Tier	Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere
KBE	Koloniebildende Einheiten
KV	Kälberverluste
KVR	Kälberverlustrate
PIT	Passiver Immuntransfer
i.d.R.	in der Regel
IgG	Immunglobulin G
Max.	Maximum
Min.	Minimum
ml	Milliliter
l	Liter
TG	Totgeburten
TGR	Totgeburtenrate
TGD	Tiergesundheitsdienst
TP	Gesamtprotein
u.a.	unter anderem
v.a.	vor allem
ViehVerkV	Vieh-Verkehrs-Verordnung
z.B.	zum Beispiel
%	Prozent

1 Einleitung

Gesunde und sich rasch entwickelnde Kälber, aus denen leistungsfähige und langlebige Milchkühe hervorgehen, stellen die Grundlage einer produktiven Milchviehhaltung dar. Studien der letzten Jahre haben gezeigt, dass das Wachstum der Kälber in den ersten Lebenswochen eine wichtige Determinante für die spätere Milchleistung der Kuh ist [1]. Eine gesunde Entwicklung neugeborener Kälber ist von entscheidender Bedeutung für ein beschleunigtes Wachstum, eine frühere Geschlechtsreife, eine höhere Milchleistung in der ersten Laktation und eine geringere Merzungsrate [2]. Für eine sinnvolle Zuchtauswahl benötigt der Landwirt daher ausreichend gesunde Kälber und damit die Möglichkeit, unter geeigneten Kälbern aus der weiblichen Nachzucht selektieren zu können [3 - 6]. Neben den aus einer guten Tiergesundheit resultierenden positiven Effekten aus betriebswirtschaftlicher Sicht haben auch die Tierschutzaspekte für den Landwirt einen hohen Stellenwert, denn das Bewusstsein der Öffentlichkeit für Tierwohl und Tierschutz hat sich in den letzten Jahren erheblich gesteigert [7 - 11]. Die Tiergesundheit ist näher in den Fokus der öffentlichen Gesellschaft gerückt und die gesellschaftliche Akzeptanz insbesondere der intensiven landwirtschaftlichen Nutztierhaltung hat stark abgenommen [12, 13]. In der Bewertung der Tiergesundheit in Milchviehherden ist die Kälbergesundheit einer der wesentlichsten Aspekte. Die am häufigsten verwendete Kennzahl zur Bewertung der Kälbergesundheit ist die Kälbersterblichkeit. Die Höhe der Gesamtsterblichkeit bei Kälbern, also die Kälberverluste (KV) insgesamt, gilt daher als Maßstab für die tiergerechte Haltung in landwirtschaftlichen Betrieben [14]. Die Totgeburtenrate (TGR) hat dabei einen hohen Anteil an der Gesamtsterblichkeit der Kälber [5] und gilt somit auch als ein bedeutender Indikator zur Beurteilung des betrieblichen Tierwohls [13, 14].

In der intensiven Milchviehhaltung unterliegen sowohl die KV während der Aufzucht als auch die TGR weltweit großen Schwankungen. Die Auswertung bisheriger Untersuchungen aus den letzten 20 Jahren zeigte, dass die durchschnittliche Kälberverlustrate (KVR) international zwischen 3,3 % und 5,3 % schwankt [6], die betriebliche TGR sich zwischen null und 22 % bewegt [15 - 19] und durchschnittlich bei 8 % liegt [20 - 23]. Für Deutschland liegen die Angaben zur TGR durchschnittlich bei rund 9 %, wobei die TGR für Nordostdeutschland aus dem Jahr 2012 mit 7,7 % [6], für Sachsen im Jahr 2004 mit 9,7 % [24] und für Thüringen aus dem Jahr 2010 mit 9,3 % [25] bzw. mit 9,5 % aus dem Jahr 2003 [26] angegeben wird. Die durchschnittlichen KV auf Betriebsebene lagen für Nordostdeutschland im Jahr 2012 zwischen

null und 17,7 % [3]. Diese voran genannten Werte liegen deutlich höher als der in der Literatur angestrebte Richtwert für KV von maximal 5 % [6, 14].

In Hinblick auf bisherige Untersuchungen unterlagen die Rahmenbedingungen für die Milchproduktion in den letzten Jahren erheblichen Veränderungen. Dies betrifft sowohl die tierschutzrechtlichen Anforderungen als auch die ökonomischen Rahmenbedingungen in der Milchviehhaltung. Im Rahmen eines Kälbergesundheitsprogrammes des Tiergesundheitsdienstes (TGD) der Thüringer Tierseuchenkasse wurden in dem Zeitraum von Dezember 2016 bis März 2018 in 99 thüringischen Milchviehbetrieben Daten über das Betriebsmanagement sowie der Tiergesundheit erhoben. Durch diese Untersuchung sollte anhand der ermittelten Daten geprüft werden, inwieweit Managementfaktoren unter heutigen Rahmenbedingungen in Beziehung zu KV in der Milchviehhaltung stehen. Für die Arbeit wurde folgende Fragestellung formuliert:

1. Welche Beziehungen bestehen zwischen den Kälberverlusten und dem Aufzuchtmanagement während der ersten sechs Lebensmonate?
2. Welche Beziehungen bestehen zwischen der perinatalen Mortalität (TGR) und dem Betriebsmanagement von Kühen während der Transitphase?

2 Literaturübersicht

2.1 Kennzahlen der Kälbergesundheit

Für die Beurteilung der betrieblichen Kälbergesundheit wird die Kälbersterblichkeit als häufigste Kennzahl verwendet. In der Literatur werden dazu meistens die Totgeburtenrate (TGR) sowie die Kälberverluste (KV) während der ersten sechs Lebensmonate beurteilt. Der Begriff der Totgeburt ist der perinatalen Sterblichkeit unterzuordnen. Zur perinatalen Sterblichkeit gehören alle Kälberverendungen um den Geburtszeitpunkt herum. Dazu zählen Totgeburten, die Nichtlebensfähigkeit des Neonaten auf Grund von Missbildungen oder Entwicklungsstörungen sowie Mortalitäten in Folge von Asphyxie und Absterben von Früchten bei geburtshilflichen Eingriffen [27]. Die Definition des Begriffs der TG erfolgt in der Literatur teilweise unterschiedlich und wird meistens für alle Kälberabgänge innerhalb des Zeitraums nach einer Tragzeit von ≥ 260 Tagen und 24 bis 48 Stunden nach der Geburt verwendet [28, 29]. Der Begriff „Kälberverluste“ oder „Kälbersterblichkeit“ wird in der Literatur oft nicht genau definiert und beinhaltet sowohl die pränatale Sterblichkeit, die perinatale Sterblichkeit als auch eine unterschiedlich lange postnatale Phase [29].

Sowohl die TGR als auch die Aufzuchtverluste von Kälbern unterliegen weltweit nachweislich hohen betrieblichen Schwankungen. Internationale Angaben zur mittleren KVR reichen dabei von 3,3 % bis 5,3 % [6, 30 - 33] und in Deutschland schwanken die Werte zwischen null und 17,7 % [5, 6, 25, 34, 35]. Für Thüringen wurde für das Jahr 2016 eine KVR von 7,4 % ermittelt, wobei 27 % der Betriebe unter 3 % KV und 19 % über 10 % KV verzeichneten [36]. Dabei wird der in der Literatur angegebene Richtwert für die Kälberverlustrate (KVR) von ≤ 5 % [6, 14] oftmals deutlich überschritten. Die hohe Varianz der KVR wird meist mit deutlichen Unterschieden im Betriebsmanagement begründet [37]. Die meisten KV treten innerhalb der ersten 14 Lebenstage auf [5, 14]. Nach deutschen Untersuchungen machen Kälberabgänge durch Verenden innerhalb der ersten 14 Lebenstage bis zu 40 % in Bezug zu den Gesamtabgängen [34] aus und es verenden in dieser Zeit 5 % bis 15 % aller lebendgeborenen Kälber [37].

KV werden in Deutschland anhand der betrieblichen Meldungen an die Datenbank des Herkunftssicherungs- und Informationssystems für Tiere (HI-Tier) ermittelt. Für die Berechnung der KVR auf Basis der Meldungen an das HI-Tier werden die gemeldeten verendeten Kälber bis zum 6. Lebensmonat in Bezug zu den gemeldeten Geburten des

jeweiligen Jahres gesetzt. Rinderhalter in Deutschland sind laut Vieh-Verkehrs-Verordnung (ViehVerkV) [38] dazu verpflichtet, alle Zugänge in den Bestand, auch durch Geburt, spätestens bis zum 7. Tag nach Zugang des Rindes unter Angabe der Ohrmarkennummer des Kalbes und der Mutter zu melden. Abgänge von Rindern aus dem Bestand sind auf die gleiche Weise unter Angabe der Abgangsgründe wie u.a. Verkauf, Schlachtung Verendung oder Tötung zu erfassen. Da es für den Landwirt keine Verpflichtung zur Meldung von tot geborenen Kälbern gibt, ist eine systematische Dokumentation der Totgeburten (TG) durch ein entsprechendes Meldesystem bisher nicht möglich. Für die Ermittlung der TGR werden meistens daher die Angaben aus der Milchleistungsprüfung verwendet. In der Praxis kann der Landwirt bei der elektronischen Angabe des Kälberverlustes innerhalb der Milchleistungsprüfung zwischen „tot geboren“ und „verendet innerhalb 48 Stunden“ wählen, wobei diese Angaben auf freiwilliger Basis erfolgen [26, 39]. Angaben zur TGR variieren international zwischen null und 22 % [15 -19]. Die mittlere TGR liegt bei 5 % bis 8 %, wobei die Abweichungen von den Durchschnittswerten nicht nur durch landespezifische Agrarpolitik, sondern insbesondere auch durch eine unterschiedliche Definition des Begriffs der perinatalen Mortalität begründet sind [13, 40]. Für Deutschland gibt es Angaben zur durchschnittlichen TGR von rund 9 % [6, 24 - 26] Die TGR für Nordostdeutschland aus dem Jahr 2012 wurde für Kälberverendungen bis 48 Stunden post partum mit 7,7 % [6], für Sachsen im Jahr 2004 mit 9,7 % (tot geboren oder innerhalb von 24 Stunden verendet) [24] und für Thüringen aus dem Jahr 2010 mit 9,3 % (tot geboren oder innerhalb von 24 Stunden verendet) beschrieben [25]. Für Thüringen ergab eine weitere Studie aus dem Jahr 2003 eine durchschnittliche TGR von 9,5 %. In dieser Studie wurde auch die betriebsindividuelle Definition der TG und dessen Meldung über die Milchleistungsprüfung näher untersucht, wobei 46 % der befragten Großbetriebe ausschließlich Kälber, die während der Geburt verendeten, als TG meldeten, 27 % der Betriebe als TG alle Kälber meldeten, die innerhalb von 24 Stunden verendeten, 8 % der Betriebe als TG alle Kälber die innerhalb von 48 Stunden verendeten und 19 % der Betriebe als TG alle Kälber, die bis zum Einziehen der Ohrmarke verendeten, meldeten [26].

Es ist zu vermuten, dass ein Teil der tot geborenen sowie perinatal verendeten Kälber nur unzureichend dokumentiert wird, da auf Grund der Meldesystematik Kälber bis spätestens zum 7. Lebenstag anzumelden sind und vorher verstorbene Tiere gar nicht registriert werden müssen. Diese Vermutung wird durch die Ergebnisse der Untersuchung von Hopp et al. [14] in Nordrhein-Westfalen bekräftigt, bei der ein Vergleich der registrierten KV aus der Hi-Tier-Datenbank mit den Angaben über die Gesamtzahl der über die Tierkörperbeseitigungsanlage beseitigten Kälber ergab, dass im Einzugsbereich dieser Anlage 69 % der verendeten Kälber

aus Milchviehbetrieben und 80 % der verendeten Kälber aus Mutterkuhbetrieben nicht in der HI-Tier-Datenbank gemeldet worden sind. Auf Grund dieser Praxisbeobachtung muss von einer erheblichen Dunkelziffer und somit von einer höheren KV ausgegangen werden, als es in der Datenbank von HI-Tier erfasst wird.

2.2 Betriebsbezogene Einflussfaktoren

Die bisherigen wissenschaftlichen Untersuchungen zeigten, dass das Betriebsmanagement weltweit einer hohen Variation unterliegt und bereits durch die allgemeine Betriebsstruktur stark beeinflusst werden kann [3]. Demnach stellt die Betriebsgröße ein bedeutsamer Einflussfaktor dar, wobei unter den Familienbetrieben im Durchschnitt kleinere Herdengrößen vorherrschen und die von juristischen Personen geführten Betriebe meist größer sind [41, 42]. Es zeigte sich beispielsweise nach Untersuchungen von Klein-Jöbstl et al. [41], dass in Großbetrieben vermehrt KV auf Grund von Kälberdurchfall und Pneumonien zu verzeichnen waren. Auch in weiteren Untersuchungen aus Estland [43], den USA [44], Norwegen [30] und Frankreich [45] konnte gezeigt werden, dass sich die Betriebsgröße signifikant auf die Kälbergesundheit und somit die Kälbersterblichkeit auswirken kann. In der französischen Studie korrelierte die zunehmende Herdengröße mit einer möglichen Vernachlässigung der individuellen Tierbetreuung und zeigte im Vergleich zu Kleinbetrieben wesentliche Unterschiede im Management auf [45]. In einer amerikanischen Untersuchung wurde ebenfalls auf Grund der zunehmenden Betriebsgröße eine Vernachlässigung der Tiergesundheit beschrieben [46]. Dabei konnte gezeigt werden, dass in kleineren Betrieben, bei denen der Betriebsinhaber selbst für die Betreuung der Kälber zuständig war, geringere KV aufzeigten als im Vergleich zu Großbetrieben, bei denen angestelltes Personal für die Kälberbetreuung zuständig war. Zu einem ähnlichen Ergebnis kam man auch in einer deutschen Untersuchung über die perinatale Kälbersterblichkeit, bei der allerdings nur im Falle von Dystokien ein signifikanter Einfluss der Betriebsgröße auf die TGR nachgewiesen werden konnte [47]. Im Zusammenhang mit der Betriebsgröße und -struktur unterscheiden sich die Betriebe neben der Herdengröße insbesondere im Personalmanagement, sodass Einflussfaktoren wie die Zeit, die für die Kälbersorgung und Tierbeobachtung zur Verfügung steht, der Zuteilung der Aufgabenbereiche für das zuständige Personal, die Fachkenntnisse sowie die Möglichkeiten zur Krankheitserkennung, der Behandlungszeitpunkt und die Bereitschaft zur Problembehebung, sich signifikant auf die KVR auswirken können [14, 34, 33, 48, 49]. In der niedersächsischen Studie aus dem Jahr 2013/2014 von Hoedemaker et al. wurden

Problembetriebe mit einer erhöhten Kälbersterblichkeit (ohne TG) von $\geq 20\%$ hinsichtlich ihrer Bereitschaft zur Umsetzung von empfohlenen Maßnahmen, basierend auf tierärztliche Beratungen bezüglich der KV, untersucht, wovon 21 % der Betriebe die empfohlenen Maßnahmen gar nicht und nur 8 % der Betriebe diese zu mehr als 80 % umgesetzt hatten [49]. Die mangelhafte Bereitschaft der Betriebe wurde nach dieser Analyse mit unzureichender Praktikabilität, dem erhöhten Zeitaufwand und einem Misstrauen gegenüber dem Erfolg dieser Maßnahmen begründet.

Auch die Haltungform spielt eine bedeutende Rolle, insbesondere gelten die Einzel- oder Gruppenhaltung der Kälber, die Gruppengröße, Außen- oder Stallhaltung sowie die Gestaltung der Trockensteher- und Abkalbebuchten als bedeutsame Einflussfaktoren [5, 3]. In der Übersichtsarbeit von Fröhner und Reiter [5] wurde deutlich, dass in den vergangenen Jahren die Kälberhaltung in vielen Milchviehbetrieben nicht den optimalen Bedingungen entsprach, da betriebliche Investitionen im Stallbau meist im Bereich der Milchkühe umgesetzt wurden. Ungünstige Haltungsbedingungen während der eingeschränkten Immunitätsphase der Kälber innerhalb der ersten Lebenswochen wie beispielsweise in Altbauten mit schlechter Belüftung, Überbelegung und gemischter Haltung von Kälbern unterschiedlicher Altersklassen wurden als wesentliche Ursachen für Atemwegserkrankungen beschrieben. Eine andere Untersuchung zeigte, dass die Höhe der Kälbersterblichkeit mit zunehmender Gruppengröße korrelierte. Demnach hatten Kälber, die ab einem Alter von 2 Wochen in einer Gruppenbucht untergebracht waren, eine höhere Wahrscheinlichkeit, im ersten Lebensmonat zu sterben, als Kälber, die einzeln untergebracht wurden [30].

Als weitere betriebsindividuelle Einflussfaktoren werden in den vorangegangenen Studien vor allem Managementfaktoren aus den Bereichen der Zucht, Haltung und Fütterung der Trockensteher, der Geburt, der Kälberaufzucht und der Krankheitsprophylaxe genannt. Bezüglich des Zuchtmanagements in Milchviehbetrieben wurden signifikante Einflüsse durch die individuelle Anpaarung der Elterntiere und das Erstkalbealter der Färsen nachgewiesen [5, 14, 34, 37]. Bei der Versorgung der Trockensteher gelten die Fütterung, die Haltungform und Gruppengröße sowie mögliche Stressfaktoren durch beispielsweise Gruppenwechsel als mögliche Ursachen für Dystokien und Totgeburten [5, 34, 50], was somit direkten Einfluss auf die KVR haben kann. In einer Übersichtsarbeit von Trzebiatowski et al. [51] wurde aufgezeigt, dass Hitzestress und Ernährung des Muttertiers Einfluss auf den Immunglobulin-Transfer an das Kalb haben können [52 - 55] und die Ernährung der Mutter die Erkrankungshäufigkeit der Kälber beeinflusst. Kälber von Kühen, die in den letzten 90 Tagen der Trächtigkeit $\leq 75\%$ ihres

Energiebedarfs aufnahmen, hatten bis zum 90. Lebenstag signifikant häufiger Durchfall als Kälber von Kühen, die in diesem Zeitraum $\geq 85\%$ ihres Energiebedarfs aufnahmen [56]. Im Zusammenhang mit dem Geburtsmanagement werden die Abkalbevorbereitung, Geburtsüberwachung und Geburtshilfe als signifikante Einflussfaktoren auf die Kälbermortalität genannt [3, 5, 13, 23, 34, 37, 57 - 59]. Eine gute Geburtsüberwachung ist essenziell für das rechtzeitige Erkennen von Schweregeburten [58, 25]. Nach Gundelach et al. [24] wirkt sich eine unzureichende Geburtsüberwachung negativ auf die Dauer der zweiten Geburtsphase beim Kalben und somit auch auf die TGR aus. Es konnte in der Untersuchung von Teltscher aus dem Jahr 2006 [26] gezeigt werden, dass in Betrieben mit betreuungsfreien Zeiten von ≥ 11 Stunden im Abkalbebereich signifikant höhere TG zu verzeichnen waren als in Betrieben, bei denen die Muttertiere unter ständiger Aufsicht waren oder betreuungsfreien Zeiten ≤ 11 Stunden hatten [26]. Dabei fiel zusätzlich auf, dass die Betriebe, bei denen das Personal ausschließlich für den Abkalbebereich zugeteilt wurde, weniger TG aufwiesen als die Betriebe, bei denen die Mitarbeiter für mehrere Aufgabenbereiche eingeteilt wurden. Dieses Ergebnis wurde auf die höheren Erfahrungswerte im Erkennen und dem Umgang mit dem Geburtsvorgang sowie der routinierten Geburtshilfe bei den Mitarbeitern mit ausschließlicher Geburtsbetreuung in Verbindung gebracht. In der wissenschaftlichen Arbeit von Essmeyer [29] wurde ebenfalls eine höhere TGR in der nächtlichen betreuungsfreien Zeit beobachtet, was damit begründet wurde, dass in der Nacht meist nur eine Person der Melkschicht zusätzlich damit beauftragt wurde, Geburtsüberwachung durchzuführen. Im Bereich der Geburtshilfe konnte gezeigt werden, dass der Einsatz des mechanischen Geburtshelfers signifikant mit der TGR korrelierte, was mit einem unsachgemäßen Gebrauch des Gerätes in Verbindung gebracht wurde oder man davon ausging, dass es in diesen Betrieben bereits ein Problem mit einer erhöhten Anzahl von Dystokien und TG vorlag, was zur häufigeren Anwendung des mechanischen Geburtshelfers führte [26]. In einer Übersichtsarbeit wurde neben der Geburt von männlichen Kälbern oder Zwillingen und Erstgeburten auch die Geburtshilfe als ein Risikofaktor für TG identifiziert [17]. Die Gestaltung des Abkalbebereiches, das Trennen der abkalbenden Tiere von der Herde, die zusätzliche Belegung der Abkalbebox mit kranken Tieren, das sofortige Trennen der Muttertiere vom neugeborenen Kalb sowie Fachkenntnisse des Personals über lebenserhaltende Maßnahmen waren Faktoren, die mit der TGR in Zusammenhang gebracht werden konnten [26]. Gut ausgebildete Mitarbeiter und ein optimiertes Geburtsmanagement sind demnach für die Reduktion von Schweregeburten und erhöhten TG im Betrieb essenziell [60].

In bisherigen Untersuchungen werden für den Bereich der Kälberaufzucht neben der Haltungform die Erstversorgung und das Fütterungsmanagement, insbesondere die Kolostrumversorgung und das Tränkregime, als besonders signifikante Einflussfaktoren beschrieben [3, 5, 14, 37]. Das Kolostrummanagement kann sich durch Faktoren wie Kolostrumqualität, Qualitätsmessung, maternales Kolostrum oder Mischkolostrum, Kolostrumlagerung, dem Zeitpunkt der Kolostrumgewinnung sowie Zeitpunkt und Menge der Kolostrumaufnahme durch das Kalb nachweislich auf den Immunglobulintransfer und damit auf die Kälbergesundheit auswirken [37, 41, 42, 61, 62]. Im Zusammenhang mit dem Tränkregime werden im Wesentlichen die Art der Tränke (Eimertränke, Tränkautomaten) und die damit verbundene Einzeltier- oder Gruppenversorgung als mögliche Einflussfaktoren genannt [5]. In einer deutschen Studie wurde gezeigt, dass in untersuchten Problembetrieben mit erhöhter Kälbersterblichkeit zu 80 % Defizite im Kolostrummanagement zu verzeichnen waren [49]. Managementmaßnahmen wie das Erhitzen, Einfrieren oder Ansäuern des Kolostrums können sich negativ auf den Gehalt von funktionalen Leukozyten im Kolostrum auswirken, weil diese ihre immunmodulierenden Eigenschaften durch solche Behandlungsmaßnahmen verlieren können. Auf diese Weise hat das Kolostrummanagement signifikante Einflüsse auf die Inzidenz von Kälberdurchfällen sowie Atemwegserkrankungen und damit auf die KVR [63]. Die Beurteilung der Kolostrumqualität mittels Dichtemessung und die Analyse von Kälberserumproben hinsichtlich Immunglobulin- und Gesamtproteinkonzentration werden als geeignete Möglichkeiten zur Beurteilung der Immunglobulinversorgung beim Kalb angesehen [62, 64 - 68].

Für alle genannten Managementbereiche stellen die betrieblich individuell durchgeführten Hygiene- und Krankheitsprophylaxemaßnahmen ebenfalls bedeutsame Einflussfaktoren dar. Am häufigsten werden Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen im Bereich der Abkalbe- und Kälberbuchten, die Geburtshygiene, Nabeldesinfektion, antibiotische Behandlungsmaßnahmen und Prophylaxemaßnahmen wie Mutterschutz- und Kälberimpfungen genannt [5, 34, 37, 50]. Nach Fröhner und Reiter [5] sind Muttertierimpfungen, das Praktizieren nach dem Alles-Rein-/ Alles-Raus-Prinzip bei der Belegung des Kälberstalles und eine entsprechende Geburtshygiene entscheidend für die Prophylaxe von Kälberdurchfällen, wodurch die Schwere sowie Häufigkeit des Krankheitsbildes deutlich reduziert werden könnte. Die Untersuchung von Perrot et al. [50] zeigte, dass eine konsequente Nabelschnurpflege und trockene Unterbringung der neugeborenen Kälber die Inzidenz von Nabelerkrankungen reduzieren können und somit das Risiko für bakterielle Übertragung von Infektionen auf andere

Organsysteme, chronische Schmerzen, geringere Tageszunahmen und ein erhöhtes Mortalitätsrisiko indirekt beeinflussen können. In vielen Betrieben stellen die Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen im Abkalbbereich eine Herausforderung dar. Nach der Untersuchung von Harms [34] wurde festgestellt, dass kaum ein Betrieb nach jeder Kalbung das Abteil gereinigt und desinfiziert hat sowie dass in Betrieben, bei denen das Kalb mehr als 12 Stunden bei der Mutter in der Abkalbbucht verweilte, höhere KV zu verzeichnen waren als in Betrieben mit kürzerer Verweildauer. Dies wurde mit einem erhöhten Infektionsdruck bei längerer Verweildauer für das Kalb interpretiert [34].

2.3 Tierbezogene Einflussfaktoren

Kälberverluste stellen nachweislich ein multifaktorielles Geschehen dar. Die bisherigen wissenschaftlichen Studien zeigten, dass die Faktorenkrankheiten Kälberdiarrhoe, Pneumonie und Omphalitis die Hauptursachen für KV darstellen. Etwa die Hälfte der Kälberverluste sind auf Durchfall- und ein Viertel auf Lungenerkrankungen zurückzuführen [37]. Nach einer Untersuchung von Perrot et al. aus dem Jahr 2024 [50] erkrankten 20,9 % der Kälber an Omphalitis. In der deutschlandweiten Untersuchung von Dachrodt et al. aus den Jahren 2016 bis 2019 [69] konnte zudem nachgewiesen werden, dass durchschnittlich 7,1 % der Kälber, die mindestens eine der drei häufigsten Kälberkrankheiten aufweisen, an Multimorbidität leiden und somit auch unterschiedliche Kombinationen aus mehreren Faktorenkrankheiten zu erhöhten KV führen können. Als ein bedeutsamer Einflussfaktor gilt die Immunitätslage der Kälber, die in direktem Zusammenhang mit KV steht [3, 5, 14, 50]. Neben den Faktoren aus dem Bereich der Kälbergesundheit werden mütterlicherseits der Impfstatus, die Parität und Zwillingsträchtigkeiten [51] sowie im Rahmen der Geburt am häufigsten Dystokien und TG in Zusammenhang mit KV gebracht [30, 34, 64].

Kälberdiarrhoe

Kälberverluste auf Grund von bakteriellen und viralen Durchfallerkrankungen wurden in bisherigen Untersuchungen hinsichtlich der Ätiologie und Folgen bereits ausführlich betrachtet. In verschiedenen Publikationen wird der Anteil der Kälberabgänge, die durch Kälberdiarrhoe verursacht werden, mit 10 % [34], teilweise mit bis zu 50 % [37] oder sogar 75 % [5] angegeben. Die Erkrankungsinzidenz schwankt zwischen 12 % [6] und 18,5 % [69]. Auf Grund der unterschiedlichen Studienergebnisse scheinen betriebsindividuelle Managementprozesse mit dem Erkrankungsrisiko und damit indirekt mit der Kälbermortalität im Zusammenhang zu stehen. Durchfallerkrankungen bei Kälbern innerhalb der ersten 8 bis 31 Lebenstagen können

das Sterberisiko signifikant erhöhen [30]. Prophylaxemaßnahmen wie Mutterschutzimpfungen, passive Immunisierung der Kälber, medizinische Behandlungsmaßnahmen, die Kolostrumqualität und die Geburtshygiene werden in den meisten Literaturquellen als wesentliche Einflussfaktoren erwähnt [6, 37, 42]. Bezüglich der Mutterschutzimpfungen können bestandspezifische Vakzine ihre immunologische Wirkung nur ausüben, sofern die Kälber mit einem qualitativen sowie einer ausreichenden Menge an Kolostrum über mindestens eine Woche versorgt werden [37].

Kälberpneumonie

In einer umfassenden Studie in deutschen Milchviehbeständen wurde eine Inzidenz von respiratorischen Erkrankungen bei Kälbern während der ersten Lebensmonate von 8,7 % ermittelt [69]. Tautenhahn [3] gibt eine Erkrankungsinzidenz im Median von 17,5% an. Der Anteil von Kälberabgängen durch Lungenerkrankungen wurde nach Kaske und Kunz [37] mit etwa 25% angegeben. Die Ursachen für Erkrankungen der Atemwege bei Kälbern werden im Rahmen der bisherigen Studien mit der Haltungsform, dem Stallklima, insbesondere mit Schadgasen und Staubbelastungen, Zugluft, saisonalen Umweltfaktoren, dem Infektionsdruck, der Gruppenhaltung und mit Hygienemaßnahmen sowie Vakzinationen in Zusammenhang gebracht [5, 37, 41, 42, 69]. Die aktive Immunisierung gegen die Erreger der enzootischen Bronchopneumonie bei Kälbern kann bei der Anwendung im erkrankten Bestand im Vergleich zum prophylaktischen Einsatz durch die herabgesetzte Immunantwort stark beeinträchtigt werden [37]. Die Haltung der neugeborenen Kälber in Gruppen hatte in einer Untersuchung aus Österreich im Vergleich zur Einzelhaltung eine um > 10 % höhere Inzidenz an respiratorischen Erkrankungen [41]. In einer weiteren Studie konnte gezeigt werden, dass bei der Stallhaltung von Saugkälbern die KVR mit 4,3 % signifikant höher war als bei Außenklimahaltung, bei denen sich die Verluste auf 1,3 % begrenzten [34].

Omphalitis

Nabelerkrankungen sind neben Durchfall- und Atemwegserkrankungen bei neugeborenen Kälbern das dritthäufigste Krankheitsbild [69, 64]. Mittlere betriebliche Morbiditätsraten variieren von 1,6 % [6] bis 20,9 % [69]. Mit dem Krankheitsbild der Nabelentzündungen werden Risikofaktoren wie das Geschlecht des Kalbes, die Länge der Nabelschnur, Nabeldesinfektion, Haltungsbedingungen sowie der Zeitpunkt von Therapiemaßnahmen in direktem Zusammenhang gesehen [42, 50, 69]. Als weitreichende Konsequenzen durch Nabelinfektionen beim Kalb werden Folgeerkrankungen wie Urachitis, Phlebitis, Arteritis, Phlegmonen und Abszesse, Bakteriämien und Septikämien, unzureichende

Gewichtszunahmen, Schmerzen und ein erhöhtes Risiko für KV genannt. Neben den direkten Folgen für die Kälbergesundheit werden auch betriebswirtschaftliche Folgen wie erhöhte Tierarztkosten, ein gesteigerter Antibiotikaeinsatz sowie der Verlust des Kalbes mit diesem Erkrankungsbild in Verbindung gebracht [42, 50].

Kälberimmunität

Die Kälberimmunität beeinflusst nachweislich den Gesundheitsstatus und damit auch die Mortalitätsrate der Kälber. Innerhalb der ersten Lebenswochen sind Kälber besonders anfällig für Infektionen durch Umwelterreger, weshalb dieser Lebensabschnitt mit einer erhöhten Morbiditätsrate (35 - 60 %) und KVR (5 - 8 %) gekennzeichnet ist [32]. Auf Grund der Tatsache, dass die Beschaffenheit der bovinen Plazenta keinen Austausch von Immunglobulinen und anderen immunologischen Faktoren während der Trächtigkeit zwischen dem Muttertier und dem Kalb ermöglicht, werden die Kälber ohne immunologischen Schutz geboren [61]. Postnatal müssen die Kälber die immunologische Lücke durch Ausbildung einer eigenen Immunität ausgleichen. Die Versorgung des Kalbes mit Kolostrum und der damit verbundene Vorgang des passiven Immuntransfers (PIT) wird als Grundlage für die Ausbildung einer stabilen Immunität angesehen [61, 66, 50]. In der Untersuchung von Abuelo et al. aus dem Jahr 2021 [70] wurde beschrieben, dass Kälber mit ausreichender Kolostrumaufnahme ein beschleunigtes Wachstum, eine frühere Zuchtreife, eine höhere Laktationsleistung und eine geringere Abgangsrate aufzeigen. Solche positiven Effekte werden nach Rostoll-Cangiano et al. [71] indirekt durch die Versorgung mit Immunglobulinen und der damit verbundenen Reduktion von Kälberkrankheiten erreicht. Aber auch eine direkte Auswirkung von im Kolostrum enthaltenen Wachstumsfaktoren und anderen bioaktiven Komponenten begünstigt die Ausbildung der Immunität, beispielsweise finden sich unter den Wachstumsfaktoren auch Substanzen, die die Vermehrung und Differenzierung von Leukozyten der Neonaten stimulieren [72]. Die unzureichende Versorgung der Kälber mit Immunglobulinen wird in der Literatur oft als Failure of passive transfer (FPT) bezeichnet und mit der Prädisposition von Kälberkrankheiten in direktem Zusammenhang gesehen, auch wenn weitere Faktoren aus Haltung, Fütterung und Hygiene trotz guter Immunglobulinversorgung sich dennoch ungünstig auf das Morbiditäts- oder Mortalitätsrisiko auswirken können [66]. Insbesondere der Zeitpunkt sowie die Menge der Kolostrumgewinnung und -verabreichung haben nachweislich einen Einfluss auf den passiven Immunglobulintransfer [62]. Eine wissenschaftliche Arbeit von Tautenhahn et al. [6] zeigte, dass in Betrieben mit einer erhöhten Gesamtsterblichkeit der Kälber von über 5 % mehr als 25 % der Kälber einen FPT aufwiesen. Neben den möglichen

betrieblichen Einflussfaktoren aus dem Kolostrummanagement werden als tierbezogene Einflussfaktoren mütterlicherseits vor allem die Kolostrumqualität, insbesondere der Gehalt an Immunglobulinen und die Keimbelastung [61, 66, 73), sowie auf Seite des Kalbes die Möglichkeit zur Erstaufnahme und die Menge des aufgenommenen Kolostrums beschrieben [3, 5, 14, 41]. Eine unzureichende Immunglobulinaufnahme kann u.a. durch einen ungenügenden Saugreflex des Kalbes oder auch bei zu spät erfolgter Kolostrumgabe, bei der die Absorptionsfähigkeit des Kalbes über die Darmschranke bereits reduziert ist, bedingt sein [5, 63]. Das Alter der gebärenden Kuh, der Gesundheitszustand und dessen Impfstatus können die Kolostrumqualität wesentlich beeinflussen [61, 68].

Dystokie

Als wesentliche tierbezogene Einflussfaktoren für das Risiko einer Dystokie werden nach bisherigen Untersuchungen das Erstkalbealter, die Körperkondition der Färsen, das Geschlecht, Gewicht und die Größe des Kalbes und Mehrlingsgeburten am häufigsten genannt. Mögliche Folgen durch Dystokien werden dabei sowohl für das Muttertier als auch für das Kalb beschrieben. Nach Gulliksen et al. [30] haben Färsenkälber ein erhöhtes Risiko für Lungenerkrankungen, TG und vorzeitigem Abgang aus dem Betrieb. Die mit dem Geburtsverlauf und damit insbesondere bei Verzögerungen im Geburtsprozess verbundene Unterversorgung des Kalbes mit Sauerstoff gilt mit als Hauptfaktor, welcher die Überlebenschancen für das Kalb signifikant beeinflussen kann [26, 64]. Kälber, die durch die Hypoxie geschwächt geboren werden, weisen meist Defizite in ihrer Steh- und Saugfähigkeit auf, wodurch wiederum die erste Kolostrumaufnahme beeinträchtigt werden kann [64]. In der Untersuchung von Lombard et al. [64] wurde festgestellt, dass 51,2 % der Kälber von Färsen Geburtshilfe benötigten. Die Geburtshilfe wird im Zusammenhang mit Schweregeburten als Notwendig betrachtet, kann aber bei unsachgemäßer Durchführung, insbesondere hinsichtlich des Zeitpunktes und der Kraftanwendung, für Mutter und Kalb massive Schäden zur Folge haben, was wiederum auch die KVR negativ beeinflussen kann [26]. Nach einer aktuellen deutschen Studie konnte in Milchviehbetrieben bei Geburten mit hochgradiger Dystokie gegenüber Eutokie ein 17-fach höheres Risiko für perinatale Sterblichkeit des Kalbes aufgezeigt werden [47].

Totgeburten

Die in der Literatur genannten Begriffe Abort, Totgeburt und perinatalen Mortalität, werden teilweise unterschiedlich definiert. Dadurch wird der Vergleich der Resultate aus unterschiedlichen Studien erschwert [13, 17, 26]. Dennoch wurden die tiergesundheitlichen

Konsequenzen einer erhöhten TGR bisher gut untersucht. Die TG ist mit dem Verlust eines Kalbes verbunden, stellt aber auch für das Muttertier ein gesundheitliches Risiko dar. Nach bisherigen Untersuchungen liegt die betriebliche TGR im internationalen Maßstab bei durchschnittlich 8 %. Dystokien, Nachgeburtsverhaltungen, Metritiden, reduzierte Milchleistung, eine verlängerte Zwischenkalbezeit, verminderte Fruchtbarkeit sowie ein erhöhtes Risiko für ein vorzeitiges Ausscheiden aus dem Betrieb [5, 19, 21, 24, 74] werden zusammen mit den betriebswirtschaftlichen Effekten durch Leistungsminderung und zusätzlichen Tierarztkosten, in Zusammenhang mit einer erhöhten TGR gebracht. Dystokien, primipare Geburten, Zwillingsgeburten, das männliche Geschlecht, das Körpergewicht des Kalbes, die Rasse und der Body-Condition-Score (BCS) der Muttertiere [5, 16 - 18, 21 - 24, 26, 28, 34, 74, 75, 60, 76, 77] werden in vorangegangenen Untersuchungen am häufigsten als tierbezogene Faktoren genannt, welche zur TG führen können. Das Risiko für TG kann nach einer Untersuchung von Gulliksen et al. durch Geburtsstörungen um 38,7 % erhöht werden [30]. Die Untersuchung von Gundelach et al. [24] konnte zeigen, dass neben unzureichender Geburtsüberwachung v.a. Fehlstellungen des Fötus zu einer verlängerten zweiten Geburtsphase führen, was wiederum die TGR signifikant beeinflusste. TG durch Dystokien sind i.d.R. auf die entstehende Hypoxie und Azidose des Fötus zurückzuführen und werden meist bei männlichen Kälbern und primiparen Muttertieren beobachtet [64]. Zwillingsgeburten und der Einsatz von Geburtshilfe erhöhen ebenfalls das Risiko für TG [40]. Eine weitere Untersuchung zeigte, dass Zwillingsgeburten mit einer TGR von 19,5 % deutlich mehr TG aufweisen als Einzelgeburten mit einer TRG von 5,3 % [77]. Hoedemaker et al. [75] beschreiben für Muttertiere mit einem BCS < 3 ein erhöhtes Risiko für Dystokien, aber auch ein BCS > 4 kann ein erhöhtes Risiko für TG darstellen [28].

3 Ergebnisse

3.1 Publikation 1

Immediate dam-sourced colostrum provision reduces calf mortality - management practices and calf mortality in large dairy herds.

Steffi Keller, Karsten Donat, Stefanie Söllner-Donat, Axel Wehrend und Anne Klassen

Acta Veterinaria Scandinavica 2024 Dec 5;66(1):61.

3.1.1 Darstellung des Eigenanteils an Publikation 1

Bei der Publikation „Immediate dam-sourced colostrum provision reduces calf mortality - management practices and calf mortality in large dairy herds“ (Acta Veterinaria Scandinavica 2024 Dec 5;66(1):61., DOI: 10.1186/s13028-024-00780-8. PMID: 39639387; PMCID: PMC11619662.) war die Autorin dieser Dissertation die Erstautorin. Die Grundlage für diese Publikation wurde durch das Tiergesundheitsprojekt der Thüringer Tierseuchenkasse (AdöR) in Jena gegeben, für dessen Betreuung Herr apl. Prof. Dr. Karsten Donat zuständig war. Die Planung dieser Studie erfolgte durch Herrn apl. Prof. Dr. Karsten Donat, Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. Axel Wehrend und Steffi Keller. Die Literaturrecherche wurde durch Steffi Keller durchgeführt. Die Datenerhebung erfolgte durch Frau Dr. Stefanie Söllner-Donat und dem Team des Thüringer Tiergesundheitsdienstes. Frau Dr. Anne Klassen führte die statistische Auswertung durch. Die Erstellung des Manuskriptes wurde selbstständig durch Steffi Keller unter Anleitung von Herrn apl. Prof. Dr. Karsten Donat durchgeführt und in Zusammenarbeit mit den Koautoren fertig gestellt. Es wurden keine weiteren als die angegebenen Quellen verwendet.

Die Anteile der Autoren an der wissenschaftlichen Arbeit sind in der Publikation angegeben und wurden bei der Einreichung des Manuskripts durch alle Autoren bestätigt.

RESEARCH

Open Access



Immediate dam-sourced colostrum provision reduces calf mortality - management practices and calf mortality in large dairy herds

Steffi Keller¹, Karsten Donat^{1,2*} , Stefanie Söllner-Donat², Axel Wehrend¹  and Anne Klassen² 

Abstract

Background Farm-specific management practices greatly impact calf mortality rates. This cross-sectional study aimed to analyse the association between calf mortality and management practices in large dairy farms. A total of 93 dairy farms were voluntarily included in the study. All farms reared their own youngstock, and all but one kept more than 100 dairy cows. From March 2017 to March 2018, calf management practices were monitored during a farm visit, and farm managers were surveyed regarding calving procedures, neonate management, and environmental factors. Data were collated and analysed in conjunction with the 2017 calf mortality rate, as determined for each farm by using data from the German database of animal origin and movement (HI-Tier). All variables from the topics of colostrum supply, calf feeding, housing, health related information and calving preparation of the cows that resulted in $P \leq 0.1$ in the analysis of variance were assumed to be associated with the calf mortality rate and were considered for a general linear mixed regression model.

Results According to the data from the HI-Tier database of the 93 study herds from 2017, 54,474 calves were born alive and 3,790 calves died within the first six months of life. The calf mortality rate was lower on farms where calves were immediately provided with dam-sourced colostrum. Farm managers perceiving dust as the primary factor precipitating respiratory disease on the farm was positively associated with calf mortality. Regularly replacing bucket teats correlated with lower calf mortality rates compared to replacing them only upon detection of abrasion.

Conclusions The study findings suggest that feeding calves with dam-sourced colostrum can potentially reduce overall calf mortality within the herd. This management practice holds comparable importance to ensuring successful passive transfer through timely and adequate colostrum feeding. Moreover, maintaining a low dust environment for the calves and consistently replacing bucket teats play significant roles in promoting better overall calf health.

Keywords Calf feeding hygiene, Calf losses, Calf management, Colostrum management, Dust

*Correspondence:

Karsten Donat
kdonat@thtsk.de

¹Clinic for Reproduction Medicine and Neonatology of Animals, Faculty of Veterinary Medicine, Justus-Liebig-University Giessen, Frankfurter Str. 106, 35392 Giessen, Germany

²Thuringian Animal Disease Fund (institution by law, Animal Health Service, Thüringer Tierseuchenkasse AdöR, Victor-Goerttler-Straße 4, 07745 Jena, Germany



© The Author(s) 2024. **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated in a credit line to the data.

Background

Calves that mature into productive and longevous dairy cows form the foundation of sustainable dairy farming and breeding. To establish economically stable and efficient dairy farms, farmers must raise healthy calves exhibiting rapid development [1, 2]. A study in Belgium, France and the Netherlands calculated a median value of losses due to mortality of 508 € in 2018, calculated as the number of dead calves per farm in the first 3 weeks of life, multiplied by the average live calf sale price at that time for a standard weight [3]. Furthermore, besides the economic impact of calf mortality, the calf mortality rate is increasingly considered a metric for assessing animal welfare on farms [4]. Given the substantial rise in public awareness regarding animal welfare and protection in recent years, as shown by previous empirical studies [5–7], there has been a sharp decline in societal acceptance of intensive livestock farming, even if dairy cattle farming is viewed somewhat less critically by the general public than pig and poultry farming [8]. Previous studies have shown that social perceptions of agricultural animal husbandry are usually in conflict with current practice [6, 7]. The public is therefore calling for scientifically based guidance on the implementation of animal welfare in agricultural animal husbandry systems, in order to provide these animals with a basic standard of welfare [9].

The average calf mortality risk in countries with intensive milk production ranged from 3.3–5.3% during the last two decades, for instance with 3.5% in Canada [10], 5% in the United States of America [11] and 4.6% in Norway [12]. However, data collected over recent decades reveal substantial global and national variability in calf losses, spanning from 5–15% [13]. The calf mortality risk varied in Germany during the last two decades. During the 2001/2002 reporting period, Mecklenburg-Western Pomerania recorded a calf loss rate of 9.4% [14], while Bavaria observed a rate ranging from 12 to 14% in 2004 [15]. In 2012, calf losses in northeast Germany averaged at 5% [1]. Contrastingly, Lower Saxony documented a calf mortality rate of 8.1% in 2016 [16]. Thuringia recorded an average calf loss rate of 7.7% in 2006/2007 [17]. Although Thuringia's average calf mortality rate remained relatively stable in 2016 (7.4%), only 27% of farms reported losses of less than 3%, while 19% of farms recorded losses exceeding 10% [18]. These figures significantly surpass the recommended maximum target value of 5%, as indicated in the literature [4, 13].

Approximately half of all calf fatalities are attributed to diarrhoea, with an additional quarter linked to respiratory disease [13]. The analysis of factors impacting calf mortality has highlighted the substantial influence of management practices on the scale of these losses. Particularly during the rearing phase, pivotal factors include the initial provision of colostrum, calving

hygiene, housing type (individual/group housing, warm/cold climate housing), watering and feeding protocols, and hygiene practices [1, 2, 13, 15]. Colostrum management has a significant influence on the incidence of diarrhoea and pneumonia and, consequently, calf mortality [19]. The effects of colostrum are widely studied, and significant effects were shown for the use of maternal drenching or mixed colostrum, heating and freezing of colostrum, quantity of colostrum at first feeding, colostrum quality, age of the dam and the vaccination status of the dam [20]. While the quality of colostrum is mainly determined by the health status of the dams and their vaccination prepartum [21], the transfer of immunoglobulins is mainly influenced by time and amount colostrum collection and administration [22]. Analysing calf serum samples for immunoglobulin and total protein concentration allows an assessment of passive immune transfer via colostrum, and determining colostrum density as Brix score is as a good proxy measurement [23–26]. A study in German dairy farms with high calf mortality showed that over 80% of these farms have deficits in colostrum management [16].

During the 1990s, management factors emerged as influential determinants of calf mortality, including herd size, production orientation, drinking practices of preweaning calves, navel disinfection, and the use of antibiotics for calves afflicted with diarrhoea [27]. An important factor with significant impact on calf mortality is the farm staff. There are often differences between farms in terms of the number of people available to care for the calves, the tasks allocated within working hours and the level of expertise [28, 29]. An American study suggested that, apart from staff dedicated to calf care, farm size also holds significance [30]. In comparison to farms with low calf mortality rates, those with higher losses tended to delegate calf care to employees rather than the farmers themselves. However, with increasing farm size, farms where the owner oversaw calf care also exhibited elevated calf losses, suggesting potential neglect of calf health due to more extensive farm operations. Research from Estonia [31], Austria [32], the USA [33], Norway [12] and France [34] corroborates the significant impact of farm size on calf health, thereby influencing mortality rates. French research from 2011 [34] found that increasing herd size correlated with a potential lapse in individual animal care and revealed notable differences in management practices compared to small farms.

Another important factor is the general willingness of the farm to implement measures based on veterinary advice regarding increased calf mortality. According to a study in problem farms in Lower Saxony on acceptance of veterinary advice the farmers justified the lack of willingness to implement measures due to insufficient

practicability, the excessive time required and a lack of confidence in their success [16].

In recent years, dairy farming in Europe has undergone considerable change, encompassing both legal requirements and the economic landscape in dairy farming. The number of family farms decreased considerably, and with the expansion of farms the organisational complexities associated with farm and herd management have increased. In parallel, an increasing proportion of milk production is taken by large commercial dairy farms owned by cooperatives or corporates and operated by employees [35]. Therefore, the associations identified by previous studies in family farms over the past decades [12, 27, 34] or by studies from other parts of the world with a different economic and legal framework [33] may not appropriately mirror the current situation in Europe. In order to provide science-based advice the farmers managing growing dairy herds, it is necessary to review the risk factors for calf mortality under current economic, legal and social framework conditions. Thus, the objective of this study was to assess the associations between calf mortality and farm management with special emphasis on calving, newborn care, and colostrum supply as well as calf rearing in large dairy herds.

Methods

Farms

As part of a calf health initiative run by the Animal Health Service (TGD) of the Thuringian Animal Disease Fund, 223 Thuringian dairy farms, each housing over 100 dairy cows, were invited to voluntarily take part in calf health monitoring between December 2016 and January 2017. These farms collectively housed 95,812 dairy cows, accounting for 88.9% of Thuringia's dairy cow population [36]. Of these farms, 98 agreed to participate in this study. Additionally, one farm with fewer than 100 cows

was also included in the study, bringing the total number of farms to 99. The study was approved by the Thuringian State Office for Consumer Protection, which is competent authority for research ethics approval in Thuringia, and a formal waiver of the need for animal-use approval was granted (2684-04-5-TSK-19-103).

In the period from March 2017 to March 2018, veterinarians from the Animal Health Service of the Thuringian Animal Disease Fund undertook farm visits and gathered data. During these visits, interviews were conducted with the responsible farm or herd managers using a structured questionnaire. The operational results of this survey were then discussed with those responsible for herd management.

Regarding the factors influencing calf mortality, farms that mainly sold their calves to other farms and did not breed their own calves were excluded from the data analysis. Consequently, six farms that predominantly sold their calves to other farms without conducting their own rearing process were omitted from the analysis. This led to a final sample size of 93 farms. The dairy farms included in the analysis were farms which raised their own youngstock. Median size of dairy herds included in the study was 474 cattle over 24 months old (Fig. 1). Across all farms, the cows were kept in loose housing systems. Most cattle represented the German Holstein breed, with smaller proportions of the Simmental, Jersey, and Brown Swiss breeds, or their cross breeds, present in some herds.

Data collection using a questionnaire

A structured questionnaire was formulated to facilitate data collection, developed by drawing upon the extensive expertise of veterinarians associated with the Animal Health Service. The design of the questionnaire involved crafting specific categories for potential

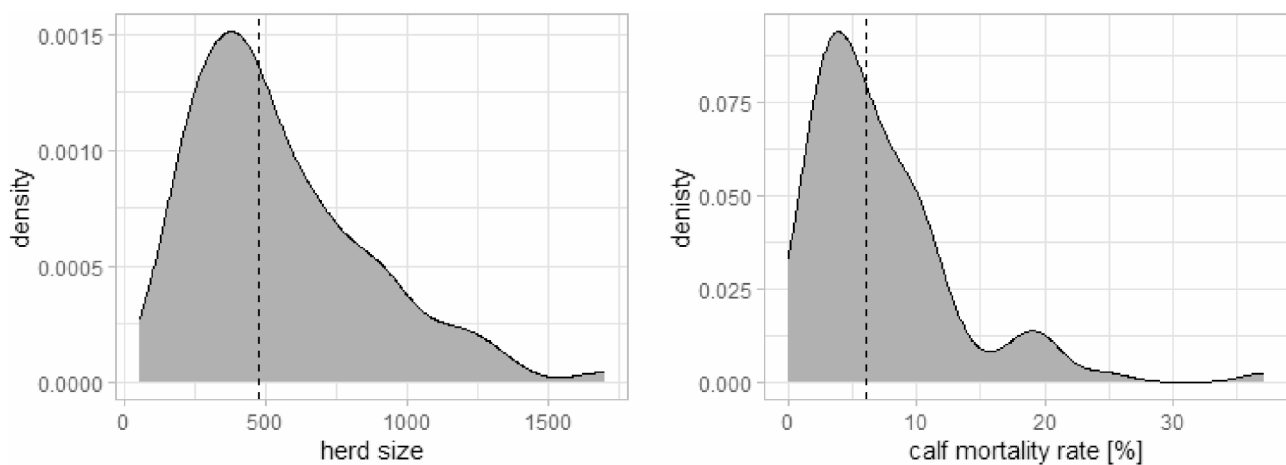


Fig. 1 Distribution of (A) dairy herd size and (B) calf mortality rate for the study herds. Dairy herd size represents number of cattle older than 24 months. Calf mortality rate represents calf losses until the age of 6 months. Dashed line indicates the median value being 474 cows and 5.9% calf mortality rate

responses, ensuring standardisation in recording various management factors across the farms. Questions included general information on the farm, husbandry, hygiene protocols, and animal care management, as well as information pertaining to colostrum collection and administration, calf health, preventive measures, calving management, and dry cow care. The questionnaire was evaluated by five conveniently selected farms and adjustments were made based on the outcomes. The involvement of seasoned specialist cattle veterinarians, possessing substantial experience in advising dairy farmers, ensured the standardisation of the survey's breadth through their meticulous development of response categories. This approach allowed for a comprehensive and standardised assessment across diverse farm settings.

Each section of the questionnaire is divided into several individual questions. Interviewees discussed the respective question with the farmer and agreed to choose the answer that best-described calf husbandry management, including birth management practices on the farm. Multiple answers were excluded. The information was verified during a tour of the farm and in rare cases corrected by the interviewer if the farmer's assessment of the trait was obviously biased by his own perspective. An overview of the data collected is summarised in Table 1.

The calf mortality rate was calculated by assessing the deaths of calves within the first six months of their lives relative to the total number of calves alive at birth. This calculation relied on the data derived from farm reports submitted to the German Database for Animal Movement (HI-Tier) for the year 2017. In Germany, cattle farmers are mandated to report all herd additions, including births, within seven days of the cattle's arrival, specifying the ear tag numbers for both the calf and its mother. Similarly, departures from the herd, whether due to sale, slaughter, or death, must also be recorded with reasons provided. The pertinent information extracted from the database included the total number of births in 2017, serving as the denominator in the calculation. Additionally, the numerator was determined by the count of calves reported as deceased before reaching the age of six months in 2017. It is important to note that stillborn calves are not included in these records, as their status does not necessitate reporting, as neither a birth nor an addition to the herd is required for these cases.

Statistical analysis

The data collected from the questionnaires and the calf mortality rates extracted from the German Database for Animal Movement were transcribed into a Microsoft Excel spreadsheet (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA). In instances where certain categories within variables were underrepresented or lacked any data, these findings were condensed for better

comprehension. Specifically, categories with frequencies of four or fewer were combined into two meaningful groups to ensure frequencies of five or more for further analytical purposes. For the subsequent analysis, statistical software R 3.6.2 [37] was used for both descriptive analysis and the formulation of statistical models.

The possible influence of the surveyed management factors and herd size as independent variables on calf mortality (dependent variable) was calculated using a univariable risk factor analysis (analysis of variance; ANOVA). To create a generalised linear mixed model using the lme4 package (version 1.1–21) for a causal analysis, all risk factors suggesting a possible association with calf losses in the ANOVA (i.e. factors yielding $P < 0.1$) and significant factors from previously published studies were selected. The Akaike Information Criterion (AIC) was then used to assess whether an exclusion of factors resulted in an improvement of the model. The exclusion and reintroduction of variables was carried out until further variation (exclusion or reintroduction of variables) did not result in further improvement of the model. The significance level for the independent variables was set at $P < 0.05$. To assess collinearity among factors within the multivariable model, the variance inflation factor was computed using the "car" package (version 3.0–6).

Results

Data from 93 Thuringian dairy farms were included in the analysis. Of the 93 farms, 74 kept pure dairy herds (79.57%), and 19 farms (20.43%) focussed on at least one other production specialisation in addition to dairy farming. Herd size was not homogeneously distributed across the farms.

According to the data from the HI-Tier database of the 93 study herds from 2017, 54,474 calves were born alive and 3,790 calves died within the first six months of life. Thus, calf losses within the farms analysed varied between 0.0% and 37.2%, with a mean calf mortality rate of 7.3% and a median of 5.9% (Fig. 1). Using ANOVA, no statistically significant correlation was detected between herd size and calf mortality among these farms (Fig. 2). Herds with fewer than 200 cows had a median calf mortality rate of 5%, herds with 200–499 cows a median of 6.75%, herds with 500–799 cows a median of 6.4% and herds with 800 or more cows a median of 4%.

The univariable ANOVA highlighted 21 factors with a P -value below 0.1, indicating their potential association with calf mortality (Table 1). These 21 factors and a further 11 that had a significant effect on calf mortality in previous studies were initially incorporated into a multivariable model. Because the univariable analysis did not identify any statistically significant association between herd size and calf mortality, the variable herd size was not included into the multivariable model. The multivariable

Table 1 Variables considered for the model with frequencies of categories and *P*-values of the univariable analysis

Variable	Reply category	<i>n</i>	ANOVA (<i>P</i> -value)
Herd management			
Own reproduction	Yes	90	0.015
	No	3	
Sale of male animals during the rearing phase	Yes	76	0.023
	No	16	
Colostrum supply			
Time of colostrum administration ¹	Less than 2 h	35	0.397
	2 to 4 h	45	
	more than 4 h	10	
	NA	3	
Quantity of colostrum administered	Less than 1 L	0	0.938
	1 to 2 L	17	
	More than 2 L	73	
	NA	3	
Time of colostrum collection	Less than 2 h	28	0.685
	2 to 4 h	47	
	more than 4 h	17	
	NA	1	
Provision of dam-sourced colostrum	Yes	64	0.036
	No	29	
Calf feeding			
Whole milk drinking trough in group housing	Yes	11	0.088
	No	82	
Milk replacer with plant-based components	Yes	43	0.094
	No	34	
Total mixed ration as solid feed	Yes	40	0.072
	No	44	
	Other solid feed	7	
Disinfection of trough teat	After each use	0	0.050
	Daily	22	
	Less often	45	
	Never	26	
Trough teat replacement	Severe wear	50	0.004
	Minor indications of wear ²	43	
Automatic feeder teat replacement	Severe wear	52	0.073
	Minor indications of wear	30	
	Certain time interval	7	
	No milk dispenser	4	
Calf housing			
Cleaning of group housing	After each dung removal	22	0.007
	Before every new occupancy	44	
	Less often	25	
	Never	0	
Dung removal in individual housing	Up to every 5 days ³	9	0.267
	Less often	81	
Dung removal in group housing	Daily	9	0.238
	Every two days	9	
	Every 2–5 days	10	
	Less often	63	
Disinfection of group housing	After each cleaning	15	0.010
	Before every new occupancy	39	
	Less often	27	
	Never	10	
Health-related factors			
Regular occurrence of diarrhoea in the first two weeks of life	Yes	68	0.052
	No	25	

Table 1 (continued)

Variable	Reply category	n	ANOVA (P-value)
Regular occurrence of respiratory diseases in wintertime	Yes	53	0.061
	No	40	
Regular occurrence of respiratory diseases all year	Yes	61	0.005
	No	32	
Dust as cause of respiratory diseases	Yes	23	0.011
	No	70	
Regular occurrence of navel disease	Yes	60	0.010
	No	33	
Regular occurrence of trichophytia	Yes	26	0.051
	No	67	
Regular occurrence of calf diarrhoea	Yes	61	0.188
	No	32	
Estimated losses due to respiratory disease	0–25		<0.001
Estimated losses due to navel disease	0–8		0.651
Estimated losses due to diarrhoea	0–25		0.001
Calving and preparation of cows			
Maternity vaccination with annual booster	Yes	47	0.083
	Without boosting	10	
	No vaccination	36	
Assessment of body condition via	Subjective evaluation ⁴	75	0.046
	objective evaluation ⁵	18	
Separate calving box for sick cows	No sick cows	12	0.030
	Always identical box	19	
	Temporary or not	62	
Hygiene of the walls of the calving box	Clean	27	0.091
	Slight incrustation on walls	57	
	Smearred with faeces	9	
Hygiene of feeding container for suckling calves	Clean	69	0.011
	Slight incrustation on walls	23	
	Smearred with faeces	1	

¹ The variable “time of colostrum collection” was correlated to the variable “time of colostrum administration”, and therefore not included into the multivariable model

² includes the categories “minor indications of wear”, ($n = 37$) and “regular time intervals” ($n = 6$)

³ includes the categories “daily” ($n = 1$), “very two days” ($n = 1$) and “3–5 days” ($n = 7$)

⁴ includes the categories “subjective evaluation” ($n = 74$), and “none” ($n = 1$)

⁵ includes the categories “Body condition score” ($n = 14$), and “Back fat thickness” ($n = 4$)

model was subsequently refined to 15 factors using the AIC for model enhancement. These 15 factors were eventually integrated into the final generalised linear mixed model (as presented in Table 2). From this comprehensive multivariable analysis, four variables stood out as significantly correlated with calf mortality, encompassing aspects related to calf health, drinking management, and hygiene practices (as illustrated in Table 3). Among the health-related variables, the presence of dust contributing to respiratory disease (regression coefficient $\beta = -0.25$, $P = 0.005$) exhibited significant relationships with calf mortality. In terms of drinking management, the act of calves consuming their mother’s colostrum ($\beta = 0.22$, $P = 0.007$) emerged as a significant factor. Additionally, concerning hygiene practices, regularly replacing the trough teat ($\beta = -0.21$, $P = 0.003$) was identified as a significant influencing factor impacting calf mortality.

Furthermore, in herds where the management practice of scoring the dam’s prepartum body condition with objective methods (body condition scoring or measurement back fat thickness), calf mortality was significantly lower than in herds where this practice was not implanted or done only subjectively ($\beta = -0.2$, $P = 0.025$). When determining the body condition, 79.6% ($n = 74$) of the farmers stated that this was determined by subjective assessment, on 14 farms (15.1%) body condition scoring was implemented, and on four farms (4.3%) back fat thickness was measured by sonography. In one farm the body condition of prepartum cows was not estimated at all.

Among the farm managers surveyed, 23.9% ($n = 23$) considered increased dust exposure in the herd to be a cause of respiratory disease in calves. On these farms, the mean calf mortality rate stood at 10.2% (with a median of 8.8%). Conversely, among farms that did attribute

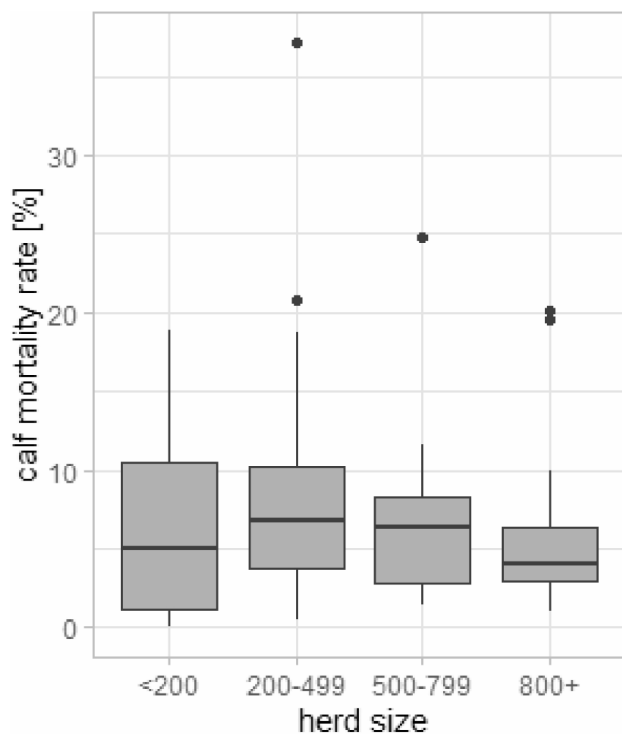


Fig. 2 Boxplot showing the association between herd size and calf mortality

respiratory disease primarily to dust but rather suspected other factors such as draughts, harmful gases or infectious agents as the primary cause of pneumonia in their calves ($n = 70$), the calf mortality rate averaged 6.5% (median 4.65%).

Among the 93 dairy farms surveyed, 56 farms (60.2%) reported providing their new-born calves with dam-sourced colostrum for their first feed. These farms displayed an average calf mortality rate of 6.2% (median 4.9%). The remaining 39.8% of the farms ($n = 37$) did not take maternal origin into account when allocating colostrum. Within this group, the average calf mortality rate was higher at 8.9% (median 6.7%).

In examining drinking hygiene practices, the replacement of teats was scrutinised, offering respondents the choice between ‘significant wear’ and ‘slight wear’ for both bucket troughs and the automatic troughs. Over half (53.8%; $n = 50$) of the farm managers stated that they only replaced the teats of the bucket when they were clearly worn. The average calf mortality rate on these farms stood at 9.0% (median 6.8%). A teat replacement at slight indication of wear was practised by 46.2% of the farms ($n = 43$), with calf mortality averaging at 5.4% (median 4.2%).

When the farm managers were asked to estimate the proportion of calf losses attributed to diarrhoea or navel disease, responses ranged from 0 to 25% for diarrhoea and 0–8% for navel disease. In our model, these two

variables slightly missed significance level for a positive association with calf mortality rate showing only minor impact (diarrhoea: ($\beta = 0.03$, $P = 0.054$); navel disease: ($\beta = 0.06$, $P = 0.051$)).

Discussion

The primary objective of this study was to analyse dairy farms, focussing on their farm management practices, specifically in the domains of colostrum supply, calf husbandry, calf care, and hygiene management. The aim was to discern potential correlations between these practices and calf mortality rates. Additionally, the study sought to explore the potential relationship between calf mortality rates and herd size. The analyses revealed clear correlations between supply of dam-sourced colostrum, hygiene of bucket teats, dust contributing to respiratory diseases, and calf losses.

Calf mortality and herd size

The univariable analysis did not discern any statistically significant relationship between herd size and calf mortality. The wide-ranging calf mortality rates observed across the sample (0.0–37.2%) strongly suggest that factors other than herd size independently influence calf losses. Comparable variations among farms were previously noted in Thuringian dairy farms during 2006/2007 with a variation from 0.0–25.9% [17]. A study in dairy farms in North-East Germany [13] and a more recent investigation in the same region published in March 2022 [38] similarly failed to establish a direct correlation between herd size and calf mortality. These studies also concluded that herd size did not significantly influence calf mortality rates.

One notable strength of our study lies in the large number of participating farms with herd sizes up to 1,700 cows (median 474 cows) that are common for commercial dairy farms operated with employees. It can be assumed that typical management practices which are characteristic of such dairy herds were recorded. Importantly, the sample was not solely restricted to problematic farms; only those farms not engaged in the rearing of their own offspring were excluded from the study. This approach ensured an ample number of farms for conducting a thorough analysis of relationships pertaining to calf health within a multivariate model. However, it should be noted that a limitation in our study related to the non-random selection of farms. It is plausible that farms aware of inadequacies in their calf management practices may have chosen not to participate in the study, and therefore may be underrepresented.

A further limitation is the unavailability of individual-based calf management data; instead, information was gathered based on standard practices within the herd. Conducting a survey based on individual animals

Table 2 Linear mixed model analysing management factors in correlation with calf losses

Predictors	Estimates	Confidence Interval	P-value	Wald-Test
(Intercept)	0.89	0.46–1.32	<0.001	
Time of colostrum collection				0.1883
• Less than 2 h	Reference	-0.27–0.07	0.227	
• 2 to 4 h	-0.10	-0.43–0.02	0.071	
• Over 4 h	-0.20			
Quantity of colostrum given				
• 1 to 2 L	Reference	-0.19–0.13	0.690	
• More than 2 L	-0.03			
regularly occurring respiratory diseases				
• Yes	Reference	-0.25–0.05	0.180	
• No	-0.10			
regularly occurring diarrhoea				
• Yes	Reference	-0.22–0.08	0.383	
• No	-0.07			
Dust as cause of respiratory diseases				
• yes	Reference	-0.41 – -0.08	0.005	
• No	-0.25			
Trough teat replacement				
• severe wear	Reference	-0.35 – -0.07	0.003	
• minor indications of wear	-0.21			
Provision of dam-sourced colostrum				
• Yes	Reference	0.06–0.39	0.007	
• No	0.22			
Mortality due to diarrhoea	0.03	-0.00–0.05	0.054	
Mortality due to lung disease	0.01	-0.02–0.04	0.496	
Mortality due to navel disease	0.06	-0.00–0.12	0.051	
Whole-milk troughs for suckling calves in group housing				
• Yes	Reference	-0.20–0.25	0.816	
• No	0.03			
Dung removal in individual housing				
• Less often	Reference	-0.02–0.43	0.076	
• Up to every 5 days	0.20			
Dung removal in group housing				0.3634
• daily	Reference	-0.35–0.31	0.904	
• every two days	-0.02	-0.49–0.19	0.375	
• every 2–5 days	-0.15	-0.22–0.35	0.651	
• less often	0.07			
Disinfection of group housing				0.1834
• after each cleaning	Reference	-0.16–0.21	0.783	
• before every new occupancy	0.03	-0.01–0.39	0.068	
• less often	0.19	-0.21–0.37	0.584	
• never	0.08			
Assessment of body condition				
• subjectively	Reference	-0.37 – -0.03	0.025	
• objectively	-0.20			

necessitates considerably more effort and would have been feasible only with a much smaller sample size. Nonetheless, this study aimed to include as many farms as possible to attain results that are generalisable and pertinent to the broader study population.

Larger farms typically adhere to established protocols, particularly concerning the provision of dam-sourced colostrum, as well as trough teat replacement. Additionally, these results can be extrapolated to dairy cattle

populations with similar structures, specifically larger herds on farms primarily managing their own breeding.

Management factors relating to calf health

Dust serves as a visible indicator of an inadequate barn climate. Functioning as a mechanical irritant, it adversely affects animal welfare, human health, and farm technology. As a carrier and nutrient medium for microorganisms as well as fungal and bacterial toxins, dust can

Table 3 Significant management factors, median, mean, 95% confidence interval for calf mortality in thuringian dairy farms

Factor	Median	Mean value	95% Confidence Interval	P-value
Dust as cause of respiratory diseases				
• Yes	8.7	9.9	6.0-11.2	0.005
• No	4.7	6.5	2.9-8.9	
Trough teat replacement				
• severe wear	6.8	9.0	4.1-10.1	0.003
• minor indications of wear	4.2	5.4	2.4-7.3	
Provision of dam-sourced colostrum				
• Yes	5.8	7.3	3.0-9.9	0.007
• No	6.3	7.3	4.1-10.1	
Assessment of body condition				
• subjectively	6.4	7.9	3.6-10.1	0.025
• objectively	3.9	4.9	2.2-6.3	

penetrate the alveoli of the lungs, depending on the particle size, and be a precursor for respiratory diseases [39, 40]. This is also confirmed by a recent Belgian study [41], in which dust was identified as a carrier of particulates and endotoxins and was linked to pneumonia in calves. Increased exposure of the airways to fine dust particles can overwhelm the organism's ability to eliminate them via the mucociliary clearance system and thus trigger an increased influx of phagocytic alveolar macrophages, cytokine secretion and neutrophil migration, causing airway inflammation [41]. In addition to acute and chronic respiratory disease can also be the result of excessive dust inhalation, as has been described in horses with dust-induced asthma [42]. Together with other management factors such as harmful gases, increased temperature, unsuitable humidity levels, or draughts, dust was identified as a predisposing factor to respiratory disease. These issues arise from poorly ventilated stables and can act as additional stressors, compromising the immune system's functionality [41, 43]. Enhancing barn ventilation is crucial for fostering a healthy barn environment. An American study suggested reducing harmful dust particles by filtering the barn air [44]. A previous German study identified an association between the frequency of antibodies against bovine respiratory syncytial virus or parainfluenza-3 virus and farm managers suspected dust as a contributing factor to calf respiratory disease [17].

Nonetheless, risk factors for respiratory diseases are complex, and the statement of the farmer regarding the role of dust may have been caused by his education and knowledge about dust as a risk factor. Nevertheless, for optimal animal welfare and species-appropriate housing, an alternative approach to minimise dust exposure might involve providing proper outdoor housing for calves in

igloos or ensuring ample fresh air supply coupled with low-dust bedding.

According to our analysis, bedding management was not found to be significantly associated with calf mortality rate. However, the variable 'Dung removal in individual housing' slightly missed significance level suggesting that there may be a relationship between the frequency of dung removal and the calf mortality rate. Farms with a manure removal interval of up to every 5 days tended to have higher calf loss rate than farms that stated that they removed manure less frequently than 5 days. This may be due to the fact, that the farms with a more frequent manure removal frequency are aware of the importance of this measure and, in the event of increased calf losses, are already trying to counteract the problem. Because the variables 'Dung removal in individual housing', 'Dung removal in group housing' and 'disinfection of group housing' were included in the final model, we controlled for interactions with these management practices and improved the validity of our model.

In a study from Italy [45], long renewal intervals in bedding management, which lead to increased soaking of the bedding, were associated with an increase in intestinal pathogenic microorganisms in the pen air and an increased incidence of calf cough. Maintaining a low litter humidity can help to improve the microbiological air quality in calf pens and thus reduce morbidity and mortality rates in calves. A French study identified an increased the risk of regarding umbilical infections with humidity of the bedding as a significant risk factor [46].

Farm managers' estimates of the prevalence of diarrhoeal diseases were positively correlated with actual calf mortality rates, underscoring the widely acknowledged association between diarrhoeal diseases and calf deaths. Historically, losses attributed to diarrhoeal diseases were believed to be approximately twice as high as those attributed to respiratory diseases [13]. However, a cross-sectional study conducted in north-east German dairy farms in 2016 revealed a lower incidence at herd level for neonatal calf diarrhoea (median 12.0%) compared to respiratory disease (median 17.5%) [13]. The authors did not establish a direct relationship with calf losses; however, they observed a correlation with the administration of halofuginone, a therapeutic agent used in cases of frequent cryptosporidiosis in the herd. *Cryptosporidium parvum* infections represent the most prevalent cause of calf diarrhoea [13].

As a complex factor disease, calf diarrhoea may arise from infectious causes while also being influenced by feeding practices, housing conditions, and hygiene management [1, 13]. Moreover, prompt identification and intervention are crucial for positive treatment outcomes. This requires dedicated and well-trained staff, as well as adequate animal observation time [28, 29]. Implementing

preventive measures, such as maternity vaccinations, can significantly reduce the occurrence of neonatal diarrhoea in calves.

According to previous studies, body condition of dams is a significant factor that can influence the calf mortality rate. According to a study from Germany, lean animals with a body condition score below 3.0 were found to have a higher risk of dystocia [47]. In a French study, a body condition score above 4.0 was associated with an increased risk of stillbirths [48]. Dystocia is known not only to pose a significant risk to the dams, but also to affect the risk of stillbirths and births of weak calves [49, 50]. Hypoxia and acidosis caused by dystocia or trauma to the calf caused by improper obstetrics significantly impacts calf mortality rate [49, 51]. Therefore, the preparatory body condition of the dam can indirectly influence the calf mortality rate and should be monitored as part of on-farm health management. For this purpose, objective measurements represent a more valid result than those based on subjective assessment by the farmer, as they are determined using a standardized procedure and are comparable across farms. Our study revealed that the objective determination of body condition by BCS scoring (14 herds) or sonographic measurement of back fat thickness (four herds) was significantly associated with lower calf mortality rate compared to subjective assessment by the farmer, probably reflecting a high general level of herd management.

Feeding management – dam-sourced colostrum

The vital importance of supplying calves with immunoglobulins via colostrum has been widely acknowledged and remains a subject of extensive research [25, 52]. Key components include immunoglobulins, leukocytes, growth factors, hormones, non-specific antimicrobial factors, and nutrients. Ensuring proper drinking management is vital for the effective transfer of these essential elements for calves to adequately absorb them [22]. In a study conducted in northeast Germany, a notable prevalence of calves with inadequate immunoglobulin transfer was associated with increased on-farm calf mortality of over 5%. In problem farms in Lower Saxony, where calf losses exceeded 20%, a substantial 80% of the cases revealed inadequate passive transfer of immunity through colostrum [16]. Beyond the essential components and feeding regime, the quality of colostrum holds significance. This quality is not only impacted by the dam [21] but also by various management factors. An Austrian study conducted in 2015 [32] described calf diarrhoea as the most prevalent clinical issue on the farms investigated. This issue was associated with subpar milk and colostrum quality, as 84.1% of the farms reported using milk obtained from sick cows (such as those with mastitis, elevated somatic cell counts, and cows

undergoing medication treatment). Additionally, these farms also utilised frozen colostrum for feeding calves [32]. Monitoring the quality of colostrum is a high priority in well-managed dairy farms and several methods are widely used ranging from measuring density or viscosity of colostrum to laboratory-based methods [26]. In particular, the determination of the serum IgG content in calves within the first days of life enables a concrete statement to be made about the success of the passive immune transfer and thus also provide a quality assessment of the farm's colostrum management. According to current recommendations, the minimum serum IgG content for a successful immune transfer is 10 g/L [11, 23]. Calves with serum levels below this threshold are at risk for higher mortality rate. However, a serum IgG level of at least 25 g/L is considered the standard target for optimal care in order to significantly reduce both the mortality rate and the morbidity rate of calves [23]. As such measurements are associated with significant additional work for a farm, at least the Brix refractometry of the colostrum should be performed regularly. Brix values are well correlated with serum immunoglobulin concentration [53, 54].

In our study, we considered primary aspects concerning colostrum management, including the timing of colostrum collection and intake and quantity of intake. Surprisingly, except for maternal colostrum feeding, all other factors exhibited no significant impact on the calf mortality rate. As shown in a previous study based on data of the Thuringian calf health monitoring with special emphasis on immunoglobulin transfer [22] and as widely accepted [23], these factors are associated with the serum concentration of immunoglobulins and total protein in the calves' serum. This suggests that apart from the supply of immunoglobulins to calves, additional factors might also contribute to calf losses, and one of those is the use of dam-sourced colostrum at first feeding.

The farms with a dam-sourced feeding approach exhibited a notably lower calf mortality rate, potentially linked to the presence of maternal leukocytes in the colostrum. Various studies have highlighted the significance of maternal leukocytes, particularly macrophages and lymphocytes, for calf health [25]. These maternal leukocytes exhibit immunological activity not only in the calf's intestine upon oral intake but also enter the neonatal bloodstream and accumulate in diverse organs, thereby regulating the calf's immune system [25].

It has been demonstrated that only the dam's leukocytes are absorbed by the neonatal organism. Calves supplied with maternal colostrum seem capable of generating antibodies more swiftly and expediting the development of their immune system. Consequently, they may possess better protection against infections and display reduced or less severe disease progression than calves

that have not been provided maternal colostrum [19]. A study in pigs reported similar findings, where piglets ingesting their mother's colostrum exhibited enhanced cellular immunity [55].

Moreover, if calves are fed dam-sourced colostrum, the colostrum is likely to be harvested soon after the cow has calved. This may have improved colostrum supply in two major aspects with the effect that the calf was fed sooner and thus be able to absorb more [20, 56] and the cow will be milked sooner after calving ensuring a high concentration of immunoglobulins in the colostrum [57, 58].

Additionally, substantial distinctions have been observed between calves consuming native colostrum and those fed heated or frozen, cell-free colostrum. Significant differences have been observed between calves that ingest native colostrum and calves that have been fed temperature-treated (heated or frozen), cell-free colostrum. The disparity is evident in the rate and composition of monocytes and the response of B and T cells post-vaccination: calves fed cell-free colostrum displayed lower monocyte levels in the blood and generated fewer B and T cells after vaccination [59–61]. Consequently, calves receiving maternal colostrum develop their immune system more rapidly compared to those provided with leukocyte-free colostrum [20]. It is presumed that leukocytes actively traverse the intestinal wall, a process only viable with intact, living cells. Temperature-treated lose their ability to actively pass through the intestinal barrier and thus remain unabsorbed, emphasising a need for consideration when storing colostrum in the future.

The authors assume that feeding non-maternal colostrum might be a typical management practice particularly on larger dairy farms. In small farms with fewer simultaneous births, usually, only maternal colostrum is available to the calf. However, as herd size increases and consequently leads to a higher birth rate, cattle farmers often resort to providing frozen colostrum from other mothers or mixed colostrum from cows calving on the same day, citing various reasons [32]. The process of separately milking fresh calvers and feeding the calves with colostrum from their respective mothers demands more labour and may not always be feasible or advisable, particularly if the dam is unwell. Additionally, in the context of paratuberculosis control, it is recommended to administer initial colostrum from cows that have tested negative for calves born to mothers that have tested positive [62]. Concerns about heifer colostrum, often perceived as inferior in quality (particularly in terms of immunoglobulin content) compared to cow colostrum, also influence the decision to opt for mixed colostrum. However, based on our findings and considering the insights into barn-specific maternal immune systems, we argue that incurring this additional expense is justified, particularly when implementing maternal vaccinations.

Hygiene management - replacing the trough teats

In the herds examined in this study, calves were predominantly fed using a teat trough (bucket or automatic feeder) from the initial feeding until weaning age. The teat of a trough serves as a substitute for the maternal teat and marks one of the earliest points of contact between a calf and its surroundings. Considering that infectious agents, especially those causing diarrhoeal diseases, are primarily ingested orally [13], it can be inferred that the hygiene of a teat might significantly impact calf health. As shown previously, hygiene of feeding equipment reduces diarrhoea and septicaemia in newborn calves [63]. With respect to artificial trough teats, a recent German study showed that the highest bacterial load found was not in the housing area, but in feeding equipment, especially inside the teats of milk feeding buckets [64]. This finding underlines the importance of the hygienic condition of teats and is consistent with our results that farms that only replaced severely worn teats exhibited notably higher calf loss rates compared to those already replacing the teats when slightly worn. Material wear on teats is influenced by the frequency and intensity of use, resulting in surface roughening, abrasions, and cracks. These surface alterations, combined with organic substances like dirt, saliva, and milk residues, create an ideal environment for microflora proliferation and biofilm formation. Although cleaning and disinfecting the teat can reduce bacterial presence, this effectiveness is limited by the extent of the wear and tear, particularly the depth of grooves and cracks. Furthermore, more worn-out teats may leak milk which could hamper calves' ability to drink.

Bacterial load of colostrum is significantly associated with lower serum immunoglobulin concentrations of calves [65]. In a Canadian study, in most farms total bacterial count measured in colostrum feeders exceeded the threshold for drinking milk of 100,000 colony forming units/mL [66–68]. Implementation of hygiene measures on feeders varies greatly from farm to farm with respect to cleaning frequency, water temperature and the use of cleaning agents [32]. The poorly accessible areas inside the artificial teat, which has the highest bacterial load [64], are a limiting factor for a hygienic cleaning measure that requires removing of the teat from the bucket [69]. Unless visually perceptible cleanliness does not automatically correspond to the desired hygienic condition and visual hygiene status alone is not a suitable indicator for assessing bacterial contamination, visual assessment of cleanliness is important to optimise the desired effect of cleaning agents and disinfectants, which would already be reduced by visually perceptible dirt deposits [70]. In addition, bioluminescence swab methods would allow a fast and on-site assessment of the degree of pollution [67].

Additionally, the contamination of the teat with the individual calf's microflora during the drinking process should not be overlooked. Furthermore, the direct transmission of infectious agents, especially diarrhoea pathogens, is possible if the buckets or automatic troughs are not clean. We hypothesise that regularly cleaned teats, replaced after moderate wear, could positively impact calf health by reducing the presence of pathogens. Therefore, clearly defined working processes, easily removeable teats, and implementing a consistent interval for each replacement, may aid in lowering calf mortality rates. This highlights the importance of establishing routines to standardise farm hygiene management, particularly on larger farms. The results can be extrapolated to dairy cattle populations with similar structures, specifically larger herds on farms primarily managing their own breeding.

Conclusions

Our analysis of 93 dairy farms in Thuringia has validated the substantial impact of farm management on calf mortality. Regardless of farm size, our findings indicate correlations with management practices concerning colostrum administration, hygiene of bucket teats, and dust. Feeding dam-sourced colostrum can significantly boost calf immunity and is as equally crucial as ensuring adequate immunoglobulin transfer, thereby considerably reducing calf mortality rates. These practices demand consistent implementation, along with appropriate additional resources in terms of time, workforce, and technology for calf husbandry. Implementing measures to mitigate excessive dust exposure could notably decrease calf losses linked to respiratory disease. Modern dairy cow facilities, designed to meet both elevated structural requirements and the animal welfare demands set by contemporary society and regulations, offer potential for improvement in this regard. These facilities often provide better opportunities to streamline operational processes using modern technical equipment. The time saved through such advancements should be dedicated to thorough animal observation and individualised care by well-trained and dedicated staff.

Acknowledgements

The work was carried out in cooperation with the Animal Health Service (TGD) of the Thuringian Animal Disease Insurance Fund. The authors express their gratitude to all staff members for their dedicated support, especially in the comprehensive collection and processing of farm data. Acknowledgements are also extended to the farm managers and herd managers who willingly participated in this study and generously shared their time to answer the questions, and to Linguvet Translations & Editing for the excellent English editing.

Author contributions

SK, KD, SSD and AW developed the research concept and study design; SSD collected the samples. AK and SK analysed the data; SK wrote the original draft of the manuscript. All authors have read and approved the final version of the manuscript.

Funding

No funding.

Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Data availability

The datasets analyzed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

Declarations

Ethics approval

Not applicable.

Consent for publication

Not applicable.

Prior publication

The data present herein have not been previously published.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Received: 9 February 2024 / Accepted: 14 October 2024

Published online: 05 December 2024

References

1. Tautenhahn A. Risk factors for increased calf mortality and low daily weight gain of rearing calves in north-east German dairy cow farms [dissertation]. Berlin: Free University Berlin; 2017.
2. Mohd Nor N, Steeneveld W, Mourits MC, Hogeveen H. Estimating the costs of rearing young dairy cattle in the Netherlands using a simulation model that accounts for uncertainty related to diseases. *Prev Vet Med.* 2012;106:214–24. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2012.03.004>.
3. Roblin M, Canniere E, Barbier A, Daandels Y, Dellevoet-Groenewegen M, Pinto P, et al. Study of the economic impact of cryptosporidiosis in calves after implementing good practices to manage the disease on dairy farms in Belgium, France, and the Netherlands. *Curr Res Parasitol Vector Borne Dis.* 2023;4:100149. <https://doi.org/10.1016/j.crpvbd.2023.100149>.
4. Hopp W, Kirschner T, Kunert J. Early calf losses on dairy cow and suckler cow farms - survey and comparison. *Vet Rev.* 2019;74:288–91.
5. Spooner JM, Schuppli CA, Fraser D. Attitudes of Canadian citizens toward farm animal welfare: a qualitative study. *Livest Sci.* 2014;163:150–8.
6. Weary D, Von Keyserlingk M. Public concerns about dairy-cow welfare: how should the industry respond? *Anim Prod Sci.* 2017;57:1201–9.
7. Beaver A, Proudfoot KL, von Keyserlingk MAG. Symposium review: Considerations for the future of dairy cattle housing: An animal welfare perspective. *J Dairy Sci.* 2020;103:5746–58. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17804>
8. Christoph-Schulz I. SocialLab–Nutztierhaltung Im Spiegel Der Gesellschaft. Attitudes of europeans towards animal welfare. *J Verbrauch Lebensm.* 2018;13:145–236.
9. Kirkwood J, Hubrecht R. Animal consciousness, cognition and welfare. *Anim Welf.* 2001;10:55–17.
10. Windeyer MC, Leslie KE, Godden SM, Hodgins DC, Lissimore KD, LeBlanc SJ. Factors associated with morbidity, mortality, and growth of dairy heifer calves up to 3 months of age. *Prev Vet Med.* 2014;113:231–40. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2013.10.019>.
11. Urie NJ, Lombard JE, Shively CB, Kopral CA, Adams AE, Earleywine TJ, et al. Pre-weaned heifer management on US dairy operations: Part V. factors associated with morbidity and mortality in preweaned dairy heifer calves. *J Dairy Sci.* 2018;101:9229–44. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14019>.
12. Gulliksen SM, Lie KI, Løken T, Osterås O. Calf mortality in Norwegian dairy herds. *J Dairy Sci.* 2009;92:2782–95. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1807>.
13. Tautenhahn A, Merle R, Müller K. Factors associated with calf mortality and poor growth of dairy heifer calves in northeast Germany. *Prev Vet Med.* 2020;184:105154.
14. Harms J. Causes of high calf losses in the reference farms of the Mecklenburg-Vorpommern State Research Centre. 2002; http://www.landwirtschaft-t-mv.de/static/LFA/Dateien/LFA%20Fachinformation%20Agrarökonomie%20Archiv%20TP_02_Kaelberverluste.pdf. [Accessed 19 Sept 2019].

15. Fröhner A, Reiter K. Causes of calf losses in dairy cattle and possibilities for reduction: Literature study for a research project; Duration: 2006–2008 2005; https://www.lfbayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/p_19795.pdf. [Accessed 19 Sept 2019].
16. Hoedemaker M. Reduction of rearing losses on dairy farms in Lower Saxony - Final report. 2018; https://milchland.de/wp-content/uploads/2019/09/Abschlussbericht_Verminderung-von-Aufzuchtverlusten-in-nds.-Milchviehbetriebe_n.pdf
17. Zitzmann R, Pfeffer M, Söllner-Donat S, Donat K. Risk factors for calf mortality influence the occurrence of antibodies against the pathogens of enzootic bronchopneumonia. *Tierärztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere*. 2019;47:151–65.
18. Söllner-Donat S, editor. Animal welfare indicator calf loss - What is the situation in Thuringia. the 13th Thuringian Veterinary Day; 2018 7–8 Sept 2018; Weimar.
19. Demattio L, Wehrend A. [Occurrence and importance of colostrum leukocytes]. *Tierärztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere*. 2020;48:35–44. <https://doi.org/10.1055/a-1067-3980>.
20. Godden SM, Lombard JE, Woolums AR. Colostrum management for dairy calves. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*. 2019;35:535–56. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.07.005>.
21. Immler M, Failing K, Gärtner T, Wehrend A, Donat K. Associations between the metabolic status of the cow and colostrum quality as determined by Brix refractometry. *J Dairy Sci*. 2021;104:10131–42. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19812>.
22. Immler M, Büttner K, Gärtner T, Wehrend A, Donat K. Maternal impact on serum immunoglobulin and total protein concentration in dairy calves. *Anim (Basel)*. 2022;12. <https://doi.org/10.3390/ani12060755>.
23. Lombard J, Urie N, Garry F, Godden S, Quigley J, Earleywine T, et al. Consensus recommendations on calf- and herd-level passive immunity in dairy calves in the United States. *J Dairy Sci*. 2020;103:7611–24. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17955>.
24. Otten ND, Skarbye AP, Krogh MA, Michelsen AM, Nielsen LR. Monitoring bovine dairy calf health and related risk factors in the first three months of rearing. *Acta Vet Scand*. 2023;65:45. <https://doi.org/10.1186/s13028-023-0070-8-8>.
25. Weaver DM, Tyler JW, VanMetre DC, Hostetler DE, Barrington GM. Passive transfer of colostrum immunoglobulins in calves. *J Vet Intern Med*. 2000;14:569–77. [https://doi.org/10.1892/0891-6640\(2000\)014<0569:ptoci>2.3.co;2](https://doi.org/10.1892/0891-6640(2000)014<0569:ptoci>2.3.co;2).
26. Schneider F, Wehrend A. [Quality Assessment of bovine and Equine Colostrum - an overview]. *Schweiz Arch Tierheilkd*. 2019;161:287–97. <https://doi.org/10.17236/sat00205>.
27. Lance SE, Miller GY, Hancock DD, Bartlett PC, Heider LE, Moeschberger ML. Effects of environment and management on mortality in preweaned dairy calves. *J Am Vet Med Assoc*. 1992;201:1197–202.
28. Santman-Berends IM, Buddiger M, Smolenaars AJ, Steuten CD, Roos CA, Van Erp AJ, et al. A multidisciplinary approach to determine factors associated with calf rearing practices and calf mortality in dairy herds. *Prev Vet Med*. 2014;117:375–87. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.07.011>.
29. Vaarst M, Sørensen JT. Danish dairy farmers' perceptions and attitudes related to calf-management in situations of high versus no calf mortality. *Prev Vet Med*. 2009;89:128–33. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2009.02.015>.
30. Martin SW, Schwabe CW, Franti CE. Dairy calf mortality rate: influence of management and housing factors on calf mortality rate in Tulare County, California. *Am J Vet Res*. 1975;36:1111–4.
31. Reimus K, Alväsen K, Emanuelson U, Viltrop A, Mötus K. Herd-level risk factors for cow and calf on-farm mortality in Estonian dairy herds. *Acta Vet Scand*. 2020;62:15. <https://doi.org/10.1186/s13028-020-0513-x>.
32. Klein-Jöbstl D, Arnholdt T, Sturmlechner F, Iwersen M, Drillich M. Results of an online questionnaire to survey calf management practices on dairy cattle breeding farms in Austria and to estimate differences in disease incidences depending on farm structure and management practices. *Acta Vet Scand*. 2015;57:44. <https://doi.org/10.1186/s13028-015-0134-y>.
33. Shahid MQ, Reneau JK, Chester-Jones H, Chebel RC, Endres MI. Cow- and herd-level risk factors for on-farm mortality in Midwest US dairy herds. *J Dairy Sci*. 2015;98:4401–13. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8513>.
34. Raboisson D, Cahuzac E, Sans P, Allaire G. Herd-level and contextual factors influencing dairy cow mortality in France in 2005 and 2006. *J Dairy Sci*. 2011;94:1790–803. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3634>.
35. Developments on the German milk market. - an overview [Entwicklungen am deutschen Milchmarkt – ein Überblick]. Federal Ministry of Food and Agriculture. 2021 [cited 10 Oct 2024]. <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/agrarmaerkte/entwicklungen-milchmarkt-de.html>
36. Destatis FSO. Agriculture and forestry Livestock and animal production. 2018; https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Tiere-Tierische-Erzeugung/Publikationen/Downloads-Tiere-und-tierische-Erzeugung/viehbestand-tierische-erzeugung-2030400177004.pdf?__blob=publicationFile. [Accessed 28 Sept 2023].
37. RCoreTeam RA. Language, and Environment for Statistical Computing. 2019-12-12; accessed on 28 August 2020; <https://www.r-project.org/>
38. Falkenberg U, Krömker V, Konow M, Flor J, Sanfleben P, Losand B. Management of calves in commercial dairy farms in Mecklenburg-Western Pomerania, Germany and its impact on calf mortality and prevalence of rotavirus and *Cryptosporidium parvum* infections in pre-weaned calves. *Vet Anim Sci*. 2022;16:100243. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2022.100243>.
39. Richter T, Karrer M. Principles of livestock husbandry. Richter T. Causes of disease in husbandry: Assessment of livestock housing - A veterinary guide. 1st ed. Stuttgart: Enke; 2006.
40. Cambra-López M, Aarnink AJ, Zhao Y, Calvet S, Torres AG. Airborne particulate matter from livestock production systems: a review of an air pollution problem. *Environ Pollut*. 2010;158:1–17. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.07.011>.
41. van Leenen K, Joutet J, Demeyer P, Van Driessche L, De Cremer L, Masmeijer C, et al. Associations of barn air quality parameters with ultrasonographic lung lesions, airway inflammation and infection in group-housed calves. *Prev Vet Med*. 2020;181:105056. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105056>.
42. Pirie RS, Collie DD, Dixon PM, McGorum BC. Inhaled endotoxin and organic dust particulates have synergistic proinflammatory effects in equine heaves (organic dust-induced asthma). *Clin Exp Allergy*. 2003;33:676–83. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2222.2003.01640.x>.
43. Lago A, McGuirk SM, Bennett TB, Cook NB, Nordlund KV. Calf respiratory disease and pen microenvironments in naturally ventilated calf barns in winter. *J Dairy Sci*. 2006;89:4014–25. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)7244-5-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)7244-5-6).
44. Hillman P, Gebremedhin K, Warner R. Ventilation system to minimize airborne bacteria, dust, humidity, and ammonia in calf nurseries. *J Dairy Sci*. 1992;75:1305–12. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77881-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77881-3).
45. Bonizzi S, Gislón G, Brasca M, Morandi S, Sandrucci A, Zucali M. Air Quality, Management practices and calf health in Italian dairy cattle farms. *Anim (Basel)*. 2022;12. <https://doi.org/10.3390/ani12172286>.
46. Perrot F, Joulie A, Herry V, Raboisson D, Herman N. Evaluation of risk factors of omphalitis in newborn beef calves with indoor housing. *Prev Vet Med*. 2024;227:106191. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2024.106191>.
47. Hoedemaker M, Prange D, Gundelach Y. Body condition change ante- and postpartum, health and reproductive performance in German holstein cows. *Reprod Domest Anim*. 2009;44:167–73. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2007.00992.x>.
48. Chassagne M, Barnouin J, Chacornac JP. Risk factors for stillbirth in Holstein heifers under field conditions in France: a prospective survey. *Theriogenology*. 1999;51:1477–88. [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(99\)00091-6](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(99)00091-6).
49. Lombard J, Garry F, Tomlinson S, Garber L. Impacts of dystocia on health and survival of dairy calves. *J Dairy Sci*. 2007;90:1751–60.
50. Villettaz Robichaud M, Pearl DL, Godden SM, LeBlanc SJ, Haley DB. Systematic early obstetrical assistance at calving: I. effects on dairy calf stillbirth, vigor, and passive immunity transfer. *J Dairy Sci*. 2017;100:691–702. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11213>.
51. Teltcher MK. The influence of various management practices on stillbirth - a survey on dairy farms of Thuringia/Germany [dissertation]; Tierärztliche Hochschule Hannover; 2006.
52. Klaus GG, Bennett A, Jones EW. A quantitative study of the transfer of colostrum immunoglobulins to the newborn calf. *Immunology*. 1969;16:293–9.
53. Biemann V, Gillan J, Perkins NR, Skidmore AL, Godden S, Leslie KE. An evaluation of Brix refractometry instruments for measurement of colostrum quality in dairy cattle. *J Dairy Sci*. 2010;93:3713–21. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2943>.
54. Johnsen JF, Sørby J, Mejdell CM, Sogstad ÅM, Nødtvedt A, Holmøy IH. Indirect quantification of IgG using a digital refractometer, and factors associated with colostrum quality in Norwegian red cattle. *Acta Vet Scand*. 2019;61:59. <https://doi.org/10.1186/s13028-019-0494-9>.
55. Bandrick M, Ariza-Nieto C, Baidoo SK, Molitor TW. Colostrum antibody-mediated and cell-mediated immunity contributes to innate and antigen-specific immunity in piglets. *Dev Comp Immunol*. 2014;43:114–20. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2013.11.005>.

56. Fischer AJ, Song Y, He Z, Haines DM, Guan LL, Steele MA. Effect of delaying colostrum feeding on passive transfer and intestinal bacterial colonization in neonatal male holstein calves. *J Dairy Sci.* 2018;101:3099–109. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13397>.
57. Kessler EC, Bruckmaier RM, Gross JJ. Colostrum composition and immunoglobulin G content in dairy and dual-purpose cattle breeds. *J Anim Sci.* 2020;98. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa237>.
58. Morin DE, Nelson SV, Reid ED, Nagy DW, Dahl GE, Constable PD. Effect of colostrum volume, interval between calving and first milking, and photo-period on colostrum IgG concentrations in dairy cows. *J Am Vet Med Assoc.* 2010;237:420–8. <https://doi.org/10.2460/javma.237.4.420>.
59. Langel SN, Wark WA, Garst SN, James RE, McGilliard ML, Petersson-Wolfe CS, et al. Effect of feeding whole compared with cell-free colostrum on calf immune status: vaccination response. *J Dairy Sci.* 2016;99:3979–94. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9892>.
60. Ganz S, Failing K, Hassan AA, Bülte M, Wehrend A. Influence of first colostrum pasteurization on serum immunoglobulin G, iron, and activity of gamma-glutamyltransferase in newborn dairy calves. *Vet World.* 2021;14:2267–72. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.2267-2272>.
61. Lorenz I. Calf health from birth to weaning - an update. *Ir Vet J.* 2021;74:5. <https://doi.org/10.1186/s13620-021-00185-3>.
62. Nielsen SS, Toft N. Effect of management practices on paratuberculosis prevalence in Danish dairy herds. *J Dairy Sci.* 2011;94:1849–57. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3817>.
63. Godden S. Colostrum management for dairy calves. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2008;24:19–39. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.10.005>.
64. Heinemann C, Leubner CD, Hayer JJ, Steinhoff-Wagner J. Hygiene management in newborn individually housed dairy calves focusing on housing and feeding practices. *J Anim Sci.* 2021;99. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa391>.
65. Haggerty A, Mason C, Ellis K, Denholm K. Risk factors for poor colostrum quality and failure of passive transfer in Scottish dairy calves. *J Dairy Res.* 2021;88:337–42. <https://doi.org/10.1017/s0022029921000686>.
66. McQuirk SM, Collins M. Managing the production, storage, and delivery of colostrum. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2004;20:593–603. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2004.06.005>.
67. Renaud DL, Kelton DF, LeBlanc SJ, Haley DB, Jalbert AB, Duffield TF. Validation of commercial luminometry swabs for total bacteria and coliform counts in colostrum-feeding equipment. *J Dairy Sci.* 2017;100:9459–65. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13228>.
68. Morrill KM, Conrad E, Lago A, Campbell J, Quigley J, Tyler H. Nationwide evaluation of quality and composition of colostrum on dairy farms in the United States. *J Dairy Sci.* 2012;95:3997–4005. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5174>.
69. Gosling R. A review of cleaning and disinfection studies in farming environments. *Livestock.* 2018;23:232–7.
70. Sherlock O, O'Connell N, Creamer E, Humphreys H. Is it really clean? An evaluation of the efficacy of four methods for determining hospital cleanliness. *J Hosp Infect.* 2009;72:140–6. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2009.02.013>.

Publisher's note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

3.2 Publikation 2

Beziehungen zwischen perinataler Mortalität und Management von Kühen vor und zur Kalbung in großen Milchviehherden.

Steffi Keller, Karsten Donat, Stefanie Söllner-Donat, Axel Wehrend und Anne Klassen

Tierärztliche Praxis Ausgabe Großtiere Nutztiere. 2024 Oct;52(5):271-280.

3.2.1 Darstellung des Eigenanteils an Publikation 2

Bei der Publikation „Beziehungen zwischen perinataler Mortalität und Management von Kühen vor und zur Kalbung in großen Milchviehherden“ (Tierärztliche Praxis Ausgabe Großtiere Nutztiere. 2024 Oct;52(5):271-280.) war die Autorin dieser Dissertation die Erstautorin. Die Grundlage für diese Publikation wurde durch das Tiergesundheitsprojekt der Thüringer Tierseuchenkasse (AdöR) in Jena gegeben, für dessen Betreuung Herr apl. Prof. Dr. Karsten Donat zuständig war. Die Planung dieser Studie erfolgte durch Herrn apl. Prof. Dr. Karsten Donat, Herrn Prof. Dr. h.c. Axel Wehrend und Steffi Keller. Die Literaturrecherche wurde durch Steffi Keller durchgeführt. Die Datenerhebung erfolgte durch Frau Dr. Stefanie Söllner-Donat und dem Team des Thüringer Tiergesundheitsdienstes. Frau Dr. Anne Klassen führte die statistische Auswertung durch. Die Erstellung des Manuskriptes wurde selbstständig durch Steffi Keller unter Anleitung von Herrn apl. Prof. Dr. Karsten Donat durchgeführt und in Zusammenarbeit mit den Koautoren fertig gestellt. Es wurden keine weiteren als die angegebenen Quellen verwendet.

Die Anteile der Autoren an der wissenschaftlichen Arbeit sind in der Publikation angegeben und wurden bei der Einreichung des Manuskripts durch alle Autoren bestätigt.

Beziehungen zwischen perinataler Mortalität und Management von Kühen vor und zur Kalbung in großen Milchviehherden

Association between perinatal mortality and the management of cows before and at calving in large dairy herds



Autorinnen/Autoren

Steffi Keller¹, Karsten Donat^{1, 2}, Stefanie Söllner-Donat², Axel Wehrend¹, Anne Klassen²

Institute

- 1 Tierklinik für Reproduktionsmedizin und Neugeborenenkunde, Justus-Liebig-Universität Gießen
- 2 Thüringer Tierseuchenkasse, AdöR, Tiergesundheitsdienst, Jena

Schlüsselwörter

Herdenmanagement, Transitskühle, Totgeburt, Geburtshilfe, Geburtsüberwachung, Körperkondition

Keywords

Herd management, transition cows, stillbirth, obstetrics, birth monitoring, body condition

eingereicht 15.04.2024

akzeptiert 27.08.2024

Bibliografie

Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere 2024; 52: 271–280

DOI 10.1055/a-2410-1310

ISSN 1434-1220

© 2024. Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14,
70469 Stuttgart, Germany

Korrespondenzadresse

apl. Prof. Dr. Karsten Donat
Thüringer Tierseuchenkasse
Victor-Goerttler-Strasse 4
07745 Jena
Deutschland
kdonat@thtsk.de

 Zusätzliches Material finden Sie unter
<https://doi.org/10.1055/a-2410-1310>

Zusammenfassung

Gegenstand und Ziel Totgeburten haben einen relevanten Anteil an der Gesamtsterblichkeit der Kälber in Milchviehbetrieben und die Totgeburtensrate stellt ein wichtiges Kriterium zur Beurteilung des Tierwohls dar. Zielstellung dieser Studie war die Ermittlung von Zusammenhängen zwischen der Tot-

geburtensrate und dem Management von Kühen ante partum und zur Kalbung in größeren Milchviehherden.

Material und Methoden In 97 Milchviehbetrieben mit einer mittleren Herdengröße von 550 Rindern über 24 Monate wurden Daten über das Betriebsmanagement und zur Tiergesundheit im Rahmen einer Betriebsbegehung mittels Fragebogen erhoben. Die Totgeburtensrate der jeweiligen Betriebe wurde anhand der betriebseigenen Angaben aus der Milchleistungsprüfung ermittelt und mit Hilfe einer multivariablen Faktorenanalyse auf mögliche Zusammenhänge mit dem Betriebsmanagement untersucht.

Ergebnisse Eine höhere Totgeburtensrate zeigte sich bei Betrieben mit besonders mageren sowie überkonditionierten Transitskühlen. Ein positiver Zusammenhang zur Totgeburtensrate ergab sich weiterhin für Betriebe mit einer speziellen Geburtsüberwachung bei Färsen und mit Geburtshilfen bei > 20 % der Geburten. Ein Zusammenhang zur Bestandsgröße bestand nicht.

Schlussfolgerung Unabhängig von der Betriebsgröße lassen sich Faktoren ermitteln, welche in Beziehung zur Totgeburtensrate stehen. Die Körperkondition der Kühe spielt hierbei eine wesentliche Rolle. Die Etablierung einer speziellen Geburtsüberwachung bei Färsen ist vermutlich als eine Reaktion auf vermehrte Totgeburten im Bestand zu interpretieren.

Klinische Relevanz Die Konditionierung der Kühe vor der Kalbung ist ein wichtiges Handlungsfeld für Herdenmanager zur Vermeidung von Totgeburten. Die Tiere sollten weder zu mager noch überkonditioniert zur Kalbung kommen. Bei solchen Kühen sollte eine intensivere Geburtsüberwachung stattfinden, um zum richtigen Zeitpunkt fachgerecht Geburtshilfe leisten zu können. In die tierärztliche Bestandsbetreuung sollte eine Bonitur der Körperkondition von Kühen zu den Zeitpunkten des Trockenstellens, der Abkalbung und gegen Ende der Hochleistungsphase erfolgen sowie eine Bewertung der Bedingungen für die Kalbung und eine Schulung der mit Geburtshilfe befassen Mitarbeiter integriert werden.

Abstract

Objective Stillbirths account for a relevant proportion of total calf mortality on dairy farms. In addition, the stillbirth rate is an important criterion for assessing animal welfare. The aim of

this study was to determine the relationship between the stillbirth rate and aspects concerning the management of cows ante partum and during the calving period in larger dairy herds. **Material and methods** In 97 dairy farms with an average herd size of 550 cattle (≥ 24 months old), data concerning farm management and animal health were collected as part of a farm inspection using a questionnaire. The stillbirth rate of the respective farms was determined based on the farm's own data on the milk yield test and analyzed for possible correlations with farm management using a multivariable factor analysis. **Results** A higher stillbirth rate was found on farms with particularly lean and overconditioned transit cows in the herd. A positive association to the stillbirth rate was also found for farms using a special birth monitoring system for heifers and those with more than 20 % assisted calvings. There was no association with herd size.

Conclusions Regardless of herd size, factors that are related to the stillbirth rate may be determined by analyzing the farm management. The body condition of the cows is a key parameter. The introduction of special birth monitoring for heifers can probably be interpreted as a reaction to increased stillbirths in the herd.

Clinical relevance Conditioning cows before calving is an important field of action for herd managers in order to avoid stillbirths. The cows should not approach the calving period in an overly lean or over-conditioned state. When in such state, however, it is advisable for these cows to be monitored more closely in order to allow for professional assistance at the pertinent time period. Integration of body condition scoring of cows at dry-off, calving and the end of the high-yielding period, assessment of calving conditions and training of staff involved in obstetrics into veterinary herd management is warranted.

Einleitung

In der Bewertung der Tiergesundheit in Milchviehherden ist die Kälbergesundheit einer der wesentlichsten Aspekte. Die am häufigsten verwendete Kennzahl zu deren Bewertung ist die Kälbersterblichkeit. Totgeburten (TG) haben einen hohen Anteil an der Gesamtsterblichkeit der Kälber [1]. Weltweit betrachtet unterliegt die betriebliche Totgeburtenrate (TGR) großen Schwankungen von beispielsweise null bis 22 % [2–6] und liegt durchschnittlich bei 8 % [7–10]. In Deutschland liegt die TGR bei rund 9 % [11–13], wobei in einer Studie aus Mecklenburg-Vorpommern [14] sogar eine TGR von durchschnittlich 10 % ermittelt wurde. Dabei muss man davon ausgehen, dass die TGR häufig unterschätzt wird, weil zwischen 70 % und 80 % der TG gar nicht in entsprechenden Betriebssystemen zur Dokumentation und Bestandserfassung registriert werden [15].

Die tiergesundheitlichen Konsequenzen erhöhter TGR sind wissenschaftlich gut untersucht. Bisherige Studien zeigten, dass die TG nicht nur einen Verlust des neu geborenen Kalbes bedeutet, sondern auch für das Muttertier gravierende Folgen haben kann. Nachweislich treten im Zusammenhang mit einer TG gehäuft Dystokien, Nachgeburtsverhaltungen, Metritiden, reduzierte Milchleistung, eine verlängerte Zwischenkalbezeit, verminderte Fruchtbarkeit sowie ein erhöhtes Risiko für ein vorzeitiges Ausscheiden aus dem Betrieb auf [1, 6, 8, 11, 16]. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht sind neben den Leistungsminderungen durch diese tiergesundheitlichen Aspekte auch erhöhte Tierarztkosten mit einer höheren TGR verbunden. Weit wichtiger als die direkten wirtschaftlichen Schäden für den landwirtschaftlichen Betrieb sind gegenwärtig der Tierschutzaspekt und die gesellschaftliche Akzeptanz der Nutztierhaltung [17]. Die TGR ist neben der Kälbersterblichkeit ein bedeutender Indikator zur Beurteilung des betrieblichen Tierwohls [15, 17].

Die bisherigen wissenschaftlichen Studien zu TG zeigen eine Vielzahl an möglichen Faktoren aus den Bereichen des Zucht-, Fütterungs-, Haltungs- und Tiergesundheitsmanagement auf, welche die TGR beeinflussen und zu einem multifaktoriellen Geschehen machen. Die in der Literatur am häufigsten genannten tierbezogenen Faktoren, die zur TG des Kalbes führen, sind Dystokien, primi-

pare Geburten, Zwillingsgeburten, das männliche Geschlecht, das Körpergewicht des Kalbes, die Rasse und der Body-Condition-Score der Muttertiere [1, 3–5, 8–11, 13, 14, 16, 18–22]. Eine Auswertung von Daten aus 46 Thüringer Milchviehbetrieben kommt ebenfalls zu dem Ergebnis, dass diese kuh- und kälberbezogenen Faktoren wichtige Determinanten für TG sind [12]. Zudem stellt das Betriebsmanagement einen bedeutsamen Faktor dar, wobei insbesondere die Betriebsgröße, Haltungsförm, Fütterung, die Auswahl der Zuchttiere, die Geburtsüberwachung und der Einsatz von Geburtshilfe sowie das Abkalbmanagement in Beziehung zur TGR stehen können [1, 10, 13, 14, 23–25]. Da sich die Anforderungen an das Management von Milchviehherden in den letzten Jahren bedingt durch höhere tierschutzrechtliche Anforderungen und ökonomischen Rahmenbedingungen erheblich verändert haben, sollte im Rahmen einer Datenerhebung in größeren Milchviehbetrieben geprüft werden, inwieweit aktuell Managementfaktoren in Beziehung zu den perinatalen Kälberverlusten in der Milchviehhaltung stehen. Daher war es das Ziel dieser Studie, in größeren Milchviehbetrieben im Rahmen einer Betriebsbegehung mit Befragung der Betriebsleiter Daten zum Betriebsmanagement und zur Tiergesundheit zu erfassen, um Managementfaktoren zu ermitteln, die in Bezug zur TGR stehen.

Material und Methoden

Betriebe

Im Rahmen eines Kälbergesundheitsprogrammes des Tiergesundheitsdienstes (TGD) der Thüringer Tierseuchenkasse wurde im Zeitraum Dezember 2016 bis Januar 2017 allen Thüringer Milchviehbetrieben mit mehr als 100 Milchkühen die Möglichkeit angeboten, freiwillig an einem intensiven Gesundheitsmonitoring zur Kälbergesundheit teilzunehmen. In diesen Betrieben wurden 95812 (88,9 %) der Thüringer Milchkühe gehalten [26]. Von diesen Betrieben haben sich 98 bereit erklärt, an dieser Untersuchung teilzunehmen, wovon ein Betrieb mit weniger als 100 Kühen mit in die Studie aufgenommen wurde.

In der Zeit von März 2017 bis März 2018 fanden für die Datenerhebung durch Tierärzte des TGD eine Betriebsbegehung und Interviews vor Ort mit den zuständigen Betriebsleitern oder Herdenmanagern statt. Für eine strukturierte Datenerfassung erfolgte die Befragung mittels eines ausführlichen Erhebungsbogens über das Betriebsmanagement sowie der Tiergesundheit. Die Ergebnisse dieser Untersuchung wurden anschließend mit den Verantwortlichen für das Herdenmanagement des jeweiligen Betriebes besprochen.

Ein Betrieb musste aufgrund unzureichender Angaben bezüglich der Geburtshilfe von der statistischen Auswertung ausgeschlossen werden, sodass Daten von insgesamt 97 Milchviehbetrieben in die Analyse einbezogen werden konnten. Dabei handelte es sich um Betriebe mit einer Herdengröße von durchschnittlich 550 Rindern über 24 Monaten (Min: 50, Max: 1700). Alle Betriebe hielten ihre Milchkühe im Laufstall und besaßen in den meisten Fällen Rinder der Rasse Deutsche Holsteins, mit geringeren Anteilen an Kühen der Rassen Fleckvieh, Jersey und Braunvieh oder Kreuzungen aus diesen Rassen.

Datenerfassung

Für die Datenerfassung wurde ein Erhebungsbogen erstellt. Zunächst wurden auf Basis der Erfahrungen der Tierärzte des TGD die zu erhebenden Sachverhalte und die Kategorien für mögliche Antworten erarbeitet, um die Erfassung der Managementfaktoren in ihrer Variabilität in den Praxisbetrieben bestmöglich zu standardisieren. Die Fragen umfassten allgemeine Angaben zum Betriebs-, Haltungs-, Hygiene-, Versorgungsmanagement sowie Angaben zu Prophylaxemaßnahmen, dem Abkalbmanagement, dem Gesundheitsstatus der Kälber sowie deren Abgangshäufigkeiten und -ursachen. Eine Zusammenfassung der im Erhebungsbogen erfassten Managementbereiche und der zugehörigen Variablen ist in der online verfügbaren **Zusatz-tab. 1** angegeben. Der Fragebogen wurde anschließend in 5 Praxisbetrieben evaluiert und entsprechend dem Evaluierungsergebnis angepasst. Da in die Datenerfassung ausschließlich erfahrene Fachtierärzte für Rinder mit langjähriger Erfahrung in der Beratung von Milchviehhaltern einbezogen waren, konnte durch deren Expertise bei der Festlegung der Antwortkategorien die Variabilität der Erfassung begrenzt werden.

Jeder Abschnitt des Erhebungsbogens unterteilte sich in mehrere Einzelfragen. Die Befragten konnten zwischen den vorgegebenen Antwortmöglichkeiten diejenige wählen, welche das im Betrieb übliche Management der Tierhaltung, insbesondere des Geburtsmanagements, am besten beschreiben, Mehrfachantworten waren ausgeschlossen. Im Rahmen des Betriebsrundgangs wurden die Angaben überprüft und gegebenenfalls vom Interviewer korrigiert.

Für die Ermittlung der TGR wurden die Angaben aus der Milchleistungsprüfung für den Zeitraum März 2017 bis März 2018 verwendet. Für den Zweck der Studie wurde festgelegt, dass die Totgeburten alle Geburten mit tot geborenen oder innerhalb der ersten 48 Stunden post partum verendeten Kälbern umfassen, wobei Zwillingsgeburten, bei denen mindestens ein Kalb für mindestens 48 Stunden lebte, nicht als Totgeburten gewertet wurden.

Statistische Auswertung

Der Schwerpunkt der statistischen Auswertung im Rahmen dieser Arbeit lag auf der Ermittlung signifikanter Managementfaktoren in Bezug zur TGR.

► **tab. 1** Multivariablen lineares Modell über die Managementfaktoren in Bezug zur Totgeburtenrate (nach Ausschluss der Variablen mit Akaike Information Criterion).

► **table 1** Multiple linear model of management factors in relation to still birth rate (after excluding variables with Akaike Information Criterion).

Variable	Koeffizient	Konfidenzintervall	p-Wert
(Intercept)	7,41	3,49-11,34	<0,001 ²
Bestandsgröße	0,40	-0,32-1,11	0,276
Abkalbung in der Herde			
Ja	Referenz		
Nein	-1,63	-4,10-0,84	0,193
Körperkondition der Trockensteher			
normal ¹	Referenz		
mager	3,41	0,51-6,31	0,022 ²
mager bis normal	-0,01	-2,13-2,11	0,992
normal bis fett	0,66	-0,68-1,99	0,332
fett	2,00	0,03-3,98	0,047 ²
inhomogen	0,06	-2,57-2,69	0,963
Geburtsüberwachung			
mind. alle 2 h	Referenz		
gelegentlich bis selten	-0,07	-1,69-1,55	0,931
Geburtsüberwachung bei Färsen			
Ja	Referenz		
Nein	-1,69	-3,00-0,39	0,012 ²
Geburtshilfe notwendig bei			
< 10%	Referenz		
10-20%	1,23	0,06-2,53	0,062
> 20%	1,87	0,12-3,36	0,037 ²
Geburtshilfe bei Färsen			
Ja	Referenz		
Nein	0,75	-0,43-1,94	0,209
Anzahl Tiere in Abkalbbebox			
2-3 Tiere	Referenz		
1 Tier	-0,73	-2,98-1,52	0,522
> 3 Tiere	-0,37	-1,91-1,17	0,635

¹Als normal wird eine Körperkondition der abkalbenden Kühe mit einem Body Condition Score von 3,25-3,75 gewertet

²signifikant bei p-Wert < 0,05

Das Datenmaterial wurde mit Hilfe des Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA) erfasst und aufbereitet. Merkmalsklassen bestimmter Variablen, die nur wenig oder gar nicht besetzt waren (Klassenhäufigkeiten < 4), wurden auf fachlich sinnvolle Weise so zusammengefasst, dass für die weitere Auswertung Klassenhäufigkeiten ≥ 4 gewährleistet werden konnten. Für die deskriptive Analyse und die Berechnung der statistischen Modelle kam die Statistiksoftware R Version 4.1.2 (2021-11-01) zum Einsatz [27]. Der

mögliche Einfluss der erhobenen Managementfaktoren und der Herdengröße als unabhängige Variablen auf die TG (abhängige Variable) wurde mittels eines multivariablen linearen Modells ermittelt. Zu Beginn der Analyse wurden 22 Variablen berücksichtigt, für die nach biologischen und tiermedizinischen Gesichtspunkten eine Beziehung zur Totgeburtenrate zu vermuten war (**Zusatz-tab. 2**). Durch schrittweisen Ausschluss der Variablen und deren Wiederaufnahme wurde anhand des Akaike Information Criterion (AIC) beurteilt, ob diese Variationen eine Verbesserung des Modells ergaben. Der Ausschluss und die Wiederaufnahme von Variablen wurden so lange durchgeführt, bis eine weitere Variation keine weitere Verbesserung des Modells bewirkte. Zusätzlich wurde sichergestellt, dass die ausgewählten Variablen nicht korrelierten ($-0,5 < \text{Korrelationskoeffizient} < 0,5$). Die Visualisierung der Daten wurde mittels R Paket ggplot2 (Version 3.4.0) durchgeführt [28]. Das Signifikanzniveau für die unabhängigen Variablen wurde auf $p < 0,05$ festgelegt.

Ergebnisse

Es gingen Datensätze von 97 Milchviehbetrieben in die statistische Auswertung ein. Für die Gesamtheit der Betriebe lag die TGR im Mittel bei 7,0 % und zeigte eine Streuung von 0,0 % (Minimum) bis 15,0 % (Maximum). Sowohl in den kleineren Betrieben mit maximal 199 Tieren ($n = 7$; TGR 6,7 %, Min. 3 %, Max. 11 %) als auch in den Betrieben mit 200 bis 499 Tieren ($n = 46$; TGR 6,4 %, Min. 0 %, Max. 12,8 %) und 500 bis 799 Tieren ($n = 24$; TGR 6,7 %, Min. 0 %, Max. 11 %) lag die TGR auf ähnlichem Niveau. Betriebe mit über 800 Tieren ($n = 20$) hatten eine durchschnittliche TGR von 8,1 % (Min. 4 %, Max. 15 %).

Die 22 Faktoren des Ausgangsmodells wurden mittels Modelverbesserung anhand des AIC reduziert auf 8 Faktoren, die in das finale multivariable lineare Modell aufgenommen wurden. Auf Grundlage dieser multivariablen Analyse zeigten die 3 Variablen Körperkondition, die Geburtsüberwachung bei Färsen und der Einsatz von Geburtshilfe eine signifikante Beziehung zur TGR (**tab. 1**).

Die Körperkondition der Kühe wurde von den Betriebsleitern in 4 Hauptkategorien eingestuft (mager, normal, fett, sehr fett), wobei auch Zwischenstufen angegeben werden konnten. Die Bewertung wurde in der Mehrheit der Betriebe vom Herdenmanager vorgenommen ($n = 88$; 90,7 %). In 14 Betrieben beruhte die Konditionsbeurteilung auf dem Body Condition Scoring (BCS) und in 4 Betrieben auf der Messung der Rückenfettdicke. Die meisten Betriebsleiter ($n = 39$; 40,21 %) schätzten die Körperkondition der abkalbenden Kühe als normal (BCS 3,25–3,75) ein. Etwa ein Drittel der Betriebe ($n = 31$; 32,0 %) gaben die Körperkondition der abkalbenden Kühe mit normal bis fett an. Die Angaben „mager“ ($n = 4$; 4,1 %) und „mager bis normal“ ($n = 8$; 8,2 %) wurden seltener genannt. Die Kategorien „fett“ ($n = 8$; 8,2 %) und „fett bis sehr fett“ ($n = 2$; 2,1 %) wurden zur Kategorie „fett“ zusammengefasst. Nur wenige Betriebsleiter ($n = 5$; 5,2 %) konnten auf Grund der inhomogenen Körperkondition ihre abkalbenden Kühe keiner Kategorie zuordnen und wurden als „inhomogen“ erfasst. Die Kategorie „mager“ und „fett“ unterschieden sich im multivariablen Modell signifikant von der Referenzkategorie „normal“ (**tab. 1**). Die TGR dieser Klassen lag für normal 6,36 %, für mager 9,5 %, für mager bis normal 5,74 %, für normal bis fett 7,17 %, für fett 7,64 % und für inhomogen 6,72 % (**Abb. 1**).

Zur Bewertung der Geburtsüberwachung wurden die Kategorien „ja, mindestens alle 2 Stunden“, „gelegentlich“, „selten“ und „keine“ erfasst. Die Antwortmöglichkeit „keine“ wurde von keinem Betriebsleiter gegeben und „selten“ von nur einem Betriebsleiter, daher wurden diese Antworten gemeinsam mit den 18 „gelegentlich“ als Klasse „gelegentlich bis selten“ ausgewertet. Die Geburtsüberwachung bei Kühen führten 80,41 % der Betriebe ($n = 78$) mindestens alle 2 h aus. 19,59 % der Betriebe ($n = 19$) gaben an, dass bei den Abkalbungen gelegentlich bis selten Geburtsüberwachung erfolgt. Betriebe mit häufiger Überwachung zeigten dabei eine TGR von durchschnittlich 7,04 % und die Betriebe mit gelegentlicher Überwachung 6,07 %.

Betriebe, deren Betriebsleiter angaben, eine spezielle Geburtsüberwachung bei Färsen durchzuführen, hatten eine höhere TGR als die Betriebe ohne eine solche spezielle Überwachung ($p = 0,012$). Bei den Färsen führten 31 Betriebe (31,96 %) eine Überwachung durch und in 66 Betrieben (68,04 %) wurde dies nicht praktiziert. Die Betriebe mit Überwachung der Färsen im Geburtszeitraum verzeichneten eine TGR von 7,42 % und diese ohne Überwachung von 6,58 %.

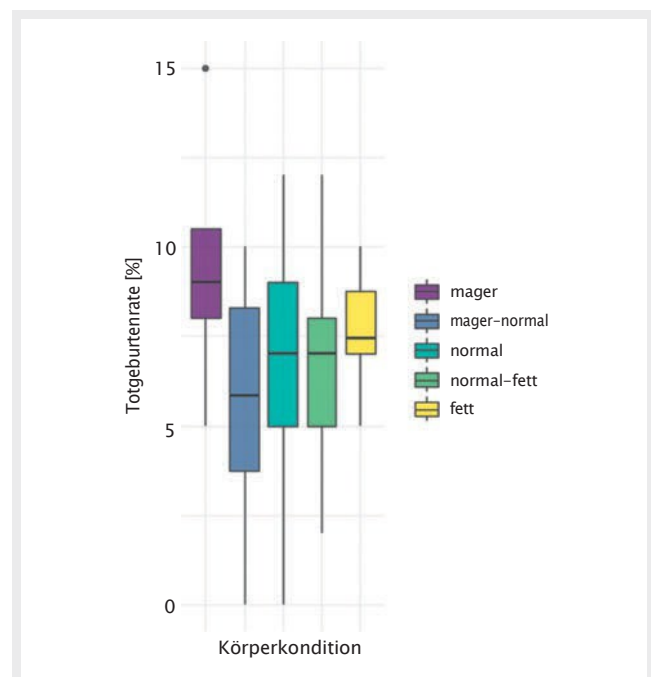


Abb. 1 Verteilung der Totgeburtenrate entsprechend den nach Körperkondition der kalbenden Kühe klassifizierte Rinderbeständen ($n = 92$, ohne Klasse „inhomogen“). Der Balken des Boxplots markiert den jeweiligen Medianwert, die untere bzw. obere Begrenzung der Box bezeichnen das 1. und das 3. Quartil, und die Enden der Whisker das 5%ige bzw. 95%ige Perzentil. Quelle: A. Klassen, Thüringer Tierseuchenkasse.

fig. 1 Body condition distribution of the stillbirth rate according to the cattle herds classified according to the body condition of the calving cows ($n = 92$, without class „inhomogeneous“). The bar of the boxplot marks the respective median value, the lower and upper boundary of the box indicate the 1st and 3rd quartiles, and the ends of the whiskers indicate the 5% and 95% percentiles. Source: A. Klassen, Thuringian Animal Diseases Fund.

Die Häufigkeit von Geburtshilfe wurde in den Kategorien „ < 10 %“, „ 10–20 %“ und „ > 20 %“ erfragt. Für Betriebe, bei denen eine Geburtshilfe bei über 20 % der Geburten durchgeführt wurde, konnte im Vergleich zu Betrieben mit weniger Geburtshilfe eine signifikante Beziehung ($p = 0,037$) zur TGR festgestellt werden. 58,8 % ($n = 57$) der Betriebe gaben an, Geburtshilfe bei unter 10 % der Kalbungen im Bestand durchführen zu müssen. In 28,9 % ($n = 28$) der Betriebe schätzten deren Leiter den Einsatz von Geburtshilfe auf 10 bis 20 % ein und in 12,4 % ($n = 12$) der Betriebe auf über 20 %. Bei Betrieben mit einer Geburtshilfe von unter 10 % lagen die Kälberverluste durch TG bei 6,4 %. Bei einer Geburtshilfe zwischen 10 und 20 % ergab sich eine TGR von 7,3 % und bei einer Häufigkeit von Geburtshilfe über 20 % der Geburten verzeichneten diese Betriebe TG von durchschnittlich 8,1 %.

Für die Variablen „Abkalbung in der Herde“, „Geburtshilfe bei Färsen“, „Anzahl Tiere in Abkalbebox“ und die Bestandsgröße konnte keine signifikante Beziehung zur TGR nachgewiesen werden.

Diskussion

Mit dieser Studie sollten im Rahmen einer umfangreichen Befragung landwirtschaftlicher Milchviehbetriebe Managementfaktoren identifiziert werden, die in einem möglichen Zusammenhang zur TGR stehen. Des Weiteren stellte sich die Frage, ob die Betriebsgröße dabei eine entscheidende Rolle spielt.

Betriebsgröße

In der Auswertung des multivariablen Modells zeigte sich im Gegensatz zu einer 2006 anhand von Daten aus Thüringen durchgeführten Studie [13] kein Zusammenhang zwischen der Betriebsgröße und der TGR. Obwohl die größte Betriebsgruppe mit über 800 Tieren im Vergleich zu den kleineren Betriebsgrößen eine durchschnittlich etwas höhere TGR aufwies, konnte anhand der Modelauswertung kein signifikanter Einfluss nachgewiesen werden. Insbesondere die breite Streuung der TGR in allen Betriebsgrößen von 0 % (Minimum) bis 15 % (Maximum) zeigte, dass es neben der Herdengröße wesentliche andere Faktoren geben muss, die in einem Zusammenhang mit der TGR stehen. Nach der Studie von 2006 [13] schätzte die Mehrzahl der befragten Großbetriebe im Vergleich zu den befragten Kleinbetrieben ihre TGR als zu hoch ein, woraufhin mehr als die Hälfte dieser Großbetriebe Veränderungen im Betriebsmanagement, insbesondere im Fütterungsmanagement durchführten und ungefähr die Hälfte dieser Betriebe durch diese Maßnahmen die TGR verringern konnten. Nach einer 2013 in Irland durchgeführten Studie [25] konnte der Betriebsgröße ebenfalls kein signifikanter Einfluss auf die TGR nachgewiesen werden, auch wenn den Betrieben mit einer niedrigeren TGR oft mehr Personal zur Verfügung stand als in den Betrieben mit höheren Kälberverlusten. Daher wurde vermutet, dass der Fachkenntnisstand des Betriebspersonals eine wesentlich bedeutendere Rolle spielen könnte als die Anzahl der zur Verfügung stehenden Personen, da beispielsweise das rechtzeitige Erkennen der Notwendigkeit einer Geburtshilfe und das sachgemäße Durchführen dieser sich entscheidend auf den Erfolg dieser Maßnahme auswirken dürfte. Zu diesem Ergebnis kam auch eine Untersuchung aus Mecklenburg-Vorpommern [14], nach der unter anderem eine solide Aus- und Weiterbildung des Personals mit klar abgegrenzten Verant-

wortungsbereichen als bedeutende Voraussetzung zur Reduktion von Kälberverlusten herausgearbeitet wurde.

Körperkondition

Im Gegensatz zu Studien in Irland [29] und Ungarn [21], bei denen kein signifikanter Einfluss des präpartalen Body-Condition-Scores auf die Wahrscheinlichkeit einer TG gefunden wurde, wiesen nach unserer Auswertung deutliche Abweichungen von der durchschnittlich normalen Körperkondition der Transitzühe eine Beziehung zur TGR auf. Betriebe mit Tieren, deren Betriebsleiter ihre Vorbereiter als fett beurteilten, zeigten genauso wie die Betriebe mit einer als mager bezeichneten Gruppe der Vorbereiter eine höhere TGR als im Vergleich zu den Betrieben mit normaler Kondition der Kühe ante partum. Dies bestätigt Ergebnisse früherer Studien in Bezug auf Schweregeburten. In einer Untersuchung konnte gezeigt werden, dass fettleibige Muttertiere ein erhöhtes Risiko für Dysto-kien aufweisen [18]. In Bezug auf magere Kühe wurde zwar keine direkte Beziehung zwischen der Körperkondition (BCS) 6 Wochen vor bzw. zur Kalbung und der Häufigkeit der Schweregeburten festgestellt, jedoch wirkte sich der Verlust an Körperkondition ante partum auf den BCS zum Zeitpunkt der Kalbung aus, was mit einer höheren Inzidenz von Nachgeburtsverhalten, Endometritis, Labmagenverlagerung und Lahmheit sowie späterem Beginn der Zyklostätigkeit in der Folgelaktation verbunden war [19]. Daraus ergibt sich die Vermutung, dass eine katabole Stoffwechsellage ante partum, die zu einem niedrigen BCS zur Geburt führt, nachteilig für die Fitness der Kuh in der Transitperiode ist. In einer deutschen Studie hatten pluripare Kühe mit einem geringen BCS ante partum in diesem Zeitraum auch die höchste mittlere Serumkonzentration von Betahydroxybutyrat, während die primiparen Kühe die höchste Serumkonzentration an freien flüchtigen Fettsäuren aufwiesen [30]. Beide Metabolite sind Indikatoren für eine bereits ante partum beginnende Fettmobilisation und eine energetische Unterversorgung. Dieser pathophysiologische Hintergrund könnte die statistische Beziehung zwischen mageren Vorbereitern und höheren Totgeburtenraten in unserer Studie als auch die Befunde der früheren Studie [19] erklären.

In einer irischen Studie [25] ging man davon aus, dass insbesondere das Auftreten von durchschnittlich eher mageren trächtigen Färsen im Bestand eine Reaktion des Betriebsmanagements auf das früher beobachtete Problem der Überkonditionierung von hochtragenden Färsen sei und in der Folge zur Reduktion des Risikos für Schweregeburten die Färsen schlanker konditioniert wurden. Die Autoren dieser Studie weisen darauf hin, dass die sehr unterschiedlichen Resultate bisheriger Studien bezüglich der Körperkondition vermuten lassen, dass nicht die Körperkondition allein als Risikofaktor für TG beurteilt werden sollte, sondern im Zusammenhang mit anderen Managementfaktoren auf Betriebsebene betrachtet werden müsste. Dies wurde in unserer Studie umgesetzt.

Geburtsüberwachung

Die Mehrheit der befragten Milchviehbetriebe gab an, eine Geburtsüberwachung bei ihren Muttertieren mindestens alle 2 Stunden durchzuführen und hatte dabei vergleichsweise höhere Kälberverluste durch TG als die Betriebe mit einer selteneren Geburtsüberwachung. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen Geburtsüberwachung und TGR zeigte sich in unserer Analyse je-

doch nicht. Anders verhielt es sich mit der Geburtsüberwachung speziell bei Färsen. Die Betriebe ohne eine solche Überwachung verzeichneten zwar auch weniger TG als die mit Überwachung, es ließ sich aber ein signifikanter Zusammenhang mit der TGR nachweisen. Da der Schwerpunkt der Befragung auf dem Zeitintervall der Überwachung lag, lässt sich vermuten, dass sich im Vergleich zu multiparen Abkalbungen die allgemeine Geburtsüberwachung möglicherweise in einer höher frequentierten Anwendung als relevanter Stressfaktor bei den noch unerfahrenen und sensibleren Färsen darstellen könnte. Auf Grund vieler vorangegangener wissenschaftlicher Untersuchungen ist bekannt, dass Färsenabkalbungen grundsätzlich ein höheres Risiko für Geburtsstörungen und damit auch für TG bergen als die Abkalbungen multiparer Kühe, sodass auf eine Geburtsüberwachung nicht verzichtet werden sollte. Nach der neueren Untersuchung von 2020 [24] steigt das Risiko bei einer Dystokie für TG in Vergleich zu normalen Geburtsverläufen um das 7-fache an. Auch zeigte sich in einer Studie von 2008 [11], dass bei unzureichender Geburtsüberwachung das Risiko steigt, eine Dystokie zu spät zu erkennen, was somit indirekt die perinatale Mortalität erhöhen kann. Daher stellt sich für uns die Frage, inwieweit diese Überwachung konkretisiert und zielführend umgesetzt werden kann, um die TGR nicht negativ, sondern positiv zu beeinflussen. Wir gehen davon aus, dass die Art und Weise der Geburtsüberwachung für eine aussagefähigere Bewertung dieses Managementfaktors relevant sein dürfte. Beispielsweise zeigte die Studie von Choukeir et al. [24], dass der Einsatz eines Calving-Alarm-Thermometers zur Geburtsüberwachung das Risiko für eine Dystokie um das 1,9-fache und das Risiko für eine TG um das 19,8-fache reduzieren kann. Neben der Art der Überwachung kann auch das zur Verfügung stehende Betriebspersonal eine bedeutsame Rolle spielen. So hat eine frühere Untersuchung in Thüringer Betrieben gezeigt, dass Betriebe mit der Möglichkeit einer fast 24-stündigen Geburtsüberwachung gegenüber den Betrieben, bei denen betreuungsfreie Zeiten nicht zu vermeiden waren, signifikant weniger TG hatten [13]. Ein anderer Ansatz zur Erklärung des positiven Zusammenhangs zwischen der TGR und der Häufigkeit der Geburtsüberwachung bei Färsen wäre, dass die häufige Geburtsüberwachung eine Reaktion des Herdenmanagements auf eine bestehende hohe TGR bei Färsen war. Es ist möglich, dass andere Faktoren in der Herde die häufigeren Totgeburten bewirkten und die Erhöhung der Überwachungsfrequenz allein das nicht zu ändern vermochte. Insoweit kann die Frage der Kausalität mit unserer Studie nicht beantwortet werden.

Geburtshilfe

Aus unserer Untersuchung geht hervor, dass die häufige Anwendung von Geburtshilfe im Zusammenhang mit einer erhöhten TGR stehen kann. Dies ist möglicherweise auf die Umstände zurückzuführen, dass in Betrieben, in denen gehäuft Geburtsstörungen auftreten, demzufolge auch mehr Geburtshilfe zu leisten ist und damit auch ein höheres Risiko für TG verbunden sein könnte. Für diese Betriebe wäre es von großer Bedeutung, nach der Ursache, die zu der gehäuften Geburtshilfe führt, zu suchen, um damit das Problem der TG positiv beeinflussen zu können. In der Regel führen Dystokien zur Notwendigkeit von Geburtshilfe, wobei der Zeitpunkt des Erkennens der Dystokie und des Ergreifens geburtshilflicher Maßnahmen den Erfolg maßgeblich beeinflusst. Nach bisherigen

Untersuchungen steht sowohl das verfrühte Ergreifen einer Geburtshilfe [2, 13] wie auch die verspätete Geburtshilfe [11, 13, 31] in einem Zusammenhang mit der TGR. Neben dem richtigen Zeitpunkt der Geburtshilfe ist auch die fachgerechte Anwendung von wesentlicher Bedeutung für deren Erfolg. Dies zeigte sich in einer früheren Studie in Thüringer Betrieben, bei der der Einsatz der Geburtshilfe, insbesondere mit Hilfe eines mechanischen Geburtshelfers, mit einer erhöhten TGR korrelierte [13]. Betriebe, welche einen mechanischen Geburtshelfer einsetzten, wiesen in jener Studie eine signifikant höhere TGR auf als Betriebe ohne Anwendung des Geräts. Die möglichen Schäden durch unsachgemäße Anwendung des mechanischen Geburtshelfers, beispielsweise durch verfrühte Anwendung oder zu hohe Krafteinwirkung, können die Überlebenschancen des Kalbes demnach nachweislich verschlechtern.

Stärken und Schwächen dieser Untersuchung

Die Erfassung von Totgeburten ist abhängig von der Bereitschaft des Betriebsleiters zur Dokumentation dieser Verluste. Im Unterschied zu Verlusten während der Kälberaufzucht können diese nicht aus der Datenbank HI-Tier abgefragt werden. Totgeborene Kälber sind in Deutschland nicht kennzeichnungspflichtig und müssen in der Datenbank HI-Tier nicht registriert werden, denn die nationalen Viehverkehrsverordnung verpflichtet Rinderhalter, neugeborene Kälber innerhalb von 7 Tagen nach der Geburt mit einer Ohrmarke zu kennzeichnen und in der HI-Tier-Datenbank zu registrieren. Ähnlich wie in einer Literaturstudie von 2019 [30] beschrieben, kann die TGR als abhängige Variable oft aufgrund schlechter Dokumentation insbesondere bei sehr niedrigen Werten unterschätzt sein. Eine Beeinflussung der Studienergebnisse durch diesen Sachverhalt ist möglich, aber wahrscheinlich begrenzt, weil dies für alle Studienherden in gleicher Weise gilt und die größere Zahl der in die Studien einbezogenen Herden hier ausgleichend wirkt.

Für die an der Milchleistungsprüfung beteiligten Betriebe liegt durch die freiwilligen Angaben der peripartalen Kälberverluste eine objektive Datenerhebung zu tot geborenen Kälbern vor. Die Erfassung erfolgt digital in Rahmen der Milchleistungsprüfung und dokumentiert den Beginn der Laktation für die jeweilige Kuh. Der Landwirt kann dabei zwischen „tot geboren“ und „verendet innerhalb 48 Stunden“ wählen. Damit bildet die Erfassung der TG über die Milchleistungsprüfung eine gute Grundlage für betriebsinterne Auswertungen sowie für betriebsübergreifende statistische Analysen zur TGR. Alle an der Studie beteiligten Betriebe nahmen an der Milchleistungsprüfung teil und erfassten auf diese Weise die tot geborenen Kälber.

Bei den unabhängigen Variablen handelt es sich in der Regel um eine Bewertung durch den Betriebsleiter. Das gilt sowohl für die Bewertung der Körperkondition als auch für andere Angaben zu den betrieblichen Abläufen. Dass die auf einer Einschätzung des Betriebsleiters beruhenden Daten aus dem Erhebungsbogen einem subjektiven Einfluss des Betriebspersonals unterliegen, ist nicht auszuschließen. Dennoch ist davon auszugehen, dass durch die Betriebsbegehung durch erfahrene Fachtierärzte während der Datenerfassung die Angaben verifiziert wurden und die Daten als valide zu bewerten sind. Durch die hohe Anzahl der im Rahmen dieser Untersuchung befragten Betriebe, mit einer durchschnittlichen Herdengröße von 550 Rindern über 24 Monate, konnte ein umfangreiches Datenmaterial für eine aussagefähige Analyse gesammelt

werden. Da diese Studie nicht auf Problembetriebe beschränkt war und ein typisches Betriebsmanagement für Milchviehanlagen dieser Größe reflektieren, ist eine externe Validität der Ergebnisse für Milchviehbetriebe dieser Größenordnung gegeben. Lediglich die Tatsache, dass die Betriebsauswahl nicht auf einer Zufallsauswahl beruht, beschränkt die Aussagekraft dieser Untersuchung, da nur freiwillig teilnehmende Betriebe befragt werden konnten. Eine Verzerrung kann dadurch entstehen, dass mögliche Problembetriebe, die beispielsweise aufgrund der Kenntnis hoher Tierverluste oder hoher TGR nicht an der Untersuchung teilgenommen haben, nicht in die Studie einbezogen werden konnten.

Als abschließender Punkt ist zu nennen, dass bei Vergleich der vorgestellten Daten mit Angaben aus der Literatur zu beachten ist, dass die TG unterschiedlich definiert wird. So umfasst die TG nur totgeborene Kälber oder auch Tiere, die in den ersten 24 bis 48 Stunden nach der Geburt verenden. Die Unterschiede in der Definition können erheblichen Einfluss auf die ermittelte TGR haben [5]. Dieser Sachverhalt beeinträchtigt jedoch die interne Validität unserer Studie nicht, da die umfassende Definition der TGR für alle einbezogenen Studienbetriebe in gleicher Weise galt und unser Fokus auf der Beziehung zum Betriebsmanagement lag und nicht auf der absoluten Höhe der TGR.

Fazit für die Praxis

Anhand der Analyse des Betriebsmanagements lassen sich Risikofaktoren ermitteln, die im Zusammenhang mit der Totgeburtenrate bei Kälbern stehen. Im Rahmen der tierärztlichen Bestandsbetreuung sollten diese Faktoren überprüft und Möglichkeiten gefunden werden, um diese positiv beeinflussen zu können. Damit würde ein substanzieller Beitrag geleistet, um einen landwirtschaftlichen Milchviehbetrieb aus tiergesundheitslicher und betriebswirtschaftlicher Sicht zu optimieren und die gesellschaftliche Akzeptanz der Milchproduktion hinsichtlich des Tierschutzes zu steigern. Die Betriebsgröße spielt für die Häufigkeit von Totgeburten zumindest in Betrieben mit mehr als 100 Kühen anscheinend keine wesentliche Rolle. Eine detailliertere Dokumentation der TG auf Betriebsebene könnte dem landwirtschaftlichen Betrieb sowie den beratenden Tierärzten eine bessere Datengrundlage zur Beurteilung der perinatalen Risikofaktoren ermöglichen.

Zur Vermeidung einer erhöhten Totgeburtenrate ist die Konditionierung der Kühe vor der Kalbung ein wichtiges Handlungsfeld für Herdenmanager. Die Tiere sollten weder zu mager noch überkonditioniert zur Kalbung kommen. Bei solchen Kühen sollte eine intensivere Geburtsüberwachung stattfinden. Eine häufige Anwendung von Geburtshilfe im Zusammenhang mit einer hohen Totgeburtenrate kann ein Hinweis auf suboptimale Geburtsvorbereitung der Kühe im jeweiligen Bestand sein. In die tierärztliche Bestandsbetreuung sollte eine Bonitur der Körperkondition von Kühen vor der Kalbung, eine Bewertung der Bedingungen für die Kalbung und eine Schulung der mit Geburtshilfe befassen Mitarbeiter integriert werden.

Danksagung

Die Arbeiten wurden in Zusammenarbeit mit dem Tiergesundheitsdienst (TGD) der Thüringer Tierseuchenkasse durchgeführt. Die Autoren bedanken sich bei allen Mitarbeitern für ihre engagierte Unterstützung, insbesondere bei der umfangreichen Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten. Der Dank gilt in gleicher Weise den Betriebsleitern und Herdenmanagern für ihre Bereitschaft zur Teilnahme an dieser Studie und ihre Zeit für die Beantwortung der Fragen.

Widmung

Dieser Artikel ist Frau Prof. Dr. Kerstin-Elisabeth Müller gewidmet, anlässlich ihres Ausscheidens aus dem Universitätsdienst, und ist Ausdruck des Dankes für die stets konstruktive und angenehme Zusammenarbeit, sei es in gemeinsamen Projekten, bei der Betreuung von Doktoranden oder in Gremien wie der Ständigen Impfkommision Veterinärmedizin.

Interessenkonflikt

Die Autoren erklären, dass sie keine konkurrierenden Interessen haben.

Literatur

- [1] Fröhner A, Reiter K. Ursachen von Kälberverlusten bei Milchvieh und Möglichkeiten zur Reduzierung. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft Schriftenreihe ISSN 2005. 1611–4159
- [2] Kovács L, Kézér F, Szenci O. Effect of calving process on the outcomes of delivery and postpartum health of dairy cows with unassisted and assisted calvings. *J Dairy Sci* 2016; 99: 7568–7573
- [3] Strapáková E, Candrák J, Strapák P. Analysis of Calving Ease and Stillbirth and Their Impact on the Length of Functional Productive Life in Slovak Holstein Cattle. *Animals* 2023; 13: 1496
- [4] Cuttance E, Laven R. Perinatal mortality risk factors in dairy calves. *Vet J* 2019; 253: 105394
- [5] Sedó SU, Winder C, Renaud D. Graduate Student Literature Review: The problem of calf mortality on dairy farms. *J Dairy Sci* 2023; 106: 7164–7176
- [6] Mahnani A, Sadeghi-Sefidmazgi A, Keshavarzi H. Performance and financial consequences of stillbirth in Holstein dairy cattle. *animal* 2018; 12: 617–623
- [7] Hinrichs D, Bennewitz J, Wellmann R et al. Estimation of ancestral inbreeding effects on stillbirth, calving ease and birthweight in German Holstein dairy cattle. *J Anim Breed Genet* 2015; 132: 59–67
- [8] Roffeis M, Krehl I. Ursachen und Folgen von Geburtsproblemen bei Milchkühen. Landesamt für Ländliche Entwicklung. Landwirtschaft und Flurordnung (LELF) Brandenburg 2011
- [9] Maschurek N, Pieper L, Staufenberg R. Einflussfaktoren auf die Totgeburtenrate bei primi- und multiparen Holstein Friesian Milchkühen. In: 41 Leipziger Fortbildungsveranstaltung Labordiagnostik in der Bestandsbetreuung. Leipzig: Manfred Füllr; 2016
- [10] Oezcan-Martz A, Schären M, Waurich B et al. Totgeburten bei Milchkühen in brandenburgischen Milchviehbestrieben und die Auswertung von Risikofaktoren sowie deren Einfluss auf die Wiederkalberate. In: DVG-Rindertagung. Berlin; 2019

- [11] Gundelach Y, Essmeyer K, Teltscher M et al. Risk factors for perinatal mortality in dairy cattle: Cow and foetal factors, calving process. *Theriogenology* 2009; 71: 901–909
- [12] Hoedemaker M, Ruddat I, Teltscher MK et al. Influence of animal, herd and management factors on perinatal mortality in dairy cattle – a survey in Thuringia, Germany. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr* 2010; 123: 130–136
- [13] Teltscher MK. Analyse möglicher Ursachen von Totgeburten in MLP-Milchviehbetrieben anhand Kriterien des Betriebsmanagements: eine statistische Erhebung in Thüringen: Hannover. Tierärztliche Hochsch., Diss. 2006; 2006:
- [14] Harms J. Ursachen hoher Kälberverluste in den Referenzbetrieben der Landesforschungsanstalt Mecklenburg–Vorpommern. In. http://www.landwirtschaft-mv.de/static/LFA/Dateien/LFA%20Fachinformation%20Agrarökonomie%20Archiv%20TP_02_Kaelberverluste.pdf Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg–Vorpommern; 2002
- [15] Hopp W, Kirschner T, Kunert J. Die frühen Kälberverluste in Milchkuh- und Mutterkuhbetrieben. Bestandsaufnahme und Vergleich 2020–09–09T15:04:57000Z – JCR autoupdate 2019; 74: 288–291
- [16] Bicalho R, Galvão K, Warnick L et al. Stillbirth parturition reduces milk production in Holstein cows. *Prev Vet Med* 2008; 84: 112–120
- [17] Mee JF. Why do so many calves die on modern dairy farms and what can we do about calf welfare in the future? *Animals* 2013; 3: 1036–1057
- [18] Chassagne M, Barnouin J, Chacornac J–P. Risk factors for stillbirth in Holstein heifers under field conditions in France: a prospective survey. *Theriogenology* 1999; 51: 1477–1488
- [19] Hoedemaker M, Prange D, Gundelach Y. Body condition change ante- and postpartum, health and reproductive performance in German Holstein cows. *Reprod Domest Anim* 2009; 44: 167–173
- [20] Lombard J, Garry F, Tomlinson S et al. Impacts of dystocia on health and survival of dairy calves. *J Dairy Sci* 2007; 90: 1751–1760
- [21] Szenci O, Abdelmegeid MK, Solymosi N et al. Prediction of stillbirth in Holstein–Friesian dairy cattle by measuring metabolic and endocrine parameters during the peripartur period. *Reprod Domest Anim* 2018; 53: 1434–1441
- [22] Szelényi Z, Győri D, Boldizsár S et al. Pregnancy and stillbirth losses in dairy cows with singleton and twin pregnancies. *Acta Vet Hung* 2019; 67: 115–126
- [23] Mee JF, Sánchez–Miguel C, Doherty M. Influence of modifiable risk factors on the incidence of stillbirth/perinatal mortality in dairy cattle. *Vet J* 2014; 199: 19–23
- [24] Choukeir AI, Kovács L, Szelényi Z et al. Effect of monitoring the onset of calving by a calving alarm thermometer on the prevalence of dystocia, stillbirth, retained fetal membranes and clinical metritis in a Hungarian dairy farm. *Theriogenology* 2020; 145: 144–148
- [25] Mee JF, Grant J, Sánchez–Miguel C et al. Pre-calving and calving management practices in dairy herds with a history of high or low bovine perinatal mortality. *Animals* 2013; 3: 866–881
- [26] Destatis. Land und Forstwirtschaft, Fischerei. Viehbestand und tierische Erzeugung. In. *Fachserie 3 Reihe 4 ed: Statistisches Bundesamt*; 2018
- [27] RCoreTeam R. A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria 2021–11–01. <https://www.r-project.org/>
- [28] Wickham H, Wickham H. Getting Started with ggplot2. *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. 2016; 11–31
- [29] Berry D, Lee J, Macdonald K et al. Body condition score and body weight effects on dystocia and stillbirths and consequent effects on postcalving performance. *J Dairy Sci* 2007; 90: 4201–4211
- [30] Gärtner T, Gernand E, Gottschalk J et al. Relationships between body condition, body condition loss, and serum metabolites during the transition period in primiparous and multiparous cows. *J Dairy Sci* 2019; 102: 9187–9199. DOI: 10.3168/jds.2018–15762
- [31] Robichaud MV, Pearl D, Godden S et al. Systematic early obstetrical assistance at calving: I. Effects on dairy calf stillbirth, vigor, and passive immunity transfer. *J Dairy Sci* 2017; 100: 691–702

4 Diskussion

4.1 Diskussion der Fragestellung

Signifikante Managementfaktoren bezüglich der Kälberverluste sind auf Grund vorangegangener Untersuchungen nachweislich sehr komplex und betrieblich sehr unterschiedlich. Insbesondere in den letzten Jahren hat sich der gesellschaftliche Fokus auf das Tierwohl gerichtet, womit sich die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen in der Milchviehwirtschaft verändert haben. Europaweit ging die Anzahl an kleineren Familienbetrieben deutlich zurück, wohingegen die Anzahl an unternehmensgeführten Großbetrieben angestiegen ist [44, 78]. Auch die gesetzlichen Anforderungen unterliegen temporären Veränderungen. Im Rahmen der Auswertung der bisher publizierten Studien konnte festgestellt werden, dass die bereits erfolgten Untersuchungen zu den beeinflussenden Managementfaktoren bereits sehr weit in der Vergangenheit liegen. Somit sind die Resultate aus früheren Studien über kleinere Milchviehbetriebe der letzten Jahrzehnte [30, 42, 45] mit der heutigen Situation nicht mehr vergleichbar. Damit landwirtschaftliche Betriebe hinsichtlich der Kälbermortalität und damit der Tiergesundheit wissenschaftlich fundiert beraten werden können, bedarf es an die heutigen Rahmenbedingungen angepasste Untersuchungen. Daher war es das Ziel dieser Studie, die Zusammenhänge zwischen der Kälbermortalität und dem Betriebsmanagement unter gegenwärtigen wirtschaftlichen, rechtlichen und sozialen Bedingungen in größeren Milchviehherden neu zu bewerten. Auf Grund der Komplexität der möglichen Risikofaktoren wurden die Kälberverluste hinsichtlich der Kennzahlen aus der Tiergesundheit getrennt betrachtet. Somit lag der Fokus in der ersten Fragestellung auf der Kälbermortalität während der ersten 6 Lebensmonate mit Schwerpunkt auf Abkalbung, der Neugeborenenpflege, der Kolostrumversorgung sowie der Aufzucht. In der zweiten Fragestellung wurden mögliche Einflussfaktoren aus dem Trockensteher- und Geburtsmanagement auf die Totgeburtenrate betrachtet.

4.2 Diskussion der Methode

Grundlage dieser Untersuchung bildete ein umfangreiches Kälbergesundheitsprogramm des Tiergesundheitsdienstes (TGD) der Thüringer Tierseuchenkasse Jena. In dem Zeitraum von Dezember 2016 bis Januar 2017 wurde den 223 thüringischen Milchviehbetrieben mit mehr als 100 Milchkühen die Möglichkeit angeboten, an einem umfangreichen Gesundheitsmonitoring teilzunehmen. In diesen Betrieben wurden 95.812 (88,9 %) der Thüringer Milchkühe gehalten [79]. Es haben sich davon 98 Betriebe bereit erklärt, an dieser Untersuchung teilzunehmen,

wobei zusätzlich ein Betrieb mit weniger als 100 Kühen mit in die Studie aufgenommen wurde. Für die Datenerhebung erfolgten im Zeitraum vom März 2017 bis März 2018 Betriebsbesuche durch Tierärzte des Rindergesundheitsdienstes der Thüringer Tierseuchenkasse, bei denen die zuständigen Betriebsleiter oder Herdenmanager mit Hilfe eines umfangreichen Erhebungsbogens befragt und die betrieblichen Anlagen begutachtet wurden. Die betrieblichen Ergebnisse dieser Untersuchung wurden anschließend mit den Verantwortlichen für das Herdenmanagement besprochen.

Hinsichtlich der Fragestellung der Kälberaufzuchtverluste war der Verkauf weiblicher Kälber während der Aufzucht ein Ausschlusskriterium, sodass sechs Betriebe von dieser Untersuchung ausgeschlossen werden mussten. Somit konnten für diese Fragestellung 93 Milchviehbetriebe mit eigener Reproduktion in die statistische Analyse einbezogen werden.

In Bezug auf die Fragestellung der perinatalen Kälberverluste musste ein Betrieb wegen fehlenden Angaben zur den TG sowie ein weiterer Betrieb, bei dem nur unzureichende Angaben aus dem Bereich der Geburtshilfe vorlagen, von der statistischen Bewertung ausgeschlossen werden, sodass für diese Analyse insgesamt 97 Thüringer Milchviehbetriebe ausgewertet werden konnten.

Die in die statistische Untersuchung aufgenommenen Milchviehbetriebe wiesen eine durchschnittliche Herdengröße von rund 550 Rindern über 24 Monaten (Min.: 50, Max.: 1700) auf. Alle Betriebe hielten ihre Milchkühe im Laufstall und besaßen in den meisten Fällen Rinder der Rasse Deutsch Holstein, mit geringen Anteilen an Kühen der Rassen Fleckvieh, Jersey sowie Braunvieh oder Kreuzungen aus diesen Rassen.

Der Erhebungsbogen für die Datenerfassung wurde durch Tierärzte des Thüringer Rindergesundheitsdienstes erstellt. Auf Basis der beruflichen Erfahrungen wurden die zu erhebende Sachverhalte und Kategorien für mögliche Antworten erarbeitet. Da in die Datenerfassung ausschließlich erfahrene Fachtierärzte für Rinder mit langjähriger Erfahrung in der Beratung von Milchviehhaltern einbezogen waren, konnte durch deren umfassende Diskussion der Antwortkategorien die Varietät der Erfassung bestmöglich standardisiert werden. Der Fragebogen wurde anschließend in fünf Praxisbetrieben evaluiert und entsprechend dem Evaluierungsergebnis angepasst. Die Fragen umfassten allgemeine Angaben zum Betriebs-, Haltungs-, Hygiene- und Versorgungsmanagement sowie Angaben zum Gesundheitsstatus der Kälber, Prophylaxemaßnahmen, Abkalbmanagement, Abgangshäufigkeiten und -ursachen der Kälber und das Versorgungsmanagement der Trockensteher. Jeder Abschnitt des Erhebungsbogens wurde in mehrere Einzelfragen unterteilt. Dabei konnten die Befragten zwischen vorgegebenen Antwortmöglichkeiten diejenige

auswählen, welche das im Betrieb übliche Management am besten beschrieb. Mehrfachantworten waren ausgeschlossen. Im Rahmen des Betriebsrundgangs wurden die gegebenen Antworten überprüft und gegebenenfalls durch den Interviewer korrigiert.

Für die Berechnung der Kälbersterblichkeitsrate wurden die verendeten Kälber bis zum sechsten Lebensmonat in Bezug zu allen lebend geborenen Kälbern gesetzt. Diese Daten wurden durch die Abfrage der betrieblichen Meldung an die Datenbank HI-Tier für das Jahr 2017 ermittelt. Rinderhalter in Deutschland sind nach der ViehVerkV verpflichtet, alle Zu- und Abgänge des Bestands zu melden. Für die Zugänge, auch durch Geburt, muss bis spätestens zum 7. Tag nach Zugang des Rindes unter Angabe der Ohrmarkennummer des Kalbes und der Mutter eine Meldung erfolgen. Für die Abgänge von Rindern aus dem Bestand sind die Gründe u.s. wie Verkauf, Schlachtung, Verendung oder Tötung anzugeben. Die Abfrage aus der Datenbank umfasste die Anzahl der Geburten im Jahr 2017 (Nenner) und die Anzahl der Kälber im Alter bis zum vollendeten 6. Lebensmonat, die im Jahr 2017 unter Angabe der Abgangsursache „Tod“ aus dem Betrieb als abgegangen gemeldet wurden (Zähler). Die Zahl der im Bestand totgeborenen Kälber ist durch diese Abfrage nicht erfasst, weil für diese Kälber weder eine Geburt noch ein Zugang im Bestand zu melden ist. Für die Ermittlung der TGR wurden daher die Angaben aus der Milchleistungsprüfung für den Zeitraum März 2017 bis März 2018 verwendet. Für den Zweck dieser Studie wurde festgelegt, dass die TG alle Geburten mit tot geborenen oder innerhalb der ersten 48 Stunden post natum verendeten Kälbern umfassen, wobei Zwillingsgeburten, bei denen mindestens ein Kalb für mindestens 48 Stunden lebte, nicht als TG gewertet wurden.

Für die statistische Analyse wurden Variablen aus Merkmalsklassen mit mindestens ≥ 5 Klassenhäufigkeiten gebildet. Merkmalsklassen, die mit weniger Häufigkeiten oder gar keiner besetzt waren, wurden wenn möglich fachlich sinnvoll zusammengeführt, sodass Klassenhäufigkeiten ≥ 5 gewährleistet werden konnten. Für die Berechnung der betrieblichen Kälbermortalität wurde jeweils eine deskriptive Analyse und für den möglichen Einfluss von unabhängigen Variablen auf die KV bzw. TG jeweils eine univariable Risikofaktorenanalyse durchgeführt. Für die Berechnung eines linearen gemischten Modells wurden alle Risikofaktoren mit einem p-Wert $< 0,1$ ausgewählt, die einen möglichen Zusammenhang mit den KV oder TG vermuten ließen. Durch Anwendung des Akaike Information Criterion (AIC) wurden Modellvariationen mit Ausschluss und Wiederaufnahme von Variablen überprüft und entsprechend angepasst. Eine Kolinearitätsprüfung wurde durchgeführt, um stark korrelierende

Variablen von der Analyse auszuschließen. Für das finale multivariable Modell wurde das Signifikanzniveau auf $p < 0,05$ festgelegt.

Da die Betriebsauswahl für diese Untersuchung nicht zufällig erfolgte, besteht das Risiko, dass Problembetriebe mit erhöhter Kälbermortalität in dieser Auswertung unterrepräsentiert sein könnten. Möglicherweise haben sich Betriebe, die sich ihrer hohen Tierverluste bewusst sind, nicht dazu bereit erklärt, an dieser Studie teilzunehmen. Somit stellt die Betriebsauswahl eine Limitierung unserer Studie dar. Allerdings ist hervorzuheben, dass eine große Anzahl an Betrieben mit einer für heute und auch zukünftig repräsentativen Herdengröße in die Auswertung einbezogen werden konnten und die Datenerhebung nicht auf Problembetriebe beschränkt worden ist. Daher wird davon ausgegangen, dass ein für solche Milchviehherden repräsentatives Management erfasst werden konnte und genügend Betriebe zur Verfügung standen, um die Beziehungen zur Kälbergesundheit in einem multivariablen Modell zu untersuchen. Dieser Ansatz erhöht die externe Validität der Aussage beträchtlich gegenüber einer univariablen Betrachtungsweise, da hiermit die Beziehungen zwischen den einzelnen Variablen berücksichtigt werden. Eine weitere Limitierung ist, dass die Daten zum Kälbermanagement nicht einzeltierbezogen vorlagen, sondern in den Erhebungsbögen die Angaben zur üblichen Verfahrensweise im Bestand erfasst wurden. Der Aufwand einer Einzeltierfassung war angesichts der zahlreichen Studienbetriebe zu groß und hätte für eine korrekte Umsetzung eine wesentlich kleine Anzahl an Studienherden erfordert. Ziel dieser Untersuchung war es aber, möglichst viele Betriebe einzubeziehen, um ein für die Studienpopulation zutreffendes Ergebnis zu erzielen. Trotz dieser Limitierung wird der Evidenzgrad des Ergebnisses daher als gut eingeschätzt, sodass das Ergebnis auf Milchviehherden mit ähnlicher Betriebsstruktur übertragen werden kann. Hinsichtlich der TGR ist anzumerken, dass ähnlich wie in einer Übersichtsarbeit von Gärtner et al. aus dem Jahr 2019 [80] beschrieben, die TGR als abhängige Variable oft aufgrund schlechter Dokumentation insbesondere bei sehr niedrigen Werten unterschätzt sein kann. Eine Beeinflussung der Studienergebnisse durch diesen Sachverhalt ist möglich, aber wahrscheinlich begrenzt, weil dies für alle Studienherden in gleicher Weise gilt und die größere Zahl der in die Studien einbezogenen Herden hier ausgleichend wirkt. Für die an der Milchleistungsprüfung beteiligten Betriebe liegt durch die freiwilligen Angaben der perinatalen Kälberverluste eine objektive Datenerhebung zu tot geborenen Kälbern vor. Die Erfassung erfolgt digital im Rahmen der Milchleistungsprüfung und dokumentiert den Beginn der Laktation für die jeweilige Kuh. Der Landwirt kann dabei zwischen „tot geboren“ und „verendet innerhalb 48 Stunden“ wählen. Damit bildet die Erfassung der TG über die Milchleistungsprüfung eine gute Grundlage für

betriebsinterne Auswertungen sowie für betriebsübergreifende statistische Analysen zur TGR. Alle an der Studie beteiligten Betriebe nahmen an der Milchleistungsprüfung teil und erfassten auf diese Weise die tot geborenen Kälber.

Grundsätzlich handelt es sich bei den unabhängigen Variablen in der Regel um eine Bewertung durch den Betriebsleiter. Das gilt sowohl für die Bewertung der tierbezogenen Daten als auch für die allgemeinen Betriebsangaben. Demnach ist nicht auszuschließen, dass die für die Datenerhebung erfolgten Einschätzungen des Betriebsleiters einem subjektiven Einfluss unterliegen. Dennoch ist davon auszugehen, dass durch die Betriebsbegehung durch erfahrene Fachtierärzte während der Datenerfassung die Angaben verifiziert werden konnten und die Daten somit als valide zu bewerten sind. Da auch dieser Sachverhalt für alle Studienherden in gleicher Weise gilt und die größere Zahl der in die Studien einbezogenen Herden hier ausgleichend wirkt, ist davon auszugehen, dass dadurch die Ergebnisse unserer Studie nur unwesentlich beeinflusst wurden.

4.3 Diskussion der Ergebnisse

Durch die statistische Analyse aus den Daten der HI-Tier über die KV bei 93 thüringischen landwirtschaftlichen Milchviehbetrieben konnte eine durchschnittliche KVR von 7,3 % festgestellt werden. Somit liegt die KVR für diese Betriebe auch heute noch höher als der angestrebte Richtwert von 5 % [14]. Die TGR lag bei der Auswertung von 97 Milchviehbetrieben im Mittel bei 7 %. Beide Kennzahlen wiesen eine deutliche betriebliche Varianz auf, wobei kein Zusammenhang mit der Betriebsgröße nachgewiesen werden konnte. Dies bestätigt die Ergebnisse von anderen vorangegangenen deutschen und internationalen Untersuchungen, bei denen ebenfalls kein direkter Zusammenhang der KV mit der Betriebsgröße gefunden werden konnte [6, 58, 81]. Die hohe betriebliche Streuung in den Kennzahlen bestätigt die Annahme, dass innerbetriebliche Einflussfaktoren einen wesentlichen Einfluss auf die KV haben. Die multivariable Regressionsanalyse zu den KV ergab signifikante Einflussfaktoren aus den Managementbereichen Kälbergesundheit, Tränkmanagement und Hygienemanagement. Hinsichtlich der multivariablen Analyse zur TGR konnten Faktoren aus den Bereichen Trockensteher- und Geburtsmanagement gefunden werden.

Aus dem Bereich der Kälbergesundheit haben sich Lungen- und Durchfallerkrankungen ähnlich wie in vorangegangenen Studien [3, 5, 6, 31, 37, 41] mit als Hauptursachen für KV bestätigt. Als wichtige Ursache für KV durch Lungenerkrankungen wurde der Faktor Staub identifiziert. Dass Staub nachweislich einen wesentlichen Einfluss auf das Risiko für

Atemwegserkrankungen bei Kälbern haben kann, konnte auch in einer Studie mit ähnlich strukturierten Betrieben nachgewiesen werden [35]. Als visuell wahrnehmbarer Indikator für die Beurteilung des Stallklimas gilt Staub auch als mechanischer Reizfaktor mit negativen Effekten auf das Tierwohl, die Gesundheit des Betriebspersonals und die technischen Anlagen in einem Betrieb [35, 82]. Staubpartikel können Träger und Nährmedium für Pilze, bakterielle Toxine sowie Mikroorganismen sein und abhängig von der Partikelgröße unterschiedlich weit in die Atemwege vordringen. Insbesondere Feinstaubpartikel können bei Inhalation bis in die Lungenalveolen transportiert werden, wobei eine erhöhte Exposition dazu führen kann, dass der Organismus mit der Ausscheidung der Partikel über das mukoziläre Clearance-System überfordert wird und somit ein erhöhter Zustrom von phagozytären Alveolarmakrophagen auslöst. Die damit verbundene Zytokinausschüttung und Neutrophilenmigration führt dann zu akuten Entzündungen der Atemwege [83]. Auch chronische Lungenentzündungen können die Folge einer übermäßigen Staubinhalation sein, wie sie bei Pferden mit staubinduziertem Asthma beschrieben wurde [84]. In weiteren vorangegangenen wissenschaftlichen Untersuchungen konnte Staub als Wegbereiter für Atemwegserkrankungen identifiziert werden [82, 85]. Unter anderem zeigte eine belgische Studie von van Leenen et al. [83], dass Staub als Träger von Schmutzpartikeln und Endotoxinen, bei der Entstehung von Kälberpneumonien beteiligt ist. In einer deutschen Studie konnte ein positiver Zusammenhang zwischen der Antikörperreaktion für das Bovine Respiratorische Syncytialvirus oder dem Parainfluenza-3-Virus und der Einschätzung durch den Herdenmanager, dass Staub mit der Entstehung von Respiratorischen Erkrankungen in Verbindung steht, nachgewiesen werden [35]. Nach einer Untersuchung von Lago et al. [86] wurde außerdem gezeigt, dass Staub oft mit weiteren Faktoren wie Schadgasen, ungünstiger Luftfeuchtigkeit oder Zugluft im Zusammenhang steht. Diese Faktoren kennzeichnen schlecht belüftete Stallsysteme und können sich als Stressfaktoren negativ auf die körpereigene Immunität auswirken. Betriebe mit einer hohen Inzidenz an Kälberpneumonien sollten demnach hinsichtlich adäquater Belüftungsmaßnahmen sowie Maßnahmen zur Reduktion der Staubbelastung entsprechend beraten werden. Beispielsweise kann nach Hillman et al. [87] durch Installation von geeigneten Filteranlagen die Stallluftqualität deutlich verbessert und somit das Risiko für Lungenerkrankungen reduziert werden. Praxiserfahrungen zeigen, dass bereits eine sachgerechte Freilufthaltung von Kälbern in Iglus oder eine gute Frischluftzufuhr in Stallungen in Verbindung mit einer staubarmen Einstreu zur Reduktion der Staubbelastung beitragen können. Das Einstreumanagement kann bei der Kälberhaltung nach einer Untersuchung aus Italien nachweislich die Inzidenz von Lungenerkrankungen beeinflussen [88]. Nach unserer Auswertung konnte ein signifikanter

Einfluss des Entmistungsintervalls auf die Kälbermortalitätsrate nicht nachgewiesen werden. Nach der italienischen Untersuchung von Bonizzi et al. [88] führen lange Erneuerungsintervalle beim Einstreumanagement zu einer erhöhten Durchnässung des Einstreus, wodurch eine Beziehung zwischen der Zunahme an darmpathogenen Mikroorganismen in der Kälberbucht befindlichen Luft und einer erhöhten Inzidenz an Kälberhusten nachgewiesen werden konnte. Die Einhaltung einer niedrigen Einstreufeuchtigkeit kann somit dazu beitragen, die mikrobiologische Luftqualität in Kälberboxen zu verbessern und die Morbiditäts- und Mortalitätsraten bei Kälbern zu reduzieren. In einer französischen Untersuchung aus dem Jahr 2024 [50] konnte bezüglich des Risikos für Nabelinfektionen ebenfalls die Nässe der Einstreumatte als wesentlicher Risikofaktor identifiziert werden.

Obwohl Nabelerkrankungen mit den Atemwegs- und Durchfallerkrankungen in anderen Studien zu den drei häufigsten Kälbererkrankungen gehörten [3, 69, 50], konnte in unserer Untersuchung kein bedeutsamer Einfluss dieser Erkrankung auf die Kälberverlustrate nachgewiesen werden. Nach einer Studie aus Deutschland traten Nabelinfektionen vor allem in den Sommermonaten, bei vorwiegend männlichen Kälbern mit einem Alter von bis zu 2 Wochen auf [69]. Durch die Resultate vorangegangener Untersuchungen wird bestätigt, dass Nabelerkrankungen ähnlich wie das Durchfall- und Pneumoniegesehen bei Kälbern eine Faktorenkrankheit darstellen. Eine Vielzahl an Einflussfaktoren können sich auf das Risiko der Erkrankung auswirken, was die Schwankungen in der Krankheitshäufigkeit in unseren Studienbetrieben sowie die in unserer Studie nicht gefundene Beziehung zur KVR erklären könnte.

Im Rahmen dieser Untersuchung ergab sich eine positive Beziehung der Betriebsleiterschätzungen zur Prävalenz von Durchfallerkrankungen mit den tatsächlichen Kälbersterblichkeitsraten, was den weithin anerkannten Zusammenhang zwischen Durchfallerkrankungen und der Kälbersterblichkeit bestätigt. In bisherigen Untersuchungen werden KV auf Grund von Durchfallerkrankungen oft als doppelt so hoch wie die Verluste durch Atemwegserkrankungen beschrieben [6]. Nach einer deutschen Studie von 2016 konnte jedoch eine geringere Inzidenz von neonatalem Kälberdurchfall auf Herdenebene (Median 12,0 %) im Vergleich zu Atemwegserkrankungen (Median 17,5 %) aufgezeigt werden [6]. In der voran genannten Untersuchung konnte zwar kein direkter Zusammenhang zwischen Durchfallerkrankungen und KV hergestellt werden, aber es konnte eine Beziehung mit der Verabreichung von Halofuginon, einem Therapeutikum gegen Kryptosporidiose, nachgewiesen werden. Der Befall mit *Cryptosporidium parvum* stellt die häufigste infektiöse

Ursache für Kälberdurchfall dar [6]. Als komplexe Faktorenkrankung wurde das Krankheitsbild des Kälberdurchfalls in bisherigen wissenschaftlichen Studien hinreichend untersucht, wobei auch insbesondere Managementfaktoren wie Fütterung, Haltung und Hygienemaßnahmen das Risiko signifikant beeinflussen können [3, 6]. Dafür spricht auch die im Rahmen unserer Untersuchung gezeigten hohen betrieblichen Varianz für die KVR auf Grund von Kälberdurchfall von 0 % bis 25 %. Die rechtzeitige Identifizierung und Intervention geeigneter Behandlungsmaßnahmen scheinen entscheidend für positive Behandlungsergebnisse und damit für die Kälbermortalität zu sein. Dies erfordert engagiertes und gut ausgebildetes Personal sowie ausreichend Tierbeobachtungszeit [33, 48]. Durch präventive Maßnahmen, wie z. B. Mutterschutzimpfungen, kann das Auftreten von Durchfall bei Neugeborenen bei Kälbern deutlich reduziert werden [3, 37].

Als weiterer bedeutsamer Einflussfaktor auf die KV konnte das muttertreue Vertränken des Kolostrums an die Kälber identifiziert werden. In unserer Studie wurden primäre Aspekte des Kolostrummanagements, einschließlich des Zeitpunkts der Kolostrumgewinnung und -aufnahme sowie der Menge der Aufnahme berücksichtigt. Überraschenderweise zeigten im multivariablen Modell mit Ausnahme der Fütterung des Kolostrums der eigenen Mutter alle anderen Faktoren keinen signifikanten Einfluss auf die Kälbersterblichkeit. Dass die Versorgung des Kalbes mit Kolostrum für die Kälbergesundheit eine essenzielle Rolle spielt, ist bereits seit längerem bekannt und auch jetzt noch Gegenstand von intensiver Forschung [89, 66]. Immunglobuline, Leukozyten, Wachstumsfaktoren, Hormone, nichtspezifische antimikrobielle Faktoren und Nährstoffe sind die wichtigsten Inhaltsstoffe des Kolostrums. Die Voraussetzung für eine erfolgreiche Aufnahme dieser Inhaltsstoffe durch das Kalb, insbesondere für den passiven Immunglobulintransfer (PIT), ist ein adäquates Tränkmanagement [68]. In zwei deutschen Studien konnte der Zusammenhang einer erhöhten Kälbermortalität mit einer unzureichenden Versorgung mit Immunglobulinen bestätigt werden [62, 49]. Demnach wiesen beispielsweise 80 % der untersuchten Problembetriebe mit einer KVR von über 20 % einen mangelhaften PIT auf [49]. Neben den Inhaltsstoffen des Kolostrums und dem Tränkmanagement ist auch die Kolostrumqualität von wesentlicher Bedeutung, welche nicht allein durch das Muttertier beeinflusst wird [68]. Das Kolostrummanagement spielt dabei eine wesentliche Bedeutung. Der Zeitpunkt der Kolostrumgewinnung und Vertränkung an das Kalb kann den Immunglobulingehalt im Erstgemelk und den PIT positiv beeinflussen, wenn dieser so früh wie möglich nach der Kalbung liegt. Neben der höheren Immunglobulinkonzentration im Erstgemelk [90, 91], welche sich durch die einsetzende Laktation der Mutter mit fortschreitender Zeit schnell reduziert, kann das Kalb in den ersten

Stunden nach der Kalbung größere Mengen an Immunglobulinen aus dem Kolostrum aufnehmen [61, 72]. Das Vertränken des Kolostrums von Muttertieren mit erhöhter Zellzahl, Mastitis oder unter medikamentöser Behandlung sowie die Bevorratung des Kolostrums durch Tiefgefrieren zeigte in einer Studie aus Österreich einen direkten Zusammenhang mit einer schlechten Kolostrumqualität und einer erhöhten KVR durch Durchfallerkrankungen. Bei dieser Untersuchung gaben über 84 % der Betriebe an, auch solches Kolostrum an ihre Kälber zu vertränken [41]. Diese Untersuchungsergebnisse bekräftigen, dass eine nicht muttertreue Vertränkung in zahlreichen Milchviehbetrieben immer noch eine gängige Praxis darstellt. In unserer Studie wurden in 39,8 % der Betriebe die Kälber nicht muttertreu getränkt. Kleinbetrieben bleibt durch die begrenzte Anzahl an Geburten oft nur die Möglichkeit zur muttertreuen Vertränkung des Kolostrums. Mit einer Zunahme der Herdengröße nimmt auch die Geburtenrate zu, wodurch mehr Kolostrum zur Verfügung steht. Verschiedene Gründe wie beispielsweise dem erhöhten Arbeitsaufwand bei muttertreuer Vertränkung, einem geringeren Immunglobulingehalt im Kolostrum bestimmter Muttertiere oder einer Erkrankung der Kuh, veranlassen Betriebe dazu, von anderen Muttertieren gewonnenes Kolostrum frisch bzw. in gemischter oder aufgetauter Form an die Kälber zu verfüttern [41]. Das getrennte Melken der Muttertiere und die muttertreue Einzelfütterung der Kälber erfordert mehr Arbeitsaufwand und ist möglicherweise nicht immer machbar oder ratsam. Bei der Paratuberkulosebekämpfung wird beispielsweise empfohlen, bei Kälbern, die von positiv getesteten Müttern geboren wurden, das Erstkolostrum von Kühen zu verabreichen, die negativ getestet wurden [92]. Dennoch muss davon ausgegangen werden, dass im Hinblick auf das stallspezifische mütterliche Immunsystem der zusätzliche Aufwand gerechtfertigt ist und die muttertreue Kolostrumzuteilung, insbesondere bei betrieblicher Durchführung von mütterlichen Schutzimpfungen, ein bedeutsamer Faktor zur Reduktion der KVR darstellt. Dies wurde beispielsweise durch eine niederländische Untersuchung bekräftigt, bei der die Impfung von Muttertieren gegen die Erreger von Kälberdurchfall (E. coli, Rota- und Corona-Virus) das Risiko der postnatalen Kälbersterblichkeit in den ersten zwei bis drei Lebenswochen verringert werden konnte [93]. In der Untersuchung von Kaske und Kunz [37] konnte hinsichtlich der Vakzination der Muttertiere festgestellt werden, dass der Impfstoff bestandsspezifische Antigene enthalten sollte und ein entsprechendes Kolostrummanagement bei den Kälbern entscheidend für den Erfolg dieser Impfmaßnahme und damit für die Reduktion von KV durch Kälberdiarrhoe sind. Bedeutsam dabei ist, dass Impfungen nicht allein die gesundheitlichen Folgen eines schlechten Haltungsmanagements ausgleichen können, aber ein gutes

Kolostrummanagement den Einsatz von kostenintensiven passiven Immunisierungsmaßnahmen bei Kälbern ersetzen könnte [37].

Die Qualitätsmessung des Kolostrums stellt einen bedeutsamen Faktor im Kolostrummanagement dar und wird meistens auf Betriebsebene mittels Dichte- bzw. Viskositätsmessungen durchgeführt [67]. Auch die Messung des Serum-IgG-Wertes beim Kalb innerhalb der ersten Lebensstage ist eine gute Möglichkeit, dessen Immunglobulinversorgung und damit den Erfolg des PIT zu überprüfen und dadurch auch eine Aussage über die Effektivität des betrieblichen Kolostrummanagements zu treffen. Nach aktuellen Empfehlungen sollte der Serum-IgG-Gehalt eines Kalbes bei mindestens 10g/l [32, 64] liegen. Kälber mit einem Serumspiegel unter diesem Schwellenwert haben ein deutlich höheres Risiko für eine höhere Sterblichkeitsrate. Ein Serum-IgG-Spiegel von mindestens 25 g/l gilt jedoch als Standardziel für eine optimale Versorgung, um sowohl die Mortalitätsrate als auch die Morbiditätsrate von Kälbern signifikant zu senken [64]. Da die Serum-IgG-Messung mit einem erheblichen Mehraufwand für einen Betrieb verbunden ist, sollte zumindest die Brix-Refraktometrie des Kolostrums regelmäßig durchgeführt werden. Die Brix-Werte korrelieren nachweislich gut mit der Immunglobulin-Serumkonzentration [94, 95]. Dass eine muttertreue Vertränkung bei der Erstversorgung des Neonaten mit Kolostrum die Serumkonzentration von Immunglobulinen positiv beeinflussen kann, wurde durch verschiedene Untersuchungen bestätigt [61, 63, 66, 96, 97]. Betriebe mit einem muttertreuen Fütterungsansatz wiesen nach unserer Auswertung eine deutlich niedrigere Kälbersterblichkeitsrate auf, was möglicherweise mit dem Vorhandensein von mütterlichen Leukozyten im Kolostrum zusammenhängt. Verschiedene Studien haben die Bedeutung der maternalen Leukozyten, insbesondere der Makrophagen und Lymphozyten, für die Kälbergesundheit bekräftigt [66]. Die mütterlichen Leukozyten zeigen nicht nur bei oraler Aufnahme im Darm des Kalbes eine immunologische Aktivität, sondern gelangen auch in den Blutkreislauf des Neugeborenen und reichern sich in verschiedenen Organen an, wodurch das Immunsystem des Kalbes reguliert [66]. Nachweislich konnten nur die Leukozyten des Muttertiers vom neonatalen Organismus aufgenommen werden. Kälber, die mit dem mütterlichen Kolostrum versorgt werden, scheinen in der Lage zu sein, schneller Antikörper zu bilden und die Entwicklung ihres Immunsystems zu beschleunigen. Folglich weisen sie im Vergleich zu Kälbern ohne muttertreue Vertränkung einen besseren Schutz vor Infektionen auf, haben ein geringeres Morbiditätsrisiko oder ein weniger schweres Fortschreiten der Erkrankung [63]. Zu einem ähnlichen Ergebnis kam auch eine Studie über Schweine, bei der den Ferkeln mit muttertreuer Kolostrumversorgung eine höhere zelluläre Immunität nachgewiesen werden konnte [96].

Zum Kolostrummanagement gehören auch Behandlungsmaßnahmen wie das Gefrieren oder Erhitzen. In einer wissenschaftlichen Untersuchung konnte beobachtet werden, dass es signifikante Unterschiede zwischen Kälbern gibt, die natives Kolostrum zu sich nehmen und Kälbern, die mit erhitztem oder gefrorenem und dadurch zellfreiem Kolostrum gefüttert werden. Die Diskrepanz zeigt sich in der Rate und Zusammensetzung der Monozyten und der Reaktion von B- und T-Zellen nach einer Impfung. Kälber, die mit temperaturbehandeltem Kolostrum gefüttert wurden, wiesen niedrigere Monozytenspiegel im Blut auf und bildeten nach der Impfung weniger B- und T-Zellen [73, 97, 98]. Folglich entwickeln Kälber, die mütterliches Kolostrum erhalten, ihr Immunsystem schneller als Kälber, die mit leukozytenfreiem Kolostrum versorgt werden [61]. Es wird vermutet, dass die Leukozyten die Darmwand aktiv durchqueren, ein Prozess, der nur mit intakten, lebenden Zellen möglich ist. In temperaturbehandeltem Kolostrum verlieren sie die Fähigkeit, die Darmbarriere aktiv zu passieren und können somit nicht mehr aufgenommen werden. Diese Erkenntnis sollte künftig bei der Lagerung von Kolostrum stärker berücksichtigt werden.

Als weiterer signifikanter Einflussfaktor auf die KVR konnte hinsichtlich des Hygienemanagements in dieser Untersuchung die Frequenz des Nuckelwechsels in Zusammenhang gebracht werden. Nach unseren Ergebnissen erfolgte die Versorgung der Kälber ab der ersten Tränke bis zum Absetzalter über eine Nuckeltränke, bei der in aller Regel Tränkeimer oder Tränkautomaten verwendet wurden. Der Nuckel hat sich standardmäßig als mütterlichen Zitzenersatz bewährt und gehört für das Kalb mit zu den ersten Kontaktpunkten mit seiner Umwelt. Da die Mehrheit der Infektionserreger beim Kalb, insbesondere Durchfallerreger oral aufgenommen werden [6], wird davon ausgegangen, dass die hygienische Beschaffenheit des Nuckels einen signifikanten Einfluss auf die Kälbergesundheit haben kann. In unserer Untersuchung konnte diese Vermutung bestätigt werden, da Betriebe, die einen Nuckelaustausch erst bei deutlichem Verschleiß durchführten, im Vergleich zu Betrieben mit einer höheren Wechselfrequenz deutlich mehr KV aufwiesen. Auch in einer anderen Untersuchung konnte nachgewiesen werden, dass Hygienemaßnahmen beim Tränkmanagement die Durchfallinzidenz und das Risiko für Septikämien beim Kalb reduzieren können [99]. Eine weitere Studie aus dem Jahr 2021 von Heinemann et al. [100] hat ebenfalls die hohe Bedeutung der hygienischen Beschaffenheit der Nuckeloberfläche bestätigt. Es konnte dabei nachgewiesen werden, dass die bakterielle Belastung nicht im Haltungsbereich sondern im Fütterungsequipment, insbesondere im Inneren der Nuckel von Tränkeimern am höchsten ist. Es muss davon ausgegangen werden, dass die Materialbeschaffenheit der Nuckel durch die Häufigkeit und Intensität der Beanspruchung beeinflusst wird. Durch die Beanspruchung

entstandene Oberflächenaufrauungen, Abrieb und Risse stellen Materialveränderungen dar, die zusammen mit organischen Substanzen wie Schmutz, Speichel und Milchresten ein ideales Milieu für die Vermehrung von Mikroorganismen bieten und damit die Bildung von Biofilmen zur Folge haben. Obwohl Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen am Sauger das Vorhandensein von Bakterien reduzieren können, wird diese Wirksamkeit durch das Ausmaß der Abnutzung, insbesondere durch die Tiefe von Rillen und Rissen, begrenzt. Darüber hinaus kann bei abgenutzten Zitzen Milch austreten, was die Trinkfähigkeit der Kälber beeinträchtigen könnte. In einer kanadischen Studie wurde aufgezeigt, dass die bakterielle Belastung des Kolostrums signifikant mit niedrigeren Serum-Immunglobulinkonzentrationen von Kälbern verbunden ist [101]. In den dabei untersuchten Betrieben hatten die meisten Fütterungsgeräte bezüglich der gemessenen Gesamtkeimzahl den empfohlenen Schwellenwert für Milchtränken [102, 103] von 100.000 KBE/ml überschritten und 20 % der Geräte wiesen hinsichtlich der Gesamtanzahl coliformer Keime mehr als den empfohlenen Maximalwert [102, 103] von 10.000 KBE/ml auf [104].

Die betriebliche Umsetzung von Hygienemaßnahmen an Futterautomaten unterliegt einer hohen Varianz. Dies betrifft i.d.R. die Faktoren wie Frequenz von Reinigungsmaßnahmen, die Wassertemperatur und der Einsatz von Reinigungsmitteln [41]. Die schwer zugänglichen Bereiche im Inneren eines Nuckels, bei der die höchste Bakterienbelastung nachgewiesen wurde [100], sind ein limitierender Faktor für den Erfolg einer hygienischen Reinigungsmaßnahme. Für die gründliche Reinigung ist eine Demontage des Saugers nötig, was einen Mehraufwand im Hygienemanagement erfordert [105]. Des Weiteren entspricht die visuell wahrnehmbare Sauberkeit nicht automatisch dem gewünschten hygienischen Zustand. Daher ist die visuelle Beurteilung des Hygienezustandes allein kein geeigneter Indikator für die Beurteilung der bakteriellen Belastung, dennoch stellt sie einen bedeutenden Faktor für die Optimierung von Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen dar, da dessen Wirksamkeit durch visuell wahrnehmbare Schmutzablagerungen deutlich reduziert wird [106]. Eine zusätzliche Möglichkeit zur visuellen Qualitätsprüfung im Hygienemanagement könnte die von Renaud et al. [104] beschriebene Biolumineszenz-Abstrichmethode als eine schnelle Vor-Ort-Beurteilung des Verschmutzungsgrades darstellen. Es sollte betont werden, dass der Nuckel während des Tränkprozesses einer direkten Kontamination mit der Mikroflora des einzelnen Kalbes ausgesetzt ist. Demnach ist gerade in der Gruppenhaltung von Kälbern eine direkte Übertragung von Infektionserregern von Tier zu Tier sehr wahrscheinlich. Da sich regelmäßig und adäquat durchgeführte Hygienemaßnahmen sowie der frühzeitige Nuckelwechsel positiv auf den Infektionsdruck und damit auf die Kälbergesundheit auswirken, können betrieblich klar

definierte Arbeitsprozesse, die Montage leicht zugänglicher Nuckel und die Etablierung eines einheitlichen Austauschintervalls dazu beitragen, die Kälbermorbidityrate und damit die KVR zu senken. Eine Standardisierung von Hygienemanagementprozessen sollte daher für landwirtschaftliche Milchviehbetriebe mit ähnlicher Betriebsstruktur künftig mehr Bedeutung haben.

Die Managementfaktoren Körperkondition der Trockensteher und Konditionsmessverfahren konnten in unserer Untersuchung ebenfalls mit der KVR und TGR in Verbindung gebracht werden. Dabei wirkten sich bezüglich des Einflusses der Körperkondition auf die TGR deutliche Abweichungen vom Normalzustand negativ aus. Einige bisherige Studien zeigten bereits, dass die Beurteilung der Körperkondition hinsichtlich der KVR als ein bedeutsamer Faktor einzuschätzen ist. Deutliche Abweichungen der Körperkondition vom Normalzustand werden dabei am häufigsten mit Dystokien und TG im Zusammenhang gebracht [28, 75, 80]. Dies wurde auch in unserer Untersuchung bestätigt, in der Betriebe, deren Trockensteher durch den Herdenmanager als besonders fett oder mager eingeschätzt wurden, höhere TG aufwiesen. In einer weiteren Untersuchung konnte ebenfalls bei einem $BCS \geq 3,75$ eine höhere TGR nachgewiesen werden. Des Weiteren wurde ein Zusammenhang zwischen dem BCS und der Weite des Geburtsweges aufgezeigt, wonach größere Beckenweiten mit einem niedrigeren BCS korrelierten und man somit einen indirekten Einfluss des BCS auf das Maß der inneren Fettauflagerungen beim Rind vermuten ließ [29].

Eine positive Beziehung zur KVR zeigte sich beim Einsatz objektiver Messverfahren zur Bewertung der Körperkondition. Die Erfassung der Körperkondition erfolgte meistens über das Body Condition Scoring oder in einigen Fällen mittels sonografischer Messung der Rückenfettdicke. Diese Methoden werden in der Literatur als die gängigsten Verfahren zur Konditionsbeurteilung beschrieben [26]. Betriebe, die objektive Messverfahren standardmäßig durchführten, wiesen nach unseren Ergebnissen signifikant geringere KV auf als solche Betriebe, welche die Körperkondition nur subjektiv oder wie in einem Fall gar nicht durchführten. Dabei haben mit 79,6 % die Mehrheit der untersuchten Betriebe eine rein subjektive Beurteilung des Körperzustandes durchgeführt, wodurch davon auszugehen ist, dass dieses Verfahren eine weit verbreitete Praxis darstellen dürfte. Bei der Art der Beurteilung der Körperkondition stellen objektiv ermittelte Werte ein wesentlich valideres Ergebnis dar als solche, die auf subjektive Einschätzung beruhen, da sie nach einem standardisierten Verfahren ermittelt und dadurch auch überbetrieblich vergleichbar werden. Gleichwohl zeigen die Erfahrungen aus der Praxis, dass im Vergleich zu Betrieben, die eine Konditionsbeurteilung

gänzlich unterlassen, eine subjektive Konditionsbeurteilung von Muttertieren, wenn sie von erfahrenen Landwirten durchgeführt wird, einen positiven Effekt hat. In dieser Studie konnte dieser Aspekt nicht bewertet werden, da lediglich ein Studienbetrieb keine Konditionsbeurteilung durchführte.

Da sich Dystokien nachweislich auf das Risiko für TG und Geburten von lebensschwachen Kälbern auswirken [60, 107], kann die Körperkondition der Trockensteher die Kälbersterblichkeit zumindest indirekt beeinflussen und sollte daher unbedingt im Rahmen des Betriebsmanagements standardmäßig durchgeführt werden. In einer Studie aus Deutschland konnte nachgewiesen werden, dass bei mageren Tieren mit einem BCS unter 3.0 ein höheres Risiko für Dystokien, Plazentaretention und Fruchtbarkeitsstörungen besteht [75]. Dabei wurde vermutet, dass eine katabole Stoffwechsellage während der präpartalen Phase des Muttertieres den Verlust der Körperkondition und damit zu einem niedrigeren BCS führt. In einer anderen Studie konnte gezeigt werden, dass pluripare Kühe mit einem geringen BCS ante partum in diesem Zeitraum auch die höchsten mittlere Serumkonzentrationen an Bethahydroxybutyrat aufwiesen, wobei primipare Kühe die höchste Konzentration an freien flüchtigen Fettsäuren im Serum zeigten [80]. Beides sind Stoffwechselmetabolite, die als Indikatoren für Fettmobilisation und energetische Unterversorgung gelten. Dieser pathophysiologische Hintergrund könnte auch die in unserer Untersuchung festgestellte statistische Beziehung zwischen dem niedrigen BCS der Trockensteher und der TGR erklären. In einer anderen wissenschaftlichen Untersuchung aus Irland [58] ging man davon aus, dass ein durchschnittlich niedriger BCS von Färsen ante partum mit einer betrieblichen Reaktion auf zuvor überwiegend überkonditionierte Tiere im Bestand zu begründen ist, wobei die schlankere Konditionierung das bereits früher beobachtete Risiko für Schweregeburten bei Färsen senken sollte. Der negative Effekt überkonditionierter Kühe konnte durch eine Studie aus Frankreich bestätigt werden, bei der Muttertiere mit einem BCS über 4.0 ein erhöhtes Risiko für TG zeigten [28]. Auch in einer weiteren Untersuchung aus Deutschland war der Anteil der KV mit normal konditionierten Kühen signifikant geringer als im Vergleich zu überkonditionierten Trockenstehern [108]. Diese Ergebnisse unterstreichen die hohe Relevanz der Körperkondition trockenstehender Kühe für die TGR im Betrieb.

Bei der statistischen Analyse der TG konnte für die Geburtsüberwachung bei Färsen ein Zusammenhang zur TGR festgestellt werden, wobei jedoch dieser bei pluriparen Kühen nicht nachgewiesen werden konnte. Bei den Färsen zeigte sich, dass Betriebe mit Geburtsüberwachung höhere TG aufwiesen als solche ohne Überwachungsmaßnahmen.

Möglicherweise könnte die erhöhte Frequenz der Geburtsüberwachung eine Managementmaßnahme gegen eine bereits vorhandene erhöhte TG sein. Da es sich bei dieser Untersuchung um eine Querschnittsstudie handelt, charakterisieren Beziehungen zwischen Variablen immer nur ein gleichzeitiges Auftreten bestimmter Merkmalsausprägungen und keine kausale Beziehung. Daher könnte diese Beziehung auch eine Reaktion auf das bereits bestehende Gesundheitsproblem sein. Es ist auch möglich, dass die Geburtsüberwachung bei Färsen einen Stressfaktor darstellen könnte, da Färsen i.d.R. unerfahrener und sensibler sind als multipare Kühe. Das erhöhte Risiko von Färsenabkalbungen für Geburtsstörungen und TG wurde nach bisherigen Studien bereits ausführlich beschrieben. Auf eine Geburtsüberwachung bei Färsen darf daher nicht verzichtet werden. Das Risiko für TG wird durch Dystokien im Vergleich zu Normalgeburten nach Choukeir et al. [59] um das 7-fache erhöht und Gundelach et al. [24] konnten nachweisen, dass eine unzureichende Geburtsüberwachung das Risiko erhöht, eine Dystokie rechtzeitig zu erkennen und damit die perinatale Kälbermortalität erhöhen kann. Aus diesem Grund sollten Maßnahmen getroffen werden, die Geburtsüberwachung so umzusetzen, dass die Kälbermortalität gesenkt werden kann. Mit Hilfe eines Calving-Alarm-Thermometers zur Geburtsüberwachung konnte in einer wissenschaftlichen Untersuchung von Choukeir et al. [59] gezeigt werden, dass das Risiko für Dystokien um das 1,9-fache und das Risiko für TG um das 19,8-fache gesenkt werden konnte. In einer anderen Untersuchung wurde nachgewiesen, dass Betriebe mit einer Möglichkeit für eine 24-Stunden-Geburtsüberwachung gegenüber Betrieben, bei der keine durchgehende Betreuungszeit möglich war, deutlich weniger TG zu verzeichnen hatten [26].

In unserer Untersuchung korrelierte die häufige Anwendung von Geburtshilfe signifikant mit einer erhöhten TGR. Es wird davon ausgegangen, dass die Betriebe mit häufigen Geburtsstörungen als Folge auch mehr Geburtshilfemaßnahmen ergreifen müssen und daher ein erhöhtes Risiko für TG aufweisen. Es stellt sich für diese Betriebe demnach die Frage, welche Faktoren die Geburtshilfe verursachen. Meistens stellt die Dystokie den Hauptgrund für die Einleitung von Geburtshilfe dar. Der Zeitpunkt für die Erkennung der Geburtsstörung und Einleitung geburtshilflicher Maßnahmen wirkt sich dabei nachweislich für den Erfolg und somit auf die TGR aus. Sowohl die verfrühte als auch die verspätete Geburtshilfe stehen mit einer erhöhten TGR im Zusammenhang [15, 26]. Die durch Schweregeburten hervorgerufene Hypoxie und Azidose beim Kalb beeinflussen die Kälbervitalität entscheidend und wirken sich dadurch auch auf die Kälbermortalität aus [60]. Des Weiteren verursacht eine unsachgemäße Geburtshilfe oft Traumata am Kalb, wodurch die Kälberverluste ebenfalls signifikant beeinflusst werden kann. Dies konnte in der Untersuchung aus Thüringen [26] bestätigt werden,

wobei der Einsatz eines mechanischen Geburtshelfers mit einer erhöhten TGR korrelierte. Der mechanische Geburtshelfer kann bei unsachgemäßer Anwendung eine enorme Krafteinwirkung ausüben, was neben gravierenden Schäden am Muttertier insbesondere das Leben des Kalbes gefährden kann. Ein gut geschultes Personal, welches die Notwendigkeit der Geburtshilfe rechtzeitig erkennt und entsprechende Maßnahmen fachgerecht umsetzen kann, ist neben der Geburtsüberwachung entscheidend für den Erfolg der Geburtshilfe [24, 26, 34].

5 Zusammenfassung

Ziel dieser Studie war es, zu prüfen, inwieweit mögliche Einflussfaktoren aus dem Betriebsmanagement in größeren Milchviehbetrieben unter heutigen Rahmenbedingungen mit den Kälberverlusten im Zusammenhang stehen. Dazu wurden in der ersten Fragestellung betriebliche Managementfaktoren aus dem Bereich Kälberaufzucht gesucht, die einen möglichen Zusammenhang mit den Kälberverlusten innerhalb der ersten 6 Lebensmonate erkennen ließen. In der zweiten Fragestellung wurden betriebliche Einflussfaktoren auf die perinatalen Kälberverluste mit Fokus auf die Transitphase der Milchkühe gesucht.

Zu diesem Zweck wurden insgesamt 223 thüringischen Milchviehbetrieben mit mehr als 100 Milchkühen die Möglichkeit angeboten, freiwillig an einem umfangreichen Gesundheitsmonitoring durch den Tiergesundheitsdienstes der Thüringer Tierseuchenkasse Jena teilzunehmen. In den 99 Betrieben, die sich bereit erklärten, an diesem Programm mitzuwirken, erfolgten im Zeitraum März 2017 bis März 2018 Betriebsbesuche, bei denen mit Hilfe eines ausführlichen Erhebungsbogens die zuständigen Betriebsleiter bzw. Herdenmanager hinsichtlich des allgemeinen Betriebs-, Haltungs-, Hygiene- und Versorgungsmanagements sowie insbesondere über den Gesundheitsstatus der Kälber, Prophylaxemaßnahmen, dem Abkalbmanagement und der Versorgung der Trockensteher befragt wurden. Die betrieblichen Kälbersterblichkeitsraten wurden mit Hilfe von Daten des Herkunftssicherungs- und Informationssystems für Tiere (HI-Tier) ermittelt. Die Angaben zu den Totgeburten wurden von den Betrieben im Rahmen der Milchleistungsprüfungen bereitgestellt. Zur Identifizierung von univariablen Beziehungen der untersuchten Variablen auf die Kälberverlustrate wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse durchgeführt und Variablen mit einem p-Wert $< 0,1$ in die multivariable Analyse mittels eines linearen gemischten Modells einbezogen. Für die Analyse der Totgeburtenrate wurden 22 Variablen auf der Basis fachlicher Gesichtspunkte für die Analyse ausgewählt.

Die Kälberverlustrate lag bei den untersuchten Betrieben zwischen 0,0 % und 37,2 %, mit einem Mittelwert von 7,3 % (Median 5,9 %). Sie war höher in den Betrieben, die angaben, dass eine erhöhte Staubbelastung ursächlich für die Lungenerkrankungen der Kälber ist, verglichen mit Betrieben, die andere Ursachen für die Lungenerkrankungen vermuteten ($p = 0,009$). Betriebe mit einer höher geschätzten Kälberdurchfallinzidenz zeigten im Vergleich zu Betrieben mit niedrigeren Schätzwerten eine höhere Kälberverlustrate ($p = 0,002$). Sie war niedriger in Betrieben, bei denen muttertreues Kolostrum vertränkt wurde, im Vergleich zu Betrieben mit nicht muttertreuer Kolostrumzuteilung ($p = 0,008$). Betriebe welche den Nuckel

der Eimertränke erst nach deutlichem Verschleiß auszuwechseln, hatten im Vergleich zu Betrieben, die diesen Austausch frühzeitiger vornahmen, eine höhere Kälberverluste ($p = 0,005$).

Die Totgeburtenrate schwankte von 0,0 % bis 15,0 % und lag im Mittel bei 7,0 %. Betriebe, bei denen die Körperkondition der Trockensteher insgesamt als „mager“ oder „fett“ eingeschätzt wurde, wiesen im Vergleich zu Betrieben mit einer normalen Körperkondition der Trockensteher höhere Totgeburtenraten auf. In Betrieben, die angaben, bei > 20 % der Geburten eine Geburtshilfe leisten zu müssen, konnte im Vergleich zu Betrieben mit weniger Geburtshilfemaßnahmen eine höhere TGR festgestellt werden ($p = 0,037$). Betriebe mit einer speziellen Geburtsüberwachung bei Färsen hatten im Vergleich zu Betrieben ohne diese Überwachung eine höhere Totgeburtenrate ($p = 0,012$).

Aus den Ergebnissen ist zu schlussfolgern, dass die Kälbergesundheit nach wie vor ein Problemfeld in der landwirtschaftlichen Milchviehproduktion darstellt. Insbesondere die hohe betriebliche Varianz der Kälberverlustrate und der Totgeburtenrate bestätigt die Vermutung, dass Unterschiede im Betriebsmanagement einen möglichen Einfluss durch Risikofaktoren auf die Kälbersterblichkeit bedingen. Aus dem Hygiene-, Tränk-, Trockensteher- und Geburtsmanagement konnten Einflussfaktoren identifiziert werden, welche bei tierärztlichen Beratungen von landwirtschaftlichen Betrieben berücksichtigt werden sollten. Staub als Indikator für das Stallklima kann bezüglich der Beurteilung des Risikos für Lungenerkrankungen beim Kalb hilfreich sein. Insbesondere kann die muttertreue Zuteilung des Kolostrums an die Kälber die Kälberverluste signifikant reduzieren. Da dies in vielen Betrieben noch keine gängige Praxis ist, sollte daher das Kolostrummanagement besonders in Betrieben mit erhöhten Kälberverlusten überprüft und umgestellt werden. Die objektive Beurteilung der Körperkondition der Vorbereiter sollte zum Betriebsstandard werden, damit die Mehrheit der Trockensteher mit einem BCS, der nicht zu stark von der normalen Körperkondition abweicht, in die Geburtsphase eintreten können, um das Risiko für Dystokien zu reduzieren. Für eine adäquate Geburtsüberwachung und Geburtshilfe sollte gut ausgebildetes Personal zur Verfügung stehen.

6 Summary

The aim of this study was to examine to which extent operational management in larger dairy farms under current conditions are related to calf losses. The first research question was to identify operational management factors in the area of calf rearing that are related to with calf losses within the first six months of life. The second research question focused on operational factors associated with perinatal calf losses with a special emphasis on the transition phase of dairy cows.

A total of 223 dairy farms in Thuringia with more than 100 dairy cows were offered the opportunity to voluntarily participate in comprehensive health monitoring by the Animal Health Service of the Thuringian Animal Disease Fund. Between March 2017 and March 2018, the 99 farms that agreed to participate in this programme, were visited and, using a detailed questionnaire, the farmer or the herd managers were asked about general farm, husbandry, hygiene and supply management and, in particular, about the health status of the calves, prophylactic measures, calving management and the care of dry cows.

The farm calf mortality rates were determined using the German database for animal movement and identification. The data on stillbirths was collected using the information provided by the farm in the context of milk performance tests. To identify univariate relationships between the variables examined and the calf loss rate, a one-factor analysis of variance was performed, and variables with a p -value < 0.1 were included in the multivariate analysis using a linear mixed model. For the analysis of the stillbirth rate, 22 variables were selected for analysis based on biological reasoning.

The calf mortality rate at the farms surveyed ranged from 0.0% to 37.2%, with an average of 7.3% (median 5.9%). It was higher on farms that reported increased dust exposure as the cause of lung disease in calves compared to farms that suspected other causes of lung disease ($p = 0.009$). Farms with a higher estimated incidence of calf diarrhoea had a higher calf loss rate compared to farms with lower estimates ($p = 0.002$). Calf mortality was lower on farms where colostrum was fed to calves from their own mothers compared to farms where colostrum was not fed to calves from their own mothers ($p = 0.008$). Farms that replaced the teat of the bucket feeder only after significant wear had occurred had higher calf losses compared to farms that replaced it earlier ($p = 0.005$).

The stillbirth rate ranged from 0.0% to 15.0% and averaged 7.0%. Farms where the body condition of dry cows was assessed as 'thin' or 'fat' overall had higher stillbirth rates compared

to farms with normal body condition of dry cows. Farms that reported having to provide obstetric assistance in > 20% of births had a higher TGR compared to farms with fewer obstetric interventions ($p = 0.037$). Farms with special birth monitoring for heifers had a higher stillbirth rate compared to farms without such monitoring ($p = 0.012$).

In conclusion, calf health remains a challenge in dairy farming. In particular, the high variance between operations in calf loss rates and stillbirth rates confirms the assumption that differences in farm management may influence calf mortality through relevant risk factors. Factors influencing hygiene, feeding, dry cow and birth management were identified, which should be taken into account during veterinary consultations on farms. Dust as an indicator of the barn climate can be helpful in assessing the risk of lung disease in calves. In particular, the feeding of colostrum from the own dam to calves can significantly reduce calf losses. As this is not yet common practice on many farms, colostrum management should be reviewed and changed, especially on farms with increased calf losses. Objective assessment of the body condition of close-up cows should become standard practice on the farm so that the majority of those cows can enter the calving phase with a BCS that does not deviate too much from normal body condition in order to reduce the risk of dystocia. Well-trained personnel should be available to provide adequate birth monitoring and obstetric care.

7 Literaturverzeichnis

- 1 Jiang W, Wang J, Li S, Liu S, Zhuang Y, Li S, Wang W, Wang Y, Yang H, Shao W, Cao Z. Effects of preweaning calf daily gain and feed intake on first-lactation performance: A meta-analysis. *J Dairy Sci.* 2025 May;108(5):4863-4877. doi: 10.3168/jds.2024-25742. Epub 2025 Feb 11. PMID: 39947610.
- 2 Rostoll-Cangiano L, Cid de la Paz M, Pierre JF. Beyond immunoglobulin G: Dissecting the role of colostrum in programming early immune function in calves. *JDS Commun.* 2025 Mar 3;6(3):474-478. doi: 10.3168/jdsc.2024-0733. PMID: 40458170; PMCID: PMC12126772.
- 3 Tautenhahn A. Risk factors for increased calf mortality and low daily weight gain of rearing calves in north-east German dairy cow farms [dissertation]. Berlin: Free University; 2017.
- 4 Nor NM, Steeneveld W, Mourits MCM, Hogeveen H. Estimating the costs of rearing young dairy cattle in the Netherlands using a simulation model that accounts for uncertainty related to diseases. *Preventive Veterinary Medicine.* 2012; 106(3-4): 214-224; doi:10.1016/j.prevetmed.2012.03.004.
- 5 Fröhner A, Reiter K. Causes of calf losses in dairy cattle and possibilities for reduction: Literature study for a research project; Duration: 2006-2008. LfL. Publication series of the Bavarian State Research Centre for Agriculture 2005; ISSN 1611-4159. https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/p_19795.pdf.
- 6 Tautenhahn A, Merle R, Müller KE. Factors associated with calf mortality and poor growth of dairy heifer calves in northeast Germany. *Preventive Veterinary Medicine.* 2020 Nov;184:105154. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105154>.
- 7 Kirkwood JK, Hubrecht R. Animal Consciousness, Cognition and Welfare. *Animal welfare* 2001;10(1): 5-17; doi:10.1016/S0168-1591(02)00028-X.
- 8 Ohl F, Van der Staay FJ. Animal welfare: At the interface between science and society. *The Veterinary Journal* 2012;192(1):13-19; doi:10.1016/j.tvjl.2011.05.019.
- 9 Spooner JM, Schuppli CA, Fraser D. Attitudes of Canadian citizens toward farm animal welfare: A qualitative study. *Livestock Science* 2014;163:150-158. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.02.011>.

- 10 Weary DM, Von Keyserlingk MAG. Public concerns about dairy-cow welfare: how should the industry respond? *Animal Production Science* 2017;57(7):1201-1209. <https://dx.doi.org/10.1071/AN16680>.
- 11 Beaver A, Proudfoot KL, von Keyserlingk MAG. Symposium review: Considerations for the future of dairy cattle housing: An animal welfare perspective. *Journal of dairy science* 2020;103(6):5746-5758; doi:10.3168/jds.2019-17804.
- 12 European Commission. Attitudes of Europeans towards Animal Welfare, Special Eurobarometer 442, 2016; http://www.izs.it/IZS/Engine/RAServeFile.php/f/pdf_vari_grafica_/Attitudes_of_Europeans_towards_Animal_Welfare.pdf.
- 13 Mee JF. Why do so many calves die on modern dairy farms and what can we do about calf welfare in the future? *Animals* 2013; 3: 1036–1057.
- 14 Hopp W, Kirschner T, Kunert J. Early calf losses on dairy cow and suckler cow farms - survey and comparison. *Veterinary Review* 2019;74:288-291.
- 15 Kovács L, Kézér F, Szenci O. Effect of calving process on the outcomes of delivery and postpartum health of dairy cows with unassisted and assisted calvings. *J Dairy Sci* 2016; 99: 7568–7573.
- 16 Strapáková E, Candrák J, Strapák P. Analysis of Calving Ease and Stillbirth and Their Impact on the Length of Functional Productive Life in Slovak Holstein Cattle. *Animals* 2023; 13: 1496.
- 17 Cuttance E, Laven R. Perinatal mortality risk factors in dairy calves. *Vet J* 2019; 253: 105394.
- 18 Sedó SU, Winder C, Renaud D. Graduate Student Literature Review: The problem of calf mortality on dairy farms. *J Dairy Sci* 2023; 106: 7164–7176.
- 19 Mahnani A, Sadeghi-Sefidmazgi A, Keshavarzi H. Performance and financial consequences of stillbirth in Holstein dairy cattle. *animal* 2018; 12: 617–623.
- 20 Hinrichs D, Bennewitz J, Wellmann R et al. Estimation of ancestral inbreeding effects on stillbirth, calving ease and birthweight in German Holstein dairy cattle. *J Anim Breed Genet* 2015; 132: 59–67.

- 21 Roffeis M, Krehl I. Ursachen und Folgen von Geburtsproblemen bei Milchkühen. Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurordnung (LELF) Brandenburg 2011.
- 22 Maschurek N, Pieper L, Staufenbiel R. Einflussfaktoren auf die Totgeburtenrate bei primi- und multiparen Holstein Friesian Milchkühen. In, 41 Leipziger Fortbildungsveranstaltung Labordiagnostik in der Bestandsbetreuung. Leipzig: Manfred Füll; 2016.
- 23 Oezcan-Martz A, Schären M, Waurich B et al. Totgeburten bei Milchkühen in brandenburgischen Milchviehbestrieben und die Auswertung von Risikofaktoren sowie deren Einfluss auf die Wiederkalberate. In DVG-Rindertagung. Berlin; 2019.
- 24 Gundelach Y, Essmeyer K, Teltscher M et al. Risk factors for perinatal mortality in dairy cattle: Cow and foetal factors, calving process. *Theriogenology* 2009; 71: 901–909.
- 25 Hoedemaker M, Ruddat I, Teltscher MK et al. Influence of animal, herd and management factors on perinatal mortality in dairy cattle – a survey in Thuringia, Germany. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr* 2010; 123: 130–136.
- 26 Teltscher MK. Analyse möglicher Ursachen von Totgeburten in MLP-Milchviehbetrieben anhand Kriterien des Betriebsmanagements: eine statistische Erhebung in Thüringen: Hannover. Tierärztliche Hochsch., Diss. 2006.
- 27 Hoedemaker, M. (2000): Sterblichkeit, perinatale. In: E. Wiesner u. R. Ribbeck (Hrsg.): *Lexikon der Veterinärmedizin*, 4, Aufl., Enke im Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart, 1387.
- 28 Chassagne M, Barnouin J, Chacornac J-P. Risk factors for stillbirth in Holstein heifers under field conditions in France: a prospective survey. *Theriogenology* 1999; 51: 1477–1488.
- 29 Essmeyer K. Aufklärung der Ursachen einer erhöhten Häufigkeit von Totgeburten in einem Milchviehbetrieb [Dissertation], Tierärztliche Hochschule Hannover: 2006; https://elib.tiho-hannover.de/servlets/MCRFileNodeServlet/etd_derivate_00002145/essmeyerk_ss06.pdf.
- 30 Gulliksen SM, Lie KI, Løken T, Osterås O. Calf mortality in Norwegian dairy herds. *Journal of Dairy Science* 2009;92(6):2782-2795; doi:10.3168/jds.2008-1807.

- 31 Windeyer MC, Leslie KE, Godden SM, Hodgins DC, Lissemore KD, LeBlanc SJ. Factors associated with morbidity, mortality, and growth of dairy heifer calves up to 3 months of age. *Prev Vet Med.* 2014;113:231–40. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2013.10.019>.
- 32 Urie NJ, Lombard JE, Shivley CB, Koprak CA, Adams AE, Earleywine TJ, et al. Pre weaned heifer management on US dairy operations: Part V. factors associated with morbidity and mortality in preweaned dairy heifer calves. *J Dairy Sci.* 2018;101:9229–44. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14019>.
- 33 Santman-Berends IMGA, Schukken YH, van Schaik G. Quantifying calf mortality on dairy farms: Challenges and solutions. *J Dairy Sci.* 2019 Jul;102(7):6404-6417. doi: 10.3168/jds.2019-16381. Epub 2019 May 2. PMID: 31056325.
- 34 Harms J. Causes of high calf losses in the reference farms of the Mecklenburg-Vorpommern State Research Centre. 2002; http://www.landwirtschaft.mv.de/static/LFA/Dateien/LFA%20Fachinformation%20Agrarökonomie%20Archiv%20TP_02_Kaelberverluste.pdf.
- 35 Zitzmann R, Pfeffer M, Söllner-Donat S, Donat K. Risk factors for calf mortality influence the occurrence of antibodies against the pathogens of enzootic bronchopneumonia. *Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere.* 2019;47:151–65.
- 36 Söllner-Donat S, editor. Animal welfare indicator calf loss - What is the situation in Thuringia. the 13th Thuringian Veterinary Day; 2018 7–8 Sept 2018; Weimar.
- 37 Kaske M., Kunz H.J. Gesundheits- und Handlungsmanagement in der Kälberaufzucht, *Nutztierpraxis aktuell* : 2019 ; [Management-in-der-Kaelberaufzucht-1.pdf](https://milchland.de/wp-content/uploads/2019/09/Management-in-der-Kaelberaufzucht-1.pdf); <https://milchland.de/wp-content/uploads/2019/09/Management-in-der-Kaelberaufzucht-1.pdf>.
- 38 Verordnung zum Schutz gegen die Verschleppung von Tierseuchen im Viehverkehr (Viehverkehrsverordnung - ViehVerkV); https://www.gesetze-im-internet.de/viehverk_v_2007/BJNR127400007.html.
- 39 Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w.V. (VIT); <https://www.vit.de/>.
- 40 Cuttance E, Laven R. Estimation of perinatal mortality in dairy calves: A review. *Vet J.* 2019 Oct;252:105356. doi: 10.1016/j.tvjl.2019.105356. Epub 2019 Aug 16. PMID: 31554595.

- 41 Klein-Jöbstl D, Arnholdt T, Sturmlechner F, Iwersen M, Drillich M. Results of an online questionnaire to survey calf management practices on dairy cattle breeding farms in Austria and to estimate differences in disease incidences depending on farm structure and management practices. *Acta Vet Scand.* 2015;57:44. <https://doi.org/10.1186/s13028-015-0134-y>.
- 42 Lance SE, Miller GY, Hancock DD, Bartlett PC, Heider LE, Moeschberger ML. Effects of environment and management on mortality in preweaned dairy calves. *J Am Vet Med Assoc.* 1992;201:1197–202.
- 43 Reimus K, Alvåsen K, Emanuelson U, Viltrop A, Mõtus K. Herd-level risk factors for cow and calf on-farm mortality in Estonian dairy herds. *Acta Vet Scand.* 2020;62:15. <https://doi.org/10.1186/s13028-020-0513-x>.
- 44 Shahid MQ, Reneau JK, Chester-Jones H, Chebel RC, Endres MI. Cow- and herd-level risk factors for on-farm mortality in Midwest US dairy herds. *J Dairy Sci.* 2015;98:4401–13. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8513>.
- 45 Raboisson D, Cahuzac E, Sans P, Allaire G. Herd-level and contextual factors influencing dairy cow mortality in France in 2005 and 2006. *J Dairy Sci.* 2011;94:1790–803. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3634>.
- 46 Martin SW, Schwabe CW, Franti CE. Dairy calf mortality rate: influence of management and housing factors on calf mortality rate in Tulare County, California. *Am J Vet Res.* 1975;36:1111–4.
- 47 Zablotzki Y, Voigt K, Hoedemaker M, Müller KE, Kellermann L, Arndt H, Volkmann M, Dachrodt L, Stock A. Perinatal mortality in German dairy cattle: Unveiling the importance of cow-level risk factors and their interactions using a multifaceted modelling approach. *PLoS One.* 2024 Apr 17;19(4):e0302004. doi: 10.1371/journal.pone.0302004. PMID: 38630747; PMCID: PMC11023303.
- 48 Vaarst M, Sørensen JT. Danish dairy farmers' perceptions and attitudes related to calf-management in situations of high versus no calf mortality. *Prev Vet Med.* 2009;89:128–33. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2009.02.015>.
- 49 Hoedemaker M. Reduction of rearing losses on dairy farms in Lower Saxony - Final report. 2018; [https://milchland.de/wp-content/uploads/2019/09/ Abschlussbericht_Verminderung-von-Aufzuchtverlusten-in-nds.-Milchviehbetrieben.pdf](https://milchland.de/wp-content/uploads/2019/09/Abschlussbericht_Verminderung-von-Aufzuchtverlusten-in-nds.-Milchviehbetrieben.pdf)

- 50 Perrot F, Joulié A, Herry V, Raboisson D, Herman N. Evaluation of risk factors of omphalitis in newborn beef calves with indoor housing. *Prev Vet Med.* 2024 Jun;227:106191. doi: 10.1016/j.prevetmed.2024.106191. Epub 2024 Apr 3. PMID: 38581771.
- 51 Trzebiatowski L, Wehrle F, Freick M, Donat K, Wehrend A. Prenatal Factors Influencing Calf Morbidity and Mortality in Dairy Cattle: A Systematic Review of the Literature (2000-2024). *Animals (Basel).* 2025 Jun 16;15(12):1772. doi: 10.3390/ani15121772. PMID: 40564326; PMCID: PMC12189275.
- 52 Trifković J, Jovanović L, Đurić M, Stevanović-Đorđević S, Milanović S, Lazarević M, Sladojević Ž, Kirovski D. Influence of different seasons during late gestation on Holstein cows' colostrum and postnatal adaptive capability of their calves. *Int. J. Biometeorol.* 2018;62:1097–1108. doi: 10.1007/s00484-018-1514-6.
- 53 Davidson BD, Dado-Senn B, Ouellet V, Dahl GE, Laporta J. Effect of late-gestation heat stress in nulliparous heifers on postnatal growth, passive transfer of immunoglobulin G, and thermoregulation of their calves. *JDS Commun.* 2021;2:165–169. doi: 10.3168/jdsc.2020-0069.
- 54 Kara H, Güven M. Evaluation of colostrum quality and passive transfer immunity in terms of heat stress and disease incidence in Holstein cattle in Central Anatolia. *Ankara Univ. Vet. Fak.* 2024;71:481–486. doi: 10.33988/auvfd.1346189.
- 55 Mellado M, Arroyo N, García JE, Arias N, Macías-Cruz U, Mellado J. Climatic and calf-related risk factors associated with failure of transfer of passive immunity in Holstein calves in a hot environment. *Trop. Anim. Health Prod.* 2024;56:57. doi: 10.1007/s11250-024-03900-8.
- 56 García R, González MR. Analysis of critical periods in the feeding of pregnant Holstein cows and their influence on calf performance. Technical note. *Cuban J. Agric. Sci.* 2003;37:365–367. https://www.researchgate.net/profile/R-Lopez/publication/293097176_Analysis_of_critical_periods_in_the_feeding_of_pregnant_Holstein_cows_and_their_influence_on_calf_performance_Technical_note/links/5706999308aea3d280211916/Analysis-of-critical-periods-in
- 57 Mee JF, Sánchez-Miguel C, Doherty M. Influence of modifiable risk factors on the incidence of stillbirth/perinatal mortality in dairy cattle. *Vet J* 2014; 199: 19–23.

- 58 Mee JF, Grant J, Sánchez-Miguel C et al. Pre-calving and calving management practices in dairy herds with a history of high or low bovine perinatal mortality. *Animals* 2013; 3: 866–881.
- 59 Choukeir AI, Kovács L, Szelényi Z et al. Effect of monitoring the onset of calving by a calving alarm thermometer on the prevalence of dystocia, stillbirth, retained fetal membranes and clinical metritis in a Hungarian dairy farm. *Theriogenology* 2020; 145: 144–148.
- 60 Lombard J, Garry F, Tomlinson S et al. Impacts of dystocia on health and survival of dairy calves. *J Dairy Sci* 2007; 90: 1751–1760.
- 61 Godden SM, Lombard JE, Woolums AR. Colostrum management for dairy calves. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2019;35:535–56. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.07.005>.
- 62 Immler M, Büttner K, Gärtner T, Wehrend A, Donat K. Maternal impact on serum immunoglobulin and total protein concentration in dairy calves. *Anim (Basel)*. 2022;12. <https://doi.org/10.3390/ani12060755>.
- 63 Demattio L, Wehrend A. [Occurrence and importance of colostral leukocytes]. *Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere*. 2020;48:35–44. <https://doi.org/10.1055/a-1067-3980>.
- 64 Lombard J, Urie N, Garry F, Godden S, Quigley J, Earleywine T, et al. Consensus recommendations on calf- and herd-level passive immunity in dairy calves in the United States. *J Dairy Sci*. 2020;103:7611–24. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17955>.
- 65 Otten ND, Skarbye AP, Krogh MA, Michelsen AM, Nielsen LR. Monitoring bovine dairy calf health and related risk factors in the first three months of rearing. *Acta Vet Scand*. 2023;65:45. <https://doi.org/10.1186/s13028-023-00708-8>.
- 66 Weaver DM, Tyler JW, VanMetre DC, Hostetler DE, Barrington GM. Passive transfer of colostral immunoglobulins in calves. *J Vet Intern Med*. 2000;14:569–77. [https://doi.org/10.1892/0891-6640\(2000\)0142.3.co;2](https://doi.org/10.1892/0891-6640(2000)0142.3.co;2).
- 67 Schneider F, Wehrend A. Quality Assessment of bovine and Equine Colostrum - an overview. *Schweiz Arch Tierheilkd*. 2019;161:287–97. <https://doi.org/10.17236/sat00205>.
- 68 Immler M, Failing K, Gärtner T, Wehrend A, Donat K. Associations between the metabolic status of the cow and colostrum quality as determined by Brix refractometry. *J Dairy Sci*. 2021;104:10131–42. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19812>.

- 69 Dachrodt L, Arndt H, Bartel A, Kellermann LM, Tautenhahn A, Volkmann M, Birnstiel K, Do Duc P, Hentzsch A, Jensen KC, Klawitter M, Paul P, Stoll A, Woudstra S, Zuz P, Knubben G, Metzner M, Müller KE, Merle R, Hoedemaker M. Prevalence of disorders in preweaned dairy calves from 731 dairies in Germany: A cross-sectional study. *J Dairy Sci.* 2021 Aug;104(8):9037-9051. doi: 10.3168/jds.2021-20283. Epub 2021 May 10. PMID: 33985777.
- 70 Abuelo A, Cullens F, Brester JL. Effect of preweaning disease on the reproductive performance and first-lactation milk production of heifers in a large dairy herd. *J Dairy Sci.* 2021 Jun;104(6):7008-7017. doi: 10.3168/jds.2020-19791. Epub 2021 Mar 6. PMID: 33685674.
- 71 Rostoll-Cangiano, L. et al., Beyond immunoglobulin G: Dissecting the role of colostrum in programming early immune function in calves *JDS Communications*, Volume 6, Issue 3, 474 – 478, May 2025; <https://doi.org/10.3168/jdsc.2024-0733>.
- 72 Fischer AJ, Malmuthuge N, Guan LL, Steele MA. Short communication: The effect of heat treatment of bovine colostrum on the concentration of oligosaccharides in colostrum and in the intestine of neonatal male Holstein calves. *J Dairy Sci.* 2018 Jan;101(1):401-407. doi: 10.3168/jds.2017-13533. Epub 2017 Nov 6. PMID: 29102133.
- 73 Lorenz I. Calf health from birth to weaning - an update. *Ir Vet J.* 2021;74:5. <https://doi.org/10.1186/s13620-021-00185-3>.
- 74 Bicalho R, Galvão K, Warnick L et al. Stillbirth parturition reduces milk production in Holstein cows. *Prev Vet Med* 2008; 84: 112–120.
- 75 Hoedemaker M, Prange D, Gundelach Y. Body condition change ante-and postpartum, health and reproductive performance in German Holstein cows. *Reprod Domest Anim* 2009; 44: 167–173.
- 76 Szenci O, Abdelmegeid MK, Solymosi N et al. Prediction of stillbirth in Holstein-Friesian dairy cattle by measuring metabolic and endocrine parameters during the periparturient period. *Reprod Domest Anim* 2018; 53: 1434–1441.
- 77 Szelényi Z, Györi D, Boldizsár S et al. Pregnancy and stillbirth losses in dairy cows with singleton and twin pregnancies. *Acta Vet Hung* 2019; 67: 115–126.
- 78 Developments on the German milk market. - an overview [Entwicklungen am deutschen Milchmarkt – ein Überblick]. Federal Ministry of Food and Agriculture. 2021 [cited 10 Oct

- 2024]. <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/agrarmaerkte/entwicklungenmilchmarkt-de.html>.
- 79 Destatis FSO. Agriculture and forestry Livestock and animal production. 2018; https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Tiere-Tierische-Erzeugung/Publikationen/Downloads-Tiere-und-tierische-Erzeugung/viehbestand-tierische-erzeugung-2030400177004.pdf?_blob=publicationFile. [Accessed 28 Sept 2023].
- 80 Gärtner T, Gernand E, Gottschalk J et al. Relationships between body condition, body condition loss, and serum metabolites during the transition period in primiparous and multiparous cows. *J Dairy Sci* 2019; 102: 9187–9199. DOI: 10.3168/jds.2018–15762.
- 81 Falkenberg U, Krömker V, Konow M, Flor J, Sanftleben P, Losand B. Management of calves in commercial dairy farms in Mecklenburg-Western Pomerania, Germany and its impact on calf mortality and prevalence of rotavirus and *Cryptosporidium parvum* infections in pre-weaned calves. *Vet Anim Sci*. 2022;16:100243. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2022.100243>.
- 82 Richter T, Karrer M. Principles of livestock husbandry. Richter T. Causes of disease in husbandry: Assessment of livestock housing - A veterinary guide. 1st ed. Stuttgart: Enke; 2006.
- 83 van Leenen K, Jouret J, Demeyer P, Van Driessche L, De Cremer L, Masmeijer C, et al. Associations of barn air quality parameters with ultrasonographic lung lesions, airway inflammation and infection in group-housed calves. *Prev Vet Med*. 2020;181:105056. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105056>.
- 84 Pirie RS, Collie DD, Dixon PM, McGorum BC. Inhaled endotoxin and organic dust particulates have synergistic proinflammatory effects in equine heaves (organic dust-induced asthma). *Clin Exp Allergy*. 2003;33:676–83. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2222.2003.01640.x>.
- 85 Cambra-López M, Aarnink AJ, Zhao Y, Calvet S, Torres AG. Airborne particulate matter from livestock production systems: a review of an air pollution problem. *Environ Pollut*. 2010;158:1–17. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.07.011>.

- 86 Lago A, McGuirk SM, Bennett TB, Cook NB, Nordlund KV. Calf respiratory disease and pen microenvironments in naturally ventilated calf barns in winter. *J Dairy Sci.* 2006;89:4014–25. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72445-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72445-6).
- 87 Hillman P, Gebremedhin K, Warner R. Ventilation system to minimize airborne bacteria, dust, humidity, and ammonia in calf nurseries. *J Dairy Sci.* 1992;75:1305–12. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77881-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77881-3).
- 88 Bonizzi S, Gislón G, Brasca M, Morandi S, Sandrucci A, Zucali M. Air Quality, Management practices and calf health in Italian dairy cattle farms. *Anim (Basel).* 2022;12. <https://doi.org/10.3390/ani12172286>.
- 89 Klaus GG, Bennett A, Jones EW. A quantitative study of the transfer of colostral immunoglobulins to the newborn calf. *Immunology.* 1969;16:293–9.
- 90 Kessler EC, Bruckmaier RM, Gross JJ. Colostrum composition and immunoglobulin G content in dairy and dual-purpose cattle breeds. *J Anim Sci.* 2020;98. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa237>.
- 91 Morin DE, Nelson SV, Reid ED, Nagy DW, Dahl GE, Constable PD. Effect of colostral volume, interval between calving and first milking, and photo period on colostral IgG concentrations in dairy cows. *J Am Vet Med Assoc.* 2010;237:420–8. <https://doi.org/10.2460/javma.237.4.420>.
- 92 Nielsen SS, Toft N. Effect of management practices on paratuberculosis prevalence in Danish dairy herds. *J Dairy Sci.* 2011;94:1849–57. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3817>.
- 93 Santman-Berends IMGA, Nijhoving GH, van Wuijckhuise L, Muskens J, Bos I, & van Schaik G (2021). Evaluation of the association between the introduction of data-driven tools to support calf rearing and reduced calf mortality in dairy herds in the Netherlands. *Preventive veterinary medicine*, 191, 105344. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2021.105344>.
- 94 Biemann V, Gillan J, Perkins NR, Skidmore AL, Godden S, Leslie KE. An evaluation of Brix refractometry instruments for measurement of colostrum quality in dairy cattle. *J Dairy Sci.* 2010;93:3713–21. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2943>.
- 95 Johnsen JF, Sørby J, Mejdell CM, Sogstad ÅM, Nødtvedt A, Holmøy IH. Indirect quantification of IgG using a digital refractometer, and factors associated with colostrum

- quality in Norwegian red cattle. *Acta Vet Scand.* 2019;61:59. <https://doi.org/10.1186/s13028-019-0494-9>.
- 96 Bandrick M, Ariza-Nieto C, Baidoo SK, Molitor TW. Colostral antibody-mediated and cell-mediated immunity contributes to innate and antigen-specific immunity in piglets. *Dev Comp Immunol.* 2014;43:114–20. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2013.11.005>.
- 97 Langel SN, Wark WA, Garst SN, James RE, McGilliard ML, Petersson-Wolfe CS, et al. Effect of feeding whole compared with cell-free colostrum on calf immune status: vaccination response. *J Dairy Sci.* 2016;99:3979–94. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9892>.
- 98 Ganz S, Failing K, Hassan AA, Bülte M, Wehrend A. Influence of first colostrum pasteurization on serum immunoglobulin G, iron, and activity of gamma glutamyltransferase in newborn dairy calves. *Vet World.* 2021;14:2267–72. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.2267-2272>.
- 99 Godden S. Colostrum management for dairy calves. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2008;24:19–39. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.10.005>.
- 100 Heinemann C, Leubner CD, Hayer JJ, Steinhoff-Wagner J. Hygiene management in newborn individually housed dairy calves focusing on housing and feeding practices. *J Anim Sci.* 2021;99. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa391>.
- 101 Haggerty A, Mason C, Ellis K, Denholm K. Risk factors for poor colostrum quality and failure of passive transfer in Scottish dairy calves. *J Dairy Res.* 2021;88:337–42. <https://doi.org/10.1017/s0022029921000686>.
- 102 Morrill KM, Conrad E, Lago A, Campbell J, Quigley J, Tyler H. Nationwide evaluation of quality and composition of colostrum on dairy farms in the United States. *J Dairy Sci.* 2012;95:3997–4005. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5174>.
- 103 McGuirk SM, Collins M. Managing the production, storage, and delivery of colostrum. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2004;20:593–603. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2004.06.005>.
- 104 Renaud DL, Kelton DF, LeBlanc SJ, Haley DB, Jalbert AB, Duffield TF. Validation of commercial luminometry swabs for total bacteria and coliform counts in colostrum-feeding equipment. *J Dairy Sci.* 2017;100:9459–65. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13228>.

- 105 Gosling R. A review of cleaning and disinfection studies in farming environments. *Livestock*. 2018;23:232–7.
- 106 Sherlock O, O’Connell N, Creamer E, Humphreys H. Is it really clean? An evaluation of the efficacy of four methods for determining hospital cleanliness. *J Hosp Infect*. 2009;72:140–6. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2009.02.013>.
- 107 Villettaz Robichaud M, Pearl DL, Godden SM, LeBlanc SJ, Haley DB. Systematic early obstetrical assistance at calving: I. effects on dairy calf stillbirth, vigor, and passive immunity transfer. *J Dairy Sci*. 2017;100:691–702. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11213>.
- 108 K. Donat und W. Siebert (2008): Durchfall, Pneumonie & Co. Untersuchungen zur Kälbergesundheit in 150 Thüringer Milchviehbetrieben. Vortagsband Nutztiere (international), Schwein, Rind, Praxisführung zum bpt-Kongress 2008, 13.-16. November 2008, Hannover, Frankfurt/M.: bpt Akademie GmbH (Hrsg.), 2008 (ISBN 8978-3-937266-22-0), S. 105-111.

8 Danksagung

In erster Linie möchte ich mich recht herzlich bei Herrn apl. Prof. Dr. Kasten Donat bedanken. Durch seine intensive Unterstützung, insbesondere bei der Erstellung der wissenschaftlichen Artikel, dem regelmäßigen Korrekturlesen, den kompetenten Beratungen und Anregungen, wurde mir die Möglichkeit zu dieser Dissertation gegeben. Dafür bin ich sehr dankbar und schätze das mir damit entgegengebrachte Vertrauen sehr! Mein Dank gilt auch Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. Axel Wehrend, der sich dafür bereit erklärt hat, diese Dissertation unterstützend zu begleiten und v.a. bei der Ausarbeitung der wissenschaftlichen Artikel mit Rat und Tat zur Seite stand.

Des Weiteren möchte ich mich recht herzlich bei Dr. Anne Klassen für die umfangreiche Datenverarbeitung und statistischen Modellberechnungen bedanken. Ihre kompetente Unterstützung war essenziell für die wissenschaftliche Auswertung der erhobenen Daten. Ich danke dir auch für deine Geduld bei den Erläuterungen zu den statistischen Berechnungen, die für mich sehr wichtig waren. Mein Dank gilt auch Dr. Stefanie Söllner-Donat und dem tierärztlichen Team der Tierseuchenkasse Jena für die umfangreichen Betriebsbesuche und die Erhebung der betriebsbezogenen Daten, welche die Basis dieser wissenschaftlichen Studie bilden und sicherlich sehr viel Mühe und Zeit in Anspruch genommen haben. Vielen Dank auch an alle landwirtschaftlichen Betriebe, die sich bereit erklärt hatten, an dieser Studie teilzunehmen.

Besondere Dankbarkeit möchte ich meiner ehemaligen Arbeitgeberin und lieben Kollegin Frau Marei Schönfeld aussprechen. Sie hat mir durch Ermutigung und Eigeninitiative den Weg für diese Arbeit eröffnet und mir auch in den Anfangsphasen für die Erarbeitung der wissenschaftlichen Artikel die nötige Zeit zur Verfügung gestellt. Ich bin dir für deine emotionale und fachliche Unterstützung sehr dankbar!

Ganz großer Dank gilt meiner Familie, vor allem meinem Mann Alexander, der mir ganz selbstverständlich und in allen Lebenslagen den Rücken frei hält, damit ich mich u.a. dieser Arbeit widmen konnte. Ich bin dir unendlich dankbar für alles, was du mir durch deine Unterstützung ermöglichst! Auch meinen Kindern Erik, Nils und Jan danke ich für euer Verständnis und die Bereitschaft, mir Zeit für diese Arbeit zu gewähren. Ihr alle seid mein größtes Glück! Ich möchte mich auch bei meiner Mutter bedanken, die mich ebenfalls auf emotionaler Ebene während der Durchführung dieser Arbeit motiviert hat. Danke auch dafür, dass du mich auf diesem Weg in meinem Leben begleitest!

9 Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Dissertation selbstständig und nur mit Hilfe der angegebenen Personen verfasst habe. Alle wörtlichen oder sinngemäßen Formulierungen anderer Autoren aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften wurden als solche kenntlich gemacht. Bei der Erstellung der veröffentlichten Publikationen sowie dieser Dissertation wurden die Grundsätze sowie die „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ eingehalten.

Rosenthal am Rennsteig, der 30.01.2026

Steffi Keller