Universität für Bodenkultur Wien

Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Nutztierwissenschaften

Veterinärmedizinische Universität Wien

Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen
in der Veterinärmedizin
Universitätsklinik für Wiederkäuer

Einfluss der Fütterung auf die Ergebnisse der Lahmheitsbeurteilung österreichischer Milchkühe

Masterarbeit

vorgelegt von

Michaela Mißbichler BSc
(01256584)

Betreuer

Univ.Prof Dr. Werner Zollitsch
Universität für Bodenkultur Wien

A.Univ.Prof. Dr. Johann Kofler
Veterinärmedizinische Universität Wien

Wien, Juni 2020

Meinen lieben Pateneltern

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, die mich während der Erstellung meiner Arbeit unterstützt und motiviert haben.

Zuerst gebührt mein Dank Werner Zollitsch für die Überlassung des Themas und die freundliche Betreuung meiner Masterarbeit. Mit meinen Fragen und Anliegen stieß ich bei ihm immer auf ein offenes Ohr. Dafür und für die hilfreichen Anregungen bei der Erstellung dieser Arbeit bedanke ich mich herzlich.

Danke auch an Johann Kofler von der Veterinärmedizinischen Universität Wien als meinen Zweitbetreuer für den fachlichen Input und Anregungen bei der Erstellung der Arbeit.

Für die Unterstützung bei den statistischen Auswertungen und hilfreichen Tipps bei der Umsetzung, möchte ich mich bei Birgit Fürst-Waltl bedanken. Ihre Unterstützung bei der Auswertung der Daten hat einen wesentlichen Beitrag zur Fertigstellung dieser Arbeit beigetragen.

Ebenfalls bedanke ich mich bei Christa Egger-Danner und Franz Steininger von der ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH für das zur Verfügungstellen der Datensätze und dafür, dass sie bei allen offenen Belangen dazu umgehend zur Verfügung gestanden sind.

Meinen Eltern danke ich, dass sie mir die Möglichkeit geboten haben, ein Studium in Wien zu absolvieren.

Abschließend möchte ich mich bei Studienkollegen, Freunden und Wegbegleitern bedanken, die mir die großartige Zeit während des Studiums bereichert haben. Dank Euch werde ich immer voller Freude an das Studium zurückblicken können. Ich möchte euch auch in Zukunft nicht missen!

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die vorliegende Masterarbeit selbständig angefertigt habe. Es wurden keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Formulierungen und Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch bei keiner anderen Prüferin/keinem anderen Prüfer als Prüfungsleistung eingereicht.

Wien, am _____ _____

Unterschrift

Geschlechtergerechte Sprache

Um die Lesbarkeit des folgenden Textes zu erleichtern, wurde auf eine geschlechterspezifische Formulierung verzichtet. Hiermit wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass sich sämtliche personenbezogene Bezeichnungen auf Menschen aller Geschlechter beziehen.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Fragestellung 1
2 Literaturübersicht 3
2.1 Anatomie und Biomechanik der Klaue 3
2.2 Klauengesundheit und Lahmheit 5
2.2.1 Locomotion Scoring System nach Sprecher et al. (1997) 6
2.2.2 Lahmheitskategorie einer Laktation 8
2.3 Einfluss der Fütterung auf die Klauengesundheit 9
2.3.1 Faktoren der Rationszusammensetzung 13
2.3.1.1 Kohlenhydratreiche Rationen 13
2.3.1.2 Proteinreiche Rationen 14
2.3.1.3 Faserreiche Rationen 15
2.3.1.4 Spurenelemente und Vitamine 16
2.3.1.5 Grundfutter 16
2.3.1.6 Grassilage 17
2.3.1.7 Maissilage 17
2.3.1.8 Grünfutter 18
2.3.1.9 Feldfutter 19
2.3.1.10 Heu 20
2.3.2 Fütterungstechnik 21
3 Tiere, Material und Methoden 23
3.1 Das Projekt „Efficient Cow“ 23
3.2 Datengrundlage 24
3.3 Datenaufbereitung 26
3.4 Methoden 31
4 Ergebnisse 36
4.1 Ergebnisse der deskriptiven Auswertung 36
4.1.1 Einzeltierebene 36
4.1.2 Betriebsebene 43
4.2 Ergebnisse der analytischen Auswertung 45
4.2.1 Einzeltierebene 45
4.2.2 Betriebsebene 48
5 Diskussion 52
Literaturverzeichnis 62
Anhang 69

Abkürzungsverzeichnis

BCS	Body Condition Score
BV	Braunvieh
bzw.	beziehungsweise
ECM	energie-korrigierte Milch(leistung)
F1FLHV	F1 Generation aus Kreuzung von Fleckvieh- und Holstein-Tieren
FL	Fleckvieh
g	Gramm
GPS	Getreideganzpflanzensilage
HF	Holstein
kg	Kilogramm
MLP-Datum	Datum der Milchleistungsprüfung
MJ	Megajoule
NEL	Nettoenergie Laktation
LM	Lebendmasse
LSC	Lahmheitsscore, Lahmheitsnote
p.p.	post partum (nach der Geburt)
T	Trockenmasse
u.a.	unter anderem
UDP	un-degradeable protein (im Pansen nicht abgebautes Protein)
vgl.	vergleiche
XP	Rohprotein

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beziehung zwischen Fütterung, Pansenazidose, bakteriellen Erkrankungen und der Entstehung von Klauenrehe (Kofler, 2001) *10*
Abbildung 2: Tiere und Beobachtungen in Prozent der gesamten Anzahl an Beobachtungen (B) bzw. Tieren (T) dargestellt nach Rasse. *36*
Abbildung 3: Verteilung der Beobachtungen nach Laktationszahl *37*
Abbildung 4: Verteilung der Beobachtungen für Lahmheitsnoten (LSC) nach Laktationszahl *38*
Abbildung 5: Verteilung der Beobachtungen für Lahmheitsnoten (LSC) nach Lebendmasse .. *38*
Abbildung 6: Verteilung der Beobachtungen für Lahmheitsnoten (LSC) nach ECM *39*
Abbildung 7: Verteilung der Beobachtungen für Lahmheitsnoten (LSC) nach Anteil Maissilage in der Ration *40*
Abbildung 8: Verteilung der Beobachtungen für Lahmheitsnoten (LSC) nach Aufnahme Kraftfutter(T) *40*
Abbildung 9: Verteilung der Beobachtungen für Lahmheitsnoten (LSC) nach Anteil Kraftfutter *41*
Abbildung 10: Verteilung der Beobachtungen für Lahmheitsnoten (LSC) nach Aufnahme Rohprotein *41*
Abbildung 11: Verteilung der Beobachtungen für Lahmheitsnoten (LSC) nach Aufnahme MJ NEL *42*
Abbildung 12: Ø Kraftfutteraufnahme in kg T/d im ersten Laktationsdrittel (N=4.349 Kühe). *43*
Abbildung 13: Anzahl der Betriebe nach Grundfuttertypen (N=150). *43*
Abbildung 14: Verteilung der Frequenzen schwer lahmer Kühe nach Grundfuttertypen *44*
Abbildung 15: Verlauf der Lahmheitsnoten (LSC) mit steigender Kraftfutteraufnahme in kg T *46*
Abbildung 16: Verlauf der Lahmheitsnoten (LSC) mit steigendem Kraftfutteranteil in Prozent *47*
Abbildung 17: Verlauf der Lahmheitsnoten (LSC) mit steigender Rohproteinaufnahme in kg *47*
Abbildung 18: Verlauf der Lahmheitsnoten (LSC) mit steigender Energieaufnahme in MJ NEL *47*
Abbildung 19: Verlauf der Lahmheitsnoten (LSC) mit steigender Milchleistung ECM in kg *48*
Abbildung 20: Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen Kraftfuttermenge und dem Anteil schwer lahmer Kühe im Betrieb (Prozent der Gesamthäufigkeit) *50*
Abbildung 21: Zusammenhang zwischen dem durchschnittlichen Kraftfutteranteil und dem Anteil schwer lahmer Kühe im Betrieb (Prozent der Gesamthäufigkeit) *51*

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beurteilungsschema Lahmheitsscore (LSC) nach Sprecher et al. (1997) *7*
Tabelle 2: Durchschnittliche Gehalte von Gras- und Maissilagen (Wyss, 2005) *17*
Tabelle 3: Verteilung der Tiere nach Rassen (absolut und relativ) *27*
Tabelle 4: Überblick über die Ausprägung der verwendeten Daten auf Einzeltierebene *28*
Tabelle 5: Zuteilungsschlüssel nach Grundfuttertyp, Anzahl der Betriebe absolut und relativ (N=150). *30*
Tabelle 6: Verteilung der beobachteten Lahmheitsnoten (LSC) nach Rassen *37*
Tabelle 7: Lebendmasse in kg nach Klassen *38*
Tabelle 8: EMC in kg nach Klassen *39*
Tabelle 9: Anteil Maissilage in Klassen dargestellt *40*
Tabelle 10: Aufnahme Kraftfutter (kg T) nach Klassen dargestellt *40*
Tabelle 11: Anteil Kraftfutter in Prozent nach Klassen dargestellt *41*
Tabelle 12: Rohproteinaufnahme in kg nach Klassen dargestellt *41*
Tabelle 13: MJ NEL Aufnahme nach Klassen dargestellt *42*
Tabelle 14: Beobachtungen der Lahmheitsnoten im dritten, vierten und fünften Monat p. p. (absolut und relativ) *42*
Tabelle 15: Durchschnittliche Kraftfutteraufnahme, Kraftfutteranteil und Kuhzahl nach Grundfuttertypen *44*
Tabelle 16: Rationsanteile und Grundfuttertyp der Betriebe *69*

Zusammenfassung

Lahmheit bei Milchkühen ist nicht nur ein ökonomisches, sondern auch ein tierwohlrelevantes Problem. Das Ziel der vorliegenden Arbeit war, Einflüsse ausgewählter Fütterungsfaktoren auf die Lahmheitsnote österreichischer Milchkühe zu untersuchen. Dazu wurden Daten aus dem Projekt „Efficient Cow“ ausgewertet. Insgesamt wurden auf Einzeltierebene 39.994 Beobachtungen und auf Betriebsebene 150 Beobachtungen ausgewertet.

Die Auswertung erfolgte auf Einzeltierebene mit einem gemischten Modell und untersuchte den Einfluss der Kraftfutteraufnahme, des Kraftfutteranteils, der Rohproteinaufnahme, der NEL-Aufnahme und des Maissilageanteils auf die Lahmheitsnote bei Milchkühen. Ebenfalls wurde auf Einzeltierebene der Einfluss der Kraftfutteraufnahme im ersten Laktationsdrittel auf die Lahmheitsnote im dritten, vierten oder fünften Laktationsmonat untersucht. Auf Betriebsebene wurde der Einfluss des Kraftfutterniveaus und des Grundfuttertyps auf die Frequenz schwer lahmer Kühe im Betrieb mittels Regressionsanalyse untersucht.

Die Kraftfutteraufnahme, der Kraftfutteranteil, die Rohproteinaufnahme, die NEL-Aufnahme und der Maissilageanteil hatten Einfluss auf die Lahmheitsnote. Die absoluten Unterschiede betragen jedoch nur 0,2 Punkte. Die Kraftfutteraufnahme im ersten Laktationsdrittel hatte keinen Einfluss auf die Lahmheitsnote im dritten, vierten oder fünften Laktationsmonat. Auf Betriebsebene hatte das Kraftfutterniveau knapp keinen signifikanten Einfluss auf die Frequenz schwer lahmer Kühe im Betrieb. Der Grundfuttertyp hatte einen Einfluss auf die Frequenz schwer lahmer Kühe im Betrieb, für den Grundfuttertyp Grünfutter wurde der höchste (21,7 %) und für den Grundfuttertyp Heu der niedrigste Wert (8,0 %) gefunden.

Die fütterungsbedingten Einflüsse auf die Lahmheitsnote wurden in der vorliegenden Untersuchung vor allem von managementbedingten Faktoren überlagert, welche durch die Datenstruktur nicht korrigiert werden konnten. Daraus lassen sich Anregungen für weitere Untersuchungen zu den Einflüssen der Fütterung auf die Ergebnisse der Lahmheitsbeurteilung bei Milchkühen ableiten.

Abstract

Lameness in dairy cows is not only an economic problem due to production losses, but also a severe welfare issue. The objectives of this study were to determine the influence of dietary factors on locomotion score in Austrian dairy cows. Data were analysed which originated from the project “Efficient Cow”. In total, 39,994 and 150 observations were used on cow-level and farm-level, respectively.

On cow-level, a mixed model was used to investigate the influence of daily concentrate intake, dietary concentrate proportion, crude protein intake, intake of net energy of lactation and corn silage proportion on locomotion score. Additionally, the effect of concentrate intake in early lactation was investigated on locomotion score in third, fourth or fifth month *post partum*. On herd-level, the influence of concentrate levels and forage-type was assessed on lameness frequency, using regression analysis.

Locomotion score was influenced by daily concentrate intake, dietary concentrate proportion, crude protein intake, intake of net energy of lactation and corn silage proportion with a small decrease in locomotion score by 0.2 points. The concentrate intake in early lactation did not influence locomotion score in third, fourth or fifth month *post partum*. The effect of dietary concentrate proportion on the frequency of severe lame cows was close to significance at herd level. Forage-type influenced the frequency of severely lame cows on farms with the highest (21.7%) and the lowest frequency (8.0%) found for fresh fodder and hay, respectively.

The mechanism behind the effects leading to these results are not fully clear. In the light of contrasts between own results and those published in the literature, it is assumed that confounding management-related factors played an important role. Due to the structure of data it was not possible to isolate and controll for the latter. However, the results of this study provide suggestions for further research aimed at better understanding the effects of different dietary influences on locomotion score of dairy cows in the field.

1 Einleitung und Fragestellung

Weltweit stellen Klauenerkrankungen und Lahmheit bei Kühen eine große Herausforderung für milchviehhaltende Betriebe dar (Eise et al., 2011). In Österreich scheiden 8 % der Milchkühe aufgrund von Lahmheit aus den Betrieben. Somit ist Lahmheit nach Fruchtbarkeitsstörungen und Eutererkrankungen die dritthäufigste Abgangsursache bei Milchkühen (ZAR, 2016). Vorzeitige Abgänge und Produktionsverluste bei Milchkühen führen zu wirtschaftlichen Schäden in der Milchviehhaltung (Cha et al., 2010; Kofler, 2019).

Die Kosten, die durch Lahmheit entstehen, lassen sich in direkte Kosten für Klauenpflege und Tierarztkosten und indirekte Kosten für Produktionsverluste und verminderte Fruchtbarkeit aufteilen (Ettema & Østergaard, 2006). Die Behandlung eines Klauengeschwüres kostet zwischen 300 und 600 Euro (Kossaibati & Esslemont, 1997; Warnick et al., 2001), wobei die Kosten circa zu einem Drittel den direkten Kosten und zu zwei Dritteln den indirekten Kosten zugeordnet werden können. Durchschnittlich kann man von Verlusten in Höhe von 350 Euro pro Klauengeschwür ausgehen. Diese entstehen hauptsächlich durch verlängerte Zwischenkalbezeiten und Fruchtbarkeitsstörungen. Die Abschätzung der indirekten Kosten und Verluste gestaltet sich weitaus schwieriger als die der direkten Kosten (Mülling & Hagen, 2012).

Neben dem, aus verminderter Aufnahme von Futter und Wasser aufgrund eingeschränkter Beweglichkeit (Eise et al., 2011) resultierenden wirtschaftlichen Verlust, stellt Lahmheit auch ein ernstzunehmendes tierschutzrelevantes Problem dar, da diese mit Schmerzen für die betroffenen Tiere verbunden ist (Whay et al., 2012). In einer österreichischen Studie wurde in 80 Milchkuhherden eine mittlere Lahmheitshäufigkeit von 36 % (0 – 77 %) festgestellt. 4 % der Kühe waren hochgradig lahm (Rouha-Mülleder et al., 2009). 80 – 90 % der auftretenden Lahmheit haben ihre Ursache im Bereich der Klauen bzw. Zehen. Vor allem die Außenklauen der Hintergliedmaßen sind stark betroffen. Am häufigsten treten diese 3 bis 5 Monate post partum auf (Green et al., 2002; Eise et al., 2011).

Klauenerkrankungen sind Faktorenerkrankungen. Neben dem Haltungssystem, der Liegeflächen- und Laufganggestaltung, der Rasse, der Milchleistung, der Klauenpflege, dem Herdenmanagement und weiteren Faktoren hat auch die Fütterung wesentlichen Einfluss auf das Auftreten von Klauenerkrankungen bzw. Lahmheit

(Amory et al., 2006; Baird et al., 2009; Dippel et al., 2009; Espejo & Endres, 2007; Green et al., 2002; Köck et al., 2016; Manson & Leaver, 1988b; Rouha-Mülleder et al., 2009; Somers et al., 2005).

Auf Basis der in dieser Arbeit verwendeten Daten wurden bereits der Einfluss von Lahmheit und Klauenläsionen auf die Milchleistung (Dourakas, 2016), die Fruchtbarkeit und Milchleistung (Guggenbichler, 2016; Kofler et al., 2017) und die Auswirkung der Haltungsform auf Lahmheit und Klauenerkrankungen (Feiersinger, 2016) untersucht.

Ziel dieser Arbeit ist es, mögliche Einflüsse von Fütterungsfaktoren und Rationskomponenten in Praxisbetrieben auf das Auftreten von Lahmheit zu untersuchen. Im Zuge dessen werden die folgenden Forschungsfragen beantwortet:

- Welchen Effekt haben ausgewählte Fütterungsparameter (*Kraftfutteraufnahme, Kraftfutteranteil, Rohproteinaufnahme, NEL-Aufnahme* und *Maissilageanteil*) auf die Lahmheitsnote bei Milchkühen?
- Welchen Einfluss hat die Kraftfutteraufnahme im ersten Laktationsdrittel (Trockenstehzeit bis 3 Monate p.p.) auf die Lahmheitsnote im dritten, vierten und fünften Laktationsmonat?
- Welchen Einfluss haben ausgewählte Fütterungsparameter (*Kraftfuttermenge, Kraftfutteranteil, Maissilageanteil* und *Grundfuttertyp*) auf die Frequenz schwer lahmer Kühe in den Betrieben?

2 Literaturübersicht

Einleitend für diese Arbeit wird die Anatomie und Biomechanik der Rinderklaue sowie wesentliche Aspekte der Klauengesundheit und Lahmheit beschrieben. Ebenso werden bereits erforschte fütterungsspezifische Risikofaktoren für Lahmheit näher erläutert. Dabei wird ein besonderes Augenmerk auf ausgewählte praxisrelevante Fütterungsfaktoren einschließlich Rationskomponenten gelegt.

2.1 Anatomie und Biomechanik der Klaue

Das Rind gehört zur Gruppe der Paarhufer und besitzt an jeder Gliedmaße zwei separat gliedrige Zehen, welche mit den Klauen als Zehenendorgan abschließen (Maierl et al., 2019). Die zum Klauenhorn umgebaute, stark verhornte Klauenoberhaut (Epidermis) umschließt die knöchernen Strukturen, Bänder, Nerven sowie zahlreiche Blutgefäße. Zur knöchernen Struktur in der Klaue gehören das Klauenbein, das Klauensesambein und das Kronbein, welche das Klauengelenk bilden. Das Krongelenk verbindet das proximale Kronbein mit dem distalen Fesselbein und befindet sich oberhalb der Hornkapsel. Auf Höhe des Fesselbeins sind zwei ein- oder zweigliedrige Afterzehen bindegewebsartig mit den Hauptzehen verbunden. Zum Bandapparat in der Klaue zählen die Strecksehnen, die Beugesehnen und die Bursa podotrochlearis (Maierl et al., 2019).

Die Klauenhaut besteht grundsätzlich aus der Subcutis (Unterhaut), der Dermis (Lederhaut) und der Epidermis (Oberhaut) und wirkt in ihrer Eigenschaft als Grenz- und Kontaktschicht zur Außenwelt als Schutzbarriere gegen mechanische, chemische und biologische Einwirkungen (Maierl et al., 2019). Die Subcutis in der Klaue ist eine lockere Verschiebeschicht aus Bindegewebe und Fetteinlagerungen. Dieses ist an mechanisch stark beanspruchten Stellen in wulstartigen Polstern angeordnet und dient im Verbund mit weichem Horn als Dämpfer (Räber et al., 2004). Im Wand- und Sohlenabschnitt ist die Unterhaut vollkommen zurückgebildet, um eine feste Verbindung zwischen Klauenbein und Lederhaut zu ermöglichen. Die Klauenlederhaut ist mit einem dichten Netz aus feinen Blutgefäßen und Nerven durchzogen. Ihre Oberfläche ist durch fingerförmige Zotten erheblich vergrößert, um die Versorgung der Oberhaut mit Nährstoffen und Sauerstoff zu ermöglichen. Angrenzend an die Lederhaut befindet sich eine Schicht (Basalmembran) aus lebenden, unverhornten

Oberhautzellen (Basalzellen), die sich regelmäßig teilen und die fortlaufend neu gebildeten Zellen distal schieben. Diese nach außen geschobenen Zellen sterben ab und bilden in weiterer Folge den Hornschuh der Klaue. Da die Oberhaut keine Blutgefäße enthält, ist sie auf die Versorgung über die Lederhaut angewiesen. Ist die Diffusion gestört, führt dies sehr schnell zu einer Mangelversorgung der lebenden Oberhautzellen und in weiterer Folge zur Störung der Hornproduktion und verminderter Hornqualität (Maierl et al., 2019).

Die Grundfläche des Klauenschuhs wird in Sohlen- und Ballenteil unterteilt und wird im vorderen, äußeren Bereich von der weißen Linie umfasst. Das Horn an der Grundfläche ist teils sehr unterschiedlich. Am Ballen ist das Klauenhorn relativ weich, hingegen ist es an der Sohle fest. Die Hornstärke an der Sohle eines adulten Rindes sollte mindestens 7 mm betragen (Kofler, 2019), da ansonsten die Sohle eingedrückt werden kann und dadurch die Durchblutung der Lederhaut verschlechtert ist. Die Klauenwand (Klauenplatte), bestehend aus der Dorsalwand (vorderer Teil), der Trachtenwand (hinterer Teil), der konvex abaxialen Wand (Außenwand) und der konkav axialen Wand (Interdigitalwand), bildet an der Grundfläche den Klauentragrand (Maierl et al., 2019; Mülling & Stanek, 2002).

Bei der Fortbewegung wird das Körpergewicht periodisch auf die Klauen übertragen. Im Zuge des Aufsetzens der Klaue wird das Wandsegment auf Zug belastet und die Klauenplatte wird nach hinten unten gebogen, gleichzeitig sinkt das Klauenbein dadurch im hinteren Bereich nach unten und erhöht den Druck im hinteren Bereich der Sohle weiter. Die elastisch federnden Anteile des Ballens weichen dadurch auseinander. In der Stützphase des Ganges wird durch den Klauenspreizmechanismus weiterer Druck abgefangen. Die Spreizung ist im Bereich der Klauenspitze größer als im hinteren Abschnitt, wo diese durch das untere Zwischenzehenband verhindert wird. Beim Fußungsvorgang bilden die beiden Hauptklauen und der Zwischenklauenspalt eine funktionelle Einheit (Maierl et al., 2019). Die Afterklauen sind daran nicht beteiligt und haben aufgrund der fehlenden knöchernen Verbindung zur Hauptklaue keine Stützfunktion (Mülling & Stanek, 2002). Rinder haben im Verhältnis zu ihrer Lebendmasse eine relativ geringe Auftrittsfläche. Diese ist aufgrund der natürlichen Hohlkehlung axial an der Klaue kleiner als ihre Grundfläche. Anatomisch gesehen gehen Rinder nur auf ihren Zehenspitzen. Daraus resultiert eine hohe Druckbelastung auf die Klaue (Eise et al., 2011; Maierl et al., 2019).

2.2 Klauengesundheit und Lahmheit

Gesunde Klauen sind wichtig für die Leistung und das Wohlergehen der Tiere. Klauenerkrankungen können eine Verringerung der Milchleistung von bis zu 30 % bewirken. Äußere Anzeichen für Klauenerkrankungen sind unter anderem vermehrtes Liegen der Tiere und wechselseitiges Entlasten der Gliedmaßen. Oftmals verlaufen Klauenerkrankungen chronisch und erst bei schwerwiegender Erkrankung äußern sich diese mit deutlicher Lahmheit (Bader et al., 2007; Thomas et al., 2016).

Generell kann beim Rind zwischen Klauenhornerkrankungen und Klauenhauterkrankungen sowie infektiösen und nicht-infektiösen Klauenerkrankungen unterschieden werden (Kofler, 2019). Tritt Lahmheit auf, so ist meist die äußere Klaue der hinteren Gliedmaßen betroffen (Fitzgerald et al., 2000). In vielen Fällen werden auch mehrere Erkrankungen an einer Klaue diagnostiziert (Kofler et al., 2013; Manske et al., 2002; Tadich et al., 2010).

Bei Klauenhornerkrankungen (Sohlenblutung, Doppelsohle, Sohlengeschwür, Klauenspitzengeschwür, Wanddefekt (WLD), Hornspalte, Ballenfäule, Ballengeschwür) ist das Horn der Klaue und die darunterliegende Lederhaut an der Sohle, der Klauenwand und dem Ballen betroffen. Klauenhauterkrankungen (Klauenrehe, Mortellaro, Infektiöse Interdigitalnekrose (Interdigitalphlegmone), Limax, Wunden) treten an der Klauenhaut und dem Interdigitalspalt auf (Egger-Danner et al., 2015; Kofler, 2019).

Infektiöse Klauenerkrankungen (Mortellaro (Dermatitis Digitalis) und infektiöse Zwischenklauennekrosen) entstehen meist durch Eintreten spezifischer Bakterien nach Vorschädigungen der Haut, welche eine typische Erkrankung auslösen (Refaai et al., 2013). Bei nicht-infektiösen Klauenerkrankungen (Doppelsohle, Sohlengeschwüre, Klauenspitzengeschwür, Wanddefekt, Ballenfäule, Hornspalt, Limax) kommt es nach Druckeinwirkungen auf die Klaue zur Infektion der freiliegenden Lederhaut durch Umweltkeime (Kofler, 2019).

Whay et al. (1997) definieren Lahmheit als ein den Tieren Schmerzen bereitendes unspezifisches Symptom einer Einschränkung des Bewegungsablaufs, welches mit einer Leistungsdepression einhergeht. Festzuhalten ist jedoch, dass nicht jede Klauenerkrankung mit Schmerzen verbunden ist und daher nicht mit einer Lahmheit assoziiert sein muss. Ballenhornfäule oder eine Sohlenblutung sind meist nicht

lahmheitsverursachend (Kofler et al., 2013). Hingegen steigt die Lahmheitsnote bei einem Sohlengeschwür, einem weiße-Linie-Abszess oder einer Zwischenklauennekrose stärker an und äußert sich sichtbar als Lahmheit. Das Absinken oder die Rotation des Klauenbeins, ausgelöst durch Klauenrehe, bereitet den Tieren ebenfalls sichtbare Schmerzen. Hingegen müssen Rinder mit chronischer Klauenrehe (konkave Vorderwand) keine Lahmheit aufweisen (Kofler et al., 2013; Maarten & Pijl, 2003; Tadich et al., 2010).

Neben den ökonomischen Verlusten, welche mit Lahmheit einhergehen, ist diese auch tierschutzrelevant. Das Bundestierschutzgesetz (2004) verbietet, dass Tieren Schmerzen, Leiden oder Schäden zufügt werden.

Die Lahmheitsprävalenz eignet sich gut, um die Klauengesundheit einer Herde zu beurteilen. Dabei ist anzustreben, dass zumindest 90 % der Kühe einer Herde keine Lahmheit aufweisen. Weisen die restlichen 10 % der Kühe Lahmheit auf, so sollten diese nur geringfügig (Lahmheitsnote 2 oder 3, siehe Tabelle 1) sein. Um Lahmheit in der Herde frühzeitig erkennen zu können, ist eine regelmäßige Kontrolle wichtig. Diese täglich oder zumindest einmal wöchentlich durchzuführen ist sinnvoll (Christen et al., 2020; Kofler, 2012; Kofler et al., 2013).

2.2.1 Locomotion Scoring System nach Sprecher et al. (1997)

Lahmheit beschreibt Unregelmäßigkeiten im Gang mit Verkürzungen der Stützbein- oder/und Hangbeinphase einer oder mehrerer Gliedmaßen, welche durch Schmerzen hervorgerufen werden (Kofler, 2012).

Zur Überwachung von Lahmheit beziehungsweise von Klauenproblemen wurde ein Beurteilungsschema für Milchkühe von Sprecher et al. (1997) in den USA entwickelt. Dieses ist in der Tabelle 1 ins Deutsche übertragen dargestellt und bezieht neben dem Gang der Tiere auch die Krümmung der Rückenlinie mit ein. Die Abstufung erfolgt in fünf Kategorien.

Tabelle 1: Beurteilungsschema Lahmheitsscore (LSC) nach Sprecher et al. (1997)

LSC	Klinische Beschreibung	Beurteilungskriterium
1	normal	Tiere weisen einen normalen Gang auf und die Rückenlinie weist im Stand und in der Bewegung eine normale, geradlinige Haltung auf.
2	leicht lahm	Im Stand wird eine normale Haltung eingenommen. Die Rückenlinie ist in der Bewegung gekrümmt, der Gang ist normal.
3	mittelmäßig lahm	Im Stehen und in der Bewegung weisen die Tiere eine gekrümmte Rückenlinie auf. Das Gangbild ist durch kürzere Schritte eines oder mehrerer Beine/s gekennzeichnet.
4	lahm	Die Tiere nehmen dauerhaft eine Haltung mit gekrümmter Rückenlinie ein und treten mit einem oder mehreren Bein/en nicht oder nur teilweise auf.
5	schwer lahm	Die Tiere weisen eine stark gekrümmte Haltung im Stand und in der Bewegung auf. Eine oder mehrere Gliedmaßen werden nicht mehr belastet.

Dieses System der Lahmheitsbeurteilung ermöglicht mit relativ geringem Aufwand den Lahmheitsstatus einer Herde zu ermitteln. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass klinisch nicht lahme Tiere durch das Einbeziehen der Rückenlinie in die Bewertung als potenziell lahmheitsgefährdet eingeschätzt werden können. Auch eignet sich dieses besser um Lahmheit aufzudecken, als rein klinische Befunde heranzuziehen (Manson & Leaver, 1988b). Für die Bewertung soll sich das Tier auf einem planen, rutschfesten Untergrund ruhig an der beobachtenden Person vorbeibewegen. Dies kann beispielsweise beim Verlassen des Melkstands erfolgen (Sprecher et al., 1997). Wie in Tabelle 1 ersichtlich, werden Tiere mit einer leicht gekrümmten Rückenlinie in der Bewegung (Lahmheitsnote = 2) bereits als leicht lahm eingestuft. In manchen Studien werden die Tiere jedoch erst ab einer Lahmheitsnote ≥ 3 als lahm eingestuft (Espejo & Endres, 2007). Die Beurteilung der Rückenlinie wird kritisch gesehen, da sie ein

unspezifisches Symptom für Lahmheit ist, weil auch Schmerzen aus dem Abdomen für eine Krümmung der Rückenlinie verantwortlich sein können (Kofler et al., 2018). Amory et al. (2006) konnten in ihrer Studie Kühe beobachten, welche zwar eine Krümmung der Rückenlinie aufwiesen, aber offensichtlich nicht lahm waren.

2.2.2 Lahmheitskategorie einer Laktation

Die Lahmheitskategorie einer Laktation ergibt sich aus den Einzelbeobachtungen der Lahmheitsnoten einer Kuh innerhalb einer Laktation. Kofler und Burgstaller (Veterinärmedizinische Universität Wien) haben im Zuge des Projekts „Efficient Cow" folgende Kategorisierung vorgeschlagen (ZAR, 2016):

0	*nie lahm*	LSC-Noten immer 1
1	*kaum lahm*	bei 4 – 6 LSC-Noten max. 1 x 2, sonst immer 1 oder bei mind. 7 LSC-Noten max. 2 x 2, sonst immer 1
2	*geringgradig lahm*	bei 4 – 6 LSC-Noten mind. 2 x 2 oder ab 7 LSC-Noten mind. 3 x 2, sonst immer 1 oder 1 x 3 und sonst immer 1
3	*mittelgradig lahm*	mind. 2 x 3
4	*hochgradig lahm*	mind. 1 x 4 oder 1 x 5

Um eine Kuh überhaupt einer Lahmheitskategorie zuordnen zu können, mussten mindestens vier Lahmheitsbeobachtungen pro Laktation vorhanden sein. Der exakte Erhebungszeitpunkt innerhalb der Laktation wurde bei der Einteilung in die Lahmheitsgruppen nicht berücksichtigt (Kofler et al., 2017; ZAR, 2016).

2.3 Einfluss der Fütterung auf die Klauengesundheit

Hohe Einsatzleistungen und Laktationsleistungen moderner Milchkühe erfordern immer besseres Fütterungsmanagement. Da die Futteraufnahme der Milchkuh begrenzt ist, wird es mit steigender Milchleistung immer schwieriger, die Kühe ausreichend mit Nährstoffen zu versorgen. Das Füttern von Rationen mit höheren Energiedichten ist die einzige Möglichkeit den Energiebedarf zu decken. Dabei ist darauf zu achten, dass die Wiederkäuergerechtheit der Ration gewährleistet ist (Gregoritsch et al., 2018). Aufgrund der Besonderheit des Verdauungssystems des Wiederkäuers, bei dem nicht nur die Kuh, sondern vor allem auch die Mikroben im Pansen gefüttert werden, ist es das Ziel, eine ideale Futtergrundlage für diese Mikroben zu schaffen.

Ein wichtiger Faktor zur Erhaltung der Klauengesundheit ist die Pansengesundheit. Wiederkäuergerechte Rationen bilden die Grundlage, um optimale Verhältnisse für die Mikroben im Pansen zu schaffen. Der anzustrebende pH-Wert im Pansen liegt bei 6,0 bis 6,5 (Bader et al., 2007; Gasteiner et al., 2009; Neubauer et al., 2018; Veauthier, 2003). Neben der Grundfutterqualität sind es auch Managementfaktoren wie die Häufigkeit der Grundfuttervorlage, beziehungsweise des Nachschiebens des Futters am Futtertisch und die Verteilung der täglichen Kraftfuttergaben auf kleine Portionen entscheidend, welche bei der Rationsgestaltung berücksichtigt werden müssen (Veauthier, 2003). Die Pansenflora entwickelt sich sehr spezifisch entsprechend den vorgelegten Rationen. Futterumstellungen sind daher immer vorsichtig und über einen Zeitraum von bis zu drei Wochen zu gestalten (Bader et al., 2007; Preißinger & Moosmeyer, 2020b).

Stärke und Zucker werden im Pansen von den Mikroben sehr rasch zu flüchtigen Fettsäuren abgebaut. Fallen sehr große Mengen an Fettsäuren auf einmal an, können nicht mehr alle über die Pansenzotten in die Blutbahn aufgenommen werden. Sie verbleiben im Pansen und senken den pH-Wert. Aufgrund von konzentratreicher Fütterung und/oder Strukturmangel in der Ration kann der pH-Wert auf 5,6 und darunter absinken, es kommt zu einer Pansenazidose (Humer et al., 2018; Veauthier, 2003). Pansenazidose, welche als eine der Haupterkrankungen hochleistender Milchkühe angesehen wird, ist oftmals Auslöser für Klauenrehe. Dabei kommt es zu einer Rotation und/oder dem Absenken des Klauenbeins und einer Quetschung der

sensiblen Lederhaut. Diese ist sehr schmerzhaft für die Tiere und äußert sich in vielen Fällen durch Lahmheit (Kofler, 2001).

In Abbildung 1 ist der Zusammenhang von Fütterung, Pansenazidose, bakteriellen Erkrankungen und der Entstehung von Klauenrehe nach Kofler (2001) dargestellt. Durch zunehmende Säuerung, ausgelöst durch den Anfall von großen Mengen leicht verdaulicher Kohlenhydrate, verändert sich auch die Mikrobenpopulation im Pansen. Laktatbildende Bakterien vermehren sich stark, während zellulosespaltende Bakterien absterben. Dadurch wird der Abfall des pH-Wertes im Pansen beschleunigt und Endotoxine, Histamine und Milchsäure freigesetzt. Gelangen größere Mengen dieser Giftstoffe und überschüssige Milchsäuremengen über die Blutbahn bis in die kleinsten arteriellen Blutgefäße der Lederhaut, kommt es dort zu Durchblutungsstörungen. In weiterer Folge können die an die Lederhaut anliegenden Zellen nicht mehr ausreichend mit Nährstoffen und Sauerstoff versorgt werden. Somit wird die Neubildung von qualitativ hochwertigem Klauenhorn eingeschränkt (Maarten & Pijl, 2003; Maierl et al., 2019; Nocek, 1997). Schädigungen der Lederhaut führen zu einer gestörten Hornproduktion und in weiterer Folge auch zu Sohlengeschwüren (Manson & Leaver, 1988a). Eine gestörte Pansengesundheit beeinträchtigt die Hornproduktion somit besonders stark und wird auch als wichtigste Ursache für die Entstehung von Klauenrehe, welche zu Sohlengeschwüren, Abszessen an der weißen Linie und zu Lahmheit führen kann, angesehen (Kofler, 2001; Maierl et al., 2019).

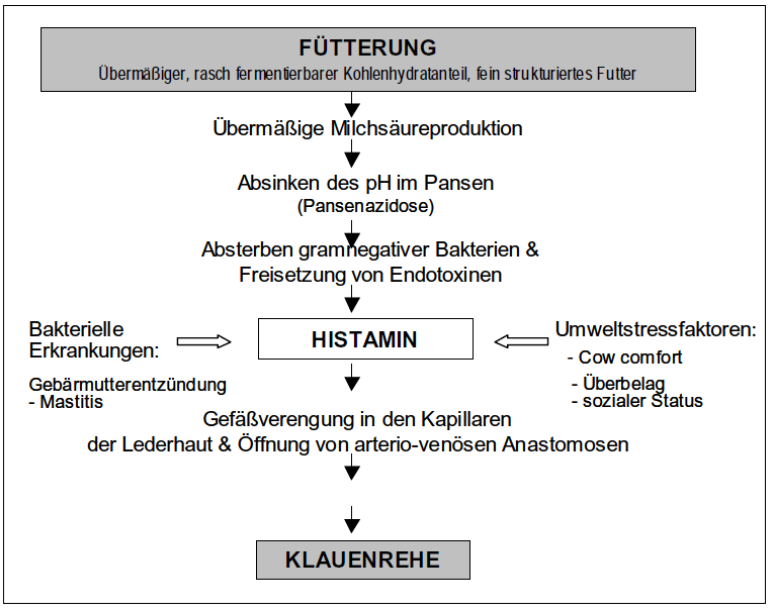

Abbildung 1: Beziehung zwischen Fütterung, Pansenazidose, bakteriellen Erkrankungen und der Entstehung von Klauenrehe (Kofler, 2001)

Puffersubstanzen können eingesetzt werden, um das Azidoserisiko bei Verfütterung von Rationen mit hohem Gehalt rasch fermtierbarer Kohlenhydrate zu vermindern. Die Zugabe von 80 bis 120 g eines Gemisch aus 2/3 Natriumhydrogencarbonat und 1/3 Magnesiumoxid pro Tier und Tag oder 0,75 % bis 1,0 % Natriumbicarbonat pro kg Trockenmasse soll das rasche Absinken des pH-Werts im Pansen verhindern (Le Ruyet & Tucker, 1992). Jedoch ist nicht außer Acht zu lassen, dass Puffersubstanzen keine Fehler in der Rationsgestaltung ausgleichen können (Veauthier, 2003).

Beim Abbau des aufgenommen Rohproteins durch die Mikroorganismen im Pansen wird Ammoniak (NH_3) freigesetzt. Dieses wird für den Aufbau von Mikrobenprotein benötigt. Dazu ist wiederum Energie nötig. Wird über das Futter zu viel Protein zugeführt oder ist das Verhältnis zwischen anfallendem Ammoniak und verfügbarer Energie nicht ausgeglichen, so kommt es zu einem Ammoniaküberschuss im Pansen. Über die Pansenzotten gelangt das Ammoniak in die Blutbahn und zur Leber, wo es zu Harnstoff umgewandelt wird. Der Harnstoff wird anschließend über den Harn und die Milch ausgeschieden bzw. gelangt über den Speichel zurück in den Pansen. Hierzu wird auf die Funktionsweise des ruminohepatischen Kreislaufes verwiesen (Van Soest, 1994). Die Harnstoffsynthese in der Leber ist äußerst energieaufwendig und belastet den Stoffwechsel der Kühe. Für den Wiederkäuer optimale Rationen haben einen Rohproteingehalt von 13 % der Trockenmasse. Große Mengen an schwer fermentierbarer Stärke, wie z.B. Maisstärke, vermindern die Proteinsyntheserate im Pansen, da die Energie aus dem Maiskorn langsamer freigesetzt wird, als das Protein abgebaut wird (Bader et al., 2007).

Die Proteinversorgung des Wiederkäuers wird über Mikrobenprotein und UDP (pansenbeständiges Futterprotein) sichergestellt. Vor allem im Hochleistungsbereich gewinnt die über Futtermittel aufgenommene Menge an UDP immer mehr an Bedeutung, da die physiologische Kapazität zur Bildung von Mikrobenprotein begrenzt ist. UDP passiert den Pansen ohne von den Mikroben vergoren zu werden. Dadurch kann die Ammoniakbelastung im Pansen bzw. in der Leber reduziert werden. Der Gehalt an UDP wird durch den natürlichen Gehalt der Futtermittel bestimmt. Dieser kann durch unter anderem durch thermische Behandlung erhöht werden (Bader et al., 2007).

Neben einer Überversorgung kann auch eine verminderte Versorgung mit Nährstoffen die Produktion von neuen hochwertigen Hornzellen erheblich beeinträchtigen.

Dadurch kann das Klauenhorn seine Schutzfunktion nicht mehr aufrechterhalten und infektiöse Erreger können in das Klauengewebe vordringen und Entzündungen auslösen. Fehler in der Fütterung führen in der Regel nicht sofort zu Lahmheit. Sie machen sich erst nach etwa sechs Wochen bemerkbar. Das Klauenhorn wächst pro Monat nur etwa fünf mm. Bei normalem Wachstum dauert es somit zwei bis drei Monate, bis die minderwertig gebildeten Hornzellen bis zur Sohle bzw. zur Wand durchgewachsen sind. Erst dann lassen sich farbliche Veränderungen im Horn erkennen oder die Kühe gehen lahm. Ein Rückschluss auf Fütterungsfehler wird dann meist nicht mehr gezogen (Veauthier, 2003).

Am häufigsten tritt Lahmheit im ersten Laktationsdrittel auf (Green et al., 2002). Manson und Leaver (1988a) beobachteten die größten Unterschiede zwischen den Lahmheitsnoten in den ersten fünf bis sieben Wochen post partum. Zu diesem Zeitpunkt war auch der Kraftfutteranteil in der Ration mit bis zu 66 % am höchsten. Die Kraftfuttergaben in den ersten Wochen nach der Abkalbung können daher einen wesentlichen Einfluss auf das Auftreten von Lahmheit haben. Maarten und Pijl (2003) vermuten, dass vor allem Fütterungsfehler während des Trockenstellens oder zu Laktationsbeginn die Hornproduktion nachhaltig stören.

2.3.1 Faktoren der Rationszusammensetzung

2.3.1.1 Kohlenhydratreiche Rationen

Hohe Stärkegehalte und zuckerreiche Rationen in Kombination mit niedrigen Rohfasergehalten werden als Auslöser für Pansenazidose gesehen (Maierl et al., 2019; Veauthier, 2003; Whay et al., 1997). Manson und Leaver (1989) konnten eine signifikante Verminderung der Klauenhornhärte und eine Erhöhung der Lahmheitsnote und die Anzahl und Dauer von klinischer Lahmheit durch hohe Kraftfuttergehalte in der Ration beobachten. Kraftfutter soll als Ergänzungsfuttermittel dienen und Energiedefizite aus der Grundfutterration aufbessern (Bader et al., 2007). Vor allem bei Hochleistungskühen werden viel zu hohe Kraftfuttermengen (> 12 kg) verabreicht. Neben der absoluten Kraftfuttermenge ist auch der Kraftfutteranteil in der Ration entscheidend. Dieser sollte maximal 50 % der Trockenmasse betragen, damit der pH-Wert im Pansen nicht unter 5,8 absinkt (Gasteiner et al., 2009; Veauthier, 2003). Bei einer physiologisch maximal möglichen Trockenmasseaufnahme von bis zu 28 kg, liegt die maximale Kraftfuttermenge somit bei 14 kg pro Tag. Der vergleichsweise hohe Kraftfutteranteil in der Ration in den ersten Wochen nach Abkalbung hat einen großen Einfluss auf das Auftreten von Lahmheit. Dies ist insbesondere im Verhältnis Grundfutter zu Kraftfutter begründet, welches zu diesem Zeitpunkt am geringsten ist (Manson & Leaver, 1989).

Die Zucker- und Stärkegehaltsobergrenze in der Ration liegt bei 25 % der Gesamttrockenmasse. Bei maishaltigen Rationen können Werte bis 30 % Prozent toleriert werden. Die in Mais oder auch Hirse enthaltene Stärke wird im Pansen langsamer abgebaut als Getreidestärke. Auch Kraftfutter mit einer hohen Verdaulichkeit der Schalen und Zellwänden wie z.B. Sojaschalen und Trockenschnitzel können den raschen Abfall des pH-Werts im Pansen verringern (Gruber, 2018). Kelly und Leaver (1990) konnten bei der Fütterung von Gerste signifikant schlechtere Lahmheitsnoten beobachteten, als bei der Fütterung von Zuckerrübenschnitzel.

Neben der Verdaulichkeit der Stärke hat auch die Partikelgröße des Kraftfutters Einfluss auf die Abbaugeschwindigkeit im Pansen: Je feiner das Korn gemahlen wird, desto schneller wird es im Pansen zu Fettsäuren abgebaut und umso schneller sinkt der pH-Wert. Als Alternative zum Mahlen des Getreides kann dieses gequetscht oder

grob geschrotet werden, um so zu einer besseren Pansengesundheit beizutragen. Mais darf, um die Pansenstabilität zu erhalten, nur grob gebrochen werden (Veauthier, 2003).

2.3.1.2 Proteinreiche Rationen

Eine zu hohe Eiweißversorgung steht oft im Zusammenhang mit dem Auftreten von Klauenerkrankungen, insbesondere von Klauenrehe (Kofler, 2001). Ein Erklärungsansatz besteht darin, dass durch die extrem hohe Proteinzufuhr bzw. einen hohen Nitratgehalt von Nasssilagen der Stoffwechsel der Tiere stark belastet wird und in weiterer Folge die Leber geschädigt und somit das Immunsystem geschwächt wird (Manson & Leaver, 1988b; Veauthier, 2003). Ein geschwächtes Immunsystem beeinträchtigt indirekt die Klauengesundheit. Zusätzlich kann es zu allergischen Reaktionen der Kühe auf das bei zu hohen Rohproteingehalten im Pansen gebildete Histamin kommen. Durch die Verengungen der Blutgefäße kommt es zu einer Unterversorgung der Hornbildungszellen und in weiterer Folge zu einer mangelhaften Hornbildung (Manson & Leaver, 1988b). Welche Mengen und Anteile an Protein in einer Ration Klauenrehe auslösen, ist jedoch nicht bekannt (Kofler, 2001). Bei Rationen mit einem Rohproteingehalt von über 20 % und proteinreichen Nasssilagen beziehungsweise einem Milchharnstoffgehalt von über 350 mg pro Liter, neigen Milchkühe dazu öfter an Lahmheit zu erkranken (Veauthier, 2003). In einer Studie von Espejo und Endres (2007) wurde kein signifikanter Einfluss des Rohproteingehalts (der in dieser Studie durchschnittlich 17 % in der Ration betrug) auf das Auftreten von Lahmheit gefunden. Manson und Leaver (1988) konnten jedoch höhere Lahmheitsnoten über eine längere Zeit bei Kühen beobachten, welche 3,3 kg Rohprotein (19 % Prozent der Gesamttrockenmasseaufnahme) mit der Ration aufnahmen, als bei Kühen mit einer Rohproteinaufnahme von 2,6 kg. Weiters konnte ein signifikant größeres Klauenwachstum durch hohe Rohproteingehalte beobachtet werden.

Besteht ein langfristiger Mangel an Methionin und Cystin, wirkt sich dieser auch negativ auf die Klauengesundheit aus, da die beiden schwefelhaltigen Aminosäuren zum Aufbau des Gerüsteiweißes Keratin benötigt werden, welches maßgeblich am Aufbau des Klauenhorns beteiligt sind. Die Bildung von weichem Klauenhorn wird durch einen Cystinmangel begünstigt (Mülling et al., 1999; Veauthier, 2003). Jedoch

wird eine gezielte Ergänzung der beiden Aminosäuren nicht empfohlen, da sie in der Regel nicht zu sichtbaren Veränderungen führt. Ein Grund dafür ist, dass die Eiweißbausteine normalerweise in ausreichender Menge beim Abbau von den Mikroben im Pansen gebildet werden. Werden methionin- und cystinreiche Futtermittel z.B. Maiskleber, Sonnenblumen- und Rapsextraktionsschrot mit der Ration verabreicht, so wird die Versorgung über das pansenbeständige Protein sichergestellt. Eine Ergänzung mit Methionin und Cystin bei begründetem Verdacht erfolgt daher am besten durch die Zugabe in geschützter Form (Veauthier, 2003).

2.3.1.3 Faserreiche Rationen

Die in Grundfuttermitteln enthaltenen pflanzlichen Gerüstsubstanzen sind wichtige Kohlenhydratlieferanten für die faserspaltenden Mikroorganismen im Pansen der Wiederkäuer und tragen auch entscheidend zur Strukturwirkung der Rationen bei. Dabei unterscheidet man zwischen Faser- und Nichtfaser-Kohlenhydraten. Zwar ist der Grundstoff Glucose für beide Arten der Kohlenhydrate gleich, aufgrund der verschiedenen chemischen Bindungsformen unterscheiden sie sich auch in ihrem chemischen Verhalten und ihrer Funktion in der Pflanze. Daraus resultiert eine unterschiedliche Verdaulichkeit der Faser- und Nichtfaser-Kohlenhydrate, welche bei der Tierernährung entscheidend ist (Gruber et al., 2018).

Faser-Kohlenhydrate (z. B. Zellulose) sind sehr komplexe Verbindungen, welche stabile Gerüstsubstanzen bilden. Ihre Funktion in der Pflanze besteht primär in der Bildung des Pflanzenkörpers. Für die Verdauung dieser Faser-Kohlenhydrate ist der Wiederkäuer auf die Mikroorganismen im Pansen angewiesen. Bei Nichtfaser-Kohlenhydraten (z. B. Stärke, Zucker) handelt es sich um leicht lösliche Moleküle, welche in der Pflanze als Reservestoff dienen. Sie sind sowohl für die Pflanze als auch die Tiere leicht verdaulich. Die Verdaulichkeit der pflanzlichen Substanz hängt stark von der Pflanzenart und dem Vegetationsstadium ab. Mit späterem Nutzungszeitpunkt sinkt der Energie- und Proteingehalt und der Rohfasergehalt nimmt zu (Gruber et al., 2018).

Der Rohfaseranteil in der Ration und die Qualität des Raufutters spielen eine wesentliche Rolle um die Pansengesundheit zu erhalten und das Auftreten von Klauenrehe zu vermindern. Die Fütterung von Raufutter fördert die Speichelbildung. Der Speichel des Rindes ist alkalisch (pH-Wert 8,1 – 8,3) und trägt somit wesentlich

zur Neutralisierung des Pansen pH-Werts bei. Ein Mindestgehalt von 18 % Rohfaser in der Trockenmasse wird empfohlen, um eine entsprechende Strukturwirksamkeit zu erreichen. Auch die Vorlage von Stroh regt den Speichelfluss und die Wiederkautätigkeit an (Schwarz, 2000). Veauthier (2003) empfiehlt, dass 15 % der Futterpartikel eine Mindestlänge von 3,8 cm aufweisen sollen und die strukturwirksame Rohfaser soll mindestens einen Anteil von 10 % in der Ration ausmachen.

2.3.1.4 Spurenelemente und Vitamine

Eine wichtige Voraussetzung für gesundes Klauenwachstum ist eine ausreichende Versorgung mit Mineralstoffen und Spurenelementen, insbesondere mit Phosphor, Schwefel, Natrium, Kupfer und Zink. Mineralstoffe, Spurenelemente und Vitamine sind Bestandteile von über 300 Enzymen, welche bei der Bildung von Klauenhorn beteiligt sind. In der Praxis erfolgt die Versorgung mit Mikronährstoffen am besten über ein vitaminiertes Mineralergänzungsfutter, sofern ausgeschlossen werden kann, dass die Lahmheit auf Fütterungsfehler zurückzuführen ist. Die Zufütterung von Biotin wird in häufig empfohlen, in vielen Studien jedoch kontroversiell diskutiert (Lischer et al., 2002). In der Praxis wird vor allem aufgrund der relativ hohen Kosten für Biotinsupplementen von der Fütterung abgesehen (Veauthier, 2003).

2.3.1.5 Grundfutter

Der Einfluss von Grundfuttermitteln auf das Auftreten von Lahmheit wurde in der Literatur bis dato nur vergleichsweise selten behandelt. Nachfolgend werden die gängigsten Grundfuttermittel anhand ihrer Ernährungseigenschaften für Milchkühe beschrieben.

Eine über das Jahr hinweg annähernd gleichbleibende Grundfutterqualität ist nur theoretisch bei konstanten Wiesenbeständen und gleichem Nutzungszeitpunkt möglich. In der Praxis erweist sich dies allerdings als kaum erreichbar, da sich die botanische Zusammensetzung des Pflanzenbestandes im Jahresverlauf ändert. Ebenso können ungünstige Witterungsverhältnisse zu einem Verschieben des Nutzungszeitpunktes und zu Futterverschmutzungen bei der Ernte führen. Dies lässt sich meist durch höhere Rohfaser- und Rohaschegehalte erkennen. Durch intensive Sonneneinstrahlung kann es zu einer vermehrten Zuckerproduktion in der Pflanze

kommen. Heißes Wetter kann zu einem erhöhten Ligninanteil in der Pflanze und in weiterer Folge zu einer reduzierten Verdaulichkeit des Futters führen (Galler, 2011; Ineichen et al., 2018).

2.3.1.6 Grassilage

Grassilage ist in vielen österreichischen Betrieben das Hauptgrundfuttermittel. Eine Strategie um Futterumstellungen zu vermeiden, ist die ganzjährige Silagefütterung. Zusätzlich werden Silagen heutzutage in einem sehr frühen Vegetationsstadium geerntet. Dadurch ist es möglich energie- und rohproteinreiche Grundfuttermittel zu produzieren (Galler, 2011).

In Tabelle 2 sind Richtwerte für hochwertige Gras- und Maissilagen angeführt. Dabei ist zu beachten, dass der pH-Wert der Silage stark vom Trockensubstanzgehalt bzw. von der Menge gebildeter Milchsäure abhängt. Je tiefer der Trockensubstanzgehalt der Silage, desto tiefer muss auch der pH-Wert der Silage liegen, um eine gute Konservierung zu erreichen. Bei zu trockenem Siliergut, ungenügender Verdichtung oder kühlen Temperaturen während des Gärprozesses kann es zu verminderter Milchsäurebildung und in weiterer Folge zu Fehlgärungen kommen (Galler, 2011; Wyss, 2005).

Tabelle 2: Durchschnittliche Gehalte von Gras- und Maissilagen (Wyss, 2005)

		Grassilage	**Maissilage**
T	%	35 - 45	30 - 35
Rohasche	g/kg T	< 110	< 50
Rohfaser	g/kg T	200 - 250	180 - 200
Rohprotein	g/kg T	150 - 200	70 - 90
NEL	MJ/kg T	> 5,8	> 6,5
pH-Wert		4,3 – 4,7	3,8 – 4,2

Das Verfüttern von minderwertigen Silagen führt zu einer verminderten Pansengesundheit und belastet den Stoffwechsel der Tiere (Kirchgeßner & Stangl, 2014; Wyss, 2005).

2.3.1.7 Maissilage

Auch bei Mais verändert sich der Anteil der Nährstoffe mit fortschreitendem Vegetationsstadium. Ab Beginn der Milchreife und somit mit der Ausreifung der

Kolben, kommt es zu einem Anstieg des Stärkegehalts, hingegen nimmt der Zuckeranteil ab. Die Schwankungsbreite des Proteingehalts und des Rohfasergehalts ist bei Silomais mit ± 5 % eher gering. Die Verdaulichkeit und der Energiegehalt der Gesamtpflanze nehmen mit Ausreifung und Stärkeeinlagerung zu. Durch Erntetechnologien wie Hochschnitt oder Pflückhäckselverfahren lässt sich die Energiedichte und die Verdaulichkeit der Maissilage steigern, da die weniger wertvollen unteren Stängelabschnitte am Acker verbleiben und der Kornanteil an der Gesamtpflanze steigt (Galler, 2011; Jeroch et al., 1993).

Bei der Fütterung von Maissilage über einen längeren Zeitraum kann es zu einem vermehrten Auftreten von Klauenrehe (Faye & Lescourret, 1989) und höheren Lahmheitsnoten bei Milchkühen (Barker et al., 2007) kommen. Werden Kalbinnen mit Maissilage aufgezogen, so kann dies in höheren Lahmheitsnoten als spätere Milchkühe resultieren (Amory et al., 2006).

2.3.1.8 Grünfutter

Grünfutter kann entweder durch Eingrasen oder Weidegang angeboten werden. Dabei ist ebenso wie bei Grassilage- und Heugewinnung der Nutzungszeitpunkt für die Futterqualität entscheidend. Zum Eingrasen eignen sich besonders Wechselwiesen und leguminosenreiche Bestände. Durch die frische Nutzung des Futters bleiben viele Nährstoffe und Vitamine besser erhalten, da es zu keinen Konservierungs- und Bröckelverlusten kommt. Daher sind theoretisch sehr hohe Nährstoff- und Energiekonzentrationen möglich. Der Nährstoffgehalt von Grünfutter hängt neben dem Nutzungszeitpunkt sehr stark von der Zusammensetzung des Pflanzenbestandes ab. Die Gehalte können zwischen einer intensiv genutzten Kurzrasenweide und einer Grassilage liegen. Bei einer frühen Nutzung im Schossen liegt der Energiegehalt je nach Pflanzenbestand bei 6,2 – 6,4 MJ NEL und der Rohproteingehalt zwischen 168 und 205 g Rohprotein pro kg Trockenmasse. Bei einer späteren Nutzung zu Beginn des Ähren- und Rispenschiebens sinkt der Energiegehalt auf 6,0 – 6,3 MJ NEL und der Rohproteingehalt auf 148 – 184 g pro kg Trockenmasse. Der Rohfasergehalt steigt mit einem späteren Nutzungszeitpunkt von 156 g auf 243 g pro kg Trockenmasse (Ineichen et al., 2018).

Bei der Vorlage von Grünfutter am Futtertisch ist zu beachten, dass sich vor allem nasses Grünfutter schnell erwärmt. Die Wärmebildung entsteht durch mikrobielle

Abbauprozesse und es kommt zu einem Verlust des Nährwerts und der Schmackhaftigkeit (Ineichen et al., 2018). Daher sollte Grünfutter möglichst trocken und frisch geerntet werden. Wird das Grünfutter vorübergehend gelagert, hat dies kühl und ausgebreitet zu erfolgen, um die Wärmebildung gering zu halten (Preißinger & Moosmeyer, 2020a).

Kühe fressen im Stall Grünfutter oft hastiger als beim Abgrasen auf der Weide und nehmen so in kürzerer Zeit größere Mengen auf, was zu einer Belastung des Pansens führen kann. Bei der Rationsgestaltung ist zu beachten, dass Grünfutter eine geringe Strukturwirksamkeit und hohe Energie- und Proteingehalte aufweist. Daher sollte man bei grünfutterreichen Rationen die Gabe von Kraftfutter entsprechend anpassen (Ineichen et al., 2018; Preißinger & Moosmeyer, 2020b).

Bei intensiven Weideformen wie z.B. der Kurzrasenweide ist der Nutzungszeitpunkt durch das häufige Abgrasen noch früher. Außerdem fressen die Kühe zuerst die zuckerreichen Triebspitzen ab. Die Vorlage von strukturreichem Futter ist daher nicht zu vernachlässigen (Veauthier, 2003).

Durch die Aufnahme von Weidegras auf frisch mit Stickstoff gedüngten Wiesen kann es zu erhöhten Nitritwerten im Blut kommen. Diese führen zu Erweiterungen der Blutgefäße und verursachen Schäden an den Gefäßwänden, wodurch es zu Blutungen in der Lederhaut kommen kann (Vermunt, 1992).

Generell hat das Weiden der Kühe hat einen positiven Einfluss auf die Klauengesundheit von Rindern. Dies wird einerseits dadurch begründet, dass sich die Kühe weniger Zeit unter ungünstigen Stallhaltungsbedingungen aufhalten (Armbrecht et al., 2018; Haufe et al., 2012), andererseits kann es auch zur spontanen Abheilung von Dermatitis Interdigitalis und Ballenfäule kommen (Somers et al., 2005). Für das Rind gilt der Weideboden als natürlichster Untergrund, welcher sich durch Rutschfestigkeit und Verformbarkeit auszeichnet. Dadurch werden die mechanischen Belastungen der Klaue minimiert (Metzner, 2003).

2.3.1.9 Feldfutter

Kleegras oder Feldfuttermischungen zeichnen sich durch eine höhere Schmackhaftigkeit und eine über längere Zeit konstantere Futterqualität als Reinsaaten aus. Auch liegen der Rohprotein- (200 – 240 g pro kg Trockenmasse) und

Stärkegehalt (80 – 150 g pro kg Trockenmasse) über denen von Grassilagen (siehe Tabelle 2). Üblich ist eine Grünfütterung oder Silagebereitung. Bei der Silagebereitung ist darauf zu achten, dass Leguminosen im Vergleich zu Gräsern einen höheren Calcium- und Mineralstoffgehalt enthalten und es daher zur Pufferung des pH-Werts beim Einsilieren kommen kann (Galler, 2011). Wird aus Feldfutter Heu erzeugt, so empfiehlt sich, dass dies in einer Trocknungsanlage konserviert wird, da ansonsten viele wichtige Nährstoffe durch Bröckelverluste verloren gehen (Bader et al., 2007).

2.3.1.10 Heu

Durch die Beigabe von Heu wird die Wiederkautätigkeit und Speichelproduktion angeregt. Da die Tiere aufgrund des geringen Feuchtegehalts des Futters mehr Wiederkauminuten pro Futtermenge aufwenden, führt dies zu einer verstärkten Speichelbildung und vermindert so das Absinken des Pansen pH-Werts. Um eine gute Strukturwirkung zu erzielen, ist eine adäquate Partikellänge notwendig (Schwarz, 2000). Wird Heu sehr jung geerntet, enthält es einen relativ hohen Gehalt an leicht verfügbaren Kohlenhydraten und hat eine geringe Strukturwirkung (Gruber, 2018). Durch die thermische Behandlung in einer Trocknungsanlage kommt es zu einer reduzierten Proteinabbaubarkeit im Pansen, der Gehalt an UDP nimmt zu (Bader et al., 2007).

2.3.2 Fütterungstechnik

Prinzipiell kann man bei der Fütterung von Milchkühen zwischen Einzeltierfütterung und Herden- oder Gruppenfütterung unterscheiden. Die Einzeltierfütterung ist in Anbindeställen üblich, dabei sind die Tiere fixiert und eine individuelle Fütterung ist möglich. Die Herden- oder Gruppenfütterung überwiegt in Laufställen, wobei die Futtervorlage meist ad libitum erfolgt. Dadurch kann ein Tier-Fressplatzverhältnis von bis zu 2,5:1 toleriert werden. Das Kraftfutter wird üblicher Weise über eine Abrufstation und beim Melken verabreicht (Bader et al., 2007). Die Fütterungstechnik hängt somit eng mit den Haltungsbedingungen zusammen.

In Laufställen ist die Fütterung einer Mischration, welche viele Vorteile hinsichtlich Pansengesundheit mit sich bringt, weit verbreitet. Man unterscheidet zwischen einer Totalmischration (TMR) und einer aufgewerteten Ration (AGR). Bei einer TMR wird eine Einheitsration an die Tiere verfüttert, bei einer AGR wird zusätzlich je nach tierindividueller Leistung Kraftfutter verabreicht (Stögmüller, 2015). Dabei werden die Rationsbestandteile in einem Futtermischwagen aufbereitet. Eine Selektion durch die Tiere am Futtertisch soll dadurch vermieden werden. Jedoch kann ein Entmischen der Ration bereits bei der Vorlage am Futtertisch auftreten. Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass die Kühe das vorgelegte Futter selektieren und zuerst die feinen Rationsbestandteile fressen. Es bleiben vor allem strukturreiche Futterpartikel am Futtertisch zurück. So kann es vorkommen, dass es trotz rechnerisch optimaler Strukturgehalte zu einer Übersäuerung des Pansens kommt und die Tiere an Azidose erkranken. Eine vergleichende Kontrolle der Ration aus dem Mischwagen und vom Futtertisch ist hier zu empfehlen. Auch können mehrmalige Futtervorlagen, eine stärkere Zerkleinerung der groben Futterbestandteile, eine Änderung der Mischzeiten und Mischreihenfolge, eine Zugabe von Melasse oder Wasser bei trockenen Silagen oder ein Austausch des Mischwagens Abhilfe schaffen (Stögmüller, 2015; Veauthier, 2003).

Mischrationen können durch das Einmischen von Kraftfutter schmackhafter gemacht werden. Dies erhöht nicht nur die Gesamtfutteraufnahme, sondern reduziert auch die Säureanflutung im Pansen, da nur kleine Mengen an Kraftfutter auf einmal aufgenommen werden. Ebenso kann ein konstanteres Verhältnis zwischen Grund- und Kraftfutteraufnahme pro Fresszeit erreicht werden. Der Pansen pH-Wert bleibt am

stabilsten, wenn die Mischration viermal täglich vorgelegt wird, auch wenn keine puffernden Futterzusatzstoffe eingesetzt werden (Stögmüller, 2015).

Die Qualität einer TMR hängt aber nicht nur von den eingesetzten Futtermitteln ab, sondern auch von der Verarbeitung im Mischwagen. Um eine ausreichende Wiederkautätigkeit und Speichelproduktion zu gewährleisten, ist eine adäquate Partikellänge der Rationsbestandteile nötig (Schwarz, 2000). Werden Rationen zu lange im Mischwagen aufbereitet, kann es zur Zerstörung der Struktur der Futtermittel kommen. Dieser Effekt lässt sich vor allem dann beobachten, wenn feuchte Silage mit leistungsstarken Fräsen aus dem Silo entnommen wird. Das Futter wird dabei bereits bei der Entnahme vom Silo zerkleinert (Veauthier, 2003).

Ist keine vollmechanisierte Futtervorlage vorhanden, so erfolgt die Zuteilung des Grundfutters ganz oder teilweise per Hand. Automatische Futterzuschieber oder durch ein Antriebsfahrzeug betriebene Hilfsmittel können Abhilfe schaffen (Ineichen et al., 2018). Eine mehrmalige Futtervorlage pro Tag erhöht die Gesamttrockenmasse-Aufnahme der Kühe (Stögmüller, 2015).

Die Kraftfutterzuteilung in Anbindeställen erfolgt meist per Hand. Dabei kommt es zu üblichen Abweichungen von ± 30 % bei der Zuteilung. Die Schwankungen bei einer Gabe im Melkstand oder über Abrufstation sind mit ± 5 – 10 % vergleichsweise gering. Sowohl im Anbindestall als auch im Laufstall sollte sichergestellt werden, dass die Tiere die zugeteilten Kraftfuttermengen auch aufnehmen und dass die Abrufstation beispielsweise nicht nur unregelmäßig besucht oder das Kraftfutter gar weggefressen wird. Wird das Kraftfutter per Hand zugeteilt, so geschieht dies meist in zwei oder drei Gaben. Ist eine Abrufstation vorhanden, kann die Aufteilung der täglichen Kraftfuttermengen individuell erfolgen (Bader et al., 2007). Die Kraftfuttermenge sollte aus Sicht der Klauengesundheit pro Gabe 3 kg nicht überschreiten (Veauthier, 2003).

3 Tiere, Material und Methoden

In diesem Kapitel erfolgt die Beschreibung des Projekts „Efficient Cow“, dem die in dieser Arbeit verwendeten Daten zugrunde liegen (3.1). Anschließend wird im Kapitel 3.2 die verwendete Datengrundlage beschrieben und die Erhebung der in den Auswertungen verwendeten Daten erläutert. Im Kapitel 3.3 Datensätze ist die Vorgehensweise der Plausibilisierung, Berechnung und Kategorisierung von weiteren Variablen und die Reduktion der Daten auf die in den Auswertungen verwendeten Datensätze beschrieben. Im abschließenden Kapitel 3.4 Methoden werden die zur Auswertung verwendeten Modelle und deren Erarbeitung beschrieben.

3.1 Das Projekt „Efficient Cow“

Bei „Efficient Cow“ handelt es sich um ein Forschungsprojekt der Zentralen Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter, welches durch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Bund-Bundesländer-Forschungskooperation unterstützt wurde. Das Projekt wurde initiiert, um züchterische Potenziale zur Vermeidung von Emissionen sowie Maßnahmen zur Steigerung der Fütterungseffizienz zu analysieren. Ziel des Projekts war es, eine Datengrundlage für eine zukünftige Zuchtwertschätzung für Effizienz, Stoffwechsel und Klauengesundheit zu schaffen (ZAR, 2016).

Das im Dezember 2012 gestartete Projekt wurde im November 2016 abgeschlossen. Projektpartner waren die ZuchtData EDV Dienstleistungen GmbH, die Universität für Bodenkultur Wien, die HBLFA Raumberg-Gumpenstein, die Landwirtschaftskammer Österreich, die Veterinärmedizinische Universität Wien, die Arbeitsgemeinschaft österreichischer Fleckviehzüchter, die Arbeitsgemeinschaft österreichischer Braunviehverbände und Holstein Austria (ZAR, 2016).

Zu Projektbeginn wurden Betriebe gesucht, die freiwillig am Projekt teilnehmen möchten. Aufgrund des starken Interesses der Betriebe an dem Projekt konnte eine ausgewogene Verteilung der Betriebe über die Produktionsgebiete erreicht werden. Die Datenerhebung erfolgte gemeinsam mit dem Landeskontrollverband und dem Zuchtverband durch entsprechend der Aufgaben geschultes Personal (ZAR, 2016).

3.2 Datengrundlage

Zur Bearbeitung der Fragestellungen wurden von der ZuchtData Austria GmbH drei Datensätze („Tier“, „Gesundheit“ und „Betrieb“) im Format .csv übermittelt. Nachfolgend werden ausschließlich die zur Bearbeitung der Fragestellungen der vorliegenden Arbeit verwendeten Daten und deren Erhebung im Zuge des Projekts „Efficient Cow“ beschrieben. Alle weiterführenden Informationen zum Projekt und den dazugehörigen Daten können dem Projektabschlussbericht (Forschungsprojekt 100681, ZAR, 2016) entnommen werden. Die detaillierte Vorgehensweise der Erhebung aller Daten und theoretischen Grundlagen sowie Informationen zu den Erhebungs- und Schätzmodellen sind im Arbeitspaket 1 „Datenerfassung auf Pilotbetrieben“ und im Arbeitspaket 3 „Ableiten der optimalen Lebendmasse zur Erzielung der höchsten Nährstoff-Effizienz“ erläutert (ZAR, 2016).

Der Datensatz „Tier“ beinhaltet 45.944 Beobachtungen, der Datensatz „Gesundheit“ beinhaltet 20.527 Beobachtungen und der Datensatz „Betrieb“ beinhaltet 167 Beobachtungen. Die aus den Datensätzen verwendeten Variablen sind nachfolgend angeführt.

- Datensatz „Tier“ *(Tier, Betrieb, Rasse, Laktationszahl, Laktationstag, MLP-Datum, Lebendmasse in kg, BCS, Lahmheitsscore, ECM in kg pro Tag, Rationsart, Grünfutteranteil in %, Grassilageanteil in %, Maissilageanteil in %, Heuanteil in %, Kleeanteil in %, Luzerneanteil in %, Strohanteil in %, Kraftfutteranteil TM in %, Gesamttrockenmasseaufnahme in kg, Grundfutteraufnahme TM in kg, Kraftfutteraufnahme TM in kg, NEL in MJ und Rohproteingehalt in g)*
- Datensatz „Gesundheit“ (*Tier, Betrieb, Laktationszahl, Laktationswert, Anzahl Laktationsnoten Erhebungen)*
- Datensatz „Betrieb“ *(Betrieb, Kuhzahl im Jahr 2014, Art der Kraftfuttervorlage, Art der Grundfuttervorlage, Stallform, Liegeflächengestaltung, Weidegang und/oder Alpung als Kuh, Weidegang und/oder Alpung als Jungvieh, Klauenpfleger, Klauenpflegefrequenz)*

Die Identifikationsnummern der Betriebe und Tiere wurden anonymisiert übermittelt. Die Daten der Milchleistungsprüfung wurden von den Mitarbeitern der Landeskontrollverbände erhoben. Dazu zählen die Rasse, die Laktationszahl, der

Laktationstag, das MLP-Datum und die ECM-Menge pro Tag. Die Datenerfassung der Milchleistungsprüfung basierte auf dem aktuellen Standard der Leistungsprüfung nach ICAR (2016). Zusätzlich wurden die Tiere bei jeder durchgeführten Milchleistungskontrolle gewogen und die Lebendmasse festgehalten. Das gesondert geschulte Personal beurteilte die Kühe hinsichtlich Körperkondition (BCS) und vergab eine Benotung nach dem Locomotion Scoring System nach Sprecher et al. (1997) (ZAR, 2016).

Der Laktationswert wurde auf Basis der erhobenen Einzellahmheitsnoten nach dem in Kapitel 2.2.2 beschriebenen Schema vergeben und war im übermittelten Datensatz bereits enthalten.

Ebenfalls bei der Milchleistungskontrolle erfolgte die Erfassung der Rationskomponenten und der Rationsart. Auf Basis der Rationskomponenten wurde die einzeltierspezifische Grundfutteraufnahme geschätzt. Die Kraftfutteraufnahme wurde tierspezifisch erhoben. Spezielle Herausforderungen bei der Schätzung der Futteraufnahme waren u.a. die über AGR oder TMR aufgenommene Kraftfuttermenge, die Schätzung des Weideanteils an der gesamten Grundfutterration, die Berücksichtigung von Futtermitteln, welche als Lockfutter über die restliche Ration gestreut wurde und die Berücksichtigung von der Verfütterung anderer Rationsreste. Durch eine detaillierte Beschreibung der Betriebsstruktur, der Haltungsbedingungen und des Fütterungssystems sowie durch Rückfragen bei den Landwirten und Kontrollassistenten wurden unplausible Angaben geklärt und betriebsspezifische Zusammenhänge erkannt (ZAR, 2016).

Die zu jedem MLP-Datum von den Tieren aufgenommenen Tagesmengen an *Kraftfutter (kg T), Kraftfutteranteil (% der TM), Rohprotein (g)* sowie *NEL (MJ)* wurden auf Basis der geschätzten tierindividuellen Trockenmasseaufnahme basierend auf den einzelnen Rationskomponenten berechnet. Hierfür wurde das Schätzmodell nach Gruber et al. (2004) verwendet. Zusätzlich wurden pro Betrieb acht Grundfutterproben gezogen und analysiert (ZAR, 2016).

Die Dokumentation der Klauenpflegemaßnahmen, Aufzeichnung von Weide- und Alpungstagen sowie die Dokumentation der Zu- und Abgänge an Futtermitteln oblag den Landwirten (ZAR, 2016).

3.3 Datenaufbereitung

Auf **Einzeltierebene** wurde der Datensatz „Tier“ mit 45.944 Beobachtungen und 78 Variablen für die Auswertung herangezogen. In einem ersten Schritt wurden die Daten auf ihre Plausibilität geprüft. Dies geschah durch Ausgrenzen von Daten, welche außerhalb der dreifachen Standardabweichung (Mittelwert ± 3*σ, 99 % Intervall der Werte) lagen.

Davon ausgenommen wurden die Variablen Grassilageanteil, Grünfutteranteil und Heuanteil, da hierbei Anteile von 0 – 100 % in der Praxis realistisch sind. Die Anteile an Maissilage wurden bis 70 % der Trockenmasseaufnahme berücksichtigt.

Die Trockenmasseaufnahme an Kraftfutter wurde in absoluten Mengen mit 15,41 kg und in relativen Anteilen an der Gesamttrockenmasse mit 60 % nach obenhin begrenzt. Das 99 % Intervall für den Kraftfutteranteil an der Gesamttrockenmasse liegt bei 68,8 %, sind so hohe Anteile in den Rationen längerfristig nicht realistisch und da die Kraftfutteranteile durch die geschätzte Trockenmasse-Aufnahme beeinflusst werden, wurde diese Obergrenze gewählt.

Anschließend wurde der Datensatz anhand folgender Kriterien weiter reduziert:

Es war entscheidend, dass für jede Beobachtung eine Lahmheitsnote vergeben, die Lebendmasse erhoben wurde und Daten der Milchleistungskontrolle vorhanden waren. Ebenfalls mussten Daten über die verfütterte Ration vorliegen. Waren nicht alle erforderlichen Variablen vorhanden, so wurde die Beobachtung aus dem Datensatz ausgeschlossen. Trockenstehende Kühe wurden somit ebenfalls nicht in den Auswertungen berücksichtigt.

Die Zuordnung der Tiere zu den in den Auswertungen berücksichtigten Rassegruppen erfolgte folgendermaßen:

- Fleckvieh (FL): reinrassige Fleckvieh- und Montbéliardkühe sowie Kreuzungstiere daraus
- Braunvieh (BV): Braunvieh und Brown Swiss, sowie Kreuzungstiere daraus
- Holstein (HF): Holstein (einschließlich Red Holstein sowie Kreuzungstiere)
- F1 – Kreuzungstiere (F1HFFL) aus Holstein und Fleckviehkühen der F1-Generation

Kreuzungstiere mit anderen Rassen sowie Kreuzungstiere mit mehr als zwei der drei „Hauptrassen“ wurden in dieser Auswertung nicht berücksichtigt. Ebenso wurden Tiere der Rassen Jersey und Angler ausgeschlossen.

Nach Einschränkung des Originaldatensatzes anhand der obenstehenden Kriterien blieben 39.994 Beobachtungen und 14 Variablen übrig, welche für die statistische Auswertung zur Analyse des Einflusses der Rationsparameter auf die Lahmheitsnote herangezogen wurden. (Tier, Betrieb, Jahr, Rasse, Laktationszahl, Laktationsmonat, Lebendmasse, Lahmheitsnote, Kraftfutteranteil, Kraftfutteraufnahme, Rohproteinaufnahme, NEL-Aufnahme, ECM-Leistung, Anteil Maissilage).

Die 39.994 Beobachtungen wurden von insgesamt 6.445 Tieren erhoben. Pro Tier waren mindestens eine und maximal zwölf Beobachtungen vorhanden. Die Daten wurden zwischen 3. Jänner 2014 und 2. März 2015 erhoben. Die Rasseverteilung ist in Tabelle 3 dargestellt:

Tabelle 3: Verteilung der Tiere nach Rassen (absolut und relativ)

Rasse	**N**	**in %**
Fleckvieh	3.589	55,7
Braunvieh	1.487	23,1
Holstein	1.266	19,6
F1 Fleckvieh*Holstein	103	1,6
Summe	*6.445*	*100,0*

In Tabelle 4 sind die Minimum- und Maximumwerte, der Mittelwert und die Standardabweichungen der wichtigsten Laktations- und Rationsparameter abgebildet. Diese sollen einen Überblick über die Ausprägung der in den Auswertungen verwendeten Daten bieten.

Tabelle 4: Überblick über die Ausprägung der verwendeten Daten auf Einzeltierebene

Datensatz	N = 39.994	$\bar{x}$	Min	Max	s
Laktationszahl		3,0	1,0	13,0	2,03
Laktationsmonat		5,9	1,0	13,0	3,14
Lebendmasse	kg	699,3	431,0	992,0	88,92
ECM	kg/d	28,1	8,6	54,0	8,15
Lahmheitsnote		1,3	1,0	5,0	0,67
T-Aufnahme	kg	19,56	11,49	27,67	2,684
Kraftfutter-Aufnahme	in kg T	6,06	0,00	15,38	2,920
NEL-Aufnahme	in MJ/d	129,15	64,26	197,64	21,777
XP-Aufnahme	in kg/d	3,08	1,04	5,20	0,627
Anteil KF	in % der T	29,86	0,00	59,95	12,096
Anteil Grassilage	in % der T	53,97	0,00	100,00	30,893
Anteil Maissilage	in % der T	20,86	0,00	69,90	19,947
Anteil Grünfutter	in % der T	5,70	0,00	100,00	19,443
Anteil Heu	in % der T	10,09	0,00	100,00	17,890
Anteil Luzerne	in % der T	1,58	0,00	93,65	7,990
Anteil Klee	in % der T	6,06	0,00	100,00	17,675
Anteil GPS	in % der T	0,24	0,00	73,09	3,360

Ebenfalls auf Einzeltierebene wurde der Einfluss der täglichen Trockenmasseaufnahme an Kraftfutter im ersten Laktationsdrittel auf die Lahmheitsnote im dritten, vierten und fünften Laktationsmonat untersucht. Dafür wurde der bereits plausibilisierte Datensatz „Tier“ mit den Fütterungsinformationen verwendet. Aus diesem wurde die durchschnittlich aufgenommene Kraftfuttermenge pro Tier und Tag im ersten Laktationsdrittel (30. bis 89. Laktationstag) errechnet. Für die Lahmheitsnote im dritten, vierten oder fünften Laktationsmonat wurden die Beobachtung im jeweiligen Zeitraum (Laktationsmonat) herangezogen.

Um in die Auswertung einzufließen, musste für die Kühe eine durchschnittliche Kraftfutteraufnahme errechnet werden können und zumindest eine Beobachtung im dritten, vierten oder fünften Laktationsmonat vorhanden sein. Insgesamt wurden 4.363 Tierbeobachtungen mit 10 Variablen (Tier, Betrieb, Jahr, Rasse, Laktationszahl, Lebendmasse, durchschnittliche Kraftfutteraufnahme im ersten Laktationsdrittel, Lahmheitsnote im dritten Laktationsmonat, Lahmheitsnote im vierten Laktationsmonat, und Lahmheitsnote im fünften Laktationsmonat) in den Auswertungen berücksichtigt.

Für die Auswertungen auf **Betriebsebene** wurden alle drei Datensätze verwendet, um den Einfluss von Fütterungsparametern auf die Frequenz schwer lahmer Kühe am Betrieb zu untersuchen. Die Datensätze wurden anhand der anonymisierten Betriebsnummer zusammengeführt. Die Betriebsgröße wurde anhand der durchschnittlichen Kuhzahl im Jahr 2014 definiert. Diese wurden vom LKV zur Verfügung gestellt.

Um die Frequenz schwer lahmer Kühe am Betrieb zu errechnen, wurden die Lahmheitskategorien verwendet. Die Einteilung in die Lahmheitskategorien ist im Kapitel 2.2.2 detailliert beschrieben. Pro Kuh waren maximal zwei Lahmheitskategorien vorhanden. Um sicherzustellen, dass jede Kuh nur einmal in der Berechnung berücksichtigt wurde, wurde jene Lahmheitskategorie herangezogen, in die die meisten Lahmheitsnoten eingeflossen sind.

Die Frequenz schwer lahmer Kühe am Betrieb wurde folgendermaßen berechnet:

$$\frac{\Sigma\ K\ddot{u}he\ mit\ Laktationskategorie\ 3\ +\ 4}{\Sigma\ K\ddot{u}he\ mit\ Laktationskategorie} * 100$$

Für Betriebe, welche nur Kühe der Lahmheitskategorien 0, 1 oder 2 hatten, errechnete sich somit eine Frequenz schwer lahmer Kühe am Betrieb mit 0 %.

Um die Betriebe einem Grundfuttertyp zuordnen zu können, wurde auf die einzelnen Rationsbeobachtungen des Datensatzes mit den Fütterungsinformationen zurückgegriffen. Da Daten von Jänner 2014 bis März 2015 vorlaiegen, wurden nur Daten aus dem Jahr 2014 verwendet, um eine saisonale Beeinflussung auszuschließen. Anschließend wurden für jeden Betrieb alle Einzelbeobachtungen nach Rationskomponenten aufsummiert und durch die Gesamttrockenmasseaufnahme der Einzelbeobachtungen dividiert. Dadurch wurde eine Durchschnittsration über das Jahr 2014 pro Betrieb errechnet. Anschließend wurden die Betriebe nach ihren Rationen einem Grundfuttertyp zugeordnet. Der verwendete Schlüssel für die Zuteilung ist in Tabelle 5 ersichtlich.

Tabelle 5: Zuteilungsschlüssel nach Grundfuttertyp, Anzahl der Betriebe absolut und relativ (N=150).

Grundfuttertyp	Schlüssel	N	in %
Feldfutter	Min. 27 % Klee oder min. 30 % Luzerne oder min. 30 % Klee und Luzerne	17	11,3
Grassilage	Min. 51 % Grassilage	75	50,5
Grünfutter	Min. 41 % Grünfutter und max. 49 % Grassilage	10	6,7
Heu	Min. 50 % Heu	19	12,7
Maissilage	Min. 30 % Maissilage und max. 25 % Feldfutter	29	19,3

Mithilfe dieses Schlüssels konnten 90 % der Betriebe zugeordnet werden. Die restlichen Betriebe wurden händisch einem Grundfuttertyp zugeordnet. Im Anhang ist in Tabelle 16 eine Gesamtübersicht aller Betriebe mit deren Rationszusammensetzung und Zuordnung zum Grundfuttertyp ersichtlich.

Ein durchschnittliches Kraftfutterniveau der Betriebe wurde ebenfalls anhand des bereits plausibilisierten Datensatzes mit den Fütterungsinformationen errechnet. Dazu erfolgte eine weitere Einschränkung auf die Beobachtungen zwischen dem 20. und 240. Laktationstag, um extrem hohe Kraftfuttergaben am Anfang der Laktation bzw. extrem reduzierte Kraftfuttergaben vor dem Trockenstellen nicht auf das mittlere Kraftfutterniveau der Betriebe einwirken zu lassen. Danach wurden wieder die einzelnen Beobachtungen pro Betrieb zusammengezählt und durch die Anzahl der jeweiligen Beobachtungen am Betrieb dividiert, um die mittlere Kraftfuttermenge am Betrieb zu errechnen. Um den Kraftfutteranteil am Betrieb zu errechnen, wurde die mittlere Kraftfuttermenge durch die mittlere Trockenmasseaufnahme am Betrieb dividiert.

Es wurden nur jene Betriebe in den Auswertungen berücksichtigt, welche einem Grundfuttertyp zugeordnet werden konnten und deren Kühe in eine Lahmheitskategorie eingeteilt wurden. Insgesamt standen somit 150 Betriebe mit jeweils einer Beobachtung für die Auswertungen zur Verfügung.

3.4 Methoden

Die Aufbereitung der Daten sowie die Erstellung und Auswertung der deskriptiven und analytischen Statistik erfolgte mit dem Statistikprogramm SAS (Statistical Analysis System) Version 9.4. Zur Unterstützung der Datenaufbereitung und für die Erstellung von Tabellen und Diagrammen wurde Microsoft Excel für Office 365 MSO verwendet.

Zu Beginn der statistischen Auswertungen wurden die plausibilisierten Datensätze mit der Prozeduren MEANS, FREQ und UNIVARIATE im Statistikprogramm SAS 9.4 ausgewertet (SAS Institute Inc., 2008b, 2008a). Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik sind im Kapitel 4.1 dargestellt. Auf Basis der Ergebnisse der deskriptiven Statistik und den ersten univariaten Auswertungen wurden die Modelle erarbeitet, welche anschließend für die analytische Statistik herangezogen wurden. Deren Ergebnisse sind in Kapitel 4.2 dargestellt.

Auf **Einzeltierebene** erfolgte die analytische Auswertung mittels der Prozedur MIXED. Dabei wird ein gemischtes lineares Modell gerechnet, welches eine multinomiale Verteilung der abhängigen Variable unter Berücksichtigung von fixen und zufälligen Effekten erlaubt. Dieses Modell ist für wiederholte Messungen am Tier geeignet. Der Signifikanztest erfolgt mittels Type III F-Test, die Varianzkomponentenschätzung mit der Methode REML und der Freiheitsgradapproximation nach Kenward-Roger. Die Schätzer wurden mittels der Funktion LSMEANS ausgegeben. Die Modellgüte wurde nach dem Akaike-Informationskriterium (AIC; je kleiner desto besser) bestimmt (SAS Institute Inc., 2008a).

Die Prozedur MIXED setzt eine Normalverteilung der Daten voraus (SAS Institute Inc., 2008a). Nach Erarbeitung der Modelle wurden die Residuen mittels Kolmogorow-Smirnov Test auf Normalverteilung geprüft, diese waren nicht für alle Merkmale normalverteilt ($p = 0{,}001$). Für nicht normalverteilte Daten ist die Prozedur GLIMMIX zu verwenden. Diese konnte mit dem erstellten Modell jedoch nicht gerechnet werden. Daher wurde auf die Prozedur MIXED zurückgegriffen. Die Ergebnisse der Signifikanztests gelten daher nur approximativ und sind mit entsprechender Vorsicht zu interpretieren. Die LS-Schätzer sind von dieser Problematik nicht betroffen.

Um Beziehungen zwischen unabhängigen Faktoren und dadurch verursachte Interpretationsfehler zu vermeiden, wurde auf Einzeltierebene je ein eigenes Modell mit den unabhängigen Faktoren aufgenommene Kraftfuttermenge, relativer

Kraftfutteranteil, NEL-Aufnahme und Rohproteinaufnahme erstellt. Das gleiche Modell wurde auch für die Milchmenge (ECM) verwendet, da diese einen signifikanten Einfluss auf die Lahmheitsnote hat, aber in Abhängigkeit mit den Parametern Kraftfuttermenge, Kraftfutteranteil, NEL- und Rohproteinaufnahme steht.

Das Merkmalsmodell für die Untersuchung des Einflusses der Rationskomponenten auf die Lahmheitsnote auf Einzeltierebene lautet wie folgt:

$$Y_{ijklmnop} = \mu + V_i + \beta_1 * MSA_j + \beta_2 * MSA_j*MSA_j + R_k + \beta_3 * LM_l + LAKT_m + J_n + T_o(R_k\ b_p) + b_p + \varepsilon_{ijklmnop}$$

Die Variable (V_i) wird durch die Variablen TKF_i, KFA_i, NEL_i, XP_i und ECM_i repräsentiert und je nach Auswertung durch diesen ersetzt.

Da mehrere Beobachtungen pro Tier vorliegen, wurde der Effekt des Tieres (genestet innerhalb der Rasse und des Betriebes) in das Modell aufgenommen.

Die Parameter im verwendeten Modell bedeuten:

$Y_{ijklmnop}$ Lahmheitsnote (LSC 1 – 5)
μ gemeinsame Konstante
V_i Variable
- TKF_i Kraftfutteraufnahme (i = 0,0 – 15,1 kg T/d)
- KFA_i Kraftfutteranteil (i = 0 – 60 % von T)
- NEL_i Aufnahme an Nettoenergielaktation (i = 64 – 198 MJ NEL/d)
- XP_i Aufnahme an Rohprotein (i = 1,0 – 5,2 kg/d)
- ECM_i Energy-Corrected Milk (i = 9 – 54 kg/d)

β_{1-3} Regressionskoeffizienten
MSA_j Anteil Maissilage der aufgenommenen Ration (j = 0 – 69 % von T)
R_k Rasse (k = FL, BV, HF, F1FLHF)
LM_l Lebendmasse (l = 431 – 992 kg)
$LAKT_m$ Laktationszahl (m = 1, 2, 3,…….11, 12, 13)
J_n Jahr (n = 2014, 2015)
T_o Tier o
b_p Betrieb p
$\varepsilon_{ijklmnop}$ Residuen

Das zweite Merkmalsmodell auf Einzeltiereben zur Untersuchung des Einflusses der aufgenommenen Kraftfuttermenge im ersten Laktationsdrittel auf die Lahmheitsnote im dritten, vierten und fünften Laktationsmonat ist nachfolgend angeführt. Dieses

Modell wurde wieder jeweils für das dritte, vierte und fünfte Laktationsmonat eigenständig gerechnet.

$Y_{ijklmn} = \mu + \beta_1 * KF_i + R_j + \beta_2 * LM_k + LAKT_l + J_m + b_n + \varepsilon_{ijklmn}$

Die Parameter im verwendeten Modell bedeuten folgendes:

Y_{ijklmn}	abhängige Variable, jeweils eigenständig gerechnet für:
Y_{ijklmn}	Lahmheitsnote (LSC 1 – 5) im 3. Lakatationsmonat
Y_{ijklmn}	Lahmheitsnote (LSC 1 – 5) im 4. Lakatationsmonat
Y_{ijklmn}	Lahmheitsnote (LSC 1 – 5) im 5. Lakatationsmonat
μ	gemeinsame Konstante
β_{1-2}	Regressionskoeffizienten
KF_i	Ø Kraftfutteraufnahme im ersten Laktationsdrittel (i = 0,0 – 15,0 kg T/d)
R_j	Rasse (j = FL, BV, HF, F1FLHF)
LM_k	Lebendmasse (k = 431 – 992 kg)
$LAKT_l$	Laktationszahl (l = 1, 2, 3, ……, 11, 12, 13)
J_m	Jahr (m = 2014, 2015)
b_n	Betrieb n
ε_{ijklmn}	Residuen

Die Lebendmasse ($p < 0,001$) wurde als Covariable anstelle des BCS ($p < 0,001$) ins Modell aufgenommen, da es die Modellgüte gegenüber dem BCS verbesserte. Eine Untersuchung auf Basis der „Efficient Cow“ Daten hat ergeben, dass schwere Kühe häufiger lahm sind als leichtere Kühe (Köck, et al., 2016). Die Wechselwirkungen zwischen Lebendmasse und Rasse sowie Lebendmasse und Laktationszahl waren zwar hoch signifikant ($p = < 0,001$), verschlechterten jedoch die Modellgüte und wurden daher nicht ins Modell aufgenommen.

Der Grassilageanteil war nicht signifikant ($p = 0,858$) und wurde daher nicht ins Modell aufgenommen.

Die Variablen Laktationsmonat ($p = 0,786$), Alpung ($p = 0,169$), Art der Kraftfuttervorlage ($p = 0,804$) und das Haltungssystem ($p = 0,194$) waren beim Erarbeiten des endgültigen Modells entweder nicht signifikant oder verbesserten die Modellgüte nicht merklich bzw. verschlechterten diese sogar und wurden somit nicht ins Modell aufgenommen.

Auf **Betriebsebene** erfolgte die analytische Auswertung mit der Prozedur GLM. Dabei wird ein einfaches generalisiertes Modell gerechnet. Der Signifikanztest erfolgte ebenfalls mittels Type III F-Test. Die Schätzer für den Grundfuttertyp wurden mittels der Funktion LSMEANS ausgegeben. Die Modellgüte wurde mittels R-Quadrat beurteilt, (je größer desto besser). Die Prozedur GLM setzt ebenfalls eine Normalverteilung der Residuen voraus (SAS Institute Inc., 2008b). Dafür wurden die Residuen berechnet und mittels Prozedur UNIVARIATE überprüft. Diese waren laut Kolmogorov-Smirnov Test nicht für alle Merkmale normalverteilt (p= < 0,010). Auch hier gelten die Ergebnisse der Signifikanztests daher nur approximativ und sind mit entsprechender Vorsicht zu interpretieren. Die LS-Schätzer sind von dieser Problematik nicht betroffen.

Die Variablen Kuhzahl (p = 0,245), Art der Kraftfuttervorlage (p = 0,799), Art der Grundfuttervorlage (p = 0,805), Stallform (p = 0,134), Liegeflächengestaltung (p = 0,237), Weidegang und/oder Alpung als Kuh (p = 0,332), Weidegang und/oder Alpung als Jungtier (p = 0,518), Klauenpfleger (p = 0,640) und Klauenpflegefrequenz (p = 0,530) waren nicht signifikant und wurden daher nicht ins Modell aufgenommen.

Das Schätzmodell auf Betriebsebene mit der Modellgüte (R^2 = 0,10) lautet wie folgt:

$$Y_{ijklmn} = \mu + GFT_i + \beta_1 * bV_j + \beta_2 * bV_j * bV_j + b_n + \varepsilon_{ijklmn}$$

Die Variable (bV_j) wird durch die Variablen $bKFM_j$ und $bKFA_j$ repräsentiert und je nach Auswertung durch diesen ersetzt.

Die Parameter im verwendeten Modell bedeuten folgendes:

Y_{ijk}		Frequenz schwer lahmer Kühe am Betrieb (0,0 – 52,2 %)
μ		gemeinsame Konstante
β_{1-2}		Regressionskoeffizienten
GFT_i		Grundfuttertyp (i = Feldfutter, Grünfutter, Grassilage, Heu, Maissilage)
bV_j		Variable Betrieb entweder
	$bKFM_j$	Kraftfuttermenge am Betrieb (j = 0,9 – 11,9 kg T)
	$bKFA_j$	Kraftfutteranteil am Betrieb (j = 6,0 – 51,0 % in der T)
b_k		Betrieb k
ε_{ijk}		Residuen

Anschließend wurden bei signifikanten Effekten paarweise Vergleiche mit Hilfe des Tukey-Kramer Tests durchgeführt.

Es wurde eine Alpha-Schranke von 5 % ($\alpha = 0{,}05$) zur Interpretation der statistischen Testverfahren unterstellt.

4 Ergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse der deskriptiven und analytischen Statistik dargestellt. In den beiden Kapiteln sind die Ergebnisse für die Einzeltierebene und anschließend die Ergebnisse auf Betriebsebene dargestellt. Die deskriptive Auswertung der Daten gibt einen Überblick über das verwendete Datenmaterial. Anschließend werden die Ergebnisse der mehrfaktoriellen Auswertung dargestellt.

4.1 Ergebnisse der deskriptiven Auswertung

4.1.1 Einzeltierebene

Dieses Kapitel enthält die strukturelle Beschreibung der im Modell verwendeten Daten für die Auswertungen auf Einzeltierebene. Zu Beginn sind die unabhängigen Variablen Rasse, Laktationszahl, Lebendmasse, Milchleistung und Jahr beschrieben. Danach folgen die Informationen zu den Fütterungsfaktoren.

Insgesamt flossen 39.994 Beobachtungen von 6.445 Tieren in die Auswertungen ein. Die Tiere gehörten den Rassen Fleckvieh, Braunvieh, Holstein und F1 Kreuzungstiere aus Fleckvieh und Holstein. Abbildung 2 gibt einen Überblick über die Verteilung der Tiere und der Anteil der Beobachtungen nach Rasse. Die Anzahl der Tiere und Beobachtungen nach Rasse sind ähnlich verteilt.

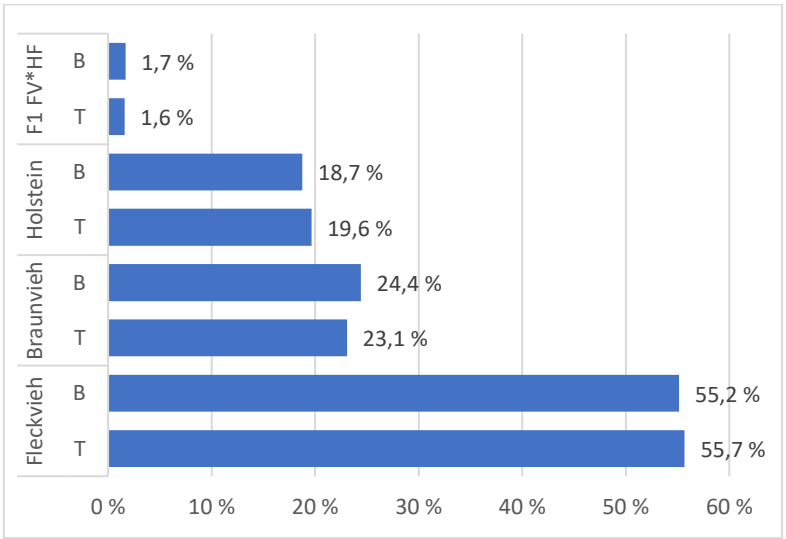

Abbildung 2: Tiere und Beobachtungen in Prozent der gesamten Anzahl an Beobachtungen (B) bzw. Tieren (T) dargestellt nach Rasse.

Die Verteilung der Beobachtungen nach Rasse und Lahmheitsnoten ist in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Verteilung der beobachteten Lahmheitsnoten (LSC) nach Rassen

Rasse \ LSC		1	2	3	4	5	Summe
Fleckvieh	N	17.500	3.171	925	409	54	22.059
	%	79,3	14,4	4,2	1,9	0,2	55,2
Braunvieh	N	8.121	1.107	375	133	28	9.764
	%	83,2	11,3	3,8	1,4	0,3	24,4
Holstein	N	5.110	1.660	519	173	36	7.498
	%	68,2	22,1	6,9	2,3	0,5	18,7
F1 FV*HF	N	477	135	48	11	2	673
	%	70,9	20,1	7,1	1,6	0,3	1,7
Summe	N	31.208	6.073	1.867	726	120	39.994
	%	78,0	15,2	4,7	1,8	0,3	100,0

Die Anzahl der Gesamtbeobachtungen nach Laktationszahl ist in Abbildung 3 grafisch dargestellt. Der Datensatz enthielt Beobachtungen aus den Laktationszahlen 1 – 13. Es wurde keine Einteilung in Klassen vorgenommen. Die mittlere Laktationszahl liegt bei 3,0 (± 2,03).

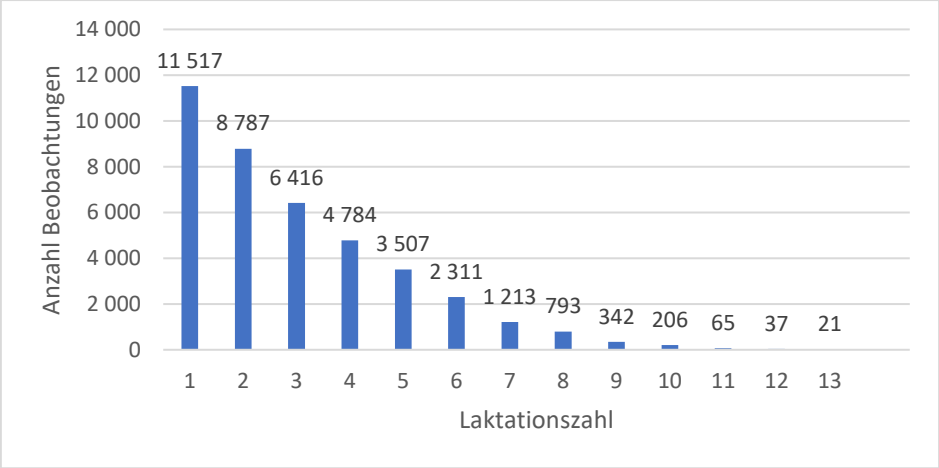

Abbildung 3: Verteilung der Beobachtungen nach Laktationszahl

Abbildung 4 zeigt die Verteilung der Beobachtungen an Laktationszahlen nach Lahmheitsnoten. Bis Lahmheitsnote 3 steigt die mittlere Laktationszahl, ab Lahmheitsnote 4 nimmt sie wieder leicht ab.

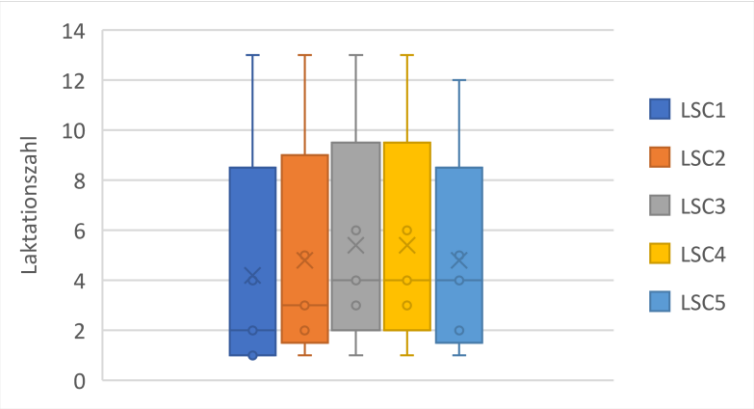

Abbildung 4: Verteilung der Beobachtungen für Lahmheitsnoten (LSC) nach Laktationszahl

Die Lebendmasse ist in Tabelle 7 in Klassen eingeteilt dargestellt. Die Beobachtungen an Lebendmasse lagen zwischen 431,0 und 922,0 kg. Der Mittelwert beträgt 699,3 kg, die Standardabweichung liegt bei 88,9 kg.

Tabelle 7: Lebendmasse in kg nach Klassen

Lebendmasse			
von	**bis**	**N**	**in %**
431,0	524,5	784	2,0
524,6	618,0	6.482	16,2
618,1	711,5	15.492	38,7
711,6	805,0	12.246	30,6
805,1	922,0	4.995	12,5

In Abbildung 5 ist die Verteilung der Beobachtungen für Lahmheitsnoten nach der Lebendmasse. Es liegt eine leichte Tendenz vor, dass mit steigender Lahmheitsnote die Lebendmasse abnimmt.

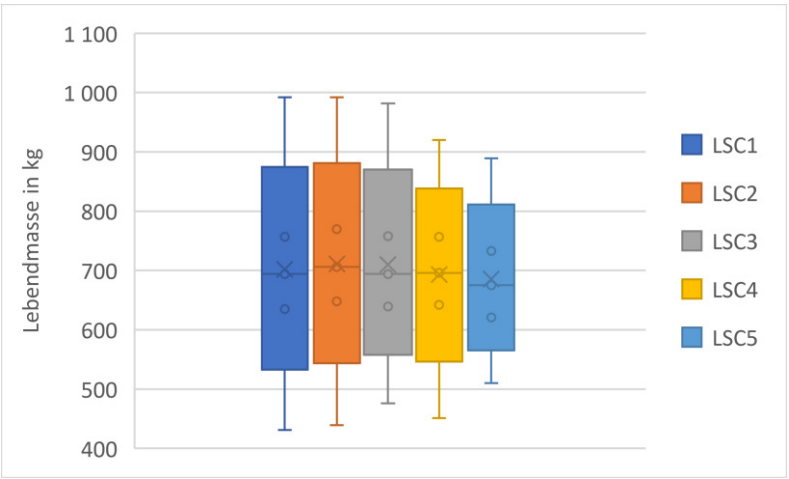

Abbildung 5: Verteilung der Beobachtungen für Lahmheitsnoten (LSC) nach Lebendmasse

Die ECM Milchmenge in kg ist in Tabelle 8 in Klassen eingeteilt dargestellt. Es wurden Milchleistungen zwischen 9,0 und 54 kg beobachtet. Der Mittelwert liegt bei 28,1 kg, die Standardabweichung bei 8,15 kg.

Tabelle 8: EMC in kg nach Klassen

ECM			
von	**bis**	**N**	**in %**
9,0	17,9	3.880	9,7
18,0	26,9	14.492	36,2
27,0	35,9	14.718	36,8
36,0	44,9	5.755	14,4
45,0	54,0	1.154	2,9

Die Abbildung 6 zeigt die Beobachtungen an ECM nach Lahmheitsnoten. Die maximalen numerischen Unterschiede in der mittleren Milchleistung nach Lahmheitsnote liegen bei 1,1 kg.

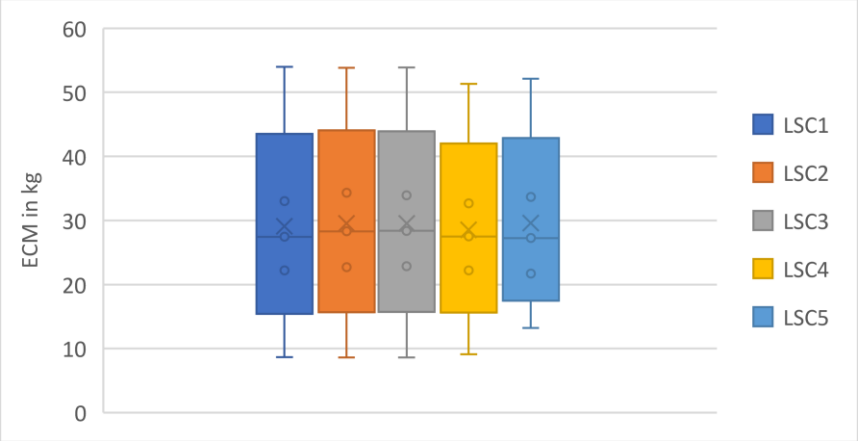

Abbildung 6: Verteilung der Beobachtungen für Lahmheitsnoten (LSC) nach ECM

Die verwendeten Daten stammen aus den Erhebungsjahren 2014 (96,7 %) und 2015 (3,3 %).

Die Fütterungsparameter Anteil Maissilageanteil, Trockenmasseaufnahme aus Kraftfutter, Anteil Kraftfutter, Rohproteinaufnahme und NEL-Aufnahme sind in den folgenden Tabellen 9 bis 13 und Abbildungen 7 bis 11 dargestellt. In den Tabellen sind die Beobachtungen in Klassen eingeteilt dargestellt, die Abbildungen zeigen die Beobachtungen innerhalb der Lahmheitsnoten.

Tabelle 9: Anteil Maissilage in Klassen dargestellt

Anteil Maissilage			
von	**bis**	**N**	**in %**
0,0	4,9	15.529	38,8
5,0	21,1	5.268	13,2
21,2	37,4	9.383	23,5
37,5	53,6	7.563	18,9
53,7	69,9	2.256	5,6

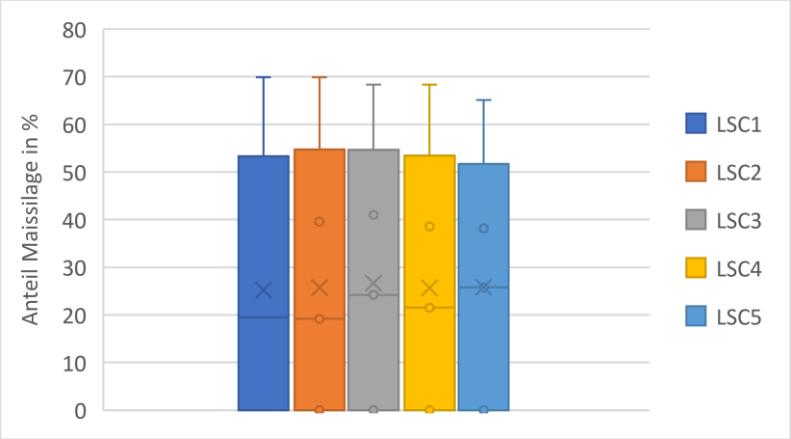

Abbildung 7: Verteilung der Beobachtungen für Lahmheitsnoten (LSC) nach Anteil Maissilage in der Ration

Tabelle 10: Aufnahme Kraftfutter (kg T) nach Klassen dargestellt

Kraftfutter Aufnahme (T)			
von	**bis**	**N**	**in %**
0,00	0,49	2.041	5,1
0,50	4,19	8.141	20,4
4,20	7,89	19.065	47,7
7,90	11,69	9.639	24,1
11,70	15,40	1.113	2,8

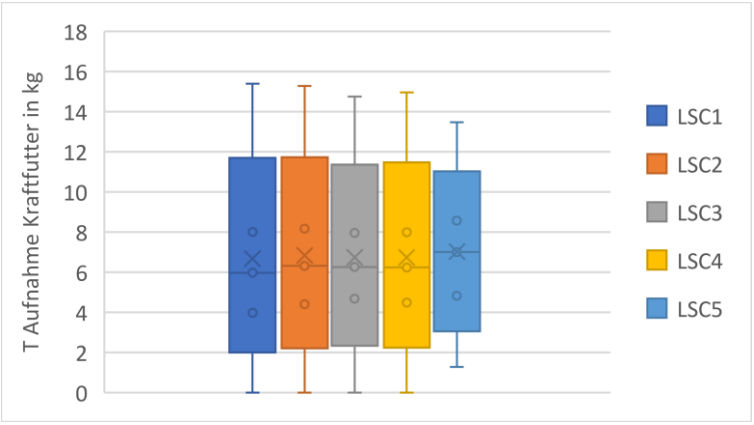

Abbildung 8: Verteilung der Beobachtungen für Lahmheitsnoten (LSC) nach Aufnahme Kraftfutter(T)

Tabelle 11: Anteil Kraftfutter in Prozent nach Klassen dargestellt

Anteil Kraftfutter			
von	**bis**	**N**	**in %**
0,0	3,4	1.427	3,6
3,5	17,5	4.914	12,3
17,6	31,6	14.649	36,6
31,7	45,7	16.091	40,2
45,8	60,0	2.918	7,3

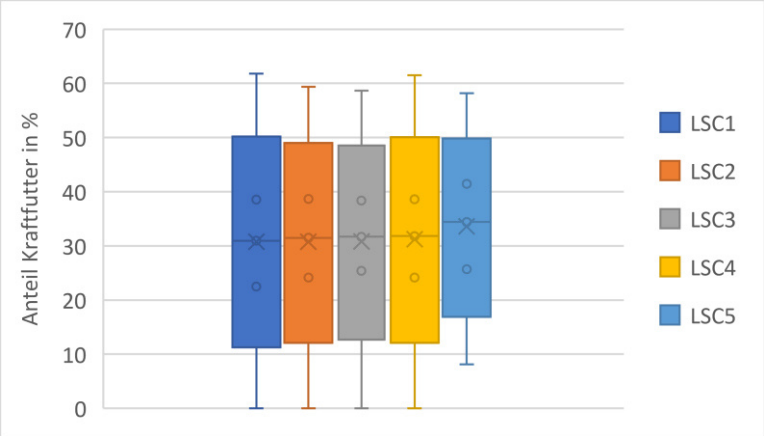

Abbildung 9: Verteilung der Beobachtungen für Lahmheitsnoten (LSC) nach Anteil Kraftfutter

Tabelle 12: Rohproteinaufnahme in kg nach Klassen dargestellt

XP			
von	**bis**	**N**	**in %**
1,0	1,8	969	2,4
1,9	2,6	10.270	25,7
2,7	3,4	18.461	46,2
3,5	4,3	9.540	23,9
4,4	5,2	759	1,9

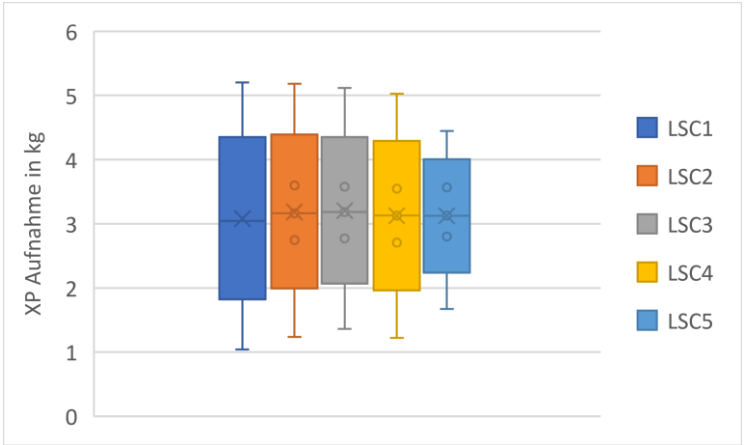

Abbildung 10: Verteilung der Beobachtungen für Lahmheitsnoten (LSC) nach Aufnahme Rohprotein

Tabelle 13: MJ NEL Aufnahme nach Klassen dargestellt

NEL			
von	**bis**	**N**	**in %**
64,3	90,9	1.280	3,2
91,0	117,6	11.283	28,2
117,7	144,3	17.543	43,9
144,4	171,0	8.659	21,7
171,1	197,6	1.234	3,1

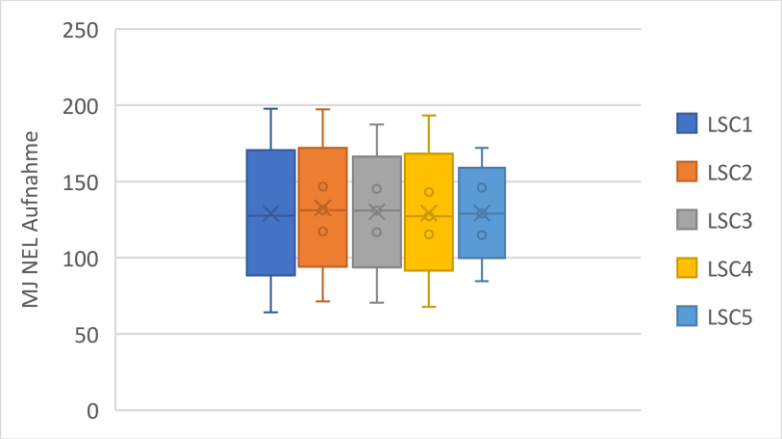

Abbildung 11: Verteilung der Beobachtungen für Lahmheitsnoten (LSC) nach Aufnahme MJ NEL

Die Anzahl der Beobachtungen der Lahmheitsnoten im dritten, vierten und fünften Monat post partum ist in Tabelle 14 dargestellt. In Abbildung 12 ist die durchschnittliche Kraftfutteraufnahme im ersten Laktationsdrittel in Klassen dargestellt. Die Beobachtungen stammen von insgesamt 4.349 Kühen. Pro Kuh liegt zumindest eine Beobachtung im dritten, vierten oder fünften Monat post partum vor.

Tabelle 14: Beobachtungen der Lahmheitsnoten im dritten, vierten und fünften Monat p. p. (absolut und relativ)

LSC	Monat 3		Monat 4		Monat 5	
	N	%	N	%	N	%
1	2.609	77,8	2.396	78,5	2.110	80,5
2	498	14,9	444	14,5	337	12,9
3	168	5,0	142	4,7	128	4,9
4	63	1,9	62	2,0	42	1,6
5	14	0,4	9	0,3	5	0,2
Summe	3.352	100,0	3.053	100,0	2.622	100,0

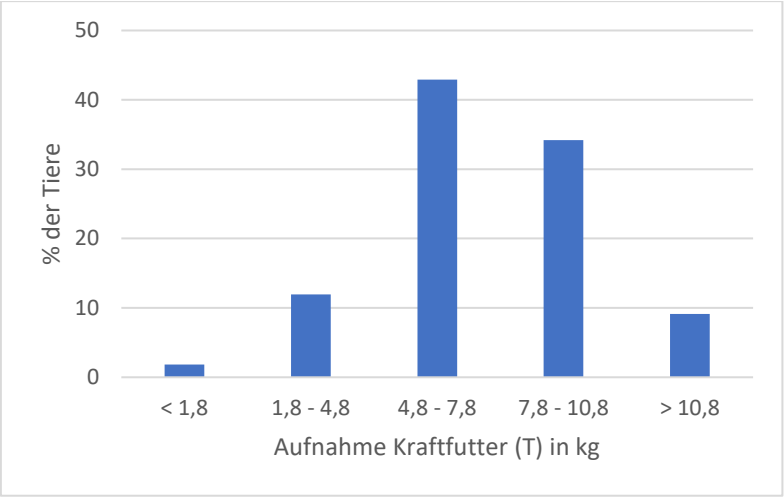

Abbildung 12: Ø Kraftfutteraufnahme in kg T/d im ersten Laktationsdrittel (N=4.349 Kühe).

4.1.2 Betriebsebene

Dieses Kapitel enthält die strukturelle Beschreibung der im Modell verwendeten Daten für die Auswertungen auf Betriebsebene. In Abbildung 13 ist die Verteilung der Grundfuttertypen dargestellt. In Abbildung 14 wird ein Überblick über die Frequenzen schwer lahmer Kühe (Lahmheitsnoten 4 und 5) in den Betrieben nach Grundfuttertyp gegeben. Tabelle 15 zeigt das Kraftfutterniveau, repräsentiert durch die durchschnittliche Kraftfutteraufnahme und den mittleren Kraftfutteranteil sowie die durchschnittliche Kuhzahl der Betriebe nach Grundfuttertypen.

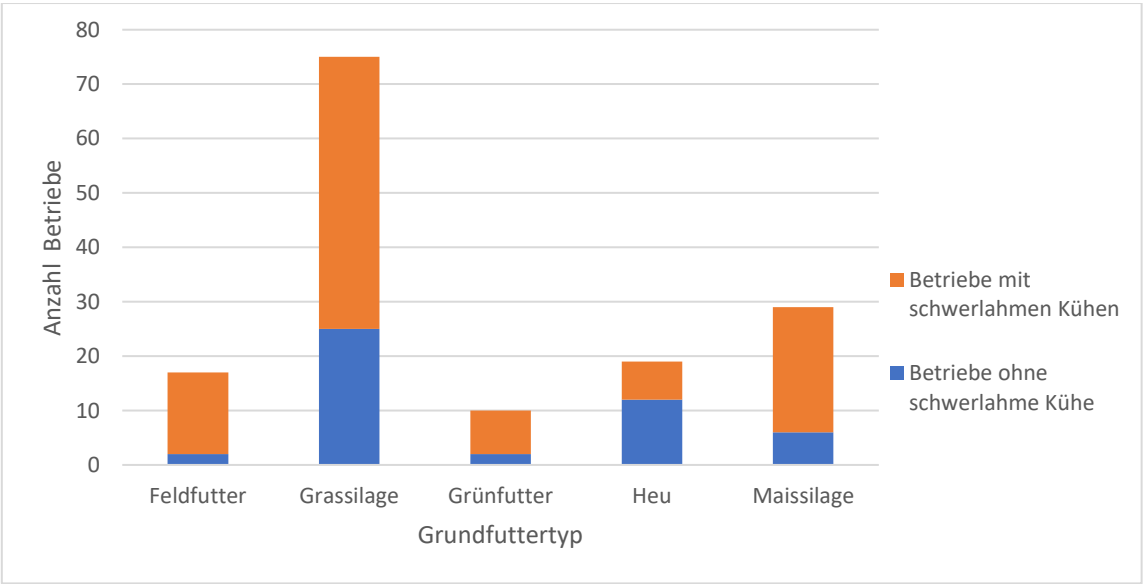

Abbildung 13: Anzahl der Betriebe nach Grundfuttertypen (N=150).

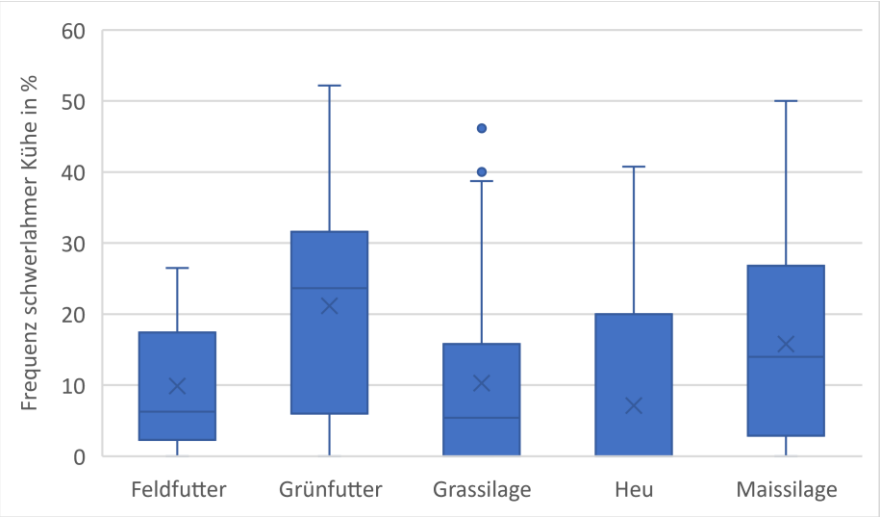

Abbildung 14: Verteilung der Frequenzen schwer lahmer Kühe nach Grundfuttertypen

Tabelle 15: Durchschnittliche Kraftfutteraufnahme, Kraftfutteranteil und Kuhzahl nach Grundfuttertypen

Grundfuttertyp	x̄	Min	Max	s
Ø KF Menge				
Feldfutter	6,11	2,85	8,54	1,630
Grassilage	6,60	1,10	11,12	1,765
Grünfutter	4,50	2,16	6,99	1,643
Heu	4,85	0,89	10,02	2,317
Maissilage	7,56	4,38	11,95	1,979
Ø KF Anteil				
Feldfutter	30,46	16,00	41,36	6,570
Grassilage	32,74	7,09	49,55	7,200
Grünfutter	23,68	12,89	36,69	7,650
Heu	25,42	5,99	47,69	10,149
Maissilage	35,56	23,70	50,99	7,067
Ø Kuhzahl				
Feldfutter	32,6	11,3	90,8	14,62
Grassilage	43,4	16,0	88,7	17,42
Grünfutter	29,0	18,1	41,7	8,52
Heu	16,9	3,2	36,9	10,02
Maissilage	43,0	20,8	97,9	21,85

4.2 Ergebnisse der analytischen Auswertung

Der Datenaufbereitung und deskriptiven Beschreibungen der Daten folgte die analytische Auswertung. Es wurden keine weiteren Einschränkungen der Daten für die analytischen Auswertungen vorgenommen, da ausschließlich validierte Daten verwendet wurden.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der analytischen Statistik dargestellt. Zuerst sind die Parameter auf der Einzeltierebene angeführt, danach folgt wiederum die Betrachtung auf Betriebsebene.

4.2.1 Einzeltierebene

Es wurde der Einfluss der Rationskomponenten Maissilageanteil, Kraftfutteraufnahme in kg Trockenmasse, Kraftfutteranteil, Rohproteinaufnahme und NEL-Aufnahme auf die Lahmheitsnote auf Einzeltierebene untersucht. Diese sind in den Abbildungen 15 bis 18 grafisch aufbereitet. Der Einfluss der Milchleistung in kg ECM wird in Abbildung 19 dargestellt.

Die Parameter Maissilageanteil, Kraftfutteraufnahme in kg T und Kraftfutteranteil in der Ration sind im Merkmalsmodell als quadratische Regressionsvariablen enthalten.

Es wurde eine geringfügige Abnahme der Lahmheitsnote mit steigender Kraftfutter-, Rohprotein- und NEL-Aufnahme sowie zunehmendem Kraftfutteranteil in der Ration, beobachtet. Die Lahmheitsnote verlief relativ konstant bis zu einer Kraftfutteraufnahme von 10,0 kg Trockenmasse und sank danach mit steigender Kraftfutteraufnahme bis 15,0 kg Trockenmasse von 1,6 auf 1,4 (vgl. Abbildung 15).

Ähnlich verhielt sich die Lahmheitsnote mit steigendem Kraftfutteranteil in der Ration. Diese lag bei einem Kraftfutteranteil von 0 % bei 1,6 und sank mit steigendem Kraftfutteranteil. Ab einem Kraftfutteranteil von 50 % betrug die Lahmheitsnote 1,5 (vgl. Abbildung 16).

Die Rohproteinaufnahme und NEL-Aufnahme waren im Modell als lineare Variablen enthalten. Auch bei diesen beiden Variablen sank die Lahmheitsnote mit steigender Aufnahme.

Bei einer Rohproteinaufnahme von 1,0 kg betrug die Lahmheitsnote 1,7. Mit einer steigenden Rohproteinaufnahme bis 5,2 kg konnte eine lineare Abnahme der Lahmheitsnote um 0,2 Punkte beobachtet werden (vgl. Abbildung 17).

Auch bei einer NEL-Aufnahme von 40 MJ lag die Lahmheitsnote bei 1,7 und sank linear mit einer steigenden Aufnahme bis 210 MJ NEL auf 1,5 (vgl. Abbildung 18).

Bei der Auswertung der Milchleistung sank die Lahmheitsnote mit steigender ECM in kg. Bei einer Milchleistung von 8,0 kg ECM lag die Lahmheitsnote bei 1,7 und nahm linear mit steigender Leistung ab. Bei einer Milchleistung von 60,0 kg lag die Lahmheitsnote bei 1,5 (vgl. Abbildung 19).

Der Maissilageanteil ist in allen gerechneten Modellen als quadratische Regressionsvariable enthalten und hat einen signifikanten Einfluss (p = 0,029 – 0,05).

Als weitere Regressionsvariablen waren die Rasse (p < 0,001), die Lebendmasse (p < 0,001) und die Laktationszahl (p < 0,001) signifikant.

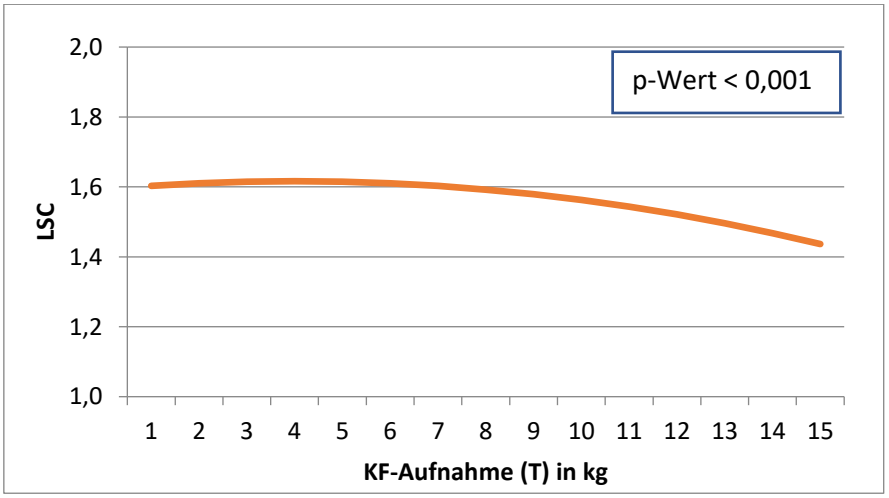

Abbildung 15: Verlauf der Lahmheitsnoten (LSC) mit steigender Kraftfutteraufnahme in kg T

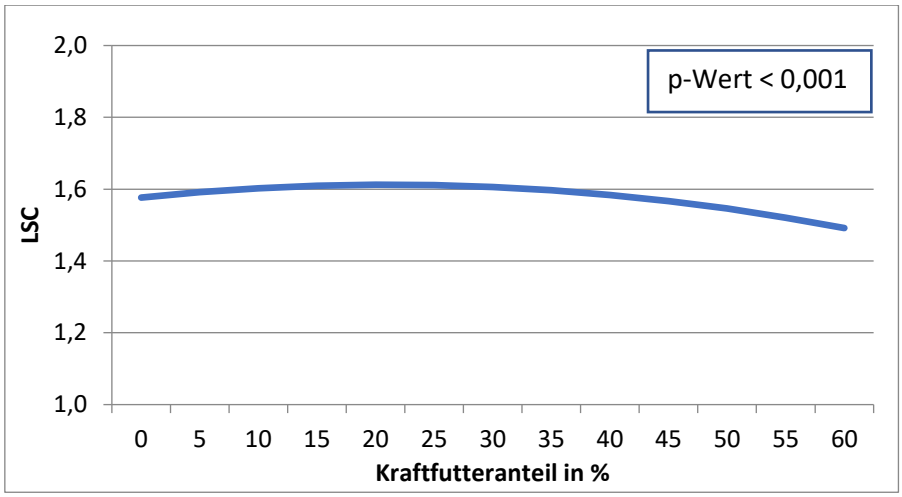

Abbildung 16: Verlauf der Lahmheitsnoten (LSC) mit steigendem Kraftfutteranteil in Prozent

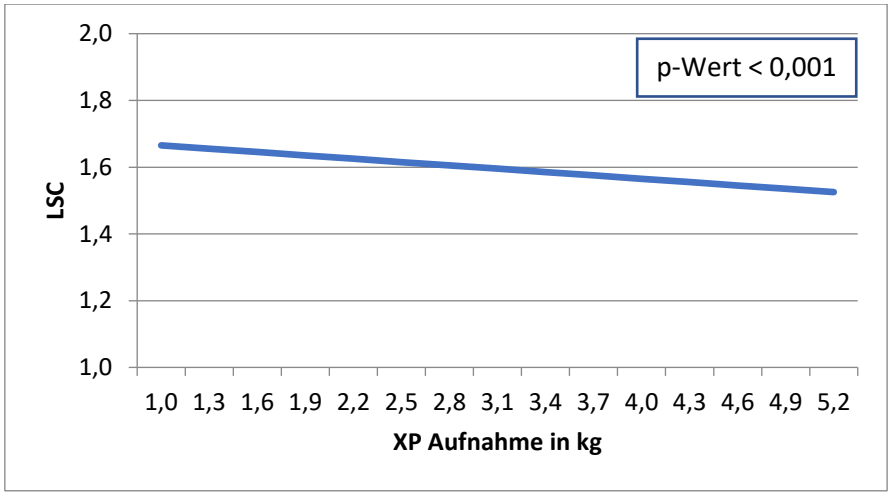

Abbildung 17: Verlauf der Lahmheitsnoten (LSC) mit steigender Rohproteinaufnahme in kg

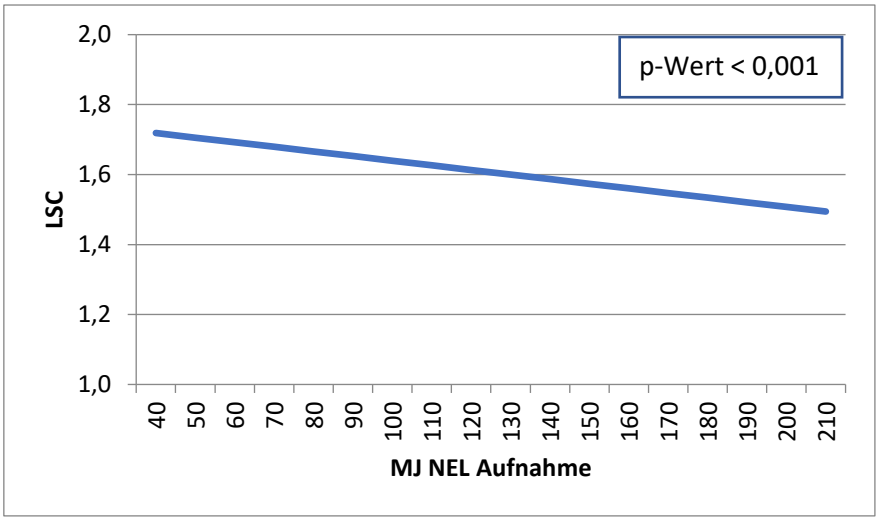

Abbildung 18: Verlauf der Lahmheitsnoten (LSC) mit steigender Energieaufnahme in MJ NEL

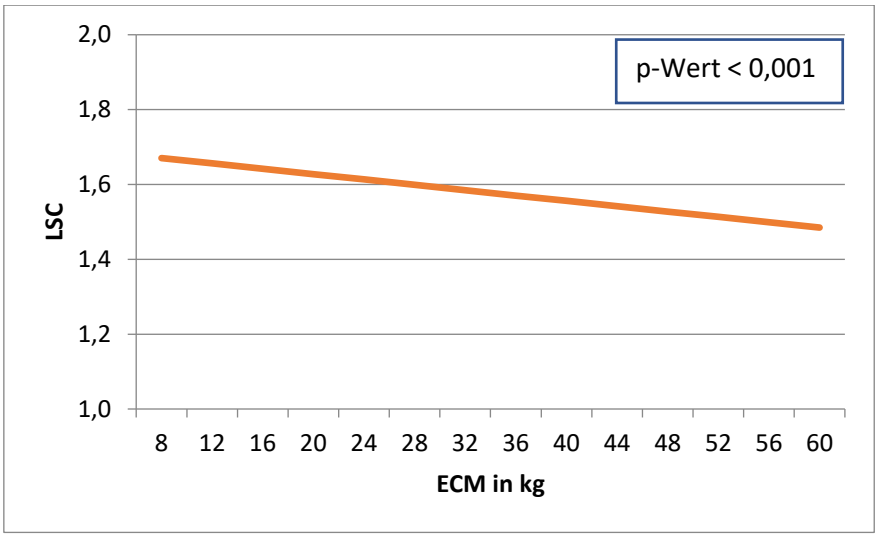

Abbildung 19: Verlauf der Lahmheitsnoten (LSC) mit steigender Milchleistung ECM in kg

Der Einfluss der täglichen Kraftfutteraufnahme im ersten Laktationsdrittel hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Lahmheitsnote im dritten (p = 0,757), vierten (p = 0,149) und fünften Laktationsmonat (p = 0,887), daher wird hier von einer grafischen Darstellung abgesehen. Die Anzahl und Verteilung der Beobachtungen an Lahmheitsnoten im dritten, vierten und fünften Laktationsmonat sind im Kapitel 4.1.1 Ergebnisse der deskriptiven Auswertung – Einzeltierebene in Tabelle 14 abgebildet. Die als Regressionsvariablen im Modell enthalten Faktoren Lebendmasse (p < 0,001), Laktationszahl (p < 0,001) und Rasse (p < 0,001 bis 0,028) waren signifikant. Einzig das Jahr (p = 0,409 – 0,781) hatte keinen signifikanten Einfluss.

4.2.2 Betriebsebene

Auf Betriebsebene wurde der Einfluss des Grundfuttertyps des Betriebes und des Kraftfutterniveaus auf die Frequenz schwer lahmer Kühe untersucht. Das Kraftfutterniveau wird anhand der durchschnittlich aufgenommenen Kraftfuttermenge in kg Trockenmasse und des durchschnittlichen Kraftfutteranteils repräsentiert.

Der Einfluss der Kraftfuttermenge (p = 0,062) und des Kraftfutteranteils (p = 0,053) lagen nur knapp über der Signifikanzgrenze. Hingegen konnte ein signifikanter Einfluss des Grundfuttertyps beobachtet werden, sowohl im Modell mit der Kraftfutteraufnahme (p = 0,012), als auch im Modell mit dem Kraftfutteranteil (p = 0,015).

Mit steigendem Kraftfutterniveau im Betrieb (Kraftfutteraufnahme und Kraftfutteranteil) steigt die Frequenz schwer lahmer Kühe am Betrieb an. Dies konnte bis circa 6,0 kg T

bzw. 33,0 % beobachtet werden. Stiegen die Kraftfuttermenge bzw. der Kraftfutteranteil weiter, nahm die Frequenz schwer lahmer Kühe im Betrieb wieder ab.

Beispielsweise hatten Betriebe mit Grundfuttertyp Heu, die 1 kg Kraftfutter fütterten, 0,6 % schwer lahme Kühe. Mit auf 6,0 kg steigende Kraftfuttermenge stieg auch die Frequenz schwer lahmer Kühe im Betrieb auf 9,3 %. Danach nahm die Frequenz schwer lahmer Kühe mit bis 11,5 kg weiter steigenden Kraftfuttermengen bis auf 0 % wieder ab. Betriebe mit Grundfuttertyp Grünfutter hatten bereits bei einer Kraftfuttermenge von 1 kg eine Frequenz schwer lahmer Kühe von 14,1 %. Diese stieg mit bis 6,0 kg zunehmender Kraftfuttermenge auf 22,9 % und nahm danach mit weiter steigender Kraftfuttermenge wieder ab. Bei einer Kraftfuttermenge von 12,0 kg lag die Frequenz schwer lahmer Kühe bei 11,7 %. Die Kurvenverläufe der Grundfuttertypen unterscheiden sich in ihrer Lage, jedoch nicht in ihrer Krümmung (vgl. Abbildung 20).

Sehr ähnlich verhielten sich die Frequenzen schwer lahmer Kühe im Betrieb im Modell mit dem Kraftfutteranteil. Für den Grundfuttertyp Heu konnten ab einem Kraftfutteranteil von 8,5 % erst schwer lahme Kühe im Betrieb beobachtet werden. Bei steigenden Kraftfutteranteilen bis 32,5 % stieg die Frequenz schwer lahmer Kühe auf 9,5 % und sank anschließend wieder auf 1,8 % bei 50 % Kraftfutteranteil. Die Frequenz schwer lahmer Kühe betrug hingegen beim Grundfuttertyp Grünfutter bereits 7,3 % bei einem Kraftfutteranteil von 2,5 %, stieg ebenfalls mit bis 32,5 % zunehmendem Kraftfutteranteil auf 23,1 % und sank danach wieder ab. Bei einem Kraftfutteranteil von 50 % konnten bei Betrieben mit Grundfuttertyp Grünfutter 15,3 % schwer lahme Kühe im Betrieb beobachtet werden. (vgl. Abbildung 21).

Für das Modell mit der Kraftfutteraufnahme resultierten LS-Mittel für die Grundfuttertypen Feldfutter von 9,3 %, Grassilage von 10,0 %, Grünfutter von 21,5 %, Heu von 8,0 % und Maissilage von 16,3 %. Die Frequenz schwer lahmer Kühe unterschied sich im paarweisen Vergleich zwischen den Grundfuttertypen Heu – Grünfutter ($p = 0,056$) und Grassilage – Grünfutter ($p = 0,080$) und tendenziell. Der p-Wert für den Vergleich Feldfutter – Grünfutter liegt bei 0,134. Die p-Werte aller anderen paarweisen Vergleiche waren deutlich höher.

Im Modell, welches den Kraftfutteranteil enthielt, waren die LS-Mittel der Grundfuttertypen ähnlich denen im Modell mit der Kraftfutteraufnahme. Diese betrugen für die Grundfuttertypen Feldfutter 9,3 %, Grassilage von 10,0 %, Grünfutter von 21,7 %, Heu von 8,2 % und Maissilage von 15,9 %. Die Frequenz schwer lahmer Kühe

unterschied sich im paarweisen Vergleich zwischen den Grundfuttertypen Heu – Grünfutter (p = 0,055), Grassilage – Grünfutter (p = 0,072) tendenziell. Der p-Wert für den Vergleich Feldfutter – Grasfutter lag bei 0,120. Die p-Werte aller anderen paarweisen Vergleiche waren deutlich höher.

Der Verlauf des Anteils schwer lahmer Kühe bei unterschiedlicher Kraftfutteraufnahme ist für die verschiedenen Grundfuttertypen in Abbildung 20 und für den Kraftfutteranteil in Abbildung 21 dargestellt.

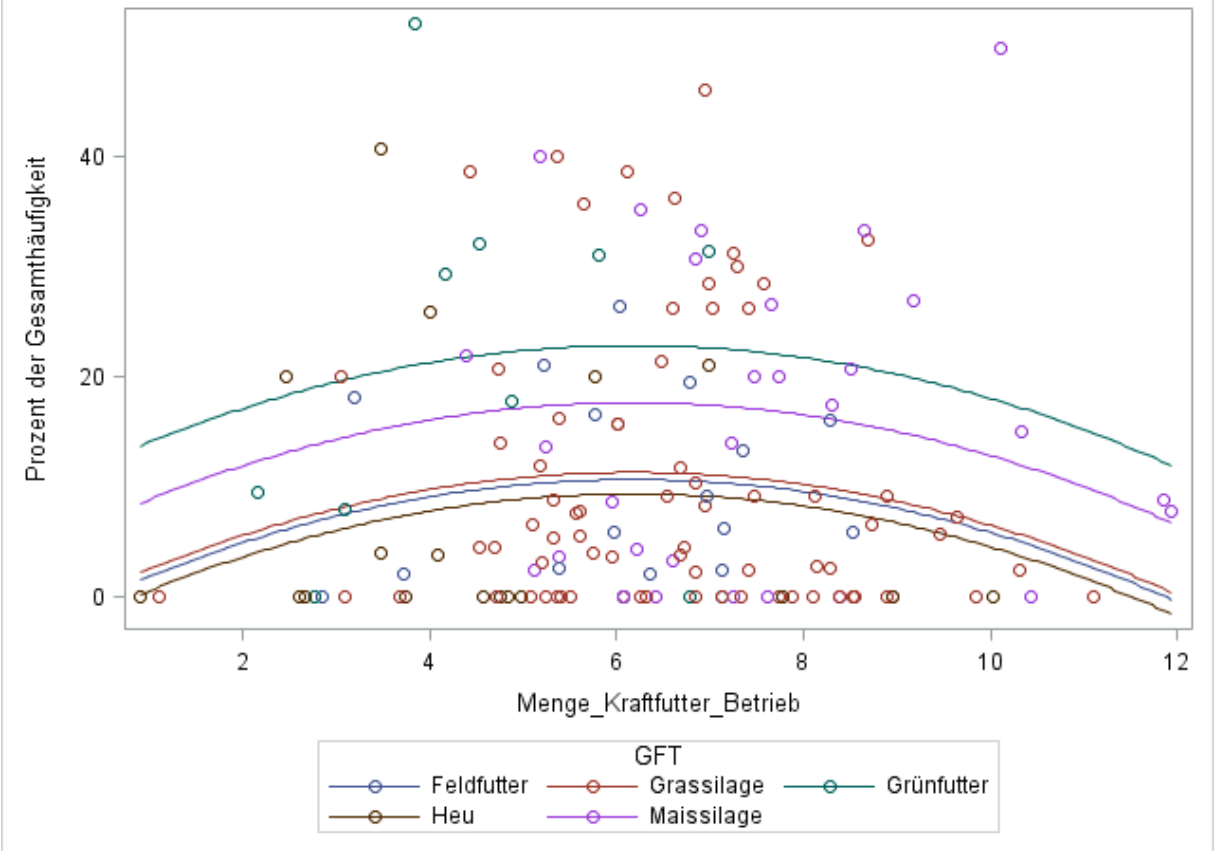

Abbildung 20: Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen Kraftfuttermenge und dem Anteil schwer lahmer Kühe im Betrieb (Prozent der Gesamthäufigkeit)

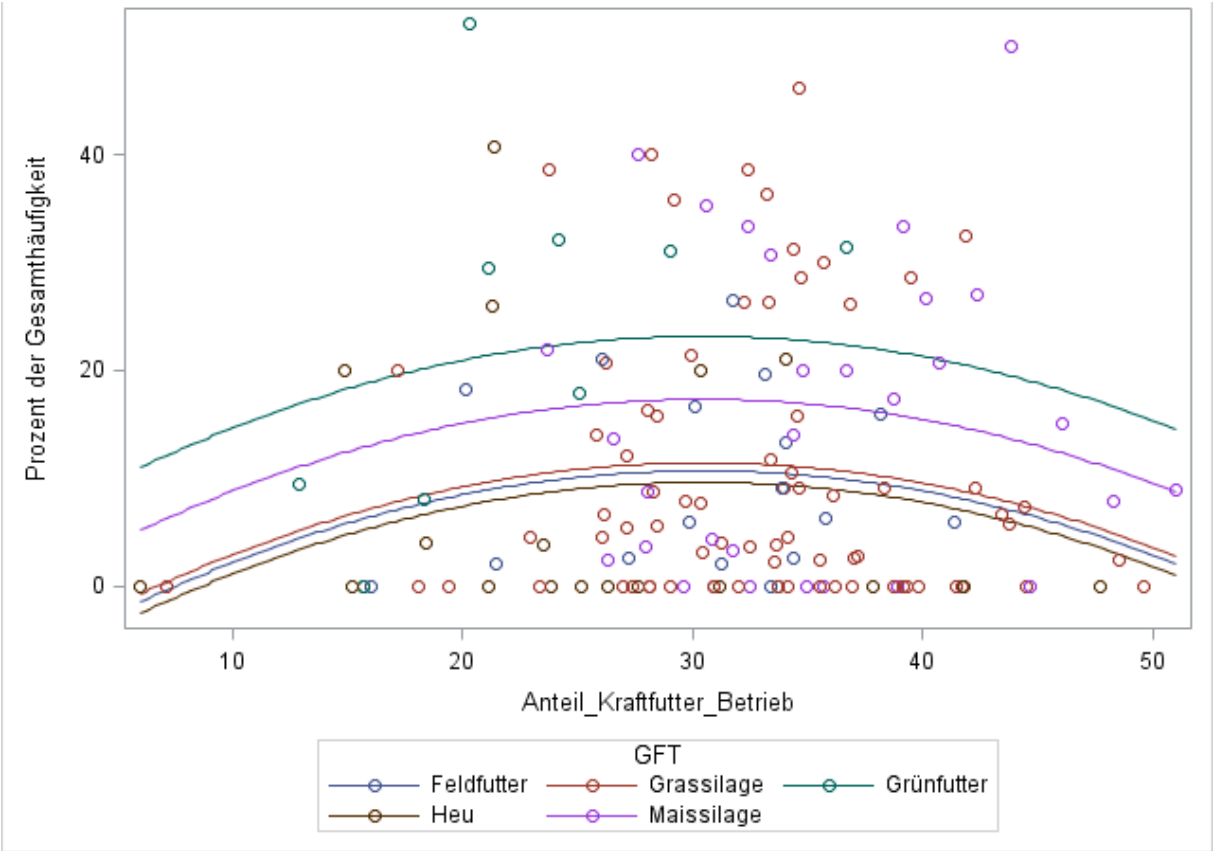

Abbildung 21: Zusammenhang zwischen dem durchschnittlichen Kraftfutteranteil und dem Anteil schwer lahmer Kühe im Betrieb (Prozent der Gesamthäufigkeit)

5 Diskussion

In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss von Fütterungsfaktoren auf die Lahmheitsnote bei Milchkühen untersucht. Dafür wurden Daten von österreichischen Milchkühen aus dem Projekt „Efficient Cow“ (ZAR, 2016) herangezogen.

Dass die Fütterung einen Einfluss auf die Klauengesundheit hat, ist wissenschaftlich hinlänglich bewiesen (Kofler, 2001; Veauthier, 2003). Vor allem Klauenrehe ist schmerzhaft für die Tiere und äußert sich in Lahmheit. Schwieriger wird es bei fütterungsbedingten Einflüssen, welche sich nicht sichtbar in Lahmheit äußern. Da nicht jede Klauenerkrankung mit Schmerzen für die Tiere einhergeht, kann bei Kühen, welche keine Lahmheit aufweisen, nicht automatisch darauf geschlossen werden, dass bei diesen keine Klauenerkrankung vorliegt (Kofler et al., 2013; Maarten & Pijl, 2003; Tadich et al., 2010). Wiederum kann bei Kühen, bei denen eine Lahmheit beobachtet wird, auch eine andere Ursache als eine Klauenerkrankung zu Grunde liegen (Kofler et al., 2018).

Zwar wurden im Zuge des „Efficient Cow“ Projekts auch Klauenbefunde erhoben, diese lagen jedoch nur von solchen Kühen vor, bei denen eine sichtbare Lahmheit festgestellt und eine Klauenpflege durchgeführt wurde. Eine Auswertung dieser Befunde hätte zu verzerrten Ergebnissen geführt, da für nicht lahme Kühe bzw. Kühe, bei denen keine Klauenpflege durchgeführt wurde, keine Klauenbefunde vorlagen. Daher wurden die vergebenen Lahmheitsnoten bei den Milchleistungskontrollen für die Auswertungen verwendet (siehe Kapitel 3.2).

Die Vergabe der Lahmheitsnoten erfolgte durch die Mitarbeiter der Landeskontrollverbände anhand des Beurteilungsschemas nach Sprecher et al. (1997). Dieses Locomotion-Scoring-System ist in der Praxis durchaus einfach zu handhaben und wird in vielen Studien zur Beurteilung von Lahmheit herangezogen (Amory et al., 2006; Kofler et al., 2013; Tadich et al., 2010). Werden Studien verglichen, welche die Auswirkungen von unterschiedlichen Faktoren auf das Auftreten von Lahmheit untersuchen, so ist zu beachten, ab wann die Tiere als lahm eingestuft werden. In der Studie von Espejo und Endres (2007) werden Kühe mit einer Lahmheitsnote ≥ 3 als lahm angesehen, Grimm et al. (2019) betrachten erst Kühe mit einer Lahmheitsnote von 4 und 5 als lahm. Amory et al. (2006) fassten die Kühe

wiederum in drei Lahmheitsgruppen zusammen (Lahmheitsnote 1; Lahmheitsnoten 2 und 3 und Lahmheitsnoten 4 und 5).

Methodendiskussion

Die Auswertung der Daten erfolgte in der vorliegenden Arbeit auf Einzeltierebene mittels eines multivariaten Merkmalsmodells. Der Kolmogorov-Test ergab, dass nicht alle Merkmale normalverteilt sind. Daher wäre eine Prozedur GLIMMIX für die Auswertungen anzuwenden. Da diese nicht mit dem Datensatz konvergierte, wurde die SAS Prozedur MIXED angewendet. Diese setzt eine Normalverteilung der Daten voraus (SAS Institute Inc., 2008a). Die Daten auf Betriebsebene wurden mit der Prozedur GLM ausgewertet. Auch hier waren die Residuen nach Kolmogorov nicht bei allen Merkmalen normalverteilt, obwohl die Prozedur GLM eine Normalverteilung der Daten voraussetzt (SAS Institute Inc., 2008b). Die Ergebnisse dieser Auswertungen gelten daher nur approximativ und sind mit entsprechender Vorsicht zu interpretieren.

Da zwischen den für die Auswertung berücksichtigten Faktoren Kraftfutteraufnahme, Kraftfutteranteil, Rohproteinaufnahme und NEL-Aufnahme Abhängigkeiten bestehen, wurden sie in separat ausgewertet. Dies gilt auch für die Variable ECM, da diese stark von der Futteraufnahme und der Energieaufnahme abhängt. Höhere Kraftfutterkonzentrationen in der Ration führen zu höherer Kraftfutter- und NEL-Aufnahme (Manson & Leaver, 1988a). Ebenso nimmt die Rohproteinaufnahme mit steigender Futteraufnahme zu.

Der BCS und die Lebendmasse haben Einfluss auf die Lahmheitsnote (Bicalho et al., 2009; Green et al., 2014; Randall et al., 2015), was auch für den verwendeten Datensatz zutraf. Die BCS-Noten und deren Verlauf innerhalb einer Laktationszahl ist rassespezifisch (Ledinek & Gruber, 2014). Die Berücksichtigung der Lebendmasse anstatt des BCS in den Modellen verbesserte die Modellgüte. Livesey et al. (1998) konnten bei schwereren Kühen in Kombination mit unvorteilhaften Klauenformen eine erhöhte Neigung zu Sohlenblutungen und Lahmheit beobachten. Ihr Erklärungsansatz dafür ist, dass es bei einer unnatürlichen Klauenform zu ungünstiger Gewichtsverteilung und schädlichen Belastungen an der Klaue kommt.

Einzeltierebene

Auf Einzeltierebene lagen die Lahmheitsbeurteilungen als Zeitpunktbeobachtungen vor. Bei jeder Milchleistungskontrolle wurde eine Lahmheitsbeurteilung jeder Kuh durchgeführt und die verfütterte Ration festgehalten. Die Futteraufnahme wurde anhand des Modells nach (Gruber et al., 2004) geschätzt; darauf aufbauend wurden andere Rationsmerkmale (Kraftfutter-, Protein- und Energieaufnahme, Kraftfutter- und Maissilage-Anteil) errechnet.

Festzuhalten ist, dass der Einfluss der Kraftfutteraufnahme, des Kraftfutteranteils, der Rohproteinaufnahme, der NEL-Aufnahme, des Maissilageanteils und der Milchleistung auf die Lahmheitsnote signifikant ist, die absoluten Unterschiede in den Lahmheitsnoten jedoch nur bis zu ± 0,2 Punkte betragen (vgl. Kapitel 4.2.1, S. 46 – 48, Abbildung 15 bis 19). Andere Studien konnten ebenfalls signifikante Effekte auf die Lahmheitsnote beobachten. Bei Amory et al. (2006) verschlechterte sich die Lahmheitsnote auch nur um 0,1 Punkte. Auch bei Barker et al. (2007) war der Einfluss der Fütterung von Maissilage im Vergleich zu anderen Grundfuttertypen signifikant, aber sehr gering (0,1 Notenpunkte). Angesichts des Bewertungsschemas nach Sprecher et al. (1997), bei dem die Ausprägung der Lahmheitsnoten 1 – 5 beträgt und keine Zwischennoten vorgesehen sind, sind diese Abweichungen in der Praxis vermutlich kaum zu erkennen. Das heißt, dass die hier untersuchten Effekte zwar statistisch einigermaßen abgesichert, aber praktisch kaum relevant sind.

Diese Ergebnisse stehen im Widerspruch anderen Quellen (Manson & Leaver, 1988a, 1989), da mit steigender Kraftfutteraufnahme und Kraftfutteranteilen in der Ration sowohl die Zahl der lahmen Kühe als auch die Dauer der Lahmheit ansteigt. Das vermehrte Auftreten von Lahmheit bei hohen Kraftfuttergaben wird vor allem dem Auslösen von klinischen bzw. subklinischen Azidosen zugeschrieben, welche dazu führen, dass Kühe eher dazu neigen, sichtbare Lahmheit aufzuweisen (Bergsten, 1994). Die oben angeführten Studien, die diese Effekte beobachteten, untersuchten den Einfluss in einem Exaktversuch. Da es sich bei der vorliegenden Arbeit um Felddaten handelt, kann es durchaus sein, dass nicht erfasste, Einflussfaktoren, die bspw. als "Managementqualität" subsummiert werden könnten, den Effekt von Kraftfutteraufnahme bzw. –anteil (über)kompensierten.

Manson und Leaver (1988a) konnten bei einer Steigerung der Kraftfutteraufnahmen von 7 auf 11 kg eine höhere absolute Anzahl an lahmen Kühen beobachten, jedoch

war diese Steigerung nicht signifikant. In ihrer Studie wurde dies unter anderem dadurch begründet, dass lahme Kühe unverzüglich behandelt wurden. Es wird jedoch vermutet, dass die höhere Anzahl an lahmen Kühen aus dem höheren Kraftfutteranteil in der Ration, der höheren Energieaufnahme oder der höheren Rohproteinaufnahme resultiert. Ebenso wie in der vorliegenden Arbeit konnten auch Gitau et al. (1996) in einer Feldstudie keinen Effekt der Fütterung von hohen Kraftfutteranteilen auf das Auftreten von Lahmheit beobachten. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Baird et al. (2009) beim Vergleich zweier Gruppen mit niedrigem und hohem Kraftfutterniveau in einem Exaktversuch. Sie empfehlen jedoch in zukünftigen Studien das Herden- und Betriebsmanagement zu berücksichtigen. Mit zunehmender Frequenz der Kraftfuttervorlage sank jedoch das Risiko für Klauenerkrankungen (Bergsten, 1994).

Ein ähnlicher Effekt wie bei der Kraftfutteraufnahme beobachteten Manson und Leaver (1988b) bei hohen Rohproteinaufnahmen: Die Anzahl der lahmen Kühe nimmt zu und die Dauer der beobachteten Lahmheit verlängert sich. Zusätzlich konnten diese Autoren bei höheren Rohproteinaufnahmen ein stärkeres Klauenhornwachstum und weicheres Klauenhorn beobachten. Aufgrund von daraus resultierenden Sohlengeschwüren oder Quetschungen der Sohle konnte Lahmheit beobachtet werden. Hingegen konnten Espejo und Endres (2007) keinen Einfluss der Rohproteinaufnahme auf die Lahmheitsnote beobachten. Welche Mengen an aufgenommenem Rohprotein zu einem Auslösen von Klauenrehe führen, ist jedoch nicht eindeutig geklärt (Kofler, 2001). Eine geringfügige Abnahme der Lahmheitsnote, wie in der vorliegenden Untersuchung beobachtet, wurde in der verwendeten Literatur (Espejo & Endres, 2007) nicht bestätigt.

Die Energieversorgung der Milchkühe ist unter anderem abhängig von der Lebendmasse der Tiere und ihrem Leistungsniveau. Der Erhaltungsbedarf einer Milchkuh steigt mit zunehmender Lebendmasse. Größere Tiere können einerseits aufgrund des größeren Pansenvolumens mehr Futter aufnehmen, benötigen andererseits aber auch mehr Energie, um ihren Erhaltungsbedarf zu decken. Dieser liegt bei einer Lebendmasse von 550 kg bei 33,3 MJ und steigt bis 750 kg auf 42,0 MJ (Bader et al., 2007). Für den Energiebedarf der Milchleistung wird die Milchmenge und deren Gehalt an Inhaltsstoffen bei der Berechnung berücksichtigt. Schwerere, hochleistende Kühe haben daher einen höheren Energiebedarf. Solche Kühe erkranken aufgrund der Belastung ihres Stoffwechsels leichter an Klauenrehe (Nocek,

1997). Hierbei stellt sich oft die Frage nach Ursache und Wirkung, d.h. ob Effekte wie z.B. verminderte Fresszeiten, Futteraufnahme und Wiederkautätigkeit durch auftretende Lahmheit und Klauenprobleme ausgelöst werden oder umgekehrt (Llonch et al., 2018). In der vorliegenden Untersuchung sank die Lahmheitsnote jedoch mit steigender NEL-Aufnahme und ECM-Leistung leicht.

Die marginale absolute Abweichung und der Verlauf der Lahmheitsnoten sprechen dafür, dass die signifikanten Einflüsse auf die Lahmheitsnote der oben genannten Fütterungsvariablen nicht durch die im Modell enthaltenen Faktoren erklärt werden können. Man kann davon ausgehen, dass die berücksichtigten Faktoren mit anderen Management- und Umwelteffekten, z.B. Betreuungsaufwand und -qualität, Tierbeobachtung, Ausbildungsstand der Tierhalter etc. vermengt sind, zu denen keinen Informationen vorlagen und die daher nicht erfasst wurden. Um diese indirekt zu berücksichtigen, wurde zwar der Betriebseffekt in das Merkmalsmodell aufgenommen, dies reichte aber offenbar nicht aus, um die erwarteten Effekte der Kraftfutteraufnahme, des Kraftfutteranteils, der Rohproteinaufnahme und der NEL-Aufnahme abzubilden.

Ebenso konnte in der vorliegenden Untersuchung kein signifikanter Einfluss der Kraftfutteraufnahme im ersten Laktationsdrittel auf die Lahmheitsnote im dritten, vierten und fünften Laktationsmonat beobachtet werden. Auch hierbei liegt der Erklärungsansatz in der Datenstruktur. In der Literatur wird die Phase der Fütterung rund um die Geburt als besondere Herausforderung angesehen. Little et al. (2016) konnten in ihrer Studie ein signifikant höheres Auftreten von Lahmheit post partum bei Kühen beobachten, die zusätzlich zur reinen Silageration Kraftfutter verabreicht bekamen. Bereits Green et al. (2002) bestätigten, dass Milchkühe im ersten Laktationsdrittel ein höheres Risiko für Klauenerkrankungen aufweisen. Dies wird dadurch erklärt, dass der erhöhte Energiebedarf in der Phase nach der Geburt eine verstärkte Fettmobilisation bedingt. Dabei wird auch Fett aus der Subcutis in der Klaue mobilisiert und vermindert die Dämpfungseigenschaft dieser (Räber et al., 2004), wodurch vermehrt Lahmheit auftritt (Bicalho et al., 2009).

Betriebsebene

Auf Betriebsebene konnten nur Tendenzen des Einflusses des Kraftfutterniveaus auf die Lahmheitsnote beobachtet werden (vgl. Kapitel 4.2.2, S. 50 Abbildung 20 und S. 51 Abbildung 21). Diese verhalten sich jedoch ähnlich den Ergebnissen auf

Einzeltierebene (vgl. Kapitel 4.2.1, S. 46 – 47 Abbildungen 15 – 16). Mit ansteigender Kraftfutteraufnahme bis 6,0 kg bzw. Kraftfutteranteil bis 32,5 % steigt auch die Frequenz schwer lahmer Kühe im Betrieb, danach sinkt sie wieder, trotz steigender Kraftfutteraufnahme bzw. Kraftfutteranteile. Die absoluten Unterschiede in der Frequenz schwer lahmer Kühe zwischen den Grundfuttertypen betragen 10 – 15 %. Die Kurvenverläufe ähneln sich stark, da die verfütterte Kraftfuttermenge den Kraftfutteranteil und vice versa beeinflusst. Bei den Grundfuttertypen Feldfutter, Grassilage und Heu wurden erst ab einem Kraftfutteranteil von 7,5 % schwer lahme Kühe im Betrieb beobachtet. Selbige Grundfuttertypen hatten im Modell mit der Kraftfuttermenge jedoch bereits ab 1 kg Kraftfutter schwer lahme Kühe (vgl. Kapitel 4.2.2, S. 49). Diese Unterschiede sind in der etwas unterschiedlichen Gesamtfutteraufnahme begründet. Die Abnahme der Lahmheitsnote könnte man, ebenso wie auf Einzeltierebene, möglicherweise dadurch erklären, dass Betriebe mit hohen Kraftfuttermengen bzw. Kraftfutteranteilen in der Ration aufgrund des höheren Produktionsniveaus ein besseres Management aufweisen.

Der Grundfuttertyp hat Einfluss auf das Auftreten von schwer lahmen Kühen, jedoch konnten keine signifikanten Unterschiede im paarweisen Vergleich zwischen den Grundfuttertypen beobachtet werden (vgl. Kapitel 4.2.2, S. 49 – 50). Der größte, knapp nicht signifikante Unterschied bestand zwischen den Grundfuttertypen Grünfutter und Heu. Dass vor allem Betriebe mit Grünfutter als Hauptrationsbestandteil eine hohe Anzahl an schwer lahmen Kühen im Betrieb haben, lässt sich möglicherweise durch die unterschiedliche Strukturwirkung der Futtermittel erklären. Das Füttern von Heu regt die Wiederkautätigkeit und Speichelproduktion an, was in weiterer Folge das Absinken des pH-Werts vermindert (Schwarz, 2000). Grünfutter hat hingegen bei zeitiger Nutzung eine geringe Strukturwirksamkeit und enthält viel Energie und Protein. Ledinek et al., (2019) beobachteten einen Stickstoffüberschuss in der Ration bei der Fütterung von Grünfutter aus intensiv genutztem Dauergrünland. Die toxischen Effekte von Ammoniaküberschüssen im Pansen belasten den Stoffwechsel der Kühe (Veauthier, 2003) und indirekt die Klauengesundheit. Ebenso wird Grünfutter bei Vorlage im Stall hastiger gefressen (Ineichen et al., 2018). Die natürliche Pufferung durch den produzierten Speichel ist bei Grünfutter daher vermutlich geringer.

Anhand der vorliegenden Daten konnte nicht eindeutig zugeordnet werden, ob und in welchem Ausmaß Betriebe ihre Kühe weiden. Ob das Weiden der Kühe neben den

bekannten positiven Effekten der Haltungsumwelt (Armbrecht et al., 2018; Haufe et al., 2012) auch einen positiven Fütterungsaspekt hat, lässt sich anhand der Literaturbefunde nicht eindeutig ableiten. Für die Aufnahme von Weidegras benötigen die Kühe jedoch mehr Zeit als bei der Vorlage am Futtertisch (Graf et al., 2005). Auch Ineichen et al. (2018) weisen darauf hin, dass Kühe geschnittenes Gras hastiger fressen. Daraus lässt sich ein Abfall des pH-Werts im Pansen durch eine geringere Speichelbildung ableiten. Graf et al. (2005) konnten bei reinem Vollweidesystem einen pH-Wert von unter 5,8 über zwei Stunden pro Tag beobachten. Eine Ergänzungsfütterung mit Heu hatte keinen positiven Einfluss auf die Wiederkautätigkeit und die Stabilisation des Pansen pH-Werts. Sie vermuten einen noch stärkeren Abfall des Pansen pH-Werts bei hochleistenden Kühen, welche zusätzlich zu Vollweidesystemen eine Kraftfutterergänzung erhalten.

Die Betriebe mit Grundfuttertyp Grünfutter und Heu haben jedoch in der vorliegenden Untersuchung die geringsten durchschnittlichen Kraftfuttermengen von 4,50 kg und 4,85 kg bzw. den geringsten Kraftfutteranteil von 23,7 % und 25,4 % (vgl. Kapitel 4.1.2, S. 44 Tabelle 15). Ebenso ist die durchschnittliche ECM-Menge pro Kuh und Tag bei den Betrieben mit Grundfuttertyp Grünfutter mit 24,3 kg und Grundfuttertyp Heu mit 24,6 kg am geringsten. Die großen Unterschiede der Lahmheitsfrequenz auf den Betrieben können daher anhand der aufgestellten Merkmalsmodelle und bereits bekannter Einflussfaktoren nicht eindeutig erklärt werden.

Die Tendenz zu einer höheren Frequenz schwer lahmer Kühe in Betrieben mit Grundfuttertyp Maissilage stimmt demgegenüber durchaus mit der Literatur überein (Barker et al., 2007; Faye & Lescourret, 1989). Betriebe mit Grundfuttertyp Mais sind in der vorliegenden Untersuchung durch die höchsten Kraftfuttermengen ($\overline{x}$ = 7,6 kg), Kraftfutteranteile ($\overline{x}$ = 35,6 %) und ECM-Leistungen ($\overline{x}$ = 30,7 kg) gekennzeichnet. Ob sich der Effekt des Grundfuttertyps auf die Frequenz schwer lahmer Kühe auswirkt, wurde im Merkmalsmodell unter Konstanthaltung der Kraftfuttermenge bzw. des Kraftfutteranteils untersucht. Das Leistungsniveau der Betriebe war im Modell nicht explizit enthalten, wird aber durch den zufälligen Betriebseffekt im Modell zumindest teilweise abgedeckt.

Im Vergleich von heu- und silagebasierten Rationen konnten Offer et al. (2001) eine signifikant höhere Lahmheitsprävalenz bei den silagebasierten Rationen beobachten. Diese Beobachtung wird dadurch erklärt, dass das Füttern von sauren Silagen

aufgrund des Absinkens des pH-Werts im Pansen das Risiko erhöht, an subklinischer Acidose zu erkranken. In der vorliegenden Untersuchung konnten jedoch keine Unterschiede zwischen den Grundfuttertypen Heu und Grassilage beobachtet werden. Hierbei ist anzuführen, dass sich die Mittelwerte der Grundfuttertypen Heu und Grassilage in der Kraftfuttermenge, der Kuhzahl (vgl. Kapitel 4.1.2, S. 44 Tabelle 15) und der Milchleistung (Heu: $\bar{x}$ = 24,6 kg ECM und Grassilage: $\bar{x}$ = 28,1 kg ECM) stark unterscheiden. Diese Effekte wurden im Modell durch den zufälligen Effekt des Betriebs berücksichtigt. Die Unterschiede zu der Studie von Offer et al. (2001) können darin liegen, dass sie zwei Gruppen von Kühe verglichen, die abgesehen von der Fütterung unter sonst gleichen Bedingungen gehalten wurden.

In der vorliegenden Arbeit konnte weder auf Einzeltier- noch auf Betriebsebene ein Einfluss der Häufigkeit der Kraftfuttervorlage, der Haltungsbedingungen, der Alpung, des Weidegangs oder der Klauenpflegefrequenz beobachtet werden. Dass diese Variablen keinen Einfluss auf die Lahmheitsnote zeigen, obwohl dieser in anderen Studien (Amory et al., 2006; Bergsten, 1994; Espejo & Endres, 2007; Haufe et al., 2012) beobachtet wurde, kann von der vorliegenden Datenstruktur abhängen. In der Feldstudie von Espejo und Endres (2007) hatten Herdengröße, Platz pro Kuh, Art und Größe des Melkstandes und das Anwenden von Klauenbädern keinen signifikanten Einfluss auf die Lahmheitsnote.

Nichtsdestotrotz geben bereits erforschte Risikofaktoren als Auslöser für Lahmheit Anhaltspunkte für mögliche Problemstellen im Betrieb. Manson und Leaver (1988b) empfehlen, bei besonders proteinreichen Rationen ein vermehrtes Augenmerk auf die Klauenpflege zu legen, da diese das Klauenwachstum signifikant erhöhen. Sind die Klauen zu lang, kommt es zu einer Verlagerung der Belastungen von der tragenden Sohle hin zum weichen Ballen.

Die Daten und Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sind mit Vorsicht zu interpretieren, da es sich um Felddaten handelt, bei denen eine Effektvermengung unvermeidbar ist, die durch die statistischen Merkmalsmodelle vermutlich nur unzulänglich korrigiert werden kann. Auch konvergierten die für die analytischen Auswertungen geeigneten Prozeduren nicht mit dem Datensatz. Daher wurden bei der Auswertung auf nicht explizit empfohlenen Prozeduren zurückgegriffen, um näherungsweise Ergebnisse zu erhalten. Ebenso kann es sein, dass die Genauigkeit einzelner erhobener Faktoren eingeschränkt ist. So wurde die Futteraufnahme in dem zugrunde liegenden Projekt

"Efficient Cow" geschätzt (Ledinek et al., 2019) und auf dieser Basis andere fütterungsbezogene Merkmale berechnet.

Die Einflüsse von Energie-, Kraftfutter- und Rohproteinaufnahme auf die Lahmheitsnote wurden bereits vielfach wissenschaftlich untersucht (Griffiths et al., 2018; Kelly & Leaver, 1990; Little et al., 2016; Manson & Leaver, 1988b, 1989; Veauthier, 2003). Um den Einfluss unterschiedlicher Grundfuttertypen zu erklären, bedarf es jedoch noch weiterer Untersuchungen. Besonders bei Grundfutterrationen ist es wesentlich, diese zu charakterisieren und detailliert zu analysieren, um deren Inhaltsstoffgehalte und weitere relevante Qualitätskriterien zu dokumentieren, da diese stark von der Erntetechnik, dem Erntezeitpunkt und den Wetterbedingungen vor und zur Ernte abhängen. Es ist wesentlich, die verfütterten Rationen in ihrer Gesamtheit zu betrachten, um die tatsächlich aufgenommenen Nährstoffe, deren Verfügbarkeit und physiologische Wirkung im Pansen abschätzen zu können.

Für Betriebsleiter ist es jedoch essentiell zu bedenken, dass es sich bei Klauenerkrankungen, welche zu Lahmheit führen, meist um multifaktorielle Erkrankungen handelt. Treten in Betrieben vermehrt lahme Kühe auf, so muss der gesamte Haltungs- und Fütterungskomplex betrachtet und kritisch analysiert werden. Können einzelne, bekannte Risikofaktoren als Auslöser für Lahmheit ausgeschlossen werden, so kann es doch an der Summe aller einflussgebenden Faktoren liegen, dass sich manche Betriebe zu „Problembetrieben“ entwickeln.

Schlussfolgerungen

Die Kraftfutteraufnahme, der Kraftfutteranteil, die Rohproteinaufnahme, die NEL-Aufnahme und der Maissilageanteil in der Ration haben Einfluss auf die Lahmheitsnote bei Milchkühen. Diese sinkt mit steigender Aufnahme geringfügig um bis zu 0,2 LSC-Punkte. Diese Beobachtung widerspricht der vorhandenen Literatur und lässt sich wahrscheinlich dadurch erklären, dass einige relevante Einflussfaktoren aus den vorhandenen Daten nicht hinreichend gut identifiziert und charakterisiert werden konnten.

Die gefütterte Kraftfuttermenge im ersten Laktationsdrittel hat keinen Einfluss auf die Lahmheitsnote im dritten, vierten und fünften Laktationsmonat. Auch hier gilt, dass

potenziell wichtige Faktoren mit dem verwendeten methodischen Zugang nicht hinreichend berücksichtigt werden konnten.

Auf Betriebsebene verhielt sich der Effekt der Kraftfuttermenge und des Kraftfutteranteils ähnlich wie auf Einzeltierebene. Der untersuchte Parameter, die Frequenz schwer lahmer Kühe, nimmt mit steigender Kraftfutteraufnahme bzw. Kraftfutteranteil zuerst zu und sinkt ab mittleren Mengen bzw. Anteilen wieder ab. Auch hat der Grundfuttertyp des Betriebs einen Einfluss auf die Frequenz schwer lahmer Kühe im Betrieb. Betriebe mit Rationen basierend auf Grünfutter oder Maissilage tendieren dazu, mehr schwer lahme Kühe im Betrieb zu haben als Betriebe mit den Grundfuttertypen Grassilage, Feldfutter oder Heu.

Literaturverzeichnis

Amory, J. R., Kloosterman, P., Barker, Z. E., Wright, J. L., Blowey, R. W. & Green, L. E. (2006): *Risk Factors for Reduced Locomotion in Dairy Cattle on Nineteen Farms in The Netherlands*. Journal of Dairy Science 89 (5), S. 1509 – 1515. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72218-4

Armbrecht, L., Lambertz, C., Albers, D. & Gauly, M. (2018): *Does access to pasture affect claw condition and health in dairy cows?* Veterinary Record 182 (3), S. 79. https://doi.org/10.1136/vr.104554

Bader, R., Haiden, B., Spann, B., Karrer, M., Wittkowski, G. & Schwab, W. (2007): *Rinderhaltung und -fütterung*. In: Alsing, W. (Hrsg.): Die Landwirtschaft - Tierische Erzeugung. 12. Aufl., BLV Buchverlag GmbH & Co. KG, München.

Baird, L. G., O'Connell, N. E., McCoy, M. A., Keady, T. W. J. & Kilpatrick, D. J. (2009): *Effects of breed and production system on lameness parameters in dairy cattle.* Journal of Dairy Science 92 (5), S. 2174 – 2182. https://doi.org/10.3168/jds.2008-1333

Barker, Z. E., Amory, J. R., Wright, J. L., Blowey, R. W. & Green, L. E. (2007): *Management factors associated with impaired locomotion in dairy cows in England and Wales*. Journal of Dairy Science 90 (7), S. 3270 – 3277. https://doi.org/10.3168/jds.2006-176

Bergsten, C. (1994): *Haemorrhages of the sole horn of dairy cows as a retrospective indicator of laminitis: an epidemiological study*. Acta Vet. Scand. 35, S. 55 – 66.

Bergsten, C. & Frank, B. (1996): *Sole haemorrhages in tied heifers in early gestation as an indicator of laminitis: Effects of diet and flooring*. Acta Vet. Scand. 37, S. 375 – 382.

Bicalho, R. C., Machado, V. S. & Caixeta, L. S. (2009): *Lameness in dairy cattle: A debilitating disease or a disease of debilitated cattle? A cross-sectional study of lameness prevalence and thickness of the digital cushion*. Journal of Dairy Science 92 (7), S. 3175 – 3184. https://doi.org/10.3168/jds.2008-1827

Bundesgesetz über den Schutz der Tiere (*Tierschutzgesetz* – TSchG) BGBl. I Nr. 118/2004.

Cha, E., Hertl, J. A., Bar, D. & Gröhn, Y. T. (2010): *The cost of different types of lameness in dairy cows calculated by dynamic programming*. Preventive Veterinary Medicine 97 (1), S. 1 – 8. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2010.07.011

Christen, A.-M., Egger-Danner, C., Capion, N., Charfeddine, N., Cole, J., Cramer, G., De Jong, G., Fiedler, A., Fjeldaas, T., Gengler, N., Haskell, M., Heringstad, B., Holzhauer, M., Koeck, A., Kofler, J., Müller, K., Pryce, J., Sogstad, A., Stock, F., Thomas, G. & Vasseur, E. (2020): *Lameness in Dairy Cattle*. In: Section 7 - Bovine Functional Traits: Guidelines for Health, Female Fertility, Udder Health, and Claw Health Traits in Bovine S. 115 – 137. https://www.icar.org/Guidelines/07-Bovine-Functional-Traits.pdf.

Dippel, S., Dolezal, M., Brenninkmeyer, C. & Brinkmann, J. (2009): *Risk factors for lameness in cubicle housed Austrian Simmental dairy cows*. Elsevier Preventive Veterinary Medicine 90, S. 102 – 112. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2009.03.014

Dourakas, M. (2016): *Auswirkung von Lahmheit und Klauenläsionen auf die Milchleistung von Rindern in Österreich*. Masterarbeit, Wien: Veterinärmedizinische Universität.

Egger-Danner, C., Nielsen, P., Fiedler, A., Müller, K., Fjeldaas, T., Döpfer, D., Daniel, V., Bergsten, C., Cramer, G., Christen, A. M., Stock, K. F., Thomas, G., Holzhauer, M., Steiner, A., Clarke, J., Capion, N., Charfeddine, N., Pryce, E., Oakes, E., Burgstaller, J., Heringstad, B., Ødegård, C. & Kofler, J. (2015): *ICAR Claw Health Atlas*. ICAR, Rome, http://www.icar.org/Documents/ICAR_Claw_Health_Atlas.pdf.

Eise, M., Emmerich, I., Fiedler, A., Landmann, D., Mahlkow-Nerge, K., Maierl, J., Maiworm, K., Müller, K, E., Gramatte, W., Hainzl, A., Heutelbeck, A., Kehler, W., Kloò, M., König, S., Pelzer, A. & Wittkowski, G. (2011): *Klauengesundheit beim Rind*. aid infodienst Ernährung, Landwirtschaft (Hrsg), Verbraucherschutz e.V.

Espejo, L. A. & Endres, M. I. (2007): *Herd-Level Risk Factors for Lameness in High-Producing Holstein Cows Housed in Freestall Barns*. Journal of Dairy Science, 90 (1), S. 306 – 314. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)72631-0

Ettema, J. F. & Østergaard, S. (2006): *Economic decision making on prevention and control of clinical lameness in Danish dairy herds*. Livestock Science, 102 (1–2), S. 92 – 106. https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.11.021

Faye, B. & Lescourret, F. (1989): *Environmental Factors Associated with Lameness in Dairy Cattle*. Elsevier Preventive Veterinary Medicine 7, S. 267–287.

Feiersinger, D. (2016): *Die Auswirkung der Haltungsform auf Lahmheit und Klauenerkrankungen in österreichischen Milchviehherden*. Masterarbeit, Wien: Veterinärmedizinische Universität.

Galler, J. (2011): *Silagebereitung von A bis Z. Grundlagen - Siliersysteme - Kenngrößen*. 1. Auflage. Landwirtschaftskammer Salzburg, Betriebsentwicklung und Umwelt (Hrsg.), Gutenberg, Linz.

Gasteiner, J., Fallast, M., Rosenkranz, S., Häusler, J., Schneider, K. & Guggenberger, T. (2009): *Zum Einsatz einer intraruminalen pH-Datenmesseinheitmit kabelloser Datenübertragung bei Rindern unter verschiedenen Fütterungsbedingungen*. Wien. Tierärztl. Mschr 96, S. 188 – 194.

Gitau, T., Mcdermott, J. J. & Mbiuki, S. M. (1996): *Prevalence , incidence , and risk factors for lameness in dairy cattle in small-scale farms in Kikuyu Division*, *Kenya*. Preventive Veterinary Medicine 28, S. 101 – 115.

Graf, C. M., Kreuzer, M. & Dohme, F. (2005): *Effects of supplemental hay and corn silage versus full-time grazing on ruminal pH and chewing activity of dairy cows*. Journal of Dairy Science 88 (2), S. 711 – 725. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72735-1

Green, L. E., Hedges, V. J., Schukken, Y. H., Blowey, R. W. & Packington, A. J. (2002): *The Impact of Clinical Lameness on the Milk Yield of Dairy Cows*. Journal of Dairy Science 85 (9), S. 2250 – 2256. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74304-X

Green, L. E., Huxley, J. N., Banks, C. & Green, M. J. (2014): *Temporal associations between low body condition, lameness and milk yield in a UK dairy herd*. Preventive Veterinary Medicine 113 (1), S. 63 – 71. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2013.10.009

Gregoritsch, P., Steinwidder, A., Gasteiner, J., Podstatzky, L. & Zollitsch, W. (2018): *Beurteilung der Energieversorgung zu Laktationsbeginn mittels Blut- und Milchinhaltsstoffen sowie deren Zusammenhang mit Fruchtbarkeitsergebnissen bei Milchkühen*. Züchtungskunde, 90 (5), S. 331 – 352.

Griffiths, B. E., White, D. G. & Oikonomou, G. (2018): *A cross-sectional study into the prevalence of dairy cattle lameness and associated herd-level risk factors in England and Wales*. Frontiers in Veterinary Science 5 (APR), S. 1 – 8. https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00065

Grimm, K., Haidn, B., Erhard, M., Tremblay, M. & Döpfer, D. (2019): *New insights into the association between lameness, behavior, and performance in Simmental cows*. Journal of Dairy Science 102 (3), S. 2453 – 2468. https://doi.org/10.3168/jds.2018-15035

Gruber, L. (2018): *Bewertung der Strukturversorgung von Milchviehrationen – im Besonderen bei Totalmischrationen*. Erschienen in ÖAG-Info 2/2018 „Die Bedeutung Der Gerüstsubstanzen Für Eine Wiederkäuergerechte Fütterung“, S. 1 – 9.

Gruber, L., Resch, R. & Stögmüller, G. (2018): *Den Wert des Grundfutters an den Gerüstsubstanzen erkennen.* ÖAG-Info 1/2018.

Gruber, L., Schwarz, F. J., Erdin, D., Fischer, B., Spiekers, H., Steingass, H., Meyer, U., Chassot, A., Jilg, T., Obermaier, A. & Guggenberger, T. (2004): *Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen*. 31. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 27. - 28. April 2004, BAL Gumpenstein 2004, April, S. 21 – 39.

Guggenbichler, S. (2016): *Auswirkung von Lahmheit und Klauenläsionen auf die Fruchtbarkeit von Milchrindern in Österreich*. Masterarbeit, Wien: Veterinärmedizinische Universität.

Haufe, H. C., Gygax, L., Wechsler, B., Stauffacher, M. & Friedli, K. (2012): *Influence of floor surface and access to pasture on claw health in dairy cows kept in cubicle housing systems*. Preventive Veterinary Medicine 105 (1–2), S. 85–92. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2012.01.016

Humer, E., Petri, R. M., Aschenbach, J. R., Bradford, B. J., Penner, G. B., Tafaj, M., Südekum, K. H. & Zebeli, Q. (2018): *Invited review: Practical feeding management recommendations to mitigate the risk of subacute ruminal acidosis in dairy cattle*. Journal of Dairy Science 101 (2), S. 872 – 888. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13191

ICAR. (2016): *ICAR Recording Guidelines*. https://www.icar.org/index.php/icar-recording-guidelines/ (16.05.2020).

Ineichen, S., Hofstetter, P., Reidy, B., Wurm, K., Starz, W., Danner, M. & Steinwidder, A. (2018): *Grünfütterung im Stall – Darauf beim Eingrasen achten!* ÖAG-Info 7/2018.

Jeroch, H., Flachowsky, G. & Weissenbach, F. (1993): *Futtermittelkunde*. Gustav Fischer Verlag Jena.

Kelly, E. F. & Leaver, J. D. (1990): *Lameness in dairy cattle and the type of concentrate*. Animal Production 51 (September 2010), S. 221 – 227. https://doi.org/10.1017/S0003356100005365

Kirchgeßner, M. & Stangl, G. (2014): *Tierernährung: Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis*. 14. Auflage, DLG-Verlag GmbH, Frankfurt am Main.

Köck, A., Fuerst-Waltl, B., Steininger, F. & Egger-Danner, C. (2016): *Genetic Parameters for Body Weight , Body Condition Score and Lameness in Austrian Dairy Cows*. INTERBULL, Chile, 50 (50), S. 1 – 3.

Kofler, J. (2001): *Beziehungen zwischen Fütterung und Gliedmaßenerkrankungen bei Rindern - Diagnostik , Therapie und Prophylaxe*. In 28. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 2. - 3. Mai 2001, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein - Irdning, S. 75 – 92.

Kofler, J. (2012): *Monitoring der Klauengesundheit in Milchviehherden und Funktionelle Klauenpflege*. 5. Tierärzttagung 2012, Lehr-und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Irdning, S. 7 – 14.

Kofler, J. (2019): *Funktionelle Klauenpflege beim Rind*. In: Litzke, L-F. Rau, B. (Hrsg.): Der Huf 7. Aufl., Enke Verlag in MVS Medizinverlage Stuttgart, S. 388 – 422.

Kofler, J., Fürst-Waltl, B., Burgstaller, J., Steininger, F., Guggenbichler, S., Dourakas, M. & Egger-Danner, C. (2017): *Auswirkung von Lahmheit auf die Fruchtbarkeit und Milchleistung von Milchkühen*. Abstract des ZAR-Seminars 2017 “Der effizienten Kuh auf der Spur”, 9. März 2017, Heffterhof in Salzburg, S. 29 – 35.

Kofler, J., Lischer, C., Rheinfeld, S., Kramer, M. & Pees, M. (2018): *Orthopädischer Untersuchungsgang*. In: Baumgartner, W. & Wittek, T. (Hrsg.): Klinische Propädeutik der Haus- und Heimtiere. 9. Aufl., Enke, Stuttgart, S. 178 – 231.

Kofler, J., Pesenhofer, R., Landl, G., Sommerfeld-Stur, I. & Peham, C. (2013): *Langzeitkontrolle der Klauengesundheit von Milchkühen in 15 Herden mit Hilfe des Klauenmanagers und digitaler Kennzahlen*. Tierärztliche Praxis, 41 (G), S. 31 – 44.

Kossaibati, M. A. & Esslemont, R. J. (1997): *The Costs of Production Diseases in Dairy Herds in England*. The Veterinary Journal, 154, S. 41 – 51.

Le Ruyet, P. & Tucker, W. B. (1992): *Ruminal Buffers: Temporal Effects on Buffering Capacity and pH of Ruminal Fluid from Cows Fed a High Concentrate Diet*. Journal of Dairy Science 75 (4), S. 1069 – 1077. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77851-5

Ledinek, M. & Gruber, L. (2014): Erhebung von *Körpermaßen und BCS im Laktationsverlauf und ihre Beziehungen zu Lebendmasse und Energiebilanz*. 41. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Lehr-und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Irdning, S. 31 – 44.

Ledinek, M., Gruber, L., Steininger, F., Fuerst-Waltl, B., Zottl, K., Royer, M., Krimberger, K. & Mayerhofer, M. (2019): Analyse österreichischer Milchviehbetriebe im Projekt „ Efficient Cow “: *Rationsgestaltung und Einfluss des Genotyps auf Produktions- und Effizienzmerkmale Material und Methoden Datenerhebung und Schätzung der Lebendmasse*. 46. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2019, Lehr-und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Irdning, S. 57 – 59.

Lischer, C. J., 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), S. 51 – 60. https://doi.org/10.1053/tvjl.2001.0627

Little, M. W., O'Connell, N. E., Welsh, M. D., Barley, J., Meade, K. G. & Ferris, C. P. (2016): *Prepartum concentrate supplementation of a diet based on medium-quality grass silage: Effects on performance, health, fertility, metabolic function, and immune function of low body condition score cows*. Journal of Dairy Science 99 (9), S. 7102 – 7122. https://doi.org/10.3168/jds.2016-11071

Livesey, C. T., Harrington, T., Johnston, A. M., May, S. A. & Metcalf, J. A. (1998): *The effect of diet and housing on the development of sole haemorrhages, white line haemorrhages and heel erosions in Holstein heifers*. Animal Science 67 (1), S. 9 – 16. https://doi.org/10.1017/S1357729800009747

Llonch, P., Mainau, E., Ipharraguerre, I. R., Bargo, F., Tedó, G., Blanch, M. & Manteca, X. (2018): *Chicken or the Egg : The Reciprocal Association Between Feeding Behavior and Animal Welfare and Their Impact on Productivity in Dairy Cows*. Front. Vet. Sci. 5:305. https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00305

Maarten, W. & Pijl, R. (2003): *Klauenrehe - Pododermatitis aseptica diffusia*. In: Pijl, R. Willemen, M. Mülling, C. Schmitt, M. und Veauthier, G (Hrsg.): Klauenprobleme schneller lösen: Klauenpflege, Klauenkrankheiten, Management, S. 88.

Maierl, J., Mülling, C. & Nuss, K. (2019): *Funktionelle Anatomie*. In: Fiedler, A., Maierl, J. & Nuss, K. (Hrsg.): Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes. Thieme S. 15 – 44.

Manske, T., Hultgren, J. & Bergsten, C. (2002): *Prevalence and interrelationships of hoof lesions and lameness in Swedish dairy cows*. 54, 247 – 263.

Manson, F. J. & Leaver, J. D. (1988a): *The influence of concentrate amount on locomotion and clinical lameness in dairy cattle*. Animal Production 47 (2), S. 185 – 190. https://doi.org/10.1017/S0003356100003251

Manson, F. J. & Leaver, J. D. (1988b): *The influence of dietary protein intake and of hoof trimming on lameness in dairy cattle*. Animal Production 47 (2), S. 191 – 199. https://doi.org/10.1017/S0003356100003263

Manson, F. J. & Leaver, J. D. (1989): *The effect of concentrate: Silage ratio and of hoof trimming on lameness in dairy cattle*. Animal Production 49 (1), S. 15 – 22. https://doi.org/10.1017/S0003356100004207

Metzner, M. (2003): *Ursachensuche bei gehäuftem Auftreten von Klauenrehe*. In Großtierpraxis 4, S. 12 – 17.

Mülling, C. & Hagen, J. (2012): *Bedeutung von Klauenerkrankungen und funktionelle Anatomie der Klaue*. In: Klauenerkrankungen beim Rind. Der Praktische Tierarzt 93 (Suppl. 1), S. 2 – 36.

Mülling, C. K., Bragulla, H. H., Reese, S., Budras, K.-D. & Steinberg, W. (1999): *How Structures in Bovine Hoof Epidermis are Influenced by Nutritional Factors. Anatomia, Histologia, Embryologia*. Journal of Veterinary Medicine Series C 28 (2), S. 103 – 108. https://doi.org/10.1046/j.1439-0264.1999.00180.x

Mülling, C. & Stanek, C. (2002): *Klaue*. In: Budras, K.-D. & Wünsche. A. (Hrsg.): Atlas der Anatomie des Rindes. Lehrbuch für Tierärzte und Studierende, Schlütersche Verlag, S. 140 – 143.

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), Berlin, S. 343 – 349. https://doi.org/10.1111/jpn.12675

Nocek, J. E. (1997): *Bovine Acidosis: Implications on Laminitis*. Journal of Dairy Science 80 (5), S. 1005 – 1028. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76026-0

Offer, J. E., Fisher, G. E. J., Kempson, S. A. & Logue, D. N. (2001): *The Effect of Feeding Grass Silage in Early Pregnancy on Claw Health During First Lactation*. The Veterinary Journal 161, S. 186 – 193. https://doi.org/10.1053/tvjl.2000.0515

Preißinger, W. & Moosmeyer, M. (2020a): *Frisches Grünfutter in der TMR oder in aufgewerteten Grundfutterrationen?* https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ite/dateien/24972_frischgras_in_tmr.pdf. (05.06.2020).

Preißinger, W. & Moosmeyer, M. (2020b): *Hinweise zur Grünfütterung*. https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ite/dateien/hinweise_zur_gr__nf__tterung.pdf. (05.06.2020).

Räber, M., Lischer, C. J., Geyer, H. & Ossent, P. (2004): *The bovine digital cushion - A descriptive anatomical study*. Veterinary Journal 167 (3), S. 258 – 264. https://doi.org/10.1016/S1090-0233(03)00053-4

Randall, L. V., Green, M. J., Chagunda, M. G. G., Mason, C., Archer, S. C., Green, L. E. & Huxley, J. N. (2015): *Low body condition predisposes cattle to lameness: An 8-year study of one dairy herd*. Journal of Dairy Science 98 (6), S. 3766 – 3777. https://doi.org/10.3168/jds.2014-8863

Refaai, W., Van Aert, M., Abd El-Aal, A. M., Behery, A. E. & Opsomer, G. (2013): *Infectious diseases causing lameness in cattle with a main emphasis on digital dermatitis (Mortellaro disease)*. Livestock Science 156 (1–3), S. 53 – 63. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.06.004

Rouha-Mülleder, C., Iben, C., Wagner, E., Laaha, G., Troxler, J. & Waiblinger, S. (2009): *Relative importance of factors influencing the prevalence of lameness in Austrian cubicle loose-housed dairy cows*. Elsevier Preventive Veterinary Medicine 92, S. 123 – 133. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2009.07.008

SAS Institute Inc. (2008a): SAS/STAT® 9.2 User's Guide. *The MIXED Procedure*. Cary, NC: SAS Instiute Inc.

SAS Institute Inc. (2008b): SAS/STAT® 9.2 User's Guide. *The GLM Procedure*. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Schwarz, F. J. (2000): *Fütterung hochleistender Milchkühe: Energie- und Proteinversorgung, Wiederkäuergerechtigkeit*. 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 6. - 8. Juni 2000, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Irdning, S. 19 – 26.

Somers, J. G. C. J., Frankena, K., Noordhuizen-Stassen, E. N. & Metz, J. H. M. (2005): *Risk factors for interdigital dermatitis and heel erosion in dairy cows kept in cubicle houses in The Netherlands*. Preventive Veterinary Medicine 71, S. 23 – 34. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2005.05.001

Sprecher D.J., Hostetler, D. E. & Kaneene, J. B. (1997): *A Lameness Scoring System That Usese Posture And Gait To Predict Dairy Cattle Reproductive Performance*. Theriogenology 47, S. 1179 – 1187.

Stögmüller, G. (2015): *Mischrationen für Milchkühe*. Die Landwirtschaft Dezember 2015, S. 43 – 52.

Tadich, N., Flor, E. & Green, L. (2010): *Associations between hoof lesions and locomotion score in 1098 unsound dairy cows*. The Veterinary Journal 184 (1), S. 60 – 65. https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2009.01.005

Thomas, H. J., Remnant, J. G., Bollard, N. J., Burrows, A., Whay, H. R., Bell, N. J., Mason, C. & Huxley, J. N. (2016): *Recovery of chronically lame dairy cows following treatment for claw horn lesions: A randomised controlled trial*. Veterinary Record 178 (5), S. 116. https://doi.org/10.1136/vr.103394

Van Soest, P. J. (1994): *Nutritional ecology of the ruminant* (2nd Edition). Cornell University Press.

Veauthier, G. (2003): *Lahme Kühe - ein Fütterungsproblem?* In: top agrar, Das Magazin für moderne Landwirtschaft (Hrsg.): Klauenprobleme schneller lösen: Klauenpflege, Klauenkrankheiten, Management. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup.

Vermunt, J. J. (1992): *"Subclinical " laminitis in dairy cattle*. New Zealand Veterinary Journal 40:4 (April 2015), S. 133 – 138. https://doi.org/10.1080/00480169.1992.35718

Warnick, L. D., Janssen, D., Guard, C. L. & Gröhn, Y. T. (2001): *The Effect of Lameness on Milk Production in Dairy Cows*. Journal of Dairy Science 84 (9), S. 1988 – 1997. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74642-5

Whay, H. R., Barker, Z. E., Leach, K. A. & Main, D. C. J. (2012): *Promoting farmer engagement and activity in the control of dairy cattle lameness*. Veterinary Journal 193 (3), S. 617 – 621. https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.06.041

Whay, H. R., Waterman, A. E. & Webster, A. J. F. (1997): *Associations Between Locomotion, Claw Lesions and Nociceptive Threshold in Dairy Heifers During the Peri-partum Period*. The Veterinary Journal 154, S. 155 – 161.

Wyss, U. (2005): *Beurteilung von Silagen*. Merkblatt für die Praxis. ALP Aktuell 18, S. 1 – 4.

ZAR - Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter (2016): *Abschlussbericht Efficient cow - Analyse und Optimierung der Produktionseffizienz und der Umweltwirkung in der österreichischen Rinderwirtschaft*. Projektnummer 100861, Wien.

Anhang

Tabelle 16: Rationsanteile und Grundfuttertyp der Betriebe

Betrieb	Rationsanteile									Grundfuttertyp
	Grassilage	Grünfutter	Heu	Maissilage	Klee	Luzerne	GPS	Stroh	Summe	
d4d6ad34544ce6b6bd2fdf01fe022ec6	34,4 %	0,0 %	1,1 %	16,9 %	0,0 %	47,7 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Feldfutter
efcb68463cd16fbb01dbc173fba136b3	0,9 %	0,0 %	10,9 %	18,0 %	0,0 %	69,1 %	0,0 %	1,0 %	100,0 %	Feldfutter
08203b6167d902be0097d34982a9d7cb	5,7 %	0,0 %	11,2 %	42,0 %	13,5 %	25,5 %	0,0 %	2,1 %	100,0 %	Feldfutter
395465bcaa5f995a1b6f817ee558b7ec	21,1 %	0,0 %	21,5 %	5,0 %	20,4 %	14,1 %	17,9 %	0,0 %	100,0 %	Feldfutter
d6811e0875b273a8365c8786a370201f	42,6 %	0,0 %	4,2 %	24,4 %	23,8 %	2,7 %	0,1 %	2,2 %	100,0 %	Feldfutter
a56846efea8beaefb37d16628fa01910	49,0 %	0,0 %	10,5 %	7,2 %	23,9 %	8,5 %	0,0 %	1,0 %	100,0 %	Feldfutter
3833c9f8d5394ccae1486cbb56a30264	33,4 %	7,5 %	14,0 %	17,1 %	27,9 %	0,0 %	0,0 %	0,1 %	100,0 %	Feldfutter
dc0bdbdfe3c75a085c3b16f27265b774	18,9 %	0,0 %	0,0 %	47,0 %	29,6 %	0,0 %	0,0 %	4,5 %	100,0 %	Feldfutter
22c7a52c7b2cbaeace45ed48873b5ddb	19,1 %	0,0 %	4,3 %	41,9 %	30,5 %	0,0 %	0,0 %	4,3 %	100,0 %	Feldfutter
6da2502dc3f29c2ccc0a679a9ff5ec41	17,0 %	3,4 %	14,3 %	33,4 %	31,4 %	0,0 %	0,0 %	0,4 %	100,0 %	Feldfutter
3cc12ec89d18e66a3520d3be743c3706	36,0 %	19,1 %	8,6 %	4,0 %	31,8 %	0,0 %	0,0 %	0,5 %	100,0 %	Feldfutter
aace3763fcfff73f62317ae0d08f6b18	34,5 %	0,0 %	0,0 %	21,0 %	44,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Feldfutter
ffcc2280abc0033a718bef1728bc624c	23,2 %	1,5 %	24,1 %	4,9 %	46,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Feldfutter
d88eeeed1ae453bb01e7f695136a8164	20,1 %	0,0 %	0,3 %	28,5 %	48,3 %	0,0 %	0,0 %	2,8 %	100,0 %	Feldfutter
1c30edb3de1653a66dd67b8fae176ec1	0,0 %	0,0 %	11,5 %	35,4 %	52,3 %	0,0 %	0,0 %	0,7 %	100,0 %	Feldfutter
6c2c39d5212067a9c45b6c851ece4c06	20,9 %	0,0 %	0,7 %	21,0 %	55,0 %	0,0 %	0,0 %	2,4 %	100,0 %	Feldfutter
95a6b901a5abfaa9f590513ff10a9b59	9,5 %	0,0 %	1,4 %	28,2 %	57,0 %	0,0 %	0,0 %	4,0 %	100,0 %	Feldfutter
7074b12ac58fbd9e55861efd25e7fee5	0,0 %	17,1 %	0,6 %	21,4 %	60,9 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Feldfutter
cacbb26b1b19a5a3cf54800132cf8bf5	31,4 %	22,6 %	21,5 %	15,0 %	9,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grünfutter
b4f6d8067a33d875fc20d6859e54f2a7	48,7 %	30,3 %	13,8 %	1,5 %	0,0 %	4,8 %	0,0 %	1,0 %	100,0 %	Grünfutter
4e1a4a07900aaaf7f589aa88cce29fe0	35,9 %	34,1 %	27,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,6 %	100,0 %	Grünfutter
5cba5b6b9777fc66e0ed3be2a3b9ab83	36,0 %	37,0 %	17,3 %	5,0 %	0,0 %	4,7 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grünfutter
ac9062a7f5156f9fbcfd5dfa5b7bc934	30,5 %	39,0 %	30,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grünfutter

f6a19012444d4b47a62e167b00e26e5b	43,6 %	40,2 %	15,9 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,3 %	100,0 %	Grünfutter
7b388bb8348a80015d242606bd46eb5a	23,2 %	41,9 %	17,0 %	17,9 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grünfutter
8af8823cb9384244b39af83d2d684e79	24,3 %	43,3 %	24,1 %	8,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grünfutter
05c3b98992dded05967e9110c0511283	41,3 %	43,6 %	15,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grünfutter
0fe84b4fa08265ed6cd022db6ae5b1c0	37,2 %	44,9 %	3,9 %	0,0 %	12,6 %	1,2 %	0,0 %	0,1 %	100,0 %	Grünfutter
80385c6550c02ff67b75d745050b3ed0	37,9 %	52,4 %	6,4 %	1,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	1,8 %	100,0 %	Grünfutter
a85014df6c98a7285d233b1a7fa33d1d	0,0 %	59,1 %	33,6 %	0,0 %	0,0 %	7,4 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grünfutter
5e822ad90054694629d098e1ae06cd69	46,8 %	16,2 %	14,1 %	19,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	3,5 %	100,0 %	Grassilage
8a115c148e48daf540252add9e9595ff	49,1 %	0,4 %	47,1 %	3,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
3e71f99302dd677bdaaed19d2fd2081e	51,5 %	10,2 %	8,7 %	26,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	3,3 %	100,0 %	Grassilage
ebe2c6434cb0d669b4720fc5bdd12fbd	51,8 %	12,2 %	36,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
0707276b8e362d3ddeaf436f3cf348ba	57,2 %	22,6 %	12,5 %	2,5 %	0,0 %	1,3 %	0,0 %	4,0 %	100,0 %	Grassilage
0e9f1e1f1d37426175b45d92d5ec2072	57,4 %	0,0 %	2,3 %	11,6 %	26,9 %	0,0 %	0,0 %	1,8 %	100,0 %	Grassilage
1b2947b16a1a110f63d29b6eef58b0ed	57,9 %	0,0 %	1,7 %	24,9 %	13,6 %	0,0 %	0,0 %	1,9 %	100,0 %	Grassilage
74531d4a8b95a25ce226caccc8256a3c	58,5 %	14,1 %	0,8 %	0,0 %	0,0 %	26,6 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
2447c40cc4a6402dd9d562ae2409418a	58,6 %	0,0 %	25,1 %	14,8 %	0,0 %	0,0 %	1,5 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
a2425615636b78ac7274319fffe7a6a8	60,3 %	0,0 %	10,3 %	29,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
8b075f79c95b551a84b479e03e7835d4	60,5 %	0,0 %	8,8 %	14,6 %	15,5 %	0,0 %	0,0 %	0,6 %	100,0 %	Grassilage
8d377c405be82d6c6e8386688f3dd164	60,5 %	0,0 %	3,2 %	28,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	8,3 %	100,0 %	Grassilage
443a52916a2a6d4809303de5bb205f8c	60,9 %	0,0 %	14,8 %	23,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	1,2 %	100,0 %	Grassilage
a872963699afb293d6a0431f0908da74	61,2 %	10,6 %	2,7 %	25,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
97ad99fcd14d401a660cd95ad7dce7b6	61,8 %	0,0 %	7,8 %	29,6 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,8 %	100,0 %	Grassilage
6ad293c512122980224187d25d09f0e7	62,2 %	29,2 %	4,3 %	0,0 %	4,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
ec50202d6fce95f58b2512b197d8672b	62,6 %	12,9 %	23,0 %	1,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
b56b5e067069394b53272bcecda647e5	63,1 %	0,0 %	21,4 %	15,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
71c3e8ad272fcc857e34de09eca8d3fd	63,4 %	0,0 %	5,5 %	29,2 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	1,9 %	100,0 %	Grassilage
b7ae63782eaa5af771b5b8f2447e6bea	64,1 %	0,0 %	10,2 %	12,2 %	13,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
cc6a1f37ff2bb57a55e31074fe4570c5	64,4 %	0,0 %	3,4 %	25,2 %	6,9 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
1b4687bed670e2338a31035b5878eb53	64,7 %	0,0 %	7,5 %	20,9 %	0,0 %	0,0 %	6,9 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
7e0f91a8d49ab0593885c1b36c1be69f	66,2 %	0,0 %	2,4 %	26,2 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	5,3 %	100,0 %	Grassilage

ab7d836cef73505f2cdafba051a2bc29	66,5 %	3,7 %	15,9 %	14,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
f44c48ddba9fde6e7ef75061328e6d79	67,2 %	0,0 %	6,7 %	26,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
637c9fb8d002f9681be5e5fa5d49bdc9	67,4 %	0,0 %	10,8 %	21,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
f810fbefc32bb2e32ae2cdfbb34926fe	67,8 %	0,0 %	0,0 %	29,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,9 %	100,0 %	Grassilage
0d90321546b641342129420998933d45	67,9 %	0,0 %	7,8 %	18,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	5,9 %	100,0 %	Grassilage
2f3317bbecfc5021fa761ffc7f7011a5	68,6 %	0,0 %	0,0 %	28,6 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,7 %	100,0 %	Grassilage
e7d69de3e0ba8d54af4df5eaa71d18e1	68,7 %	3,0 %	15,0 %	13,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
841c0a50b037154de991b0c18641f7cb	69,5 %	0,0 %	1,9 %	25,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	3,5 %	100,0 %	Grassilage
538bb417aebe139938fc460824ba631c	70,3 %	0,0 %	6,7 %	20,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,3 %	100,0 %	Grassilage
448b1b426e4ac867a9e61938f933faaa	70,4 %	0,0 %	18,0 %	4,5 %	0,0 %	4,5 %	0,0 %	2,7 %	100,0 %	Grassilage
658b641d064de321ddf857cfb34fa86a	70,5 %	20,8 %	8,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
16510978a63cf2e55c2b7d2d183363d1	70,7 %	0,0 %	13,5 %	11,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	4,0 %	100,0 %	Grassilage
1d4383bcd4216d33d08b0297eb4824d9	71,2 %	5,6 %	5,4 %	13,6 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	4,3 %	100,0 %	Grassilage
7555b6a428985eb90180ca51bedc36f4	71,5 %	0,0 %	5,7 %	22,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
c8815d9c495f69de08ed4af227f7b925	71,7 %	0,0 %	9,6 %	16,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	1,8 %	100,0 %	Grassilage
13a5d29404e99415543d2da3bae20cab	72,0 %	0,0 %	2,7 %	25,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
73781bd13105f1777ce1915007f5e636	73,0 %	0,0 %	0,0 %	24,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	3,0 %	100,0 %	Grassilage
ae006894a478a9a45a5752c2543f6538	73,4 %	0,0 %	0,0 %	22,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	4,2 %	100,0 %	Grassilage
71c69650cb37019d1900a6185451ffd1	73,8 %	0,0 %	9,8 %	15,6 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,7 %	100,0 %	Grassilage
7dcfe20096d7de83d9ed607bd34ac646	75,0 %	3,7 %	21,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
1a0137a9edb595dc2a1ab1e6d6e349f2	75,4 %	0,0 %	16,4 %	4,9 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	3,3 %	100,0 %	Grassilage
9e9e305df3018e1de0318e68a4db70d3	76,4 %	0,0 %	2,9 %	20,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
24ffd579b4eaeec143b3904dae1db32b	76,6 %	0,0 %	0,0 %	21,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,4 %	100,0 %	Grassilage
735a1badc6dce3310220270bf67afb25	77,0 %	1,6 %	15,6 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	5,7 %	100,0 %	Grassilage
99bc6f0f1235df72a87eec59b62e4f02	77,1 %	0,0 %	18,5 %	4,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
6b5ef79120abe8ac369ae56e1143edbd	78,4 %	0,0 %	0,0 %	19,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,2 %	100,0 %	Grassilage
66b436a453fef3a52af9048b9ab39e91	78,5 %	0,0 %	12,1 %	0,0 %	0,0 %	6,8 %	0,0 %	2,6 %	100,0 %	Grassilage
44698b5882f4e296c624fbe7ba7c7a3b	78,6 %	13,5 %	3,1 %	0,0 %	0,0 %	4,9 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
89acb0b373c8fa11365a382d19d6d568	79,5 %	0,0 %	9,5 %	6,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	4,8 %	100,0 %	Grassilage
31c3ae47256a4b3aec6a6753973808de	79,9 %	0,0 %	8,3 %	9,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,7 %	100,0 %	Grassilage

1834894e377b6645178e11db4695c02d	81,2 %	0,0 %	0,9 %	17,9 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
d0da1f8950955940c0b56cc9de78f7b6	81,3 %	0,0 %	0,0 %	14,9 %	0,0 %	0,0 %	3,8 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
14c761a7b06d88509455a93b0149a57c	81,9 %	2,4 %	5,4 %	9,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,9 %	100,0 %	Grassilage
8a4a54eaac05b386dbfd5ac87dd04eed	81,9 %	2,9 %	15,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
2d1a589386efc96aaf13b57a316d51e8	82,1 %	1,5 %	6,0 %	10,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
0bc56a51bceb7e640c9853b1a7daa286	82,5 %	1,6 %	9,7 %	6,2 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
516b7949938df874d91546218eb74495	82,9 %	0,0 %	9,3 %	7,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
632ef13027b6cfdaae9a00c137020496	85,0 %	0,3 %	2,3 %	0,0 %	0,0 %	9,4 %	0,0 %	3,1 %	100,0 %	Grassilage
5742d878bc4f12710aae468ffb3916dc	85,5 %	0,0 %	2,1 %	9,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,7 %	100,0 %	Grassilage
2e7469f590d08742f017100709371537	86,0 %	0,0 %	7,6 %	4,2 %	0,0 %	1,5 %	0,0 %	0,6 %	100,0 %	Grassilage
6644962bde4d276d70076e69a4a01711	87,5 %	0,0 %	12,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
775929ab10405b3db8d2f88158685e88	87,5 %	0,0 %	10,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,4 %	100,0 %	Grassilage
6590ea08bfe4276fd8ba938cc4703d4a	87,8 %	0,0 %	6,3 %	5,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
733bf90cecba6344c4b3c829ea7e5610	88,0 %	0,0 %	6,6 %	4,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	1,3 %	100,0 %	Grassilage
2c613ffe819b281f04490aac8dc6a6ab	88,1 %	0,1 %	3,1 %	8,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
c2887c185c4a57713e7be4dc2c4d5a55	88,2 %	0,0 %	4,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	7,1 %	100,0 %	Grassilage
2bc64472a06ba5d8111c20ca3f19522f	88,7 %	0,0 %	0,0 %	9,9 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	1,4 %	100,0 %	Grassilage
e1dc0c3e4c31e99e7b566426780177bf	89,0 %	0,0 %	7,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	3,5 %	100,0 %	Grassilage
48ce60b5bd708ad577a019f16ffacca0	90,6 %	0,0 %	9,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
77db7e206e0175b8c14d82dcdfdaf471	92,3 %	0,0 %	5,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,4 %	100,0 %	Grassilage
93a705a1dee93d58259e6f23bc4c1f11	92,4 %	0,0 %	6,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,8 %	100,0 %	Grassilage
da5c37ee1e41ed1457cb089550799c39	93,2 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	6,8 %	100,0 %	Grassilage
d695db7e6d1b235f585d46d3839cdf48	93,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	6,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
4fc509810f42a8824686f17e115e2fbe	95,0 %	0,0 %	5,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
2a4d811f4283465c5aba7fe31752bcb1	95,6 %	0,0 %	4,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
74348e30fbaff4fa6377866e382c1a2b	99,7 %	0,0 %	0,0 %	0,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Grassilage
084fca71340f924177a6bf688a59a9d6	38,5 %	16,7 %	37,2 %	4,9 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,7 %	100,0 %	Heu
ffdf8397f6d6ab87c387872bc644184a	35,1 %	23,8 %	38,1 %	1,3 %	0,9 %	0,0 %	0,8 %	0,0 %	100,0 %	Heu
8b17b3fd985d6b6b76d4b48a590b0622	30,6 %	30,4 %	38,9 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Heu
018a12b4a297a4980a5fd912f05642c3	44,7 %	10,7 %	44,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Heu

eb62324977feacc0d42be2c8dea845f5	0,0 %	49,3 %	50,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Heu
d1fc2aeeb3218709ef8c6140dfb475cd	0,0 %	48,0 %	52,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Heu
6738440ec0f1830c717b296b02cb2aa2	0,0 %	43,1 %	56,9 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Heu
007d487a361cf872edd82eeb56b8affd	10,1 %	4,2 %	57,8 %	16,2 %	0,0 %	11,7 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Heu
c9439901aeb6cc91680c4de64ef532a4	0,0 %	42,1 %	57,9 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Heu
359ae043720d6fbcad610b0331024033	27,7 %	0,0 %	58,3 %	4,8 %	0,0 %	2,8 %	0,0 %	6,5 %	100,0 %	Heu
63d85dcd297b9f78a194ad12600696fc	0,0 %	41,7 %	58,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Heu
3153fc092435935704f3bd482a900389	0,0 %	34,1 %	58,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	7,1 %	0,0 %	100,0 %	Heu
a31ba97a9ab1d23a952386e576143b40	13,7 %	26,9 %	59,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Heu
97ff2112fb47894dc76c7e27ead31c6f	0,0 %	35,0 %	65,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Heu
a2c4a18c5f69c190222ef70cf81793ad	0,0 %	32,0 %	67,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,7 %	100,0 %	Heu
17e727fdc530209950368cb3f4d135ac	23,1 %	0,7 %	69,2 %	7,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Heu
1e6126ef8456c7c0f1662e1b8b1d420c	0,0 %	23,6 %	69,9 %	6,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Heu
34a348f6e4ee84c2ec31ec139387d048	0,0 %	28,6 %	71,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Heu
c71151c296fabc72d5faa687cbba0a92	0,0 %	24,5 %	75,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Heu
809dcb19f78c2ab87b25ac26c798f902	0,0 %	23,1 %	76,9 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Heu
606d4d68b3df3d595c923d75010f8d0b	0,0 %	16,9 %	83,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Heu
e114e86496147fc71f0f66a1c2890736	44,4 %	8,6 %	15,9 %	25,2 %	5,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Maissilage
78a0a060cd4bf119b017103a30b81419	44,1 %	0,0 %	16,3 %	27,8 %	7,8 %	3,9 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Maissilage
0e57051fa684f6204aa822bbb8bc8af4	58,0 %	0,0 %	8,1 %	33,6 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,3 %	100,0 %	Maissilage
bbfce1f2cd113ce91fa4a4438f650ae5	61,2 %	0,0 %	0,0 %	33,6 %	0,0 %	3,6 %	0,0 %	1,6 %	100,0 %	Maissilage
bb5ea4e0cab3b45cb033f5c7c64a8e06	55,3 %	0,0 %	10,9 %	33,9 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Maissilage
193ed60f30a42fa0b612c8216132fee3	58,0 %	0,0 %	7,6 %	34,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Maissilage
42e1811cf3d69fe7ca4f28834eff4642	54,0 %	0,0 %	11,5 %	34,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Maissilage
a20ee675296a31882fd3be88e755847a	37,7 %	0,0 %	27,7 %	34,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Maissilage
953d8293ae495cb2bd95ae51ba794891	65,4 %	0,0 %	0,0 %	34,6 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Maissilage
3e40f165544c86429490633816d73da1	41,9 %	13,1 %	7,0 %	37,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,7 %	100,0 %	Maissilage
0c18cc8bd720375ae9c2bb0e4e6c674b	51,1 %	0,0 %	8,0 %	37,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	3,5 %	100,0 %	Maissilage
82542adcfd6b5239725d07a52fa0575d	45,3 %	0,0 %	4,8 %	37,5 %	7,4 %	0,0 %	2,6 %	2,4 %	100,0 %	Maissilage
ef5fa25f8b8120f2e56471ba8aecccbf	52,1 %	0,0 %	5,1 %	38,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	4,2 %	100,0 %	Maissilage

c20e7cbce08ef09df369455402af6a92	53,7 %	0,0 %	2,6 %	39,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	4,7 %	100,0 %	Maissilage
39eaf29074e1595249da90b9652be016	57,7 %	0,0 %	0,8 %	40,6 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,9 %	100,0 %	Maissilage
fa79fc1ed651709b9b7abf695b77a8b5	50,0 %	0,0 %	0,0 %	41,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	8,7 %	100,0 %	Maissilage
cded58e4a5af00a7ca79c35d16b9e9d9	46,8 %	0,0 %	7,3 %	41,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	4,1 %	100,0 %	Maissilage
f0b48ed1f00924794bbab7763f07a934	31,0 %	0,0 %	11,5 %	43,2 %	12,5 %	0,0 %	0,0 %	1,7 %	100,0 %	Maissilage
37920f0bd83843f411fa6c279b20c248	16,6 %	0,0 %	11,5 %	43,8 %	24,0 %	2,5 %	1,6 %	0,0 %	100,0 %	Maissilage
613f8afcb8c58f5995dc963d8810567c	46,0 %	0,0 %	4,0 %	45,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	5,0 %	100,0 %	Maissilage
0f44f0a6050c0728ea1f0d2fa2b62bcb	47,5 %	0,0 %	5,4 %	45,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,0 %	100,0 %	Maissilage
5a0057c1afcc842d196d709db19207b4	35,4 %	0,0 %	0,0 %	45,6 %	0,0 %	13,8 %	0,0 %	5,1 %	100,0 %	Maissilage
e563ab5e8917a8dd8e4dad71067fd907	39,7 %	0,0 %	11,8 %	45,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,8 %	100,0 %	Maissilage
722f16e6f4571222b5e56b84b3fb530e	50,8 %	0,0 %	0,0 %	48,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	1,0 %	100,0 %	Maissilage
55f519611d1914ccec0f606d9d0dabd3	39,2 %	6,2 %	5,2 %	48,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,5 %	100,0 %	Maissilage
87c61780f0b0c0e7eee5895e263c2769	40,6 %	0,0 %	0,0 %	49,2 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	10,2 %	100,0 %	Maissilage
2e1d18155d08f7195e9d58435e4252e6	47,0 %	0,0 %	0,0 %	50,2 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,9 %	100,0 %	Maissilage
9786083f659b096d5ce48fbe11506db7	43,4 %	0,0 %	0,0 %	51,9 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	4,7 %	100,0 %	Maissilage
fff7772a338253e568cc075d2e1422cb	37,5 %	0,0 %	3,8 %	56,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	1,9 %	100,0 %	Maissilage
d3f24f24bd38f8516da5ccd5664a44cb	30,6 %	0,0 %	1,7 %	64,5 %	3,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	Maissilage
c2bdd04c3339f1cbf2f26934a4aaa48c	24,8 %	0,0 %	8,7 %	65,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	1,0 %	100,0 %	Maissilage