

Aus dem Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der
Veterinärmedizin

Veterinärmedizinische Universität Wien

Universitätsklinik für Wiederkäuer

(Leiter: Univ. Prof. Dr. med. vet. Thomas Wittek, Dipl. ECBHM)

**Überprüfung der Auswirkungen einer krafftutterreichen
Fütterung bei Erstlingskühen auf die Klauengesundheit in
der Frühlaktation sowie bis zum Ende
der 305-Tage-Laktationsdauer**

Diplomarbeit

Zur Erlangung des akademischen Grades
MAGISTER MEDICINAE VETERINARIAE
der Veterinärmedizinischen Universität Wien

vorgelegt von

Michael Höfler

Wien im Juli 2022

Betreuer:

A. Univ. Prof. Dr. Johann KOFLER, Dipl. ECBHM

Universitätsklinik für Wiederkäuer

Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der Veterinärmedizin

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Fragestellung.....	1
2. Literaturübersicht.....	3
2.1. Lahmheit.....	3
2.2. Klauenrehe	3
2.2.1. Akute Klauenrehe	5
2.2.2. Subakute Klauenrehe	6
2.2.3. Subklinische Klauenrehe	6
2.2.4. Chronische Klauenrehe	7
2.3. Ätiologie der Klauenrehe.....	7
2.3.1. Einfluss der Fütterung auf die Klauengesundheit	9
2.3.1.1. Kohlenhydrate	9
2.3.1.2. Protein	10
2.3.1.3. Biotin.....	11
3. Material und Methoden	12
3.1. Tiere und Versuchsaufbau	12
3.2. Stall	12
3.3. Fütterung	13
3.3.1. Rationszusammensetzung.....	14
3.4. Messung des intraruminalen pH-Wertes	15
3.5. Gangbildbeurteilung.....	15
3.6. Klauenpflege und Dokumentation der Klauenbefunde	16
3.7. Statistische Auswertung.....	16
4. Ergebnisse.....	18
4.1. Intraruminale pH – Werte	18
4.2. Gangbildbeurteilung.....	19
4.3. Klauenerkrankungen.....	21
4.4. Cow-Claw-Score.....	23
4.5. Signifikanzanalyse der Klauenerkrankungen sowie des CCS zwischen den Gruppen zu den einzelnen Klauenpfegeterminen.....	23
4.6. Signifikanzanalyse der Klauenerkrankungen sowie des CCS zwischen den Klauenpflegezeitpunkten innerhalb der SARA-Gruppen.....	28
4.7. Grafische Darstellung der CCS-Werte	33

4.8. Festgestellte Lahmheitsursachen während der Versuchsdauer	35
5. Diskussion	36
5.1. Versuchsaufbau und Rationsgestaltung.....	36
5.2. Gangbildbeurteilung.....	38
5.3. Diagnostizierte Klauenerkrankungen	38
6. Zusammenfassung	43
7. Summary	45
8. Abkürzungsverzeichnis	47
9. Literaturverzeichnis.....	48
10. Abbildungsverzeichnis	55
11. Tabellenverzeichnis	56

1. Einleitung und Fragestellung

Lahmheiten unterschiedlichen Grades treten häufig als Folge von schmerzhaften Klauenerkrankungen bei Milchrindern auf, die das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit der Tiere wesentlich beeinträchtigen (Amory et al. 2006, Mellado et al. 2018). Klauen- und Gliedmaßenkrankungen sind mit 7,5 % die dritthäufigste Abgangsursache in österreichischen Milchviehbetrieben und sind somit für bedeutende wirtschaftliche Verluste verantwortlich (Zuchtdata 2020). Neben dem vorzeitigem Ausscheiden der Kühe aus der Herde, ist vor allem die niedrigere Milchleistung und verminderte Fruchtbarkeit der betroffenen Kühe für wirtschaftliche Verluste verantwortlich. Zusätzlich fallen Kosten für erhöhten Arbeitsaufwand sowie für die Behandlung an (Fürll 2007, Ózsvári 2017). Die wirtschaftlichen Verluste pro Fall werden mit 100 bis 300€ angegeben (Ózsvári 2017). Österreichische Daten beziffern die Kosten pro lahmer Kuh und Jahr mit 130 bis 600 € (LFI Österreich 2021).

Die moderne Züchtung hat dazu geführt, dass das Leistungspotential der Kühe stark angestiegen ist (Hansen 2000). Daher stehen LandwirtInnen und FütterungsberaterInnen heute vor der großen Aufgabe einerseits den Energiebedarf der Tiere zu decken und andererseits die Pansengesundheit zu erhalten. Diese Rahmenbedingungen führen oft dazu, dass kraftfutterreiche Rationen an Milchviehherden verfüttert werden (Plaizier et al. 2008, Zebeli et al. 2008, Khorrami et al. 2021). Die Fütterung mit hohen Anteilen an Kraftfutter wird mit hohen Lahmheitsinzidenzen in den Herden in Zusammenhang gebracht (Oetzel 2017, Humer et al. 2018a).

Gerade der Wechsel von der hochträchtigen Kalbin zur Milchkuh erfordert enorme Anpassungen der Tiere. Die Tiere werden zum ersten Mal gemolken, müssen weitaus mehr fressen, um den Energiebedarf zu decken und werden zusätzlich oftmals in eine neue Gruppe mit älteren Kühen umgestallt (Olsson et al. 1998). Zusätzlich sind erstlaktierende Kühe meistens nicht an eine Ration gewöhnt, die einen hohen Anteil an rasch fermentierbaren Kohlenhydraten enthält. Die Pansenzotten sind bei hochträchtigen Kalbinnen kürzer und in geringerer Anzahl ausgeprägt und das Mikrobiom hat eine andere Zusammensetzung als bei multiparen Kühen (Penner et al. 2007, Bramley et al. 2008, Humer et al. 2015, Zebeli et al. 2015). Untersuchungen haben gezeigt, dass primipare Kühe bei einer kraftfutterreichen Fütterung einen länger andauernden Abfall des pH-Wertes im

Pansen aufweisen als multipare Kühe (Humer et al. 2015). Dies lässt vermuten, dass das Risiko eine subakute Pansenazidose (SARA) zu entwickeln bei primiparen Kühen höher ist. Vor allem SARA wird eine entscheidende Bedeutung in der Entstehung von Klauenrehe beigemessen. Somit ist die Ernährung der Kühe von großer Bedeutung für die Klauengesundheit (Nocek 1997, Stone 2004, Shaver 2019, Langova et al. 2020).

Die vorliegende Arbeit zur Klauengesundheit stellt eine begleitende Untersuchung zum Projekt „Evaluating the role of natural feed additives on health of primiparous transition cows“ dar, welches vom Institut für Tierernährung unter der Leitung von Prof. Q. Zebeli an der Vetfarm der Veterinärmedizinischen Universität Wien im Jahr 2021 durchgeführt wurde. Im Rahmen dieses Projektes wurde ein Fütterungsversuch an 24 erstlaktierenden Holsteinkühen vorgenommen.

Das Ziel dieser Diplomarbeit ist die Überprüfung der Entwicklung der Klauengesundheit mit Erhebung des Klauengesundheitsstatus vor Beginn der Fütterungsstudie und nach Beendigung der Fütterungsstudie sowie die Überprüfung möglicher Langzeitfolgen für die Klauengesundheit bei Rindern, die im Rahmen dieser Fütterungsstudie eine Pansenazidose zeigten.

Die Hypothese lautet, dass Erstlingskühe mit nachgewiesener SARA) ermittelt durch einen Pansenbolus, welcher intra-ruminal den Pansen pH-Wert kontinuierlich misst, und 30% und mehr SARA-Tage in Relation zur Gesamtdauer des Versuches (70 Tage) hatten, eine schlechtere Klauengesundheit aufweisen als Kühe mit weniger SARA-Tagen (SARA-Gruppen 1 und 2).

2. Literaturübersicht

2.1. Lahmheit

Schmerzhafte Klauenerkrankungen, die daher immer mit Lahmheit einhergehen, auch als Alarmerkrankungen bezeichnet (Kofler et al. 2022), sind aus Sicht des Tierschutzes einer der vordringlichen Problembereiche in der Milchviehhaltung, da sie die Gesundheit und das Wohlergehen der Tiere sehr stark beeinflussen (Randall et al. 2016, Whay und Shearer 2017, Langova et al. 2020). Klauenerkrankungen sind für 70-90 % der diagnostizierten Lahmheitsfälle verantwortlich (Murray et al. 1996), allerdings sind nicht alle Klauenläsionen mit einer klinisch erkennbaren Lahmheit verbunden (Machado et al. 2010, Kofler et al. 2013). Es ist sinnvoll die Klauenerkrankungen in drei Kategorien einzuteilen – infektiöse Klauenerkrankungen, klauenrehe-assoziierte Klauenerkrankungen, die durch übermäßigem Druck (von innen und von außen), sowie Klauenerkrankungen, die infolge zu starken Abriebes verursacht werden (Nordlund et al. 2004, Kofler 2017).

Rehe-assoziierte Klauenerkrankungen, im konkreten Sohlenblutungen, große Doppelsohlen, Sohlengeschwüre, Sohlenspitzeneschwüre, und Weiße-Linie-Defekte (WLD) bzw. Weiße-Linie-Abszesse sind oftmals Ursache einer Lahmheit (Stone 2004). Alarmerkrankungen, die alle Klauengeschwüre an jeder Lokalisation, weiße-Linie-Abszesse, die Zwischenklauenphlegmone, die akute Form der Dermatitis digitalis (DD) und alle DD-assoziierten Klauenhornerkrankungen umfassen, sind immer mit Schmerzen und daher mit Lahmheit verbunden (Kofler et al. 2022).

2.2. Klauenrehe

Klauenrehe (*Pododermatitis aseptica diffusa*) ist eine bedeutende metabolische Erkrankung des Rindes und ist definiert als diffuse aseptische Entzündung der Klauenlederhaut (Bergsten 1994, Ossent et al. 1997). Klauenrehe ist die Folge einer Störung der Mikrozirkulation in der Klauenlederhaut (Vermunt und Greenough 1994, 1996, Greenough 2007), welche durch toxische und vasoaktive Substanzen ausgelöst wird. Es kommt zu Blutgerinnungsstörungen und zum Öffnen von arteriovenösen Shunts in den Klauengefäßen. Folglich wird ein großer Teil des Blutes nicht an die Klauenlederhaut transportiert, sondern nimmt die „Abkürzung“ über arteriovenöse Anastomosen vor diesen Endgefäßen (Ossent und Lischer 1998, Vermunt und Greenough 1994, Nocek 1997). Diese Störung der

Mikrozirkulation führt dazu, dass die Klauenlederhaut unzureichend mit Sauerstoff und wichtigen Nährstoffen versorgt wird (Bergsten 2003, Greenough 2007). Außerdem kommt es durch den erhöhten Blutdruck in den Lederhautkapillaren zu Ödemen in der Lederhaut, da die Gefäße durchlässig werden. Ödeme der Lederhaut führen zu einem Druckanstieg innerhalb der Hornkapsel. Durch den erhöhten Druck wird die Durchblutung der Lederhaut noch weiter eingeschränkt, außerdem ist die Druckerhöhung sehr schmerzhaft (Nocek 1997, Greenough 2007). Die hornproduzierenden und sich teilenden Basalzellen der Epidermis haben höhere Ansprüche an die Sauerstoff- und Nährstoffversorgung als die Zellen der umliegenden Gewebe. Diese Minderperfusion führt zum Verlust der Verbindung zwischen Epidermis und Dermis und mittelfristig zur Bildung von minderwertigem Horn (Bergsten 1994, Ossent und Lischer 1998, Bergsten 2003).

Durch die mechanische Belastung dieser geschwächten Verbindung kommt es zur Loslösung der dermalen-epidermalen Verbindung und das Klauenbein kann im Hornschuh absinken und/oder rotieren (Ossent et al. 1997, Ossent und Lischer 1998, Bergsten 2003, Greenough 2007). Durch das Absinken des Klauenbeins kommt es zur weiteren Schädigung der Lederhaut vor allem im Sohlenbereich, da diese v.a. zwischen dem *Tuberculum flexorium* des Klauenbeines und dem Hornschuh gequetscht wird. Somit kommt es zusätzlich zu umschriebenen Blutungen zu umschriebenen Quetschungen bzw. Nekrosen der Sohlenlederhaut genau unter dem *Tuberculum flexorium* (Nocek 1997, Ossent und Lischer 1998, Bergsten 2003). Das ausgetretene Blut wird in neu produziertes Horn eingebaut und wird sichtbar sobald das Horn bis an die Sohlenoberfläche vorgewachsen ist. Dieser Zeitraum ist somit abhängig von der Sohlendicke und dem Hornwachstum und kann mit ca. 6 – 8 Wochen veranschlagt werden (Kofler 2017). Die Sohlenblutungen treten typischerweise über der klassischen Geschwürlokalisierung (am Übergang vom Sohlen- in das Ballhorn direkt distal des *Tuberculum flexorium* des Klauenbeines), an der abaxialen weißen Linie und im Sohlenspitzenbereich auf (Bergsten 2003, Greenough 2007). Wird die Lederhaut stärker geschädigt, sistiert die Hornproduktion vorübergehend ganz. Zelldetritus und Blut sammeln sich zwischen der Lederhaut und dem Klauenhorn an. Nachdem sich die Lederhaut wieder erholt hat, wächst diese Schicht an die Sohlenoberfläche und wird als Doppelsohle sichtbar (Vermunt und Greenough 1994, Nocek 1997).

Ein Sohlengeschwür entsteht, wenn die Nekrose der Lederhaut so schwerwiegend ist, dass die Hornproduktion über längere Zeit sistiert. Die Lokalisation des Geschwürs hängt davon ab, wo die Lederhaut durch das Absinken des Klauenbeines geschädigt wurde. Vor allem die

Lederhaut unter dem *Tuberculum flexorium* ist bei einem Absinken des Klauenbeins einer großen mechanischen Belastung ausgesetzt, was der Grund dafür ist, dass in diesem Bereich am häufigsten Sohlenblutungen und später Geschwüre entstehen (Ossent et al. 1997, Ossent und Lischer 1998, Greenough 2007). Außerdem kommt es durch die Trennung der epidermalen-dermalen Verbindung zu einer Verbreiterung der weißen Linie. Es sammelt sich Blut, Zelldetritus und Flüssigkeit zwischen den Zellschichten an (Danscher et al. 2010). Diese Bestandteile werden in neu gebildetes Horn eingebaut, welches von schlechter Qualität ist. Die schlechte Hornqualität in diesem Bereich zusammen mit der dauernden mechanischen Belastung der Klaue begünstigt das Eindringen von Schmutz und somit die Bildung von weiße-Linie-Defekten und daraus resultierend schmerzhafte weiße-Linie-Abszesse (Ossent et al. 1997, Ossent und Lischer 1998, Greenough 2007).

Klauenrehe kann als akute, subakute, subklinische und chronische Form auftreten (Bergsten 1994, Vermunt und Greenough 1994, Ossent et al. 1997, Greenough 2007).

2.2.1. Akute Klauenrehe

Bei der akuten Form der Klauenrehe leidet das Tier neben der großflächig akuten Entzündung der Lederhaut auch an einer systemischen Erkrankung (Vermunt und Greenough 1994, Nocek 1997, Lean et al. 2013a, Lean et al. 2013b). Vor allem typische Erkrankungen im peripartalen Zeitraum wie Pansenazidose, Ketose, toxische Coli-Mastitis, Nachgeburtsverhalten und eitrige Gebärmutterentzündung werden in diesem Zusammenhang genannt (Kofler 2001). Die Tiere zeigen einen steifen Gang, einen aufgekrümmten Rücken und platzieren die Gliedmaßen unter dem Rumpf. Meist sind alle vier Gliedmaßen betroffen, wobei an den Vorderextremitäten vor allem die Innenklauen und an den Hintergliedmaßen die Außenklauen stärker betroffen sind (Boosman et al. 1991). Neben sehr starken Schmerzen im Klauenbereich, sind die Venen an den Gliedmaßen gestaut, der Kronsaum ist warm und geschwollen, der Hornschuh ist deutlich höher temperiert, und der Übergang Haut zu Saumband ist gegenüber dem harten proximalen Hornschuhrand deutlich eingesunken (Nocek 1997, Lean et al. 2013b). Die akute Form der Klauenrehe tritt beim Rind selten auf (Greenough 2007, Danscher et al. 2010).

2.2.2. Subakute Klauenrehe

Bei der subakuten Klauenrehe des Rindes sind die klinischen Symptome nicht so deutlich ausgeprägt wie bei der akuten Klauenrehe ansonsten aber sehr ähnlich. Diese Form ist gekennzeichnet dadurch, dass sie länger als 10 Tage andauert und die Tiere zeigen mildere Symptome als bei der akuten Form (Boosman et al. 1991). Das klinische Bild ist geprägt durch einen steifen Gang und kontinuierlicher Gewichtsverlagerung zwischen den Gliedmaßen (Lean et al. 2013b). Akute und subakute Formen der Klauenrehe können sich abwechseln und treten oft mehrmals nacheinander auf (Kleen et al. 2003, Kleen et al. 2013). Als typisches und pathognomonisches Symptom bei akuter und auch subakuter Rehe ist das deutliche Einsinken am Übergang Haut zum Saumband an den betroffenen Klauen zu tasten. Nach mehrmaligem Auftreten entwickelt sich die akute und subakute Klauenrehe zur chronischen Form (Vermunt und Greenough 1994, Greenough 2007).

2.2.3. Subklinische Klauenrehe

Diese Form der Rehe zeigt keine klinischen Symptome an den Klauen zum Zeitpunkt des Auftretens der Klauenrehe (Vermunt und Greenough 1994, Ossent und Lischer 1998, Greenough 2007). Somit kann diese Form der Rehe ein langandauernder, langsamer Prozess sein, welcher nicht bemerkt wird (Nocek 1997). Die Schädigung der Lederhaut führt dazu, dass Horn von minderwertiger Qualität gebildet wird, welches oft zusätzlich gelblich verfärbt ist. Die gelbe Verfärbung entsteht durch den Austritt von Blutserum aus den Gefäßen, welches dann in neues Horn eingebaut wird. Zusätzlich kann man nach einigen Wochen auch Sohlenblutungen im Bereich der weißen Linie, am Übergang von der Sohle in den Ballen und an der Klauenspitze finden (Vermunt und Greenough 1996, Nocek 1997, Ossent und Lischer 1998). Umschriebene bzw. auch diffuse Sohlenblutungen (Egger-Danner et al. 2015) können auch durch Traumata an den Klauen auftreten. Wenn aber mehrere Tiere einer Herde bzw. mehrere Klauen bei einem Rind an den typischen Lokalisationen Blutungen im Sohlenhorn zeigen, muss davon ausgegangen werden, dass eine subklinische Klauenrehe dafür verantwortlich ist (Ossent und Lischer 1998, Greenough 2007). Immer wiederkehrende subklinische Reheschübe führen zum klinischen Bild der chronischen Rehe mit den typischen Formveränderungen der Klaue wie konkave Vorderwand, divergierende Reherringe und Verbreiterung der weißen Linie (Boosman et al. 1991, Lean et al. 2013b, Egger-Danner et al. 2015).

2.2.4. Chronische Klauenrehe

Bei der chronischen Form der Klauenrehe zeigen die Tiere in der Regel keine Lahmheit, wenn sie ansonsten keine anderen Klauenerkrankungen aufweisen (Greenough 2007). Die typische konkave Vorderwand entwickelt sich dabei langfristig über ca. 12 – 15 Monate, wenn subakute, subklinische oder akute Formen über längere Zeit bestehen bzw. in neuen Reheschüben wieder auftreten (Boosman et al. 1991, Ossent und Lischer 1998, Greenough 2007). Im Vordergrund bei dieser Form steht die morphologische Veränderung der betroffenen Klauen. Diese zeigen eine konkave Dorsalwand mit divergierenden Wachstumsringen an der Oberfläche (Vermunt und Greenough 1994, Nocek 1997). Die Wachstumsringe in der Wand divergieren zum Ballen hin. Der Klauenschuh ist oft verbreitert und die Sohle flacht ab (Vermunt und Greenough 1994, Lean et al. 2013b). Die häufigsten morphologischen Veränderungen sind bedingt durch das Absinken und Rotieren des Klauenbeines im Hornschuh. Die morphologischen Veränderungen führen unweigerlich auch zu einer Veränderung der Lastaufnahme mit dem Aspekt, dass palmare bzw. plantare Anteile der Klaue stärker belastet werden (Greenough 2007). Bei der Klauenpflege findet man an chronischen Reheklauen gelbes, weiches Horn, Sohlenblutungen, Doppelsohlen und verbreiterte weiße Linien (Ossent und Lischer 1998, Greenough 2007, Lean et al. 2013b). Röntgenologisch lässt sich in fortgeschrittenen Fällen auch ein hutkrempeförmiges Aufbiegen der Klauenbeinspitze und Aufhellungen sowie periostale Zubildungen am *Tuberculum flexorium* und an der *Facies solearis* des Klauenbeins beobachten (Gantke et al. 1998).

Alle Formen der Klauenrehe können zu Folgeerkrankungen führen wie Sohlenblutungen, Doppelsohlen, Sohlen- und Sohlenspitzeneschwüren und weiße-Linie-Defekten (Greenough 1990, Ossent und Lischer 1998, Greenough 2007). Durch die Bildung von minderwertigerem Horn wird auch das Auftreten von Ballenhornfäule begünstigt (Bergsten 2003). Neben den Erkrankungen an den Klauen verlieren die Tiere auch an Körperkondition und die Leistung sinkt (Vermunt und Greenough 1994, Greenough 2007, Green et al. 2014).

2.3. Ätiologie der Klauenrehe

Obwohl Klauenrehe eine multifaktorielle Erkrankung ist, wird als die wichtigste und häufigste Ursache für die Entstehung von Klauenrehe die Fütterung genannt (Nocek 1997, Shaver 2019). Wie oben bereits ausgeführt, steht am Beginn der Erkrankung die Störung der

Mikrozirkulation in der Klauenlederhaut, die einerseits zur Schädigung des Aufhängeapparates in der Klaue, andererseits zur Störung des Keratinmetabolismus führt (Greenough 2007). Die Störung der Mikrozirkulation wird ausgelöst durch endotoxische und vasoaktive Substanzen (Vermunt und Greenough 1994, Ossent und Lischer 1998, Bergsten 2003, Greenough 2007).

Endotoxine (Lipopolysaccharidbestandteile der Zellwand von gramnegativen Bakterien) können bei einem über mehrere Stunden anhaltendem Absinken des Pansen pH-Wertes in großer Menge frei werden und lösen die Freisetzung von biogenen Aminen im Gewebe aus, welche wiederum zu pathologischen Veränderungen in der Basalmembran der Epidermis führen (Bergsten 2003, Greenough 2007). Es wird auch beschrieben, dass Endotoxine selbst als vasoaktive Substanzen wirken und eine akute Entzündung der Dermis verursachen (Nocek 1997). Endotoxine können zusätzlich die Produktion und Freisetzung von Zytokinen lokal im Gewebe oder in der Leber steigern. Diese wiederum lösen lokal eine Entzündungsreaktion aus, welche eine Schwächung des Aufhängeapparates des Klauenbeins zufolge hat (Greenough 2007, Danscher et al. 2010).

Histamin ist schon lange als vasoaktive Substanz bekannt und wirkt als Vasodilatator (Nocek 1997, Greenough 2007). Es wird von Nervenendigungen und Mastzellen produziert und wird immer dann freigesetzt, wenn Gewebe verletzt wird oder entzündet ist (Bergsten 2003, Greenough 2007). Histamin kann auch im Pansen gebildet und durch eine geschädigte Pansenwand resorbiert und in die Gefäße aufgenommen werden (Lean et al. 2013b).

Sowohl Histamin als auch Endotoxine gelangen im Rahmen einer akuten bzw. subakuten Pansenazidose in den Kreislauf und lösen die beschriebene Kaskade aus. Auch andere Erkrankungen können zur Resorption von Endotoxinen und Histamin führen, wie zum Beispiel eine Metritis oder toxische Mastitiden (Vermunt und Greenough 1994, Lean et al. 2013b).

Tritt eine Klauenrehe auf, kann diese durch andere Faktoren verstärkt werden. Eine erhöhte Druckbelastung während der Rehephase führt zu einer stärkeren Schädigung des Gewebes. Diese verstärkte Belastung kann ihre Ursache in der Verfettung des Tieres, in harten Lauf- bzw. Standflächen, Überbelegung, in unbequemen Liegeboxen (führen allesamt zu verlängerten Stehzeiten) oder deutlich ungleich hohe Trachtenhöhen an Innen- und Außenklauen infolge zu langer Klauenpflegeintervalle haben (Nocek 1997, Burger 2017, Sadiq et al. 2020, Kofler 2021b).

2.3.1. Einfluss der Fütterung auf die Klauengesundheit

2.3.1.1. Kohlenhydrate

Mit der Kalbung und somit mit Einsetzen der Laktation beginnt für eine Milchkuh die Zeit eines deutlich erhöhten Energiebedarfes. Dieser Bedarf wird in der Fütterungspraxis oft durch große Mengen an leicht fermentierbaren Kohlenhydraten gedeckt (Vermunt und Greenough 1994). Die rasch fermentierbaren Kohlenhydrate (Stärke, Zucker) führen in Kombination mit einem geringen Strukturgehalt zu einem schnellen Anstieg der Fettsäurekonzentration im Pansen und somit zu einem Abfall des pH-Wertes (Nocek 1997, Kleen et al. 2003, Bergsten 2003).

Dabei muss zwischen einer akuten und einer SARA unterschieden werden. Die akute Pansenazidose ist gekennzeichnet durch einen sehr starken Abfall des Pansen pH-Wertes (<5,0). Die Tiere befinden sich in akuter Lebensgefahr, da die physiologischen Körperfunktionen stark beeinträchtigt sind. Es werden große Mengen von Milchsäure und kurzkettigen Fettsäuren gebildet und die Anzahl an Protozoen im Pansen nimmt rapide ab (Nocek 1997, Shaver 2019). Die SARA ist hingegen gekennzeichnet durch einen Abfall des pH-Wertes unter 5,6 für länger als drei Stunden am Tag (Kleen et al. 2003, Stone 2004, Plaizier et al. 2008) oder unter 5,8 für länger als 5,5 Stunden pro Tag (Neubauer et al. 2018, Humer et al. 2018b).

SARA ist heutzutage in der Fütterungspraxis viel bedeutender, weil viel häufiger als die akute Pansenazidose. Die Prävalenz von SARA in der Praxis wird mit 11-26 % angegeben (Plaizier et al. 2008, Kleen et al. 2009, Kleen et al. 2013). Die Schwankungen des pH-Wertes treten vor allem dann auf, wenn große Mengen an leicht fermentierbaren Kohlenhydraten an nicht adaptierte Tiere verfüttert werden. Diese Situation tritt oftmals im peripartalen Zeitraum auf, da die Tiere vor der Abkalbung die faserreiche Ration der Trockensteher erhalten und anschließend die energiereiche Ration der laktierenden Kühe bekommen. Es werden große Mengen an kurzkettigen Fettsäuren gebildet, die Pansenschleimhaut hat aber noch nicht die erforderliche Oberfläche ausgebildet um diese Mengen zu absorbieren. Somit akkumulieren die Säuren im Panseninhalt und der pH-Wert sinkt (Nocek 1997, Kleen et al. 2003, Shaver 2019). Rationen, die einen hohen Anteil an leicht löslichen Kohlenhydraten enthalten, haben zusätzlich oft eine geringe Strukturwirkung. Die Strukturwirkung des Futters ist wichtig, um das Wiederkauen, die Speichelbildung und somit die Bildung von pufferndem Bicarbonat der Kühe zu fördern (Langova et al. 2020). Der Abfall des pH-Wertes führt dazu, dass sich die

mikrobielle Flora im Pansen verändert. Erwünschte gramnegative Bakterien werden weniger und unerwünschte grampositive Bakterien (Lactobacillen und Streptokokken) vermehren sich. Lactobacillen und Streptokokken produzieren vor allem Milchsäure, die maßgeblich zur Ansäuerung des Pansens beiträgt, da Milchsäure eine stärkere Säure ist, als zum Beispiel Propionsäure oder Buttersäure (Nocek 1997, Kofler und Gasteiner 2002). Durch das Absterben der gramnegativen Bakterien werden deren Zellwandbestandteile frei, die als Lipopolysaccharide (LPS) im Körper als Endotoxin wirken (Nocek 1997, Kofler und Gasteiner 2002, Plaizier et al. 2012). Der Übertritt von LPS vom Pansen in den Blutkreislauf wird begünstigt durch eine Schädigung der Pansenschleimhaut, die durch die Azidose entsteht (Greenough 2007). Die Schädigung der Pansenschleimhaut infolge einer Übersäuerung führt nicht nur zur Aufnahme von Endotoxin, sondern auch Milchsäure und Histamin gelangen in den Kreislauf und wirken dort als vasoaktive Substanzen (Nocek 1997, Greenough 2007).

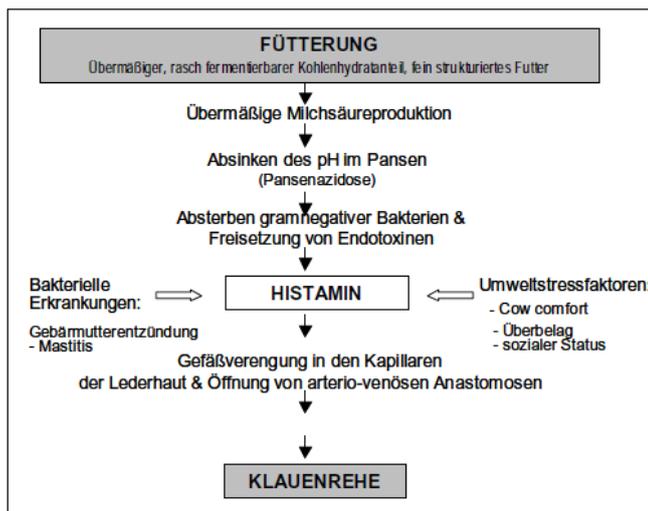


Abb. 1: Beziehung zwischen Fütterung, Pansenazidose, bakteriellen Erkrankungen und der Entstehung von Klauenrehe (Kofler 2001)

2.3.1.2. Protein

In der Vergangenheit wurde oft der Proteingehalt in der Ration mit dem Auftreten von Klauenrehe in Verbindung gebracht (Vermunt und Greenough 1994). Manson und Leaver (1988) konnten eine erhöhte Prävalenz von reihe-assoziierten Klauenerkrankungen

feststellen, wenn die Tiere eine proteinreiche Ration erhielten. Andere Autoren konnten wiederum keinen Zusammenhang zwischen Proteingehalt und Klauenrehe nachweisen (Greenough 1990). Es wird auch vermutet, dass hohe Nitratgehalte im Futter Klauenrehe auslösen können. Nitrat wird im Pansen zu Nitrit umgewandelt und gelangt anschließend in die Blutbahn. Nitrit wirkt als vasoaktive Substanz und schädigt die Endothelien (Vermunt 1992). Ein höherer Proteingehalt in der Ration führt auch zu einer höheren Ammoniakkonzentration im Pansen. Ammoniak bindet im Pansen nicht unerhebliche Mengen an Protonen und puffert somit den pH-Wert im Pansen. Somit senkt ein höherer Proteingehalt die Gefahr einer Azidose (Owens et al. 1998, Lean et al. 2013b).

2.3.1.3. Biotin

Allgemein anerkannt ist, dass Biotin wichtig für die Qualität des Klauenhorns ist (Lischer et al. 2002). Biotin wird physiologischerweise im Pansen von zellulolytischen Bakterien synthetisiert. Ist aber die Vormagenverdauung gestört, beeinflusst das auch die Mikroorganismen, welche Biotin produzieren (Bergsten 2003). Biotin ist verantwortlich für die Qualität des Zwischenzellkits der Hornzellen im Klauenhorn. Somit führt ein Mangel zu weicherem Horn mit einem höheren Risiko von Horndefekten. Eine Supplementierung von Biotin in der Ration zeigt erst nach mehreren Monaten positive Effekte auf die Klauenhornqualität (Lischer et al. 2002). Es wurde nachgewiesen, dass eine über längere Zeit andauernde Supplementierung von Biotin die Inzidenz von weiße-Linie Defekten senken kann (Midla et al. 1998, Lischer et al. 2002)

3. Tiere, Material und Methoden

Die hier vorgestellten Untersuchungen erfolgten als eine begleitende Studie zum Projekt „Evaluating the role of natural feed additives on health of primiparous transition cows“, welches vom Institut für Tierernährung unter der Leitung von Prof. Q. Zebeli an der Vetfarm der Veterinärmedizinischen Universität Wien im Jahr 2021 durchgeführt worden war. Dieser genannte Fütterungsversuch war vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung mit der GZ: 2021-0.009.975 genehmigt worden. Für die vorliegende Studie war keine zusätzliche Genehmigung notwendig, da alle für die Datenerfassung der Klauengesundheit erforderlichen Manipulationen an den Kühen im Rahmen von routinemäßigen Kontrollen (regelmäßige Lahmheitsbeurteilung, Klauenpflege) vorgenommen worden waren.

3.1. Tiere und Versuchsaufbau

Der Fütterungsversuch wurde an 24 Holsteinkühen (Erstlingskühe) durchgeführt. Die Tiere wurden je nach voraussichtlichem Abkalbedatum in fünf Gruppen eingeteilt. In der ersten Gruppe befanden sich 15 Tiere, in der zweiten Gruppe vier Tiere, in der dritten und vierten Gruppe jeweils ein Tier und in der fünften Gruppe drei Tiere.

Die Kühe wurden drei Wochen vor dem errechneten Kalbetermin in den Versuch genommen, dieser dauerte dann bis zehn Wochen nach der Abkalbung. Die Versuchsdauer betrug somit 91 Tage. Die Abkalbungen der Kühe der Gruppe eins fanden im März 2021 statt, die Kühe der Gruppe zwei kalbten im April 2021 und die Kühe der Gruppe drei im Mai 2021 ab. Die Kühe in Gruppe vier und fünf hingegen kalbten erst im September 2021. Somit fand der Versuch für die einzelnen Gruppen zu unterschiedlichen Jahreszeiten statt.

3.2. Stall

Die 24 Holsteinkühe wurden während des gesamten Studienzeitraumes in einem eigenen Abteil des Stalles gehalten. In diesem Abteil befanden sich 15 Liegeboxen, die als Tiefbucht mit einer Stroh-Mist Matratze ausgeführt waren. Die Liegeboxenabtrennungen waren flexibel und das „Nackenrohr“ war als Kette ausgeführt, die ebenfalls einen deutlichen Spielraum für die Kühe baten. Zusätzlich stand den Tieren auch eine große Tiefstreulfläche zum Liegen zur Verfügung. Die Laufgänge waren mit einem Gummibelag ausgestattet und wurden

regelmäßig (ca. zehnmal täglich) mittels Schrapper entmistet. Der Schrapper lief nicht im Automatikmodus, sondern wurde von den Mitarbeiter:innen der Vetfarm bei Bedarf eingeschaltet. Die Tiefstrohfläche wurde ebenfalls je nach Bedarf ausgemistet. Zum Melken wurden die Tiere über einen betonierten Auslauf zum Melkstand getrieben.

Der Futtertisch war mit Einzelfuttertrögen ausgestattet, um die exakte Futterraufnahme der Kühe erfassen zu können. Da sich auch mehrere Gruppen während des Versuchszeitraumes gleichzeitig im Stall befanden, waren die Einzelfuttertröge auch wichtig, damit die Tiere nur ihre zugewiesene Ration bekamen. Zur Abkalbung wurden die Tiere nicht in einer separaten Abkalbebox aufgestellt, sondern die Tiere kalbten im Tiefstrohbereich des Versuchsstalles ab. Vor dem Fütterungsversuch wurden die Kühe im Trockensteherstall des Betriebes gehalten. In diesem stand den Tieren eine große Tiefstreufäche zur Verfügung und der Fressgang war mit einer Gummiauflage ausgestattet.

3.3. Fütterung

Die Totale-Misch-Ration (TMR) wurde zweimal täglich um ca. 10:30 Uhr und um 16:00 Uhr frisch vorgelegt. Die Kühe hatten ständig Zugang zur vorgelegten TMR und es wurde immer genügend Futter vorgelegt, so dass 5-10 % Futterrest übrig blieben bevor frisch gefüttert wurde. Gemischt und vorgelegt wurde die TMR mit einem Trioliet Fütterungsroboter (Trioliet Feeding Technology, Oldenzaal, Niederlande).

Die Kühe erhielten vor der Abkalbung eine Starterration mit einem Krafftutteranteil von 30 % in der Trockenmasse (TM). Nach der Abkalbung wurde der Krafftutteranteil sukzessive auf 60 % der Rationstrockenmasse erhöht. Die Krafftuttersteigerung wurde dabei über die ersten sieben Tage nach der Abkalbung durchgeführt. Zu diesem Zweck wurde zusätzlich zur Starterration Laktationskrafftutter per Hand zugefüttert (Adaptionsschema siehe Tab. **1Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Das Laktationskrafftutter wurde auf zwei Gaben (10:30 und 16:00 Uhr) pro Tag aufgeteilt, damit die Krafftuttermenge pro Gabe nicht zu hoch wurde. Ab dem 8. Laktationstag war eine Laktations-TMR bis zum 70. Laktationstag gefüttert worden. In Abb. 2 ist anschaulich dargestellt, wie sich das Krafftutterniveau nach der Abkalbung verändert hat.

Tab. 1: Adaptionsschema der Starterration an die Laktationsration innerhalb der ersten Laktationswoche

Laktationstag	Laktationskraftfutter
1	2 kg
2	3 kg
3	4 kg
4	4 kg
5	5 kg
6	6 kg
7	6 kg

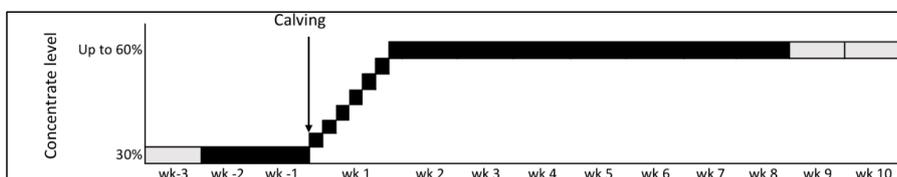


Abb. 2: Schematische Darstellung des Kraftfutterniveaus (% der Rationstrockenmasse) über die Versuchsdauer in Wochen

3.3.1. Rationszusammensetzung

Die Ration bestand aus Grassilage und Maissilage als Grundfutterkomponenten sowie einer eigenen Kraftfuttermischung für die jeweilige Ration (Rationszusammensetzung siehe Tab. 2). Durch die hohen Kraftfutteranteile sowie der Kraftfutterzusammensetzung ergaben sich sehr hohe Stärkegehalte in den Rationen. Die Kraftfuttermischung bestand zu einem großen Teil (über 60 %) aus Gerste. Als weiterer Energielieferant wurde Maisschrot eingesetzt. Die Proteinversorgung wurde über die Komponenten Rapsschrot und Sojaschrot sichergestellt. Außerdem wurde dem Kraftfutter noch Mineralfutter und Melasse zugemischt. Die genaue Zusammensetzung der beiden Kraftfuttermischungen ist in Tab. 3 dargestellt.

Tab. 2: Rationszusammensetzung der Starter- und Laktationsration, sowie der Stärkegehalt beider Rationen

TMR-Komponente	Starterration (% der TM)	Laktationsration (% der TM)
Grassilage	38.0	22.0
Maissilage	30.0	18.0
Kraftfuttermischung	32.0	60.0
Nährstoffe	Starterration (% der TM)	Laktationsration (% der TM)
Stärke	19.6	30.9

Tab. 3: Kraftfutterzusammensetzung in der Starterration sowie der Laktationsration

Kraftfutter-Komponente	Starterkraftfutter (% TM)	Laktationskraftfutter (% TM)
Gerste	62.0	61.5
Rapsschrot	20.0	16.0
Maisschrot	9.0	8.0
Sojaschrot 44 % XP	4.0	10.0
Mineralfutter	4.0	3.5
Melasse	1.0	1.0

3.4. Messung des intraruminalen pH-Wertes

Den Kühen wurde am Beginn der Studie ein Bolus (smaXtec animal care GmbH, Graz, Österreich) verabreicht, welcher intraruminal den Pansen pH-Wert misst. Mithilfe dieser Werte konnte man die Zeitdauer bestimmen, in welcher der pH-Wert unter 5,8 lag. War der pH-Wert innerhalb von 24 Stunden länger als 330 Minuten unter 5,8, wurde dieser Tag als sogenannter SARA-Tag gewertet (Zebeli et al. 2008). Die Anzahl der SARA-Tage wurden in Relation zur Gesamtdauer des Versuches gesetzt. Infolgedessen wurden die Tiere je nach relativer Anzahl an SARA-Tagen in drei Gruppen eingeteilt, um den Einfluss der SARA-Tage auf die Klauengesundheit zu überprüfen. Tiere in der Gruppe 1 hatten 0-10 % SARA-Tage, Gruppe 2 10-30 % und Gruppe 3 30-100 % SARA-Tage.

3.5. Gangbildbeurteilung

Um während des Studienverlaufes auftretende Lahmheiten zu dokumentieren, wurden die Kühe ab Studienbeginn in einem zweiwöchigen Intervall einer Gangbildbeurteilung unterzogen. Die Beurteilung wurde nach dem Locomotion-Scoring-System nach Sprecher et al. (1997) vorgenommen. Entsprechend diesem Locomotion-Scoring werden bei jeder Kuh Entlastungsstellungen bzw. -bewegungen und die Rückenlinie im Stehen und in Bewegung beurteilt. Anhand der erhobenen Befunde wurde die Kuh mit Score 1 – 5 bewertet. Score 1 bedeutet, dass die Kuh lahmheitsfrei ist und Score 5 bedeutet, dass die Kuh eine Gliedmaße gar nicht mehr belastet. Kühe ab einem Score ≥ 3 zeigen im Stehen sowie in der Bewegung einen gekrümmten Rücken. Die Kontrolle auf Lahmheit wurde entweder beim Gang zum Melkstand oder am Laufgang in ihrem Abteil vom Diplomanden durchgeführt.

3.6. Klauenpflege und Dokumentation der Klauenbefunde

Die Erstlingskühe wurden vor Versuchsbeginn einer funktionellen Klauenpflege unterzogen. Nach Ende des Fütterungsversuches sowie drei bis vier Monate danach wurde abermals eine funktionelle Klauenpflege durchgeführt. Bei Tieren, die während der Versuchsdauer eine Lahmheit zeigten, wurde eine Klauenpflege und Klauenuntersuchung vorgenommen und die weiteren nötigen Behandlungsmaßnahmen eingeleitet. Die funktionelle Klauenpflege erfolgte nach der Methode wie sie von Toussaint Raven (1989) beschrieben wurde. Von der Kuh Regina mit der Lebensnummer AT 827.714268 wurde keine Klauenpflege vor Versuchsbeginn dokumentiert, da sie anstatt einer anderen Kuh, die kurz vor Versuchsbeginn abortiert hatte, in den Versuch aufgenommen wurde.

Alle Befunde, die im Rahmen der Klauenpflege erhoben worden waren, wurden mit dem Softwareprogramm „Klauenmanager“ (SEG Informationstechnik GmbH, Bad Ischl, Österreich) elektronisch dokumentiert. Das Programm bietet die Möglichkeit, dass aus den erhobenen Befunden und deren Schweregraden für jede Kuh ein „Cow Claw Score“ (CCS) berechnet werden kann. Der CCS wird aus den vorgefundenen Klauenläsionen sowie deren Schweregrad an allen acht Klauen ermittelt (Kofler et al. 2011, Kofler 2013). Mithilfe des CCS kann die Klauengesundheit einzelner Kühe einfacher miteinander verglichen werden als durch Vergleich der einzelnen Prävalenzen der festgestellten Klauenläsionen.

3.7. Statistische Auswertung

Die CCS-Werte, die vom Softwareprogramm „Klauenmanager“ berechnet wurden, sowie die dokumentierten Klauenläsionen wurden mittels Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft Corporation, Redmond, WA USA) ausgewertet. Für alle Klauenläsionen, die bei den Versuchskühen auftraten, wurde die Prävalenz in Prozent berechnet. Die berechnete Prävalenz ist der Anteil erkrankter Klauen an der Summe der Klauen aller Kühe innerhalb einer SARA-Gruppe.

Die Befunde der Lahmheitsbeurteilung wurden ebenso mittels Microsoft Office Excel 2007 dokumentiert und ausgewertet. Dazu wurde für jede Kuh sowie für alle SARA-Gruppen der Mittelwert aller Locomotion-Scores ermittelt.

Die Daten zur Anzahl der SARA-Tage der einzelnen Kühe wurde dankenswerterweise vom Institut für Tierernährung zur Verfügung gestellt. Anhand dieser Daten wurden die Kühe in drei SARA-Gruppen eingeteilt.

Die CCS-Werte sowie die Klauenläsionen wurden mit dem Programm IBM SPSS v24 (IBM, Armonk, N.Y., USA) statistisch ausgewertet. Der Unterschied gilt als signifikant, wenn $p < 0,05$ ist. Mithilfe von IBM SPSS v24 wurden auch Boxplots zur grafischen Darstellung der Ergebnisse erstellt.

4. Ergebnisse

4.1. Intraruminale pH – Werte

In Tab. 4 ist ersichtlich, dass die individuelle Anzahl der SARA-Tage der Kühe sehr unterschiedlich war. Anhand der relativen Anzahl an SARA-Tage wurden die Kühe in drei Gruppen eingeteilt. In Gruppe 1 waren 0-10 % der Versuchstage SARA-Tage, Gruppe 2 hatte 10,1-30 % SARA-Tage und Gruppe 3 hatte mehr als 30 % SARA-Tage.

Tab. 4: Anzahl der SARA-Tage der einzelnen Kühe in den jeweiligen SARA-Gruppen

	Kuh	SARA-Tage	Relativer Anteil SARA-Tage (%)
SARA Gruppe 1	Sydney	1	1.1%
	Kathy	1	1.1%
	Milla	3	3.3%
	Willa	5	5.5%
	Margana	6	6.6%
	Regina/Siri	6	6.6%
	HD Evita	8	8.8%
	Pizza	9	9.9%
SARA Gruppe 2	Leticia	10	11.0%
	Lotte	12	13.2%
	Romy	13	14.3%
	Babetta	13	14.3%
	Pea	14	15.4%
	HD Luna	14	15.4%
	Vanilla	18	19.8%
	Alexa	22	24.2%
SARA Gruppe 3	Anna	29	31.9%
	Eska	30	33.0%
	Evelyne	33	36.3%
	Farina	44	48.4%
	Walli	47	51.6%
	Heidemarie	53	58.2%
	HD Rosine	72	79.1%
	Lucia	79	86.8%

4.2. Gangbildbeurteilung

Die Gangbildbeurteilungen nach Sprecher et al. (1997) wurde in zweiwöchigen Intervallen durchgeführt. In Tab. 5 sind die Locomotion-Scoring (LSC) Ergebnisse aller Kühe aufgelistet.

Tab. 5: Ergebnisse des Locomotion-Scoring aller Kühe

	Name	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
		Kontrolle						
		LSC						
SARA Gruppe 1	Sydney	1	1	1	1	1	1	1
	Kathy	1	1	1	1	1	1	1
	Milla	1	1	1	1	2	1	1
	Willa	1	1	1	1	1	1	1
	Margana	1	1	2	1	1	1	1
	Regina	1	1	1	1	1	1	1
	HD Evita	1	1	1	1	1	1	1
	Pizza	1	1	1	1	1	1	1
SARA Gruppe 2	Leticia	1	1	1	1	1	1	1
	Lotte	1	1	1	1	1	1	1
	Romy	1	1	2	1	1	1	2
	Babetta	1	1	1	1	1	1	1
	Pea	1	1	1	1	1	1	1
	HD Luna	1	1	3	1	1	1	1
	Vanilla	1	1	1	1	1	1	1
	Alexa	1	1	1	1	1	1	1
SARA Gruppe 3	Anna	2	1	1	1	1	1	2
	Eska	1	1	1	1	1	1	1
	Evelyne	1	1	1	1	1	1	1
	Farina	1	1	2	1	1	1	1
	Walli	1	1	2	1	1	1	1
	Heide- marie	1	1	1	1	2	1	1
	HD Rosine	1	1	1	2	1	2	2
	Lucia	1	1	1	1	1	1	1

Es ist ersichtlich, dass nur Locomotion-Scores (LSC) 1-3 auftraten, wobei der LSC 3 auch nur einmal bei der Kuh HD Luna vorkam. LSC 2 wurde insgesamt zwölfmal festgestellt, jeweils zweimal in SARA-Gruppe 1 und 2 und achtmal in SARA-Gruppe 3. In Tab. 6 sind die Mittelwerte der Lahmheitsgrade aller Kühe und der einzelnen Gruppen dargestellt.

Tab. 6: Locomotion-Scoring (LSC) - Mittelwerte aller Kühe sowie der einzelnen SARA-Gruppen

		LSC - Mittelwert
SARA Gruppe 1	Sydney	1,00
	Kathy	1,00
	Milla	1,14
	Willa	1,00
	Margana	1,20
	Regina	1,00
	HD Evita	1,00
	Pizza	1,00
	Mittelwert	1,043
SARA Gruppe 2	Leticia	1,00
	Lotte	1,00
	Romy	1,40
	Babetta	1,00
	Pea	1,00
	HD Luna	1,40
	Vanilla	1,00
	Alexa	1,00
	Mittelwert	1,100
SARA Gruppe 3	Anna	1,21
	Eska	1,00
	Evelyne	1,00
	Farina	1,14
	Walli	1,20
	Heidmarie	1,14
	HD Rosine	1,60
	Lucia	1,00
	Mittelwert	1,163

4.3. Klauenerkrankungen

In Tab. 7 bis Tab. 12: Prävalenz Ballenhornfäule sind die Prävalenzen der bei den drei Klauenpflegeterminen festgestellten Klauenläsionen dargestellt. Die berechnete Prävalenz in Prozent beschreibt den Anteil erkrankter Klauen in der jeweiligen SARA-Gruppe.

Tab. 7: Prävalenz Sohlenblutung (in % Anteil erkrankter Klauen in der jeweiligen SARA-Gruppe)

Prävalenz Sohlenblutung			
	Vor Versuchsbeginn	Versuchsende	3-4 Monate nach Versuch
SARA Gr. 1	3,57	3,13	0,00
SARA Gr. 2	0,00	1,56	4,69
SARA Gr. 3	0,00	6,25	7,81

Tab. 8: Prävalenz Sohlengeschwür (in % Anteil erkrankter Klauen in der jeweiligen SARA-Gruppe)

Prävalenz Sohlengeschwür			
	Vor Versuchsbeginn	Versuchsende	3-4 Monate nach Versuch
SARA Gr. 1	0,00	0,00	0,00
SARA Gr. 2	0,00	0,00	0,00
SARA Gr. 3	1,56	0,00	0,00

Tab. 9: Prävalenz Weiße-Linie-Defekt (in % Anteil erkrankter Klauen in der jeweiligen SARA-Gruppe)

Prävalenz Weiße-Linie-Defekt			
	Vor Versuchsbeginn	Versuchsende	3-4 Monate nach Versuch
SARA Gr. 1	8,93	9,38	12,50
SARA Gr. 2	14,06	6,25	18,75
SARA Gr. 3	12,50	3,13	18,75

Tab. 10: Prävalenz Konkave Dorsalwand (in % Anteil erkrankter Klauen in der jeweiligen SARA-Gruppe)

Prävalenz Konkave Dorsalwand			
	Vor Versuchsbeginn	Versuchsende	3-4 Monate nach Versuch
SARA Gr. 1	0,00	3,13	25,00
SARA Gr. 2	0,00	3,13	23,44
SARA Gr. 3	0,00	3,13	28,13

Tab. 11: Prävalenz Doppelsohle (in % Anteil erkrankter Klauen in der jeweiligen SARA-Gruppe)

Prävalenz Doppelsohle			
	Vor Versuchsbeginn	Versuchsende	3-4 Monate nach Versuch
SARA Gr. 1	0,00	6,25	12,50
SARA Gr. 2	1,56	0,00	0,00
SARA Gr. 3	1,56	0,00	0,00

Tab. 12: Prävalenz Ballenhornfäule (in % Anteil erkrankter Klauen in der jeweiligen SARA-Gruppe)

Prävalenz Ballenhornfäule			
	Vor Versuchsbeginn	Versuchsende	3-4 Monate nach Versuch
SARA Gr. 1	28,57	71,88	59,38
SARA Gr. 2	62,50	68,75	84,38
SARA Gr. 3	37,50	87,50	84,38

Tab. 13: Prävalenz Dermatitis Digitalis (in % Anteil erkrankter Klauen in der jeweiligen SARA-Gruppe)

Prävalenz Dermatitis Digitalis			
	Vor Versuchsbeginn	Versuchsende	3-4 Monate nach Versuch
SARA Gr. 1	0,00	3,13	0,00
SARA Gr. 2	3,13	0,00	0,00
SARA Gr. 3	0,00	1,56	1,56

Tab. 14: Prävalenz Limax (in % Anteil erkrankter Klauen in der jeweiligen SARA-Gruppe)

Prävalenz Limax			
	Vor Versuchsbeginn	Versuchsende	3-4 Monate nach Versuch
SARA Gr. 1	0,00	0,00	0,00
SARA Gr. 2	0,00	0,00	0,00
SARA Gr. 3	0,00	1,56	0,00

Tab. 15: Prävalenz Hornkluft (in % Anteil erkrankter Klauen in der jeweiligen SARA-Gruppe)

Prävalenz Hornkluft			
	Vor Versuchsbeginn	Versuchsende	3-4 Monate nach Versuch
SARA Gr. 1	0,00	0,00	0,00
SARA Gr. 2	0,00	0,00	0,00
SARA Gr. 3	3,13	0,00	0,00

Tab. 16: Prävalenz Rollklaue (in % Anteil erkrankter Klauen in der jeweiligen SARA-Gruppe)

Prävalenz Rollklaue			
	Vor Versuchsbeginn	Versuchsende	3-4 Monate nach Versuch
SARA Gr. 1	0,00	6,25	6,25
SARA Gr. 2	0,00	0,00	0,00
SARA Gr. 3	0,00	0,00	0,00

4.4. Cow-Claw-Score

In Tab. 17 sind die Mittelwerte der CCS-Werte zu den drei Klauenpflegeterminen dargestellt. Es ist ersichtlich, dass die CCS-Werte in SARA-Gruppe 3 tendenziell höher sind als in den anderen Gruppen. Außerdem ist erkennbar, dass in allen drei Gruppen die Werte über die drei Klauenpflegezeitpunkte (3 – 4 Monate nach Versuchsbeginn) ansteigen. Das heißt die Klauengesundheit hat sich über die Beobachtungszeit tendenziell verschlechtert.

Tab. 17: CCS-Mittelwerte der SARA-Gruppen bei den Klauenpflegeterminen

CCS-Mittelwerte			
	Vor Versuchsbeginn	Versuchsende	3-4 Monate nach Versuch
SARA Gr. 1	16,00	33,38	34,13
SARA Gr. 2	20,63	16,25	31,88
SARA Gr. 3	34,13	42,38	41,38

4.5. Signifikanzanalyse der Klauenerkrankungen sowie des CCS zwischen den Gruppen zu den einzelnen Klauenpflegeterminen

Tab. 18 bis Tab. 21 zeigen die Signifikanzen der Anzahl der Klauenerkrankungen sowie des CCS zwischen den SARA-Gruppen zu den einzelnen Klauenpflegeterminen. Zeitpunkt 1 bedeutet vor Versuchsbeginn, Zeitpunkt 2 nach Versuchsende und Zeitpunkt 3 3-4 Monate nach Versuchsende. Keine SARA-Gruppe unterschied sich signifikant von einer anderen Gruppe innerhalb der drei Klauenpflegetermine.

Tab. 18: Signifikanzen der Prävalenz von Ballenhornfäule und Doppelsohlen zwischen den SARA-Gruppen zu den jeweiligen Klauenpflegezeitpunkten

Parameter	Zeitpunkt	SARA-Gruppe	SARA-Gruppe		
			1	2	3
Ballenhornfäule	1	1		,368	,971
		2	,368		,590
		3	,971	,590	
	2	1		,997	,745
		2	,997		,626
		3	,745	,626	
	3	1		,204	,204
		2	,204		1,000
		3	,204	1,000	
Doppelsohle	1	1		,809	,809
		2	,809		1,000
		3	,809	1,000	
	2	1		,551	,551
		2	,551		1,000
		3	,551	1,000	
	3	1		,180	,180
		2	,180		1,000
		3	,180	1,000	

Tab. 19: Signifikanzen der Prävalenz von Konkaven Dorsalwänden und Sohlenblutungen zwischen den SARA-Gruppen zu den jeweiligen Klauenpflegezeitpunkten

Parameter	Zeitpunkt	SARA-Gruppe	SARA-Gruppe		
			1	2	3
Konkave Dorsalwand	1	1		1,000	1,000
		2	1,000		1,000
		3	1,000	1,000	
	2	1		1,000	1,000
		2	1,000		1,000
		3	1,000	1,000	
	3	1		1,000	1,000
		2	1,000		1,000
		3	1,000	1,000	
Sohlenblutung	1	1		,483	,483
		2	,483		1,000
		3	,483	1,000	
	2	1		,984	,981
		2	,984		,712
		3	,981	,712	
	3	1		,632	,223
		2	,632		,852
		3	,223	,852	

Tab. 20: Signifikanzen der Prävalenz von Sohlengeschwüren und Weiße-Linie-Defekten zwischen den SARA-Gruppen zu den jeweiligen Klauenpflegezeitpunkten

Parameter	Zeitpunkt	SARA-Gruppe	SARA-Gruppe		
			1	2	3
Sohlengeschwür	1	1		1,000	,598
		2	1,000		,571
		3	,598	,571	
	2	1		1,000	1,000
		2	1,000		1,000
		3	1,000	1,000	
	3	1		-	-
		2	-		1,000
		3	-	1,000	
Weiße-Linie-Defekt	1	1		,943	,979
		2	,943		,998
		3	,979	,998	
	2	1		,897	,521
		2	,897		,897
		3	,521	,897	
	3	1		,646	,646
		2	,646		1,000
		3	,646	1,000	

In Tab. 21 ist ersichtlich, dass sich die CCS-Werte der SARA-Gruppen zu keinem Zeitpunkt signifikant voneinander unterscheiden. Wie in Tab. 17 zu sehen ist, waren die Werte aber in SARA-Gruppe 3 zu allen Klauenpflegeterminen tendenziell höher als in den anderen beiden Gruppen. Außerdem waren beim letzten Klauenpflegetermin die CCS-Werte bei allen SARA-Gruppen höher als beim ersten Klauenpflegetermin.

Tab. 21: Signifikanzen der Prävalenz von Dermatitis Digitalis sowie der CCS-Werte zwischen den SARA-Gruppen zu den jeweiligen Klauenpflegezeitpunkten

Parameter	Zeitpunkt	SARA-Gruppe	SARA-Gruppe		
			1	2	3
Dermatitis Digitalis	1	1		,598	1,000
		2	,598		,571
		3	1,000	,571	
	2	1		,636	,931
		2	,636		,931
		3	,931	,931	
	3	1		1,000	,551
		2	1,000		,551
		3	,551	,551	
Cow-Claw-Score (CCS)	1	1		,988	,597
		2	,988		,766
		3	,597	,766	
	2	1		,745	,950
		2	,745		,434
		3	,950	,434	
	3	1		,992	,806
		2	,992		,649
		3	,806	,649	

4.6. Signifikanzanalyse der Klauenerkrankungen sowie des CCS zwischen den Klauenpflegezeitpunkten innerhalb der SARA-Gruppen

Tab. 22 bis Tab. 25 zeigen die Signifikanzen der Anzahl von Klauenerkrankungen und der daraus errechneten CCS-Werte zwischen den Klauenpflegezeitpunkten innerhalb der SARA-Gruppen. Aus diesen Tabellen lässt sich somit der Einfluss des Zeitpunktes auf die Klauenerkrankungen ablesen. In den folgenden Tabellen sind vereinzelt signifikante Unterschiede ($P < 0,05$) ersichtlich. Diese berechnete Signifikanz beschreibt aber nicht einen signifikanten Einfluss der SARA-Gruppe und somit der Pansen pH-Werte auf die Häufigkeit der jeweiligen Klauenerkrankung, sondern hier besteht die Signifikanz zwischen den drei Klauenpflegezeitpunkten innerhalb einer SARA-Gruppe.

Ein signifikanter Unterschied bei der Anzahl an Ballenhornfäule erkrankter Klauen besteht innerhalb der SARA-Gruppe 3 zwischen Zeitpunkt 1 und Zeitpunkt 2 ($p=0,04$) und zwischen Zeitpunkt 1 und Zeitpunkt 3 ($p=0,038$). In SARA-Gruppe 1 besteht ein signifikanter Unterschied ($p=0,042$) an diagnostizierten Doppelsohlen zwischen Zeitpunkt 1 und 3.

Tab. 22: Signifikanzen der Prävalenz von Ballenhornfäule sowie Doppelsohle zwischen den Klauenpflegezeitpunkten der jeweiligen SARA-Gruppe

Parameter	SARA-Gruppe	Zeitpunkt	Zeitpunkt		
			1	2	3
Ballenhornfäule	1	1		,110	,294
		2	,110		,800
		3	,294	,800	
	2	1		,984	,541
		2	,984		,671
		3	,541	,671	
	3	1		,040	,038
		2	,040		,996
		3	,038	,996	
Doppelsohle	1	1		,314	,042
		2	,314		,637
		3	,042	,637	
	2	1		,969	,983
		2	,969		1,000
		3	,983	1,000	
	3	1		,969	,983
		2	,969		1,000
		3	,983	1,000	

Tab. 23: Signifikanzen der Prävalenz von Konkaver Dorsalwand und Sohlenblutung zwischen den Klauenpflegezeitpunkten der jeweiligen SARA-Gruppe

Parameter	SARA-Gruppe	Zeitpunkt	Zeitpunkt		
			1	2	3
Konkave Dorsalwand	1	1		1,000	1,000
		2	1,000		,697
		3	1,000	,697	
	2	1		1,000	1,000
		2	1,000		,697
		3	1,000	,697	
	3	1		1,000	1,000
		2	1,000		,697
		3	1,000	,697	
Sohlenblutung	1	1		,999	,695
		2	,999		,871
		3	,695	,871	
	2	1		,970	,473
		2	,970		,871
		3	,695	,871	
	3	1		,306	,097
		2	,306		,981
		3	,097	,981	

In Tab. 24 ist ersichtlich, dass ein signifikanter Unterschied ($p=0,017$) bei der Anzahl an diagnostizierten Weiße-Linie-Defekten innerhalb der SARA-Gruppe 3 zwischen Zeitpunkt 2 und Zeitpunkt 3 festgestellt werden konnte. In SARA-Gruppe 2 hat sich die Prävalenz an Weiße-Linie-Defekten von Zeitpunkt 2 zu Zeitpunkt 3 nur tendenziell erhöht.

Tab. 24: Signifikanzen der Prävalenz von Sohlengeschwüren und Weiße-Linie-Defekten zwischen den Klauenpflegezeitpunkten der jeweiligen SARA-Gruppe

Parameter	SARA-Gruppe	Zeitpunkt	Zeitpunkt		
			1	2	3
Sohlengeschwür	1	1		1,000	1,000
		2	1,000		-
		3	1,000	-	
	2	1		1,000	1,000
		2	1,000		-
		3	1,000	-	
	3	1		,287	,287
		2	,287		-
		3	,287	-	
Weiße-Linie-Defekt	1	1		1,000	,965
		2	1,000		,917
		3	,965	,917	
	2	1		,683	,916
		2	,683		,073
		3	,916	,073	
	3	1		,549	,824
		2	,549		,017
		3	,824	,017	

Tab. 25: Signifikanzen der Prävalenz von Dermatitis Digitalis und den CCS-Werten zwischen den Klauenpflegezeitpunkten der jeweiligen SARA-Gruppe

Parameter	SARA-Gruppe	Zeitpunkt	Zeitpunkt		
			1	2	3
Dermatitis Digitalis	1	1		,619	1,000
		2	,619		,424
		3	1,000	,424	
	2	1		,595	,363
		2	,595		1,000
		3	,363	1,000	
	3	1		,921	,837
		2	,921		1,000
		3	,837	1,000	
Cow-Claw-Score (CCS)	1	1		,691	,438
		2	,691		1,000
		3	,438	1,000	
	2	1		,992	,751
		2	,992		,642
		3	,751	,642	
	3	1		,949	,917
		2	,949		1,000
		3	,917	1,000	

4.7. Grafische Darstellung der CCS-Werte

In Abb. 3 sind die CCS-Werte als Boxplot-Diagramm dargestellt. Die CCS-Werte sind in dieser Abbildung nach SARA-Gruppen gruppiert. Es ist ersichtlich, dass der Medianwert der CCS-Werte aller Kühe von Klauenpflegezeitpunkt 1 bis 3 tendenziell zunimmt. Eine Ausnahme bildet hier SARA-Gruppe 2, bei welcher der Median von Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 2 abnimmt, aber zum Zeitpunkt 3 wieder ansteigt. Die CCS-Werte der Kühe der SARA-Gruppe 2 zeigten im Gegensatz zu den Werten der SARA-Gruppen 1 und 3 nur eine geringe Streuung. In SARA-Gruppe 3 gab es außerdem noch jeweils einen Ausreißer nach oben zum Zeitpunkt 1 und 2.

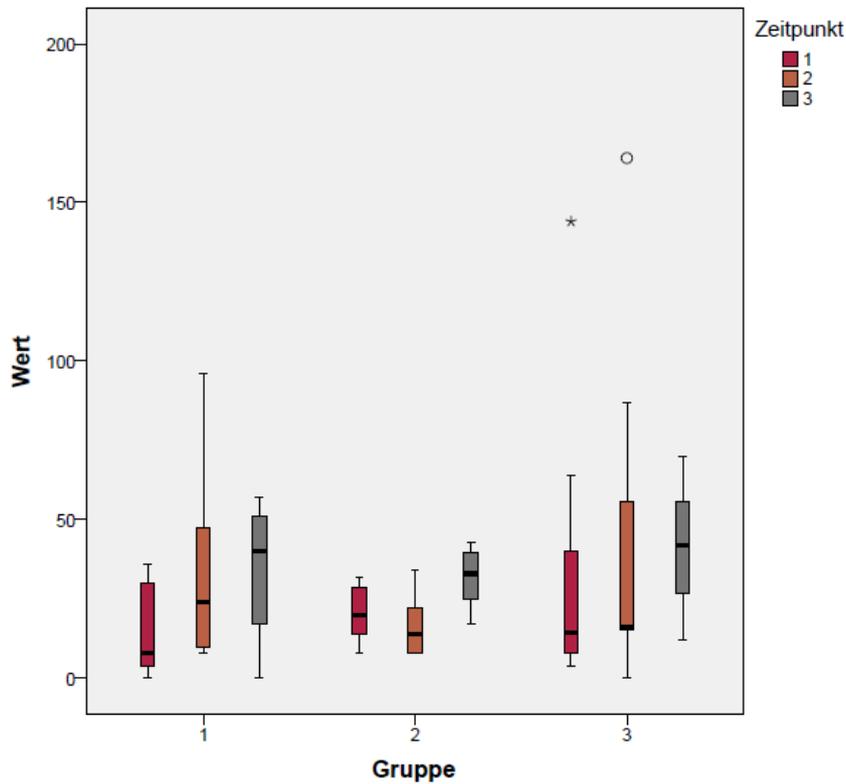


Abb. 3: Boxplot-Diagramm mit den CCS-Werten der SARA-Gruppen zu den Klauenpflegezeitpunkten

In Abb. 4 sind die CCS-Werte der Kühe der SARA-Gruppen nach Klauenpflegezeitpunkt gruppiert. Somit lassen sich in dieser Grafik die einzelnen Gruppen zum jeweiligen Klauenpflegezeitpunkt gut vergleichen. Hierbei ist ersichtlich, dass die Medianwerte tendenziell von Zeitpunkt 1 bis 3 ansteigen. Der Medianwert der Gruppe 1 stieg relativ gleichmäßig von Zeitpunkt 1 bis 3 an. Wohingegen der Medianwert der Gruppe 2 vom ersten zum zweiten Zeitpunkt erst abgefallen und zu Zeitpunkt 3 wieder angestiegen ist. Es fällt auch auf, dass die Boxplot's von Gruppe 2 kleiner sind, das heißt die CCS-Werte haben innerhalb dieser Gruppe nicht so stark gestreut wie bei den anderen Gruppen.

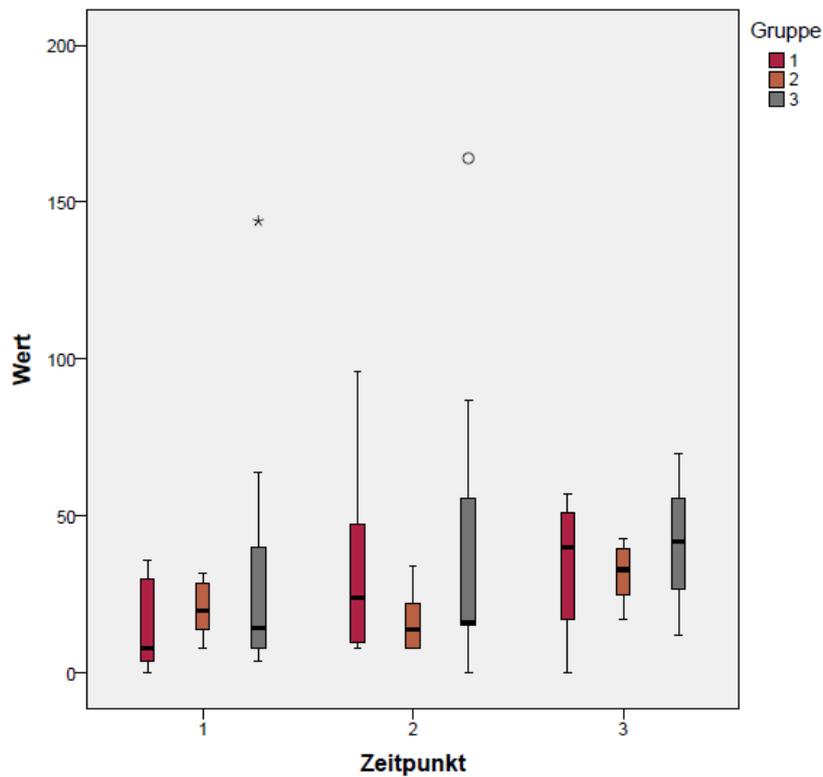


Abb. 4: Boxplot-Diagramm mit den CCS-Werten der SARA-Gruppen (gruppiert nach Klauenpflegezeitpunkten)

4.8. Festgestellte Lahmheitsursachen während der Versuchsdauer

In Tab. 26 sind die Kühe, die während der Versuchsdauer einer Klauenpflege unterzogen wurden dargestellt. Siebenmal wurde Dermatitis Digitalis (akutes Stadium) als lahmheitsauslösende Erkrankung diagnostiziert. Außerdem wurde neunmal Ballenhornfäule, fünfmal WLD (Score 1 – 2; d.h. Vorliegen eines Weiße-Linie-Defektes, der knapp an die Lederhaut reichte) und eine Sohlenblutung diagnostiziert. Die Dermatitis Digitalis wurde mit einer Salizylsäurepaste lokal und einem Verband behandelt. Die anderen Klauenhorndefekte wurden nach den Regeln der funktionellen Klauenpflege (Toussaint Raven 1989) therapiert, d.h. mittels keilförmigem Entlastungsschnitt (Schritt 4 der funktionellen Klauenpflege).

Tab. 26: Während der Versuchsdauer festgestellte Lahmheitsursachen

Kuh	SARA-Gruppe	Datum	Erkrankungen
HD Rosine	3	19.04.2021	Dermatitis Digitalis
HD Rosine	3	30.04.2021	Dermatitis Digitalis
Lucia	3	30.03.2021	Ballenhornfäule Sohlenblutung Weiße-Linie-Defekt
Romy	2	30.03.2021	Ballenhornfäule Weiße-Linie-Defekt
Alexa	2	11.03.2021	Ballenhornfäule Weiße-Linie-Defekt Dermatitis Digitalis
Margana	1	30.03.2021	Ballenhornfäule Weiße-Linie-Defekt
Walli	3	30.03.2021	Ballenhornfäule Dermatitis Digitalis
HD Luna	2	30.03.2021	Ballenhornfäule Dermatitis Digitalis
Heidemarie	2	19.05.2021	Ballenhornfäule Dermatitis Digitalis
Farina	2	19.05.2021	Ballenhornfäule Dermatitis Digitalis
Milla	1	01.06.2021	Ballenhornfäule

5. Diskussion

Zahlreiche Studien haben sich bereits in der Vergangenheit mit der Thematik des Einflusses der Fütterung auf die Klauengesundheit beschäftigt (Manson und Leaver 1988, Bergsten 1994, Nocek 1997, Kofler 2001, Kofler und Gasteiner 2002, Dippel et al. 2009, Lean et al. 2013b, Shaver 2019, Langova et al. 2020). Das Ziel dieser Untersuchung war es den Einfluss der Futterumstellung, die stattfindet, wenn die Kuh zum ersten Mal abkalbt, auf die Klauengesundheit zu untersuchen.

5.1. Versuchsaufbau und Rationsgestaltung

Die 24 Erstlingskühe wurden nach dem voraussichtlichen Abkalbedatum in fünf Gruppen eingeteilt. Die ersten drei Gruppen kalbten von April bis Mai 2021 und somit im Frühjahr ab. Die Gruppen vier und fünf hingegen kalbten erst im September 2021 ab. Somit fand für die Kühe der Versuch zu unterschiedlichen Jahreszeiten statt. Die Jahreszeit hat nicht nur Einfluss auf die Umgebungstemperatur der Kühe und somit auf die Gefahr von auftretendem Hitzestress, sondern beeinflusst auch die Futtergrundlage der Tiere entscheidend. Zum Beispiel nimmt mit längerer Lagerdauer der Maissilage der Anteil an ruminal abbaubarer Stärke zu (Ferraretto et al. 2015). Das heißt, dass bei gleichbleibender Ration die Menge an pansenabbaubarer Stärke mit der Silierdauer der Maissilage steigt. Mit steigenden Mengen an pansenabbaubarer Stärke steigt gleichzeitig auch die Gefahr, dass die Kühe an SARA erkranken (Zebeli et al. 2010). Die Kühe der Gruppen vier und fünf bekamen außerdem eine andere Grassilage als die Kühe der Gruppen eins bis drei.

Wie vorher bereits erwähnt, hat die Jahreszeit auch einen wesentlichen Einfluss auf die Umgebungstemperatur und somit auf die Gefahr, ob die Tiere an Hitzestress leiden. Hitzestress vermindert die Trockenmasseaufnahme und die Liegezeit der Tiere erheblich. Verringerte Liegezeiten infolge von Hitzestress verstärken die negativen Auswirkungen von Klauenrehe auf die Klauengesundheit (Cook et al. 2004, Cook et al. 2007). Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden aber keine entsprechenden Temperatur- und Luftfeuchtheitsaufzeichnungen vorgenommen.

Die Kühe wurden während des Versuches mit einer TMR versorgt, mit Ausnahme der ersten Woche nach der Abkalbung, in der der Krafffutteranteil sukzessive von 32 % auf 60 % der Rationstrockenmasse gesteigert wurde. In der Literatur wird die TMR-Fütterung als

pansenschonendste Fütterungsmethode beschrieben, da immer Kraffutter und Grundfutter gleichzeitig aufgenommen werden. Somit werden pro Mahlzeit kleinere Mengen an Kraffutter aufgenommen und die pH-Wert Schwankungen im Pansen fallen geringer aus (Schingoethe 2017, Humer et al. 2018b). Als positiv zu bewerten ist auch, dass die Kühe bereits vor der Abkalbung eine Starterration bekommen hatten. Diese Starterration enthielt bereits 32 % Kraffutter und der Stärkegehalt lag bei ca. 20 % in der Trockenmasse. Fehlende Adaption an stärkereiche Rationen wird als eine der Hauptursachen von SARA in der Frühaktation genannt. Diese Tatsache gilt vor allem für erstlaktierende Kühe. Kraffuttergaben vor der Abkalbung führen dazu, dass sich die Pansenzotten vergrößern und die Mikroflora im Pansen sich an die energiereichere Ration gewöhnen kann (Penner et al. 2007, Lean et al. 2013a).

Das Kraffutter der Starter- und der Laktationsration bestand aus Gerste und Körnermais als Energielieferanten. Die Eiweißversorgung wurde durch Raps- und Sojaextraktionsschrot sichergestellt. Zusätzlich enthielt die Kraffuttermischung noch Mineralfutter. Über 60 % des Kraffutters bestand aus Gerste. Diese Getreideart wird im Pansen sehr schnell fermentiert und enthält im Gegensatz zu Körnermais nur eine geringe Menge an pansenstabiler Stärke. Aus diesem Grund wird sehr schnell eine sehr große Menge an kurzkettigen Fettsäuren gebildet. Daher ist das SARA-Risiko bei der Verfütterung von großen Mengen an Gerste gegenüber von Körnermais erhöht (Offner et al. 2003, Benninghoff et al. 2015, Jaramillo-López et al. 2017).

In Tab. 4 sind die SARA-Tage aller Versuchstiere angeführt. Auffallend dabei ist, dass die Anzahl der Tage an denen der Pansen pH-Wert länger als 5,5 Stunden unter 5,8 lag zwischen den Kühen sehr stark variierte. Ein möglicher Grund dafür könnte eine unterschiedlich hohe Trockenmasseaufnahme der Kühe sein. Kühe, die mehr Futter aufnehmen, nehmen gleichzeitig auch mehr schnell fermentierbare Kohlenhydrate auf. Diese Tiere sind somit einem höheren Risiko ausgesetzt eine SARA zu entwickeln (Zebeli et al. 2010, Humer et al. 2018b). In der Literatur wird auch der Einfluss des Körpergewichtes, somit auch des Pansenvolumens, auf den Pansen pH-Wert erwähnt. Eine Studie zeigt, dass empfängliche Tiere um rund 50 kg leichter sind als SARA tolerantere Tiere (Nasrollahi et al. 2017). Geht man davon aus, dass schwerere Tiere mehr Futter aufnehmen, widerspricht diese Erkenntnis den Aussagen von Zebeli et al. 2010).

5.2. Gangbildbeurteilung

Die im zweiwöchigen Intervall durchgeführte Gangbildkontrolle ergab tendenziell einen höheren Mittelwert der Locomotion-Scores für die SARA-Gruppen 2 und 3 im Gegensatz zur SARA-Gruppe 1. Im gesamten Versuch traten nur Locomotion-Scores von 1 bis 3 auf, wobei der LSC 3 auch nur einmal diagnostiziert wurde. LSC 2, d. h. eine geringgradige Lahmheit trat insgesamt zwölfmal auf. Hauptursachen für die Lahmheiten waren Dermatitis Digitalis und weiße-Linie-Defekte, welche knapp an die Lederhaut reichten. Der Umstand, dass die Kühe bereits vor der Abkalbung einer Klauenpflege unterzogen wurden, könnte ein Grund dafür sein, dass keine hochgradigen und auch kaum mittelgradige Lahmheiten während des Versuches auftraten. Durch Klauenpflege wurde soweit es möglich war die Trachtenhöhe der Außenklaue an die der Innenklaue, falls diese dort ≥ 3 cm betrug, angeglichen. Mit dieser Maßnahme schafft man eine annähernd gleiche Lastverteilung zwischen Innen- und Außenklaue. Eine vernachlässigte bzw. eine unsachgemäße Klauenpflege erhöht das Risiko von auftretenden Klauenerkrankungen deutlich (Greenough 2007, Kofler 2021b). Außerdem wurde diese Studie nur mit Erstlaktierenden Tieren durchgeführt. Studien haben gezeigt, dass Erstlaktierende noch eine bessere Klauengesundheit aufweisen als Kühe mit höheren Laktationsnummern (Fiore et al. 2019). Das liegt einerseits daran, dass die Klauen aufgrund des geringeren Körpergewichts noch nicht so viel Gewicht tragen müssen wie die von älteren Kühen und andererseits sind die Klauen von Kalbinnen noch nicht so lange einseitigen Druckbelastungen und negativen Umwelteinflüssen wie zum Beispiel den feuchten Haltungsbedingungen sowie auch Klauenrehe-bedingten Einwirkungen ausgesetzt (Greenough 2007, Fiore et al. 2019).

5.3. Diagnostizierte Klauenerkrankungen

Im gesamten Versuch wurden nur ein Sohlengeschwür und 13mal akute Dermatitis Digitalis als sogenannte Alarmerkrankungen diagnostiziert. Alarmerkrankungen sind Klauenerkrankungen, die grundsätzlich mit Schmerzen und Lahmheit für das Tier verbunden sind (Kofler 2021b, Kofler et al. 2022). Die Prävalenz an Sohlengeschwüren lag in dieser Studie (1,56 %) in der gleichen Größenordnung wie in einer Studie (1,4 %), die an 139 österreichischen Kalbinnen durchgeführt wurde (Kofler et al. 2011). Von besonderem Interesse für diese Arbeit sind die Erkrankungen, die mit Klauenrehe assoziiert sind.

Darunter fallen die Klauenhornläsionen Sohlenblutung, Weiße-Linie-Defekt, Doppelsohle, konkave Dorsalwand und z.T. auch Ballenhornfäule.

Die Prävalenz von Sohlenblutungen hat innerhalb von SARA-Gruppe 1 über die Versuchsdauer abgenommen. Bei SARA-Gruppe 2 und 3 hat die Prävalenz von Sohlenblutungen über die Klauenpflegezeitpunkte tendenziell zugenommen. Keiner der Unterschiede konnte aber statistisch abgesichert werden. Sohlenblutungen sind ein Zeichen für aus der Lederhaut ausgetretenes Blut. Der häufigste Grund dafür ist das Absinken des Klauenbeines im Rahmen einer Klauenreihe (Bergsten 1994, Ossent und Lischer 1998, Greenough 2007). Zu erwähnen ist hierbei, dass die Aufstallung der Versuchskühe nicht die typische Aufstallung in konventionellen Milchviehbetrieben widerspiegelte. In den meisten Betrieben werden Kühe in Liegeboxenaufställen gehalten mit planbefestigten Laufgängen (Beton) und Liegeboxen. Die Laufgänge des Versuchsstalles hingegen waren mit einer Gummiauflage ausgestattet. Diese Gummiauflage bietet einen weicheren Untergrund, wodurch Druckschäden an der Klauenlederhaut verringert werden (Telezhenko et al. 2007, DeVries et al. 2015, Kofler 2021a). Zusätzlich fanden die Tiere auch eine gut eingestreute Tiefstrohfläche vor, die von den Tieren sehr gut angenommen wurde. Die 15 Liegeboxen waren ebenfalls immer gut gepflegt. All diese Umstände führen dazu, dass die Kühe mehr liegen. Eine erhöhte Liegedauer der Herde ist mit einer verbesserten Klauengesundheit verbunden (Cook und Nordlund 2009).

Doppelsohlen wurden am häufigsten in SARA-Gruppe 1 diagnostiziert. Die Prävalenz hat sich in dieser Gruppe von 0 % vor Versuchsbeginn auf rund 12 % drei bis vier Monate nach Versuchsende erhöht. Der Unterschied in der Prävalenz an Doppelsohlen zwischen den Klauenpflegeterminen vor Versuchsbeginn und drei bis vier Monate nach Versuchsende ist statistisch signifikant. Zwischen den SARA-Gruppen konnte aber kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Prävalenz von Doppelsohlen festgestellt werden. SARA-Gruppe 2 und 3 zeigten auch eine geringere Prävalenz an Doppelsohlen als SARA-Gruppe 1.

Die Prävalenz an konkaven Dorsalwänden hat sich in allen drei Gruppen über die Klauenpflegeetermine in etwa gleichem Ausmaß erhöht. Es konnte jedoch kein statistischer Unterschied zwischen den SARA-Gruppen sowie zwischen den Zeitpunkten gefunden werden.

Einige wenige Weiße-Linie-Defekte konnten bereits vor Versuchsbeginn diagnostiziert werden. Die Prävalenz lag vor Versuchsbeginn bei 8 % in SARA-Gruppe 1, 14 % in SARA-

Gruppe 2 und 12 % in SARA-Gruppe 3. Daten von Kofler et al. (2011) zeigen eine Prävalenz an Weiße-Linie-Defekten bei österreichischen Kalbinnen von 87,1 %. Die Prävalenz in dieser Studie erreichte bei weitem nicht dieses Niveau. Nach Versuchsende konnte sogar eine geringere Prävalenz an Weiße-Linie-Defekten in SARA-Gruppe 2 und 3 festgestellt werden. Beim dritten Klauenpflegetermin stieg die Prävalenz an Weiße-Linie-Defekten bei SARA-Gruppe 1 auf 12,5 % und bei den SARA-Gruppen 2 und 3 auf 18,75 % an. Der Unterschied in der Prävalenz an Weiße-Linie-Defekten innerhalb der SARA-Gruppe 3 zwischen Klauenpflegezeitpunkt 2 und 3 war statistisch signifikant. Der Unterschied in der Prävalenz an Weiße-Linie-Defekten zwischen den Gruppen war allerdings zu keinem Zeitpunkt signifikant. Neben der Fütterung können auch andere Einflussfaktoren wie übermäßige mechanische und traumatische Belastung ursächlich für das Entstehen von Weiße-Linie-Defekten sein (Webster 2002). Da die Tiere nach Versuchsende zur restlichen Herde des Betriebes kamen, können auch die Umweltbedingungen in diesem Stallabteil zur erhöhten Prävalenz an Weiße-Linie-Defekten beigetragen haben. Der restlichen Herde steht zusätzlich ein betonierter Auslauf zur Verfügung. Die restlichen Laufgänge sind ebenso mit Gummimatten ausgestattet.

Der Anteil an Ballenhornfäule erkrankter Klauen nahm, mit Ausnahme derer von den Kühen in SARA-Gruppe 1, über die Klauenpflegezeitpunkte zu. In SARA-Gruppe 1 sank die Prävalenz an Ballenhornfäule vom Klauenpflegezeitpunkt 2 auf 3. Zwischen den SARA-Gruppen konnten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Prävalenz an Ballenhornfäule festgestellt werden. Tendenziell waren die Prävalenzen von Ballenhornfäule in SARA-Gruppe 2 und 3 höher als in SARA-Gruppe 1. Innerhalb von SARA-Gruppe 3 konnte bei Ballenhornfäule ein signifikanter Unterschied zwischen den Klauenpflegezeitpunkten 1 und 2 und Klauenpflegezeitpunkt 3 festgestellt werden. Die Häufigkeit mit welcher Ballenhornfäule auftritt, hängt stark mit den Haltungsbedingungen zusammen. Unhygienische Haltungsbedingungen fördern das Auftreten von Ballenhornfäule (Somers et al. 2005). Im Zuge von SARA werden auch schlechtere Hornqualitäten gebildet. Dieses Horn wird leichter durch Feuchtigkeit aufgeweicht, wodurch kleine Fissuren im weichen Ballenhorn entstehen. In diesen entstandenen Räumen können sich leichter Anaerobier festsetzen und das Horn weiter schädigen (Greenough 2007). Die Kühe hatten während der Versuchsdauer einen Tiefstrobereich zur Verfügung. Somers et al.(2003) konnte zeigen, dass Kühe in Deutschland, die in Strohställen gehalten werden, eine geringere Prävalenz an Ballenhornfäule zeigten. Dies könnte man damit erklären, dass eine

gut eingestreute Tiefstrohfläche trockene und saubere Bedingungen bietet und somit das Horn nicht so stark aufgeweicht wird. Des Weiteren liegen Kühe auf Tiefstrohflächen länger als in Liegeboxen. Diese längere Liegezeit führt zur Entlastung und Abtrocknung der Klauen und zu einer besseren Durchblutung der Klauenlederhaut (Olechnowicz und Jaskowski 2011). Diese Tatsache könnte die Ursache sein, dass sich keine deutlicheren Unterschiede zwischen den SARA-Gruppen zeigten.

Die Prävalenz an Dermatitis Digitalis unterschied sich zwischen den Gruppen nicht signifikant. Auch innerhalb der SARA-Gruppen konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Klauenpflegezeitpunkten nachgewiesen werden. Dermatitis Digitalis trat generell in geringer Häufigkeit (Prävalenz von 0-3 %) auf.

Bei den CCS-Werten konnte ebenso kein signifikanter Unterschied zwischen den SARA-Gruppen nachgewiesen werden. Tendenziell waren die CCS-Werte aber in SARA-Gruppe 3 zu allen Klauenpflegeterminen höher als in den anderen SARA-Gruppen. Beim ersten Klauenpflegetermin war der CCS von SARA-Gruppe 3 sogar doppelt so hoch wie von SARA-Gruppe 1. Der Unterschied war trotzdem statistisch nicht signifikant, was an der geringen Tierzahl liegen kann. Außerdem waren beim letzten Klauenpflegetermin die Werte bei allen SARA-Gruppen höher als beim ersten Klauenpflegetermin.

Die doch etwas geringe Anzahl von 24 Probandeninnen kann eine Ursache sein, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen den SARA-Gruppen nachgewiesen werden konnten. Außerdem wurden die Tiere bereits vor der Abkalbung in die Gruppe eingegliedert, was den Umstellungsstress mit der Geburt (Grant und Albright 2001), wie er in anderen Betrieben auftritt, verringert. In der Praxis werden die Tiere oft erst unmittelbar nach der Abkalbung in die Milchviehherde integriert. Dort müssen sich die Tiere Rangkämpfen aussetzen die Stress verursachen (Grant und Albright 2001). Dieser Stress um den Geburtszeitpunkt und die Anpassungsschwierigkeiten an eine neue Herde sind neben der Futterumstellung und dem erhöhten Risiko an anderen akuten Allgemeinerkrankungen zu erkranken wichtige Gründe für das Auftreten von Klauenrehe (Kofler und Gasteiner 2002). Außerdem ändert sich oft die Laufgangoberfläche mit dem Umstallen zur laktierenden Herde.

Als ein weiterer wesentlicher Faktor dafür, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen den SARA-Gruppen bzw. auch zwischen den Kühen zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten nachgewiesen werden konnten, muss wohl die Tatsache angeführt werden, dass die stärkereiche Versuchsration nur bis zum 70. Laktationstag

gefüttert worden war. In der Praxis werden oft stärkereiche Rationen über mehrere Laktationen gefüttert. Somit haben Kühe oft über einen deutlich längeren Zeitraum SARA (Kleen und Cannizzo 2012). Chronische Reheklauen entwickeln sich, wenn akute, subakute und subklinische Klauenrehe über einen längeren Zeitraum, d.h. über ca. 12 Monate bestehen (Boosman et al. 1991, Ossent und Lischer 1998, Greenough 2007). Tritt SARA über einen längeren Zeitraum auf, steigt auch die Wahrscheinlichkeit, dass sich chronische Reheklauen bilden. Chronische Reheklauen führen unter anderem zu morphologischen Veränderungen in der Klaue mit negativem Einfluss auf die Gewichtsverteilung und die Hornqualität. Somit steigt die Gefahr von rehe-assoziierten Klauenhornläsionen, wenn die Fütterung über einen längeren Zeitraum bzw. über mehrere Laktationen nicht wiederkäuergerecht gestaltet ist (Nocek 1997).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass SARA-Gruppe 3 tendenziell eine schlechtere Klauengesundheit hatte als SARA-Gruppe 1. Statistisch konnte der Unterschied aber leider nicht abgesichert werden. Die Ursache hierfür liegt mit großer Wahrscheinlichkeit in einer zu geringen Stichprobengröße und einer zu kurzen Versuchsdauer.

6. Zusammenfassung

Diese Diplomarbeit ist eine begleitende Studie zum Projekt „Evaluating the role of natural feed additives on health of primiparous transition cows“, welches vom Institut für Tierernährung unter der Leitung von Prof. Q. Zebeli an der Vetfarm der Veterinärmedizinischen Universität Wien im Jahr 2021 durchgeführt wurde. Dazu wurden 24 Kalbinnen (Holstein Friesian), die vom März bis September 2021 abkalbten, mit einer kraftfutterreichen Ration versorgt. Der Fütterungsversuch wurde ab 21 Tage vor dem geplanten Abkalbetermin bis zum 70. Laktationstag durchgeführt. Der Fütterungsversuch dauerte somit für die Tiere 91 Tage. Die Kühe wurden vor der Abkalbung mit einer Starterration gefüttert, die einen Kraftfutteranteil in der Trockenmasse von 32 % beinhaltete. Nach der Abkalbung wurden die Tiere innerhalb von acht Tagen auf die Laktationsration mit einem Kraftfutteranteil in der Trockenmasse von 60 % umgestellt. Diese Ration wurde kontinuierlich bis zum Ende des Versuches gefüttert.

Zur Untersuchung der Klauengesundheit wurden die Tiere vor Versuchsbeginn, nach Versuchsende und nochmals drei bis vier Monate nach Versuchsende einer funktionellen Klauenpflege unterzogen. Zusätzlich wurde im zweiwöchigen Intervall eine Gangbildkontrolle durchgeführt. Im Zuge der Klauenpflege wurde mit dem digitalen Klauenmanagerprogramm (SEG Informationstechnik GmbH, Bad Ischl, Österreich) jede Klauenläsion dokumentiert. Mithilfe des Programms wurde auch der Cow-Claw-Score (CCS) jeder Kuh ermittelt. Alle Versuchstiere waren mit einem intraruminalen Bolus ausgestattet, welcher kontinuierlich den pH-Wert im Pansen maß. Mit diesen Daten konnte für jede Kuh festgestellt werden, an welchen Versuchstagen sie an einer Subacute-Ruminal-Acidosis (SARA) litt. Anhand der Anzahl an SARA-Tagen wurden die 24 Erstlaktierenden Tiere in drei SARA-Gruppen eingeteilt. SARA-Gruppe 1 hatte an 0-10 %, SARA-Gruppe 2 an 10-30 % und SARA-Gruppe 3 an 30-100 % der Versuchstage eine SARA.

Die Prävalenzen aller aufgetretenen Klauenerkrankungen sowie der Mittelwert der CCS-Werte von den SARA-Gruppen zu jedem Klauenpflegezeitpunkt wurden berechnet und statistisch ausgewertet. Es konnte dabei zwischen den SARA-Gruppen kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Klauenläsionen festgestellt werden. Tendenziell waren aber die CCS-Mittelwerte von SARA-Gruppe 3 bei allen Klauenpflegeterminen höher als die von SARA-Gruppe 1. Auch die Prävalenzen an Sohlenblutungen, Weiße-Linie-Defekten,

konkaver Dorsalwand und Ballenhornfäule waren zum letzten Klauenpflegezeitpunkt in SARA-Gruppe 3 tendenziell höher als in SARA-Gruppe 1.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Kühe mit einem höheren Anteil an SARA-Tagen tendenziell eine schlechtere Klauengesundheit hatten.

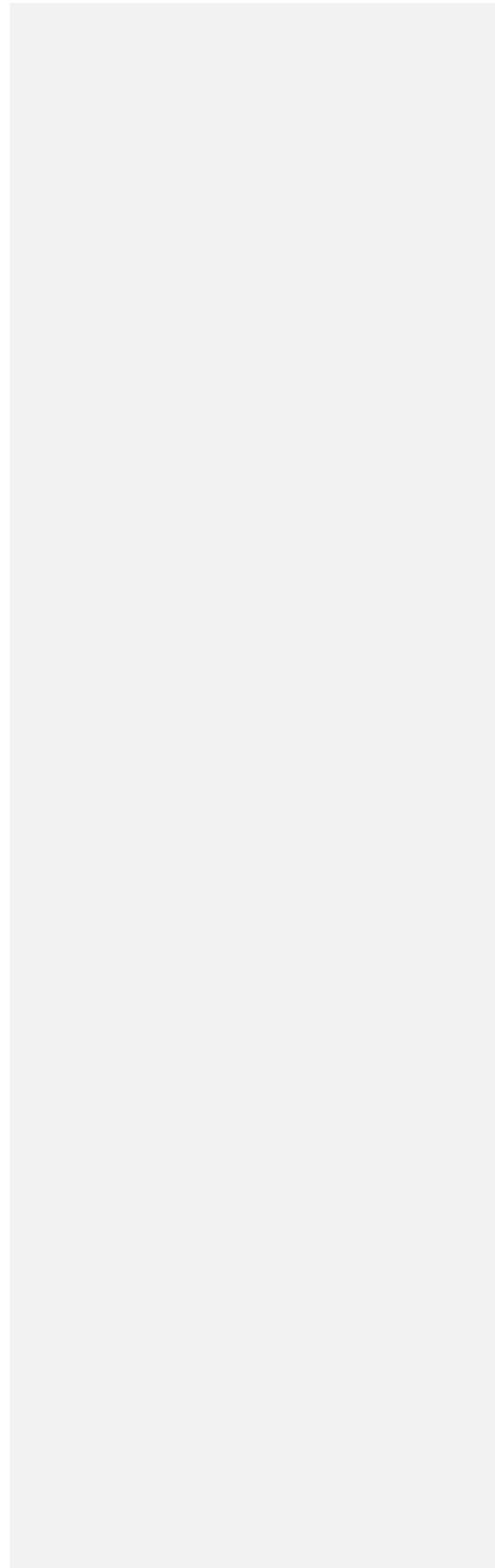
7. Summary

This work is an accompanying study to the project "Evaluating the role of natural feed additives on health of primiparous transition cows", which was conducted in 2021 by the Institute of Animal Nutrition under the direction of Prof. Q. Zebeli at the Vetfarm of the University of Veterinary Medicine Vienna. For this purpose, 24 heifers (Holstein Frisian) calving from March to September 2021 were fed a concentrate-rich diet. The feeding trial was conducted from 21 days before the planned calving date until the 70th day of lactation. Thus, the feeding trial lasted 91 days. The cows were fed a starter ration prior to calving, which included a concentrate content in dry matter of 32 %. After calving, the animals were switched within eight days to the lactation ration with a concentrate content in dry matter of 60%. This ration was fed continuously until the end of the experiment.

To investigate claw health, the animals underwent functional claw trimming before the start of the trial, after the end of the trial and again three to four months thereafter. In addition, a locomotion-scoring was performed at two-week intervals. In the course of claw trimming, each claw lesion was documented with the digital Klauenmanager program (SEG Informationstechnik GmbH, Bad Ischl, Austria). The program was also used to determine the Cow-Claw-Score (CCS) of each cow. All experimental animals were equipped with an intraruminal bolus, continuously measuring the ruminal pH during the trial. With these data, it was possible to determine for each cow on which experimental days she suffered from Subacute Ruminal Acidosis (SARA). Based on the number of SARA days, the 24 primiparous cows were divided into three SARA-groups. SARA-group 1 had SARA on 0-10%, SARA-group 2 on 10-30%, and SARA-group 3 on 30-100% of the experimental days.

The prevalences of all claw diseases which occurred, as well as the mean CCS values of the SARA-groups at each claw trimming time point were calculated and statistically analysed. No significant differences were found for claw lesions between the three SARA groups. However, the mean CCS values of SARA-group 3 tended to be higher than those of SARA-group 1 at all claw trimming dates. The prevalences of sole hemorrhage, white line disease, concave dorsal wall, and heel horn erosion also tended to be higher in SARA group 3 than in SARA group 1 at the last claw trimming visit.

In summary, cows with a higher percentage of SARA days tended to have poorer hoof health.



8. Abkürzungsverzeichnis

LPS Lipopolysaccharid

hat formatiert: Deutsch (Österreich)

SARA Subacute Ruminant Acidosis

hat formatiert: Spanisch (Spanien)

TMR Total-Misch-Ration

CCS Cow Claw Score

LSC Locomotion-Score

9. Literaturverzeichnis

- Amory JR, Kloosterman P, Barker ZE, Wright JL, Blowey RW, Green LE. 2006. Risk factors for reduced locomotion in dairy cattle on nineteen farms in the netherlands. *Journal of Dairy Science*, 89 (5): 1509–1515. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(06)72218-4.
- Benninghoff J, Paschke-Beese M, Südekum K-H. 2015. In situ and in vitro ruminal degradation of maize grain and untreated or xylose-treated wheat, barley and rye grains. *Animal Feed Science and Technology*, 210: 86–93. DOI 10.1016/j.anifeedsci.2015.10.002.
- Bergsten C. 1994. Haemorrhages of the sole horn of dairy cows as a retrospective indicator of laminitis: An epidemiological study. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 35 (1): 55–66. DOI 10.1186/BF03548355.
- Bergsten C. 2003. Causes, risk factors, and prevention of laminitis and related claw lesions. *Acta Veterinaria Scandinavica. Supplementum*, 98: 157–166. DOI 10.1186/1751-0147-44-s1-s157.
- Boosman R, Németh F, Gruys E. 1991. Bovine laminitis: clinical aspects, pathology and pathogenesis with reference to acute equine laminitis. *The Veterinary Quarterly*, 13 (3): 163–171. DOI 10.1080/01652176.1991.9694302.
- Bramley E, Lean IJ, Fulkerson WJ, Stevenson MA, Rabiee AR, Costa ND. 2008. The definition of acidosis in dairy herds predominantly fed on pasture and concentrates. *Journal of Dairy Science*, 91 (1): 308–321. DOI 10.3168/jds.2006-601.
- Burger M. 2017. Nutritional factors affecting the occurrence of laminitis in dairy cows : A review. *Elsenburg Journal Agriprobe*, (14): 58-64. <https://journals.co.za/doi/pdf/10.10520/EJC-be0a914e1>.
- Cook NB, Mentink RL, Bennett TB, Burgi K. 2007. The effect of heat stress and lameness on time budgets of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90 (4): 1674–1682. DOI 10.3168/jds.2006-634.
- Cook NB, Nordlund KV. 2009. The influence of the environment on dairy cow behavior, claw health and herd lameness dynamics. *Veterinary Journal*, 179 (3): 360–369. DOI 10.1016/j.tvjl.2007.09.016.
- Cook NB, Nordlund KV, Oetzel GR. 2004. Environmental Influences on Claw Horn Lesions Associated with Laminitis and Subacute Ruminal Acidosis in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 87: E36-E46. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(04)70059-4.
- Danscher AM, Toelboell TH, Wattle O. 2010. Biomechanics and histology of bovine claw suspensory tissue in early acute laminitis. *Journal of Dairy Science*, 93 (1): 53–62. DOI 10.3168/jds.2009-2038.
- DeVries M, Bokkers EAM, van Reenen CG, Engel B, van Schaik G, Dijkstra T, Boer IJM de. 2015. Housing and management factors associated with indicators of dairy cattle welfare. *Preventive Veterinary Medicine*, 118 (1): 80–92. DOI 10.1016/j.prevetmed.2014.11.016.
- Dippel S, Dolezal M, Brenninkmeyer C, Brinkmann J, March S, Knierim U, Winckler C. 2009. Risk factors for lameness in cubicle housed Austrian Simmental dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine*, 90 (1-2): 102–112. DOI 10.1016/j.prevetmed.2009.03.014.

- Egger-Danner C, Nielsen P, Fiedler A, Müller A, Fjeldaas T, Döpfer D, Daniel V, Bergsten C, Cramer G, Christen A-M, Stock KF, Thomas G, Holzhauer M, Steiner A, Clarke J, Capion N, Charfeddine N, Pryce JE, Oakes E, Burgstaller J, Heringstad B, Ødegård C, Kofler J, Egger F, Cole JB. 2015. ICAR Claw Health Atlas. ICAR Technical Series. No. 18. https://www.icar.org/ICAR_Claw_Health_Atlas.pdf (Zugriff 23.04.2022).
- Ferraretto LF, Shaver RD, Massie S, Singo R, Taysom DM, Brouillette JP. 2015. Effect of ensiling time and hybrid type on fermentation profile, nitrogen fractions, and ruminal in vitro starch and neutral detergent fiber digestibility in whole-plant corn silage. *The Professional Animal Scientist*, 31 (2): 146–152. DOI 10.15232/pas.2014-01371.
- Fiore E, Perillo L, Marchesini G, Piccione G, Giudice E, Zumbo A, Armato L, Fabbri G, Ganesella M. 2019. Effect of Parity on Claw Horn Lesions in Holstein Dairy Cows: Clinical and Radiological Study. *Annals of Animal Science*, 19 (1): 147–158. DOI 10.2478/aoas-2018-0050.
- Fürll M, Hrsg. 2007. Production diseases in farm animals. 13th International Conference. Leipzig: Merkur Druck- und Kopier-Zentrum, 664.
- Gantke S, Nuss K, Köstlin R. 1998. Röntgenbefunde bei der Klauenrehe des Rindes. *Tierärztliche Praxis. Ausgabe G, Grosstiere/Nutztiere*, 26 (5): 239–246.
- Grant RJ, Albright JL. 2001. Effect of Animal Grouping on Feeding Behavior and Intake of Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 84: E156-E163. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(01)70210-X.
- Green LE, Huxley JN, Banks C, Green MJ. 2014. Temporal associations between low body condition, lameness and milk yield in a UK dairy herd. *Preventive Veterinary Medicine*, 113 (1): 63–71. DOI 10.1016/j.prevetmed.2013.10.009.
- Greenough PR. 1990. Observations on bovine laminitis. *In Practice*, 12 (4): 169–173. DOI 10.1136/inpract.12.4.169.
- Greenough PR, Hrsg. 2007. *Bovine Laminitis and Lameness*. Elsevier.
- Hansen LB. 2000. Consequences of Selection for Milk Yield from a Geneticist's Viewpoint. *Journal of Dairy Science*, 83 (5): 1145–1150. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(00)74980-0.
- Humer E, Aschenbach JR, Neubauer V, Kröger I, Khiaosa-Ard R, Baumgartner W, Zebeli Q. 2018a. Signals for identifying cows at risk of subacute ruminal acidosis in dairy veterinary practice. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102 (2): 380–392. DOI 10.1111/jpn.12850.
- Humer E, Khol-Parasini A, Gruber L, Gasteiner J, Abdel-Raheem SM, Zebeli Q. 2015. Long-term reticuloruminal pH dynamics and markers of liver health in early-lactating cows of various parities fed diets differing in grain processing. *Journal of Dairy Science*, 98 (9): 6433–6448. DOI 10.3168/jds.2015-9522.
- Humer E, Petri RM, Aschenbach JR, Bradford BJ, Penner GB, Tafaj M, Südekum K-H, Zebeli Q. 2018b. Invited review: Practical feeding management recommendations to mitigate the risk of subacute ruminal acidosis in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 101 (2): 872–888. DOI 10.3168/jds.2017-13191.
- Jaramillo-López E, Itza-Ortiz MF, Peraza-Mercado G, Carrera-Chávez JM. 2017. Ruminal acidosis: strategies for its control. *Australian Journal of Veterinary Sciences*, 49 (3): 139–148. DOI 10.4067/s0719-81322017000300139.

- Khorrani B, Khiaosa-Ard R, Zebeli Q. 2021. Models to predict the risk of subacute ruminal acidosis in dairy cows based on dietary and cow factors: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 104 (7): 7761–7780. DOI 10.3168/jds.2020-19890.
- Kleen JL, Cannizzo C. 2012. Incidence, prevalence and impact of SARA in dairy herds. *Animal Feed Science and Technology*, 172 (1-2): 4–8. DOI 10.1016/j.anifeedsci.2011.12.003.
- Kleen JL, Hooijer GA, Rehage J, Noordhuizen JPTM. 2003. Subacute ruminal acidosis (SARA): A review. *Journal of Veterinary Medicine. A, Physiology, Pathology, Clinical Medicine*, 50 (8): 406–414. DOI 10.1046/j.1439-0442.2003.00569.x.
- Kleen JL, Hooijer GA, Rehage J, Noordhuizen JPTM. 2009. Subacute ruminal acidosis in dutch dairy herds. *Veterinary Record*, 164 (22): 681–683. DOI 10.1136/vr.164.22.681.
- Kleen JL, Uppgang L, Rehage J. 2013. Prevalence and consequences of subacute ruminal acidosis in german dairy herds. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 55: 48. DOI 10.1186/1751-0147-55-48.
- Kofler J. 2001. Beziehung zwischen Fütterung und Gliedmaßenkrankungen bei Rindern - Diagnostik, Therapie und Prophylaxe. 28. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 2. - 3. Mai 2001, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein A-8952 Irdning: 75–92.
- Kofler J. 2013. Computerised claw trimming database programs as the basis for monitoring hoof health in dairy herds. *Veterinary Journal*, 198 (2): 358–361. DOI 10.1016/j.tvjl.2013.06.009.
- Kofler J. 2017. Pathogenesis and treatment of toe lesions in cattle including "nonhealing" toe lesions. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 33 (2): 301–328. DOI 10.1016/j.cvfa.2017.02.005.
- Kofler J, Hrsg. 2021a. Ein Vergleich verschiedener Bodenarten im Hinblick auf die Klauengesundheit unter besonderer Berücksichtigung von Gussasphaltböden. WEB-Konferenz - Bautagung Raumberg-Gumpenstein, 19. Mai 2021.
- Kofler J. 2021b. Klauengesundheit im Griff - mit System und Konsequenz. *News4Vets*, (10): 56–65. <https://www.vetline.de/klauengesundheit-im-griff-mit-system-und-konsequenz> (Zugriff 01.02.2022).
- Kofler J, Gasteiner J. 2002. Klauenrehe - Die wichtigste Klauenerkrankung unserer Milchrinder. *ÖAG-INFO 3/2002. Sonderbeilage im Fortschrittlichen Landwirt. Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau (ÖAG) Irdning*, 8 S., 2002.
- Kofler J, Hangl A, Pesenhofer R, Landl G. 2011. Evaluation of claw health in heifers in seven dairy farms using a digital claw trimming protocol and claw data analysis system. *Münchener Tierärztliche Wochenschrift*, 124 (7/8): 10–19. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1081.8256&rep=rep1&type=pdf>.
- Kofler J, Pesenhofer R, Landl G, Sommerfeld-Stur I, Peham C. 2013. Langzeitkontrolle der Klauengesundheit von Milchkühen in 15 Herden mithilfe des Klauenmanagers und digitaler Kennzahlen. *Tierärztliche Praxis. Ausgabe G, Grosstiere/Nutztiere*, 41 (01): 31–44. DOI 10.1055/s-0038-1623146.

- Kofler J, Suntinger M, Mayerhofer M, Linke K, Maurer L, Hund A, Fiedler A, Duda J, Egger-Danner C. 2022. Benchmarking Based on Regularly Recorded Claw Health Data of Austrian Dairy Cattle for Implementation in the Cattle Data Network (RDV). *Animals* 2020, 12 (7). DOI 10.3390/ani12070808.
- Langova L, Novotna I, Nemcova P, Machacek M, Havlicek Z, Zemanova M, Chrast V. 2020. Impact of nutrients on the hoof health in cattle. *Animals* 2020, 10 (10). DOI 10.3390/ani10101824.
- Lean IJ, van Saun R, Degaris PJ. 2013a. Energy and protein nutrition management of transition dairy cows. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 29 (2): 337–366. DOI 10.1016/j.cvfa.2013.03.005.
- Lean IJ, Westwood CT, Golder HM, Vermunt JJ. 2013b. Impact of nutrition on lameness and claw health in cattle. *Livestock Science*, 156 (1-3): 71–87. DOI 10.1016/j.livsci.2013.06.006.
- LFI Österreich. 2021. Klauengesundheit im Griff - mit System und Voraussicht. <https://zar.at/dam/jcr:86415faa-4b6a-4102-8441-75bb26fc0e08/zar-seminar-2017-online.pdf#page=33> (Zugriff 17.01.2022).
- Lischer CJ, Koller U, Geyer H, Mülling C, Schulze J, Ossent P. 2002. Effect of therapeutic dietary biotin on the healing of uncomplicated sole ulcers in dairy cattle--a double blinded controlled study. *Veterinary Journal*, 163 (1): 51–60. DOI 10.1053/tvj.2001.0627.
- Machado VS, Caixeta LS, McArt JAA, Bicalho RC. 2010. The effect of claw horn disruption lesions and body condition score at dry-off on survivability, reproductive performance, and milk production in the subsequent lactation. *Journal of Dairy Science*, 93 (9): 4071–4078. DOI 10.3168/jds.2010-3177.
- Manson FJ, Leaver JD. 1988. The influence of dietary protein intake and of hoof trimming on lameness in dairy cattle. *Animal Science*, 47 (2): 191–199. DOI 10.1017/S0003356100003263.
- Mellado M, Saavedra E, Gaytán L, Veliz FG, Macías-Cruz U, Avendaño-Reyes L, García E. 2018. The effect of lameness-causing lesions on milk yield and fertility of primiparous holstein cows in a hot environment. *Livestock Science*, 217: 8–14. DOI 10.1016/j.livsci.2018.09.008.
- Midla LT, Hoblet KH, Weiss WP, Moeschberger ML. 1998. Supplemental dietary biotin for prevention of lesions associated with aseptic subclinical laminitis (pododermatitis aseptica diffusa) in primiparous cows. *American Journal of Veterinary Research*, 59 (6): 733–738.
- Murray RD, Downham DY, Clarkson MJ, Faull WB, Hughes JW, Manson FJ, Merritt JB, Russell WB, Sutherst JE, Ward WR. 1996. Epidemiology of lameness in dairy cattle: description and analysis of foot lesions. *Veterinary Record*, 138 (24): 586–591. DOI 10.1136/vr.138.24.586.
- Nasrollahi SM, Zali A, Ghorbani GR, Moradi Shahrabak M, Heydari Soltan Abadi M. 2017. Variability in susceptibility to acidosis among high producing mid-lactation dairy cows is associated with rumen pH, fermentation, feed intake, sorting activity, and milk fat percentage. *Animal Feed Science and Technology*, 228: 72–82. DOI 10.1016/j.anifeedsci.2017.03.007.

- Neubauer V, Humer E, Kröger I, Braid T, Wagner M, Zebeli Q. 2018. Differences between pH of indwelling sensors and the pH of fluid and solid phase in the rumen of dairy cows fed varying concentrate levels. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102 (1): 343–349. DOI 10.1111/jpn.12675.
- Nocek JE. 1997. Bovine acidosis: Implications on laminitis. *Journal of Dairy Science*, 80 (5): 1005–1028. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(97)76026-0.
- Nordlund KV, Cook NB, Oetzel GR. 2004. Investigation strategies for laminitis problem herds. *Journal of Dairy Science*, 87: E27-E35. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(04)70058-2.
- Oetzel GR. 2017. Diagnosis and management of subacute ruminal acidosis in dairy herds. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 33 (3): 463–480. DOI 10.1016/j.cvfa.2017.06.004.
- Offner A, Bach A, Sauvant D. 2003. Quantitative review of in situ starch degradation in the rumen. *Animal Feed Science and Technology*, 106 (1-4): 81–93. DOI 10.1016/S0377-8401(03)00038-5.
- Olechnowicz J, Jaskowski JM. 2011. Behaviour of lame cows: A review. *Veterinari Medicina*, (56): 581–588.
- Olsson G, Bergsten C, Wiktorsson H. 1998. The influence of diet before and after calving on the food intake, production and health of primiparous cows, with special reference to sole haemorrhages. *Animal Science*, 66 (1): 75–86. DOI 10.1017/S135772980008857.
- Ossent P, Greenough PR, Vermunt JJ. 1997. Laminitis. In: Greenough PR, Hrsg. *Lameness in cattle* 3rd ed. Dritte Aufl. Philadelphia: WB Saunders, 277–289.
- Ossent P, Lischer C. 1998. Bovine laminitis: the lesions and their pathogenesis. In *Practice*, 20 (8): 415–427. DOI 10.1136/inpract.20.8.415.
- Owens FN, Secrist DS, Hill WJ, Gill DR. 1998. Acidosis in cattle: A review. *Journal of Animal Science*, 76 (1): 275–286. DOI 10.2527/1998.761275x.
- Ózsvári L. 2017. Economic cost of lameness in dairy cattle herds. *Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research*, 6 (2). DOI 10.15406/jdvar.2017.06.00176.
- Penner GB, Beauchemin KA, Mutsvangwa T. 2007. Severity of ruminal acidosis in primiparous holstein cows during the periparturient period. *Journal of Dairy Science*, 90 (1): 365–375. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(07)72638-3.
- Plaizier JC, Khafipour E, Li S, Gozho GN, Krause DO. 2012. Subacute ruminal acidosis (SARA), endotoxins and health consequences. *Animal Feed Science and Technology*, 172 (1-2): 9–21. DOI 10.1016/j.anifeedsci.2011.12.004.
- Plaizier JC, Krause DO, Gozho GN, McBride BW. 2008. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. *Veterinary Journal*, 176 (1): 21–31. DOI 10.1016/j.tvjl.2007.12.016.
- Randall LV, Green MJ, Chagunda MGG, Mason C, Green LE, Huxley JN. 2016. Lameness in dairy heifers; impacts of hoof lesions present around first calving on future lameness, milk yield and culling risk. *Preventive Veterinary Medicine*, 133: 52–63. DOI 10.1016/j.prevetmed.2016.09.006.

- Sadiq MB, Ramanoon SZ, Mansor R, Syed-Hussain SS, Shaik Mossadeq WM. 2020. Claw trimming as a lameness management practice and the association with welfare and production in dairy cows. *Animals* 2020, 10 (9). DOI 10.3390/ani10091515.
- Schingoethe DJ. 2017. A 100-Year Review: Total mixed ration feeding of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100 (12): 10143–10150. DOI 10.3168/jds.2017-12967.
- Shaver RD. 2019. Feeding to minimize acidosis and laminitis in dairy cattle. <https://dairy-cattle.extension.org/feeding-to-minimize-acidosis-and-laminitis-in-dairy-cattle/> (Zugriff 31.01.2022).
- Somers J, Frankena K, Noordhuizen-Stassen EN, Metz J. 2003. Prevalence of Claw Disorders in Dutch Dairy Cows Exposed to Several Floor Systems. *Journal of Dairy Science*, 86 (6): 2082–2093. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(03)73797-7.
- Somers JGCJ, Frankena K, Noordhuizen-Stassen EN, Metz JHM. 2005. Risk factors for interdigital dermatitis and heel erosion in dairy cows kept in cubicle houses in The Netherlands. *Preventive Veterinary Medicine*, 71 (1-2): 23–34. DOI 10.1016/j.prevetmed.2005.05.001.
- Sprecher DJ, Hostetler DE, Kaneene JB. 1997. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology*, 47 (6): 1179–1187. DOI 10.1016/S0093-691X(97)00098-8.
- Stone WC. 2004. Nutritional approaches to minimize subacute ruminal acidosis and laminitis in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 87: E13-E26. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(04)70057-0.
- Telezhenko E, Lidfors L, Bergsten C. 2007. Dairy cow preferences for soft or hard flooring when standing or walking. *Journal of Dairy Science*, 90 (8): 3716–3724. DOI 10.3168/jds.2006-876.
- Toussaint Raven E. 1989. *Cattle footcare and claw trimming*. Ipswich, UK: Farming Press Books.
- Vermunt JJ. 1992. "Subclinical" laminitis in dairy cattle. *New Zealand Veterinary Journal*, 40 (4): 133–138. DOI 10.1080/00480169.1992.35718.
- Vermunt JJ, Greenough PR. 1994. Predisposing factors of laminitis in cattle. *The British Veterinary Journal*, 150 (2): 151–164. DOI 10.1016/S0007-1935(05)80223-4.
- Vermunt JJ, Greenough PR. 1996. Sole haemorrhages in dairy heifers managed under different underfoot and environmental conditions. *The British Veterinary Journal*, 152 (1): 57–73. DOI 10.1016/s0007-1935(96)80086-8.
- Webster AJF. 2002. Effects of housing practices on the development of foot lesions in dairy heifers in early lactation. *Veterinary Record*, 151 (1): 9–12. DOI 10.1136/vr.151.1.9.
- Whay HR, Shearer JK. 2017. The impact of lameness on welfare of the dairy cow. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 33 (2): 153–164. DOI 10.1016/j.cvfa.2017.02.008.
- Zebeli Q, Dijkstra J, Tafaj M, Steingass H, Ametaj BN, Drochner W. 2008. Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. *Journal of Dairy Science*, 91 (5): 2046–2066. DOI 10.3168/jds.2007-0572.

Zebeli Q, Ghareeb K, Humer E, Metzler-Zebeli BU, Besenfelder U. 2015. Nutrition, rumen health and inflammation in the transition period and their role on overall health and fertility in dairy cows. *Research in Veterinary Science*, 103: 126–136.
DOI 10.1016/j.rvsc.2015.09.020.

Zebeli Q, Mansmann D, Steingass H, Ametaj BN. 2010. Balancing diets for physically effective fibre and ruminally degradable starch: A key to lower the risk of sub-acute rumen acidosis and improve productivity of dairy cattle. *Livestock Science*, 127 (1): 1–10. DOI 10.1016/j.livsci.2009.09.003.

Zuchtdata. 2020. ZAR-Jahresbericht 2020.
<https://www.rinderzucht.at/downloads/jahresberichte.html> (Zugriff 20.04.2022).

Formatiert: Einzug: Links: 0 cm, Hängend: 1,25 cm

10. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Beziehung zwischen Fütterung, Pansenazidose, bakteriellen Erkrankungen und der Entstehung von Klauenrehe (Kofler 2001).....	10
Abb. 2: Schematische Darstellung des Kraffutterniveaus (% der Rationstrockenmasse) über die Versuchsdauer in Wochen.....	14
Abb. 3: Boxplot-Diagramm mit den CCS-Werten der SARA-Gruppen zu den Klauenpflegezeitpunkten	33
Abb. 4: Boxplot-Diagramm mit den CCS-Werten der SARA-Gruppen (gruppiert nach Klauenpflegezeitpunkten)	34

11. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Adaptionsschema der Starterration an die Laktationsration innerhalb der ersten Laktationswoche.....	14
Tab. 2: Rationszusammensetzung der Starter- und Laktationsration, sowie der Stärkegehalt beider Rationen	14
Tab. 3: Kraftfutterzusammensetzung in der Starterration sowie der Laktationsration	15
Tab. 4: Anzahl der SARA-Tage der einzelnen Kühe in den jeweiligen Gruppen.....	18
Tab. 5: Ergebnisse des Locomotion-Scoring aller Kühe	19
Tab. 6: Locomotion-Scoring (LSC) --Mittelwerte aller Kühe sowie der einzelnen SARA-Gruppen	20
Tab. 7: Prävalenz Sohlenblutung (in % Anteil erkrankter Klauen in der jeweiligen SARA-Gruppe).....	21
Tab. 8: Prävalenz Sohlengeschwür (in % Anteil erkrankter Klauen in der jeweiligen SARA-Gruppe)	21
Tab. 9: Prävalenz Weiße-Linie-Defekt (in % Anteil erkrankter Klauen in der jeweiligen SARA-Gruppe)	21
Tab. 10: Prävalenz Konkave Dorsalwand (in % Anteil erkrankter Klauen in der jeweiligen SARA-Gruppe)	21
Tab. 11: Prävalenz Doppelsohle (in % Anteil erkrankter Klauen in der jeweiligen SARA-Gruppe).....	22
Tab. 12: Prävalenz Ballenhornfäule (in % Anteil erkrankter Klauen in der jeweiligen SARA-Gruppe).....	22
Tab. 13: Prävalenz Dermatitis Digitalis (in % Anteil erkrankter Klauen in der jeweiligen SARA-Gruppe)	22
Tab. 14: Prävalenz Limax (in % Anteil erkrankter Klauen in der jeweiligen SARA-Gruppe) ..	22
Tab. 15: Prävalenz Hornkluff (in % Anteil erkrankter Klauen in der jeweiligen SARA-Gruppe)	22
Tab. 16: Prävalenz Rollklaue (in % Anteil erkrankter Klauen in der jeweiligen SARA-Gruppe)	23
Tab. 17: CCS-Mittelwerte der SARA-Gruppen bei den Klauenpfegeterminen	23
Tab. 18: Signifikanzen der Prävalenz von Ballenhornfäule und Doppelsohlen zwischen den SARA-Gruppen zu den jeweiligen Klauenpflegezeitpunkten	24
Tab. 19: Signifikanzen der Prävalenz von Konkaven Dorsalwänden und Sohlenblutungen zwischen den SARA-Gruppen zu den jeweiligen Klauenpflegezeitpunkten	25
Tab. 20: Signifikanzen der Prävalenz von Sohlengeschwüren und Weiße-Linie-Defekten zwischen den SARA-Gruppen zu den jeweiligen Klauenpflegezeitpunkten	26
Tab. 21: Signifikanzen der Prävalenz von Dermatitis Digitalis sowie der CCS-Werte zwischen den SARA-Gruppen zu den jeweiligen Klauenpflegezeitpunkten	27
Tab. 22: Signifikanzen der Prävalenz von Ballenhornfäule sowie Doppelsohle zwischen den Klauenpflegezeitpunkten der jeweiligen SARA-Gruppe	29
Tab. 23: Signifikanzen der Prävalenz von Konkaver Dorsalwand und Sohlenblutung zwischen den Klauenpflegezeitpunkten der jeweiligen SARA-Gruppe	30
Tab. 24: Signifikanzen der Prävalenz von Sohlengeschwüren und Weiße-Linie-Defekten zwischen den Klauenpflegezeitpunkten der jeweiligen SARA-Gruppe	31

Tab. 25: Signifikanzen der Prävalenz von Dermatitis Digitalis und den CCS-Werten zwischen den Klauenpflegezeitpunkten der jeweiligen SARA-Gruppe	32
Tab. 26: Während der Versuchsdauer festgestellte Lahmheitsursachen.....	35