

**Vergleich von deutschen und
neuseeländischen Milchproduktionssystemen
mit dem Schwerpunkt Tiergesundheit**

von Helen Schweizer

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

**Vergleich von deutschen und neuseeländischen
Milchproduktionssystemen mit dem Schwerpunkt
Tiergesundheit**

von
Helen Schweizer
aus Mutlangen

München 2020

Aus dem Lehr- und Versuchsgut der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Arbeit angefertigt unter der Leitung von
Prof. Dr. Armin M. Scholz

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

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

Berichterstatter: Prof. Dr. Armin M. Scholz

Korreferenten: Univ.-Prof. Dr. Rolf Mansfeld
Priv.-Doz. Dr. Kristina Schauer
Univ.-Prof. Dr. Michael H. Erhard
Priv.-Doz. Dr. Ivica Međugorac

Tag der Promotion: 08. Februar 2020

Für meinen Mann
und meine Familie

*“Vertraue auf den HERRN von ganzem Herzen,
und verlasse dich nicht auf deinen Verstand,
sondern gedenke an ihn in allen deinen Wegen,
so wird er dich recht führen.”*

Sprüche 3; 5-6

Inhalt

Symbole, Abkürzungen, Indizes.....	xi
Abbildungsverzeichnis	xiii
Tabellenverzeichnis	xvii
1 Einleitung.....	1
2 Literatur.....	3
2.1 Untersuchte Parameter und Scoring-Systeme.....	3
2.1.1 Rückenfettdicke (RFD)	6
2.1.2 Body-Condition-Score (BCS).....	10
2.1.3 Lahmheitsscoring (LHS)	20
2.1.4 Milchwirtschaft, Milchleistung (ML) und Inhaltsstoffe der Milch	25
2.1.5 Somatische Zellzahl (SCC).....	35
2.2 Wichtige sonstige milchkuhassoziierte Krankheiten.....	39
2.2.1 Stoffwechselkrankheiten.....	39
2.3 Beziehungen zwischen den (untersuchten) Parametern und zwischen Parametern und milchkuhassoziierten Krankheiten	43
3 Material und Methoden	49
3.1 Auswahl der Beispielbetriebe.....	49
3.2 Tiere.....	53
3.2.1 Rassen/Kreuzungszuchtlinien	53
3.2.2 Rückenfettdicke (RFD)	56

3.2.3	Body-Condition-Score (BCS)	57
3.2.4	Lahmheitsscore (LHS)	59
3.2.5	Milchleistung (ML)	59
3.2.6	Somatische Zellzahl (SCC)	60
3.3	Anzahl der Untersuchungen	60
3.4	Statistik	62
3.4.1	Statistisches Modell	62
3.4.2	Einteilung der Modelle	63
4	Ergebnisse	65
4.1	Untersuchte Parameter	67
4.1.1	Rückenfettdicke (RFD)	67
4.1.2	Body-Condition-Score (BCS)	69
4.1.3	Lahmheitsscore (LHS)	72
4.1.4	Milchleistung (ML)	75
4.1.5	Somatische Zellzahl (SCC)	77
4.1.6	Somatischer Zellscore (SCS)	78
4.1.7	Alter	80
4.2	Beziehungen zwischen den Parametern	83
5	Diskussion	93
5.1	Material und Methoden	93
5.2	Ergebnisse	96
5.2.1	Fixer Effekt „Land“	96
5.2.2	Fixer Effekt „Rasse/Kreuzung“	101
5.2.3	Fixer Effekt „Laktationsnummer“	107
5.2.4	Fixer Effekt „Melkfrequenz“	113
5.2.5	Kovariable „Laktationstag x Laktationstag“	116

5.2.6 Beziehungen zwischen den Parametern	122
5.2.7 Vorteile und Nachteile beider Systeme sowie Verbesserungsvorschläge	125
6 Zusammenfassung.....	129
7 Summary.....	133
Literaturverzeichnis	137
Anhang: Modell Deutschland (D).....	153
Anhang: Modell Neuseeland (N)	157
Anhang: Beziehungen zwischen den Parametern.....	161
Danksagung	163

Symbole, Abkürzungen, Indizes

Abkürzungen

BCS	Body-Condition-Score/Body-Condition-Scoring
BHB	Beta-Hydroxybutyrat
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
d	day (Tag)
D	Deutschland
DFV	Deutsches Fleckvieh
DH	Deutsches Holstein
DMI	dry matter intake (Trockensubstanzaufnahme)
Ggf.	Gegebenenfalls
HF	Holstein Friesian
KGW	Körpergewicht
Kiwi Cross	Kreuzung aus N Holstein Friesian und Jersey
l	liter (Liter)
LHS	Lahmheitsscore
LNR	Laktationsnummer
logZZ	Somatische Zellzahl logarithmiert
LSM	Kleinste Quadrate Mittelwerte (Least Squares Means)
Mio.	Millionen
ML	Milchleistung
MLP	Milchleistungsprüfung
N	Neuseeland
n.v.	nicht vorhanden
n.d.	nicht definiert
p.p.	post partum
RFD	Rückenfettdicke

RMSE	Wurzel der mittleren Fehlerquadratsumme (Root Mean Square Error)
SCC	somatic cell count (somatische Zellzahl)
SCS	somatic cell score (somatischer Zellscore)
SEE	Standardschätzfehler (standard error of estimation)
SEM	Standardfehler des Schätzwertes (standard error of the mean)
u.a.	unter anderem
USA	Vereinigte Staaten von Amerika
VAE	Vereinigte Arabische Emirate
vgl.	vergleiche
XMM	Milchrassenkreuzung (ohne Kiwi Cross)
z. B.	zum Beispiel

Definitionen

Der *Heterosiseffekt* beschreibt die Differenz zwischen der beobachteten Leistung der F₁-Generation und der durchschnittlichen Leistung der Ausgangslinien bzw. Rassen aus der Parental-Generation.

Heterosiseffekt (%) = Leistung F₁-Kreuzungsnachkommen / MPV *100 (MPV = *Midparentvalue* = durchschnittliche Leistung der Elterngeneration bestehend aus zwei verschiedenen Rassen oder Zuchtlinien)

Heterosiseffekt (absolut) = Leistung F₁ – MPV

Der *Root Mean Square Error (RMSE)* beschreibt, wie gut die Schätzfunktion die berücksichtigten Daten abbildet. Er wird aus der Quadratwurzel des durchschnittlichen Prognosefehlers berechnet. Je kleiner der RMSE ist, desto besser ist die Anpassung des Modells.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Ultraschallbild der Rückenfettdicke (RFD) eines Rindes.....	6
Abb. 2:	Konditionsbeurteilung von Milchkühen, modifiziert nach Edmonson et al. (1989).....	14
Abb. 3:	Body-Condition-Scoring nach Macdonald und Roche (2011)	16
Abb. 4:	Body-Condition-Scoring nach Earle (1982).....	17
Abb. 5:	Body-Condition-Score (BCS)-Verlauf von Deutschen Holsteins	18
Abb. 6:	Body-Condition-Score (BCS)-Verlauf von Deutschem Fleckvieh...	19
Abb. 7:	Lahmheitsscoring nach Sprecher et al. (1997)	23
Abb. 8:	Milchviehherde im Wartehof vor dem Melkstand	24
Abb. 9:	Milchviehherde auf dem Weg vom Melkstand auf die Weide.....	25
Abb. 10:	Exporte von Milch und Milchprodukten	26
Abb. 11:	Importe von Milch und Milchprodukten	26
Abb. 12:	Neuseeland: Saisonale Milchproduktion, Anzahl an Milchkühen und durchschnittlicher Ab-Hof-Milchpreis.....	29
Abb. 13:	Verlauf der Zeitkurven von Körpergewicht, Futteraufnahme und Laktationsleistung bei der Milchkuh	40
Abb. 14:	Koppelung von Glukoneogenese und Lipomobilisation innerhalb des Energiestoffwechsels beim Rind	41
Abb. 15:	Wichtige Regionen deutscher Milchwirtschaft.....	50
Abb. 16:	Wichtige Region neuseeländischer Milchwirtschaft	52

Abb. 17:	Beispiel für eine Färsen- bzw. Kalbinnengruppe von Kiwi Cross-Rindern.....	54
Abb. 18:	Fixierung in der Liegebox in Deutschland.....	55
Abb. 19:	Fixierung im Untersuchungsgang in Neuseeland	55
Abb. 20:	Ultraschallgerät KX5200 der Firma Kaixin mit 6,5 MHz Sonde.....	56
Abb. 21:	Messpunkt der Rückenfettdickenmessung nach Staufenbiel und Schröder (2004).....	56
Abb. 22:	Eigene Beispiele aus der Body-Condition-Score (BCS)-Bewertung	58
Abb. 23:	Lahmheitsscoring in Neuseeland.....	59
Abb. 24:	Effekt der Laktationsnummer (LNR) auf den Lahmheitsscore (LHS) (LMS \pm SEE) – Modell D x N	74
Abb. 25:	Bedeutung der Laktationsnummer (LNR) für den somatischen Zellscore (SCS) (LSM \pm SEE) – Modell D x N	80
Abb. 26:	Beziehung zwischen Body-Condition-Score (BCS) und Rückenfettdicke (RFD) in Deutschland (•) und Neuseeland (◇) ...	83
Abb. 27:	Beziehung zwischen Body-Condition-Score (BCS) und Milchleistung (ML) in Deutschland (•) und Neuseeland (◇).....	84
Abb. 28:	Beziehung zwischen Body-Condition-Score (BCS) und Milchleistung (ML) in Deutschland (•).....	85
Abb. 29:	Beziehung zwischen Body-Condition-Score (BCS) und Milchleistung (ML) in Neuseeland (◇)	86
Abb. 30:	Beziehung zwischen Milchleistung (ML) und Rückenfettdicke (RFD) in Deutschland (•) und Neuseeland (◇)	87
Abb. 31:	Beziehung zwischen Milchleistung (ML) und Rückenfettdicke (RFD) in Deutschland (•)	88
Abb. 32:	Beziehung zwischen Milchleistung (ML) und Rückenfettdicke (RFD) in Neuseeland (◇).....	88
Abb. 33:	Beziehung zwischen Milchleistung (ML) und Lahmheitsscore (LHS) in Deutschland (•) und Neuseeland (◇)	89

Abb. 34:	Beziehung zwischen somatischem Zellscore (SCS) und Milchleistung (ML) in Deutschland (•) und Neuseeland (◇).....	90
Abb. 35:	Beziehung zwischen Body-Condition-Score (BCS) und Lahmheitsscore (LHS) in Deutschland (•) und Neuseeland (◇)	91
Abb. 36:	Beziehung zwischen somatischem Zellscore (SCS) und Body-Condition-Score (BCS) in Deutschland (•) und Neuseeland (◇) ...	92
Abb. 37:	Zusammensetzung des ökonomisch gewichteten, rasseübergreifenden Gesamtzuchtwerts („Breeding Worth“) in Neuseeland.....	99
Abb. 38:	Beispielbild von Kühen in Neuseelands Weidehaltung bei trockenem Wetter.....	100
Abb. 39:	Effekt der Laktationsnummer (LNR) auf die Rückenfettdicke (RFD) (LMS ± SEE) – Modell D x N.....	108
Abb. 40:	Effekt der Laktationsnummer (LNR) auf den Body-Condition-Score (BCS) (LMS ± SEE) – Modell D x N.....	108
Abb. 41:	Effekt der Laktationsnummer (LNR) auf die Milchleistung (ML) (LMS ± SEE) – Modell D x N.....	109
Abb. 42:	Effekt der Laktationsnummer (LNR) auf den Lahmheitsscore (LHS) in Deutschland (•) und Neuseeland (◇) (LMS ± SEE) – Modell D und Modell N (siehe Anhang).....	111
Abb. 43:	Effekt der Laktationsnummer (LNR) auf die Rückenfettdicke (RFD) in Deutschland (•) und Neuseeland (◇) (LMS ± SEE) – Modell D und Modell N (siehe Anhang).....	112
Abb. 44:	Effekt der Laktationsnummer (LNR) auf den Body-Condition-Score (BCS) in Deutschland (•) und Neuseeland (◇) (LMS ± SEE) – Modell D und Modell N (siehe Anhang)	112
Abb. 45:	Effekt der Laktationsnummer (LNR) auf die Milchleistung (ML) in Deutschland (•) und Neuseeland (◇) (LMS ± SEE) – Modell D und Modell N (siehe Anhang).....	113
Abb. 46:	Verlauf der Milchleistung (ML) in Abhängigkeit vom Laktationstag (LT) in Deutschland (•)	118

Abb. 47:	Verlauf der Milchleistung (ML) in Abhängigkeit vom Laktationstag (LT) in Neuseeland (◇)	119
Abb. 48:	Verlauf der Rückenfettdicke (RFD) in Abhängigkeit vom Laktationstag (LT) in Deutschland (●)	119
Abb. 49:	Verlauf der Rückenfettdicke (RFD) in Abhängigkeit vom Laktationstag (LT) in Neuseeland (◇).....	120
Abb. 50:	Verlauf des somatischen Zellscores (SCS) in Abhängigkeit vom Laktationstag (LT) in Neuseeland (◇).....	121
Abb. 51:	Verlauf des somatischen Zellscores (SCS) in Abhängigkeit vom Laktationstag (LT) in Deutschland (●)	121
Abb. 52:	Beispiel des Baus eines überdachten Ausfutterplatzes und Abkalbebereiches	125
Abb. 53:	Beziehung zwischen Body-Condition-Score (BCS) und Milchleistung (ML) in Deutschland (●); nur Deutsche Holsteins.....	161
Abb. 54:	Beziehung zwischen somatischem Zellscore (SCS) und Milchleistung (ML) in Deutschland (●); nur Deutsche Holsteins ...	162

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Abgangsgründe deutscher Milchkühe.....	5
Tabelle 2: Rassebezogene Veränderung des Körpergewichts bei Änderung einer Body-Condition-Score (BCS) Einheit	20
Tabelle 3: Weltmilcherzeugung (ausgewählte Länder).....	28
Tabelle 4: Milchleistung und Milchinhaltstoffe in Deutschland (D) und Neuseeland (N).....	31
Tabelle 5: Herdenanteile pro Betriebsstruktur in der Saison 2017/18.....	34
Tabelle 6: Beurteilung zytologisch-mikrobiologischer Befunde im Rahmen der Mastitis-Kategorisierung.....	36
Tabelle 7: Laktationsübersicht pro Kuh und Region in 2017/18.....	37
Tabelle 8: Zellzahlen der Milchkühe, differenziert nach Zellzahlklassen und Bundesland	38
Tabelle 9: Regressionsschätzwerte (SEM) der Milchleistung und Reproduktionsmerkmale bei Erhöhung des Body-Condition-Scores (BCS) um einen Scorepunkt	46
Tabelle 10: Anzahl der Beobachtungen und Anzahl der statistisch verwendeten Beobachtungen (in Klammern) pro Parameter und Land.....	61
Tabelle 11: Übersichtstabelle zu den Ergebnissen der Varianzanalyse für das Modell D x N (LSM ± SEE).....	66
Tabelle 12: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für die Rückenfettdicke (RFD) – Modell D x N	67

Tabelle 13: Rückenfettdicke (RFD) in Deutschland (D) und Neuseeland (N) (LSM \pm SEE) – Modell D x N	67
Tabelle 14: Interaktion Land x Rasse bzw. Kreuzung in Bezug auf die Rückenfettdicke (RFD) (LSM \pm SEE) – Modell D x N	68
Tabelle 15: Einfluss der Melkfrequenz (MF) auf die Rückenfettdicke (RFD) in Deutschland (D) und Neuseeland (N) (LSM \pm SEE) – Modell D x N	69
Tabelle 16: Einfluss der Laktationsnummer (LNR) auf die Rückenfettdicke (RFD) (LSM \pm SEE) – Modell D x N	69
Tabelle 17: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für den Body-Condition-Score (BCS) – Modell D x N	70
Tabelle 18: Body-Condition-Score (BCS) in Deutschland (D) und Neuseeland (N) (LSM \pm SEE) – Modell D x N	70
Tabelle 19: Interaktion Land x Rasse bzw. Kreuzung in Bezug auf den Body- Condition-Score (BCS) (LSM \pm SEE) – Modell D x N.....	71
Tabelle 20: Einfluss der Melkfrequenz (MF) auf den Body-Condition-Score (BCS) in Deutschland (D) und Neuseeland (N) (LSM \pm SEE) – Modell D x N.....	71
Tabelle 21: Einfluss der Laktationsnummer (LNR) auf den Body-Condition- Score (BCS) (LSM \pm SEE) – Modell D x N	72
Tabelle 22: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für den Lahmheitsscore (LHS) – Modell D x N	72
Tabelle 23: Lahmheitsscore (LHS) in Deutschland (D) und Neuseeland (N) (LSM \pm SEE) – Modell D x N	73
Tabelle 24: Interaktion Land x Rasse bzw. Kreuzung in Bezug auf den Lahmheitsscore (LHS) (LSM \pm SEE) – Modell D x N.....	73
Tabelle 25: Einfluss der Melkfrequenz (MF) auf den Lahmheitsscore (LHS) in Deutschland (D) und Neuseeland (N) (LSM \pm SEE) – Modell D x N	74
Tabelle 26: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für die Milchleistung (ML) – Modell D x N	75

Tabelle 27: Milchleistung (ML) in Deutschland (D) und Neuseeland (N) (LSM \pm SEE) – Modell D x N.....	75
Tabelle 28: Interaktion Land x Rasse bzw. Kreuzung in Bezug auf die Milchleistung (ML) (LSM \pm SEE) – Modell D x N.....	76
Tabelle 29: Einfluss der Melkfrequenz (MF) auf die Milchleistung (ML) in Deutschland (D) und Neuseeland (N) (LSM \pm SEE) – Modell D x N	77
Tabelle 30: Einfluss der Laktationsnummer (LNR) auf die Milchleistung (ML) (LSM \pm SEE) – Modell D x N.....	77
Tabelle 31: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für den somatischen Zellscore (SCS) – Modell D x N	78
Tabelle 32: Somatischer Zellscore (SCS) in Deutschland (D) und Neuseeland (N) (LSM \pm SEE) – Modell D x N.....	78
Tabelle 33: Interaktion Land x Rasse bzw. Kreuzung in Bezug auf den somatischen Zellscore (SCS) (LSM \pm SEE) – Modell D x N	79
Tabelle 34: Einfluss der Melkfrequenz (MF) auf den somatischen Zellscore (SCS) in Deutschland (D) und Neuseeland (N) (LSM \pm SEE) – Modell D x N	80
Tabelle 35: Alter der Kühe in Deutschland (D) und Neuseeland (N) (LSM \pm SEE) – Modell D x N.....	81
Tabelle 36: Alter der Kühe der verschiedenen Rassen bzw. Kreuzungen (LSM \pm SEE) – Modell D x N.....	81
Tabelle 37: Alter der Kühe in verschiedenen Klassen mit unterschiedlicher Melkfrequenz in Deutschland (D) und Neuseeland (N) (LSM \pm SEE) – Modell D x N	82
Tabelle 38: Alter der Kühe in verschiedenen Laktationen (LNR) (LSM \pm SEE) – Modell D x N	82
Tabelle 39: Milchleistung (ML) im Rassenvergleich in dieser Studie und in der Literatur.....	106
Tabelle 40: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für die Rückenfettdicke (RFD) – Modell D.....	153

Tabelle 41: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für den Body-Condition-Score (BCS) – Modell D.....	153
Tabelle 42: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für den Lahmheitsscore (LHS) – Modell D.....	154
Tabelle 43: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für die Milchleistung (ML) – Modell D	154
Tabelle 44: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für die somatische Zellzahl (SCC) – Modell D	154
Tabelle 45: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für den somatischen Zellscore (SCS) – Modell D	155
Tabelle 46: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für das Alter – Modell D	155
Tabelle 47: Ergebnisse der Varianzanalyse für das Modell D (LSM ± SEE) ..	156
Tabelle 48: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für die Rückenfettdicke (RFD) – Modell N	157
Tabelle 49: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für den Body-Condition-Score (BCS) – Modell N.....	157
Tabelle 50: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für den Lahmheitsscore (LHS) – Modell N.....	158
Tabelle 51: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für die Milchleistung (ML) – Modell N	158
Tabelle 52: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für die somatische Zellzahl (SCC) – Modell N	158
Tabelle 53: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für den somatischen Zellscore (SCS) – Modell N	159
Tabelle 54: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für das Alter – Modell N	159
Tabelle 55: Ergebnisse der Varianzanalyse für das Modell N (LSM ± SEE) ..	160

1 Einleitung

Die Milchproduktion weltweit ist ein Themengebiet, das zahlreiche Interessengruppen aus Wirtschaft, Politik, Tier- und Umweltschutz, Landwirtschaft und auch aus der Bevölkerung beschäftigt. Der Milchkonsum und infolgedessen auch die Milchproduktion weltweit sind seit den letzten Jahren konstant angestiegen. Im Jahr 2001 betrug der weltweite Milchkonsum 589 Mio. Tonnen, 2008 waren es bereits 693,5 und in 2018 834,6 Mio. Tonnen Milch (Statista 2019b). Auch in Drittländern und Schwellenländern wächst die Nachfrage nach Milch und Milchprodukten stetig (Statistisches Bundesamt 2010). Dem Export von Milchprodukten im globalen Milchmarkt kommt dabei eine bedeutende Rolle zu. Diese wichtige Rolle nehmen die weltweiten Hauptexporteure von Milchprodukten, Deutschland und Neuseeland, ein (Food and Agriculture Organisation of the United Nations 2017, IUF Dairy Industry Research 2012, Lindena und Lassen 2016, Shadbolt und Apparao 2016). Um im globalen Milchmarkt bestehen zu können, gibt es zahlreiche Anforderungen an die moderne Landwirtschaft. Diese erfordern wirtschaftliches Arbeiten sowie steigende Leistungen bei gleichsam hohem Niveau an Tierwohl und Tiergesundheit. Um diesen Anforderungen nachzukommen, sollte der Fokus auf der Gesundheit und dem Wohlergehen des eigentlichen Produzenten der Milch liegen - der Milchkuh. Daher liegt der Fokus dieser Arbeit auf der Analyse und dem Vergleich von Leistungs- und Gesundheitsparametern deutscher und neuseeländischer Milchkühe. Dabei werden deutsche und neuseeländische Betriebe besucht und die Rückenfettdicke, der Body-Condition-Score, der Lahmheitsscore, die Milchleistung sowie die somatische Zellzahl in der Milch erfasst und verglichen. Bei der Aufnahme der Parameter werden nicht-invasive Messmethoden verwendet, welche somit im praktischen Alltag sowohl vom Tierarzt in der Bestandsbetreuung als auch vom Landwirt durchgeführt werden können.

Die große Unterschiedlichkeit der Milchproduktionssysteme beider Länder macht den Vergleich interessant: In Deutschland leben die meisten Kühe in Stallhaltung (Statistisches Bundesamt 2010). Im Gegensatz dazu werden neuseeländische Milchkühe fast ausschließlich auf der Weide gehalten und nur zum Melken zum Melkstand getrieben. In Deutschland wird in der Zucht auf eher großrahmige und leistungsstarke Milchkühe mit Milchleistungen bis zu 40 l pro Tag gesetzt, in Neuseeland hingegen sind die Kühe klein, leicht (Schori und Münger 2009) und geben im Schnitt nur ca. 18 l Milch pro Tag (DairyNZ und LIC 2018). Die mit den Systemen der beiden Länder einhergehenden Vor- und Nachteile werden im Rahmen der vorliegenden Arbeit ebenfalls betrachtet.

2 Literatur

In diesem Kapitel werden die Historie und der aktuelle Stand der Forschung zu den untersuchten Parametern, den Scoringssystemen sowie den mit den Parametern in Verbindung stehenden Krankheiten dargelegt. Außerdem werden die internationale Milchwirtschaft sowie Besonderheiten des neuseeländischen Haltungssystems beschrieben.

2.1 Untersuchte Parameter und Scoring-Systeme

Um den gesundheitlichen Status der Tiere zu erfassen und zu überwachen, gibt es verschiedene Parameter. Zu diesen gehören z. B. der Body-Condition-Score (BCS) und die Rückenfettdicke (RFD), welche die Körperkondition der Milchkühe widerspiegeln (Staufenbiel und Schröder 2004). Die Körperkondition von Milchkühen hat eine bedeutende Rolle im Zusammenhang mit der Entstehung einiger milchkuhassoziierter Krankheiten (siehe Abschnitt 2.3). Auch der Lahmheitsscore (LHS), welcher Rückschlüsse auf die Klauengesundheit zulässt und damit als Indikator für Klauenerkrankungen dient (Aurich und Baumgartner 2009), findet Verwendung als Parameter zur Beurteilung der Tiergesundheit; ebenso die somatischen Zellzahlen (SCC) in der Milch, welche Hinweise auf die Eutergesundheit geben. Die genannten Parameter werden im Rahmen dieser Arbeit zur Bewertung der Tiergesundheit verwendet und im folgenden Abschnitt 2.1 detailliert dargestellt.

Als Auswirkung einer schlechten Tiergesundheit treten verschiedene Krankheiten auf, die im schlimmsten Fall zum Abgang der Kuh aus der Herde führen. Einen Überblick über die Abgangsgründe deutscher Milchkühe im Zeitraum von 1970 bis 2018 ist in Tabelle 1 dargestellt. Bezüglich der

Milchleistung wird deutlich, dass in den letzten 45 Jahren die Anzahl der Tiere, welche die Herde aufgrund von einer zu geringen Leistung verlassen mussten, um mehr als die Hälfte gesunken ist, was auf die Zucht und die Selektion auf hohe Milchleistung zurückzuführen ist. Jedoch hat die Anzahl an Tieren, die wegen Euterkrankheiten und Klauenerkrankungen bzw. Erkrankungen der Gliedmaßen abgingen, deutlich zugenommen. Diese Gründe zählen zusammen mit den Sterilitäten zu den Hauptabgangsursachen deutscher Milchkühe. Auf die Krankheiten wird in Abschnitt 2.2 näher eingegangen.

Tabelle 1: Abgangsgründe deutscher Milchkühe im Zeitraum von 1970 bis 2018
(Bundesverband Rind und Schwein e. V. 2019b)

Jahr	Abgänge von MLP-Kühen	Abgänge in % der MLP-Kühe	Zucht	Alter	geringe Leistung	Sterilität	sonstige Krankheiten	Euterkrankheiten	schlechte Melkbarkeit	Klaunen/Gliedmaßenkrankheiten	Stoffwechsel	Weitere
1970	672.580	30,9	9,6	8,2	17,0	31,0	1,5	4,7	1,4	2,3	2,0	22,3
1980	779.777	29,8	5,8	10,2	14,4	29,3	2,3	8,7	1,8	4,4	n.v.	23,1
1990	923.781	33,7	8,6	8,6	8,0	26,4	5,2	12,3	1,9	6,8	n.v.	22,2
2000	1.495.936	39,9	11,2	3,6	8,5	19,6	5,9	15,2	2,0	9,4	n.v.	24,6
2005	1.380.727	39,6	11,0	3,5	7,3	20,8	6,6	15,1	2,2	9,7	3,2	20,6
2010	1.279.922	37,5	11,7	3,4	6,3	20,4	5,6	14,3	2,1	10,5	3,6	22,2
2011	1.257.552	36,2	9,8	3,5	6,5	20,9	6,6	14,3	2,1	11,0	3,7	21,5
2012	1.258.622	35,5	9,4	3,5	6,5	21,1	6,6	14,9	2,2	11,0	3,7	21,0
2013	1.234.999	34,7	10,2	3,5	6,7	21,5	6,8	14,3	2,1	10,9	8,4	15,6
2014	1.288.032	35,0	10,9	3,3	6,9	21,2	6,7	14,2	2,3	11,1	3,5	19,9
2015	1.400.600	37,7	11,6	3,3	6,3	19,4	11,8	13,3	2,2	10,0	3,3	18,8
2016	1.411.006	41,8	12,3	3,5	6,8	19,7	6,6	14,0	2,4	10,0	4,3	20,4
2017	1.296.280	37,4	13,2	3,7	7,0	20,4	6,3	13,5	2,3	10,9	3,5	19,0
2018	1.329.741	37,0	11,6	3,8	6,8	19,8	6,7	13,8	2,4	11,6	8,9	14,6

n.v.=nicht vorhanden

2.1.1 Rückenfettdicke (RFD)

Die Rückenfettdicke bezeichnet die Fettdicke zwischen der Hautoberfläche und der Fascia trunci profunda (siehe Abb. 1).

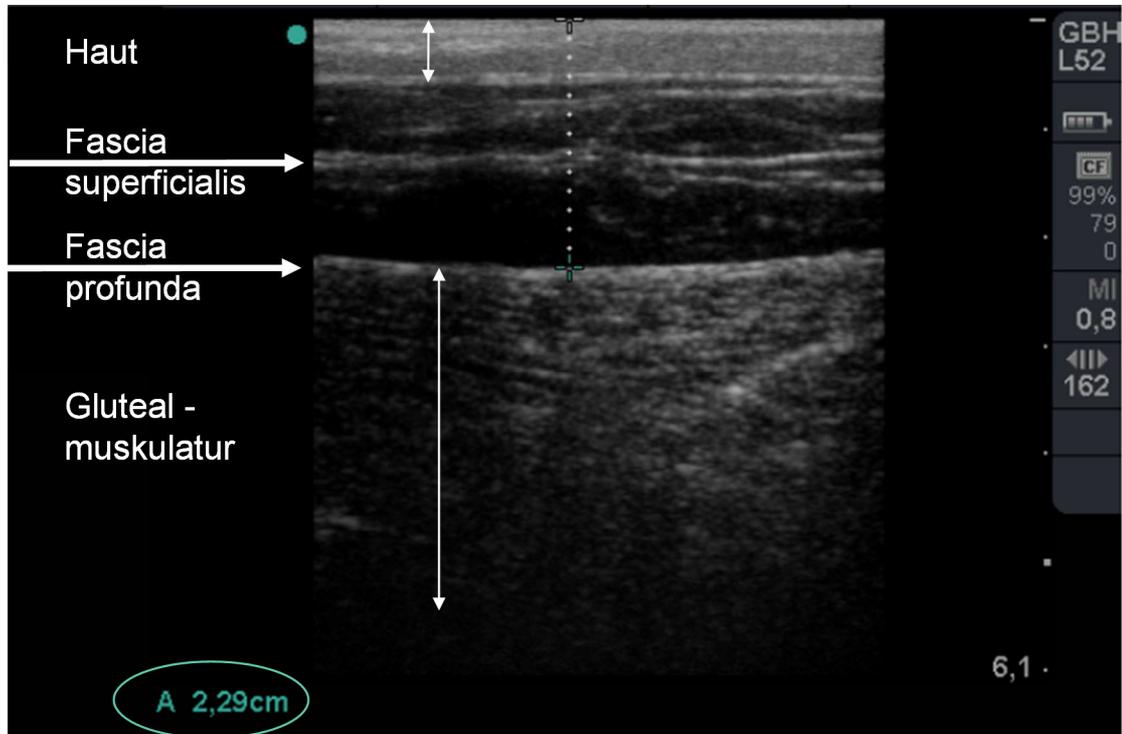


Abb. 1: Ultraschallbild der Rückenfettdicke (RFD) eines Rindes (2,29 cm RFD)

Diese Faszie liegt der Muskulatur auf und stellt den Beginn des subkutanen Fettes dar. Im Ultraschallbild ist sie als weiße, echogene Linie zu sehen, welche sich horizontal durch das Bild zieht. Die Haut wird bei der Rückenfettdickenmessung miteinbezogen, was bei den Angaben zur tatsächlichen Rückenfettdicke beachtet werden muss. Die Dicke der Haut beträgt normalerweise ca. 5-6 mm (Schröder und Staufenbiel 2006).

Der Punkt, an welchem die Rückenfettdicke die höchste Korrelation ($r=0,9$) mit dem gesamten Körperfett des Rindes hat, wird von Schröder und Staufenbiel (2006) auf der Verbindungslinie vom Hüfthöcker (tuber sacrale) zum Sitzbeinhöcker (tuber ischiadicum) eine Handbreit cranial des Sitzbeinhöckers beschrieben (siehe Abb. 21).

Die Entwicklung der Rückenfettdicke (RFD)-Messung

Die Rückenfettdickenmessung wurde ursprünglich bei Fleischrindern verwendet, um das Gesamtkörperfett des Schlachtkörpers vorherzusagen (Brethour 1992, Robinson et al. 1992). Gemessen wird meist im Bereich der 12.-13. Rippe, über dem Muskel Longissimus dorsi oder im Bereich der Glutealmuskulatur. Im Jahr 1995 wird in der Studie von Domecq et al. (1995) bei Milchkühen die Beziehung zwischen den mittels Ultraschallmessungen an verschiedenen Körperstellen ermittelten Rückenfettdicken untersucht, wobei der Lendenbereich, die Hüftregion und der Schwanzansatz als mögliche Messstellen für die RFD-Messung identifiziert werden. Die engste Korrelation ($r=0,86$) besteht zwischen der rechten und linken Seite der Hüfte. Somit ist eine Seite für die Bewertung der RFD ausreichend. Die Untersuchung der Beziehung zwischen dem BCS und Ultraschallmessungen der RFD von subkutanem Fett an bestimmten Körperstellen der Kuh ergibt, dass die Messungen an der Hüfte, der Lende sowie der Region des Schwanzansatzes eine signifikante Beziehung mit dem BCS haben und dass der BCS adäquat die Menge des subkutanen Fetts widerspiegelt. Bei der Validierung der Beziehung zwischen RFD und Gesamt-BCS im Zeitverlauf wird festgestellt, dass der BCS ebenso zuverlässige Messergebnisse im Zeitverlauf ergibt wie die Ultraschallmessungen (Domecq et al. 1995).

Die Rückenfettdickenmessung bietet eine gute Kontrollmöglichkeit der Kondition der Milchkuh und dient in der Bestandsbetreuung als ein wichtiges Werkzeug für den bestandsbetreuenden Tierarzt, um die Gesundheit der Milchkühe zu überwachen, da die Rückenfettdicke mitunter wichtige Hinweise auf Defizite in der energetischen Versorgung der Tiere in bestimmten Handlungsabschnitten liefern kann (Daetz 2009, Schröder 2000). Außerdem lassen sich durch die Konditionsüberwachung der Milchkühe Rückschlüsse auf die Futtermittelverwertung der Tiere und damit auf die Ration ziehen (Kruif und Feldmann 2007).

Reproduzierbarkeit und Wiederholbarkeit

In der Studie von Schneider et al. (2005) wird festgestellt, dass die Erfahrung der Messperson mit dem Messgerät einen Einfluss auf die Reproduzierbarkeit und die Geschwindigkeit der Messung hat. Um mehr Sicherheit für die

Reproduzierbarkeit von Messergebnissen zu bekommen, wird bei Staufenbiel und Schröder (2004) angegeben, dass der Schallkopf so gedreht werden muss, dass sich die Fascia profunda im gesamten Ultraschallbild als gerade, parallel zum Schallkopf verlaufende Linie abbildet.

Vorteile und Nachteile der Rückenfettdicke (RFD)-Messung

Schneider et al. (2005) nennen als Vorteil die Vergleichbarkeit von Messergebnissen aufgrund der objektiven Methodik, wodurch eine gute Abschätzung der Lipolyse- oder Lipogeneseraten ermöglicht werden kann. Wenn die Messungen in monatlichem Abstand erfolgen, können der Zeitpunkt des maximalen Fettabbaus sowie der Zeitpunkt von negativer zu positiver Energiebilanz bestimmt werden (Verband der Landwirtschaftskammern 2005). Nach Staufenbiel und Schröder (2004) ist die Methode einfach und zuverlässig. Es wird nur wenig Zeit für die eigentliche Messung benötigt. Lediglich das Fixieren der Tiere erfordert Aufwand. Um ein Ultraschallbild mit guter Qualität und der richtigen Position des Ultraschallkopfes zu erhalten, muss der Schallkopf in optimalem Winkel auf der Haut an der vorgesehenen Position aufgelegt werden. Dafür muss das Tier still stehen (Staufenbiel und Schröder 2004).

Ein Nachteil bei der Messung der Rückenfettdicke mittels Ultraschall ist, dass extrem dünne Kühe oftmals überschätzt werden und sehr fette Kühe oftmals unterschätzt werden (Staufenbiel und Schröder 2004).

Unterschiede zwischen milchbetonten Rassen und Zweinutzungsrassen

Die Entwicklung der RFD-Messung erfolgte anhand von milchbetonten Rassen (Schröder und Staufenbiel 2006). Über die Reproduzierbarkeit, Plausibilität und Messgenauigkeit von RFD-Messungen bei Zweinutzungsrassen gibt es nur wenige Studien. In der Dissertation von Schaefer (2000) werden verschiedene Methoden zur Körperkonditionsbeurteilung von Fleckviehkühen untersucht, unter anderem die Rückenfettdickenmessung. Dabei stellt Schaefer (2000) einen RFD-Mittelwert zum Zeitpunkt der Kalbung von 59,3 mm fest. Dieser Wert ist fast doppelt so hoch wie der für Deutsche Holsteins mit 25 mm (Staufenbiel et al. 1991). Bei Klawuhn und Staufenbiel (1997) wird festgestellt, dass ein Millimeter RFD einer Gesamtkörperfettmasse zwischen 3,76 und 5,85 kg entspricht. Die bei Schaefer (2000) gemessenen maximalen RFD von 88 mm würde einem

Gesamtfettgewicht von mehr als 330 kg entsprechen, was laut Verband der Landwirtschaftskammern (2005) unplausibel ist. Zudem passt die RFD laut Schaefer (2000) nicht zum BCS der Kühe. Er nennt als Grund für die hohen Messwerte eine fehlerhaft gemessene Fascia profunda.

Um dieses Problem bei der Messung der Rückenfettdicke bei Fleckviehkühen noch genauer zu analysieren und mögliche Fehlerquellen zu finden, werden bei Verband der Landwirtschaftskammern (2005) zu verschiedenen Laktationszeitpunkten insgesamt 789 Einzeltiermessungen bei Deutschen Fleckviehkühen durchgeführt. Dabei werden der BCS und die RFD erfasst. Um die Eignung des Messpunkts nach Staufenbiel und Schröder (2004) für Fleckviehkühe zu prüfen, werden bei zwei Kühen vor der Schlachtung die RFD mittels Ultraschall erfasst und nach der Schlachtung mittels Schublehre genau bestimmt. Das Ergebnis verifiziert den Messpunkt nach Staufenbiel auch für die Messung der Fleckviehkühe. Es werden in der Studie 20 Tiere unterschiedlicher Kondition wiederholt von zwei Personen gemessen. Hierbei stellt sich eine gute Reproduzierbarkeit dar. Bei den Wiederholungsmessungen zeigen Tiere mit einem besonders hohen BCS-Wert erhebliche Unterschiede zwischen den Wiederholungsmessungen. Die Untersuchung der Fragestellung, ob das Haarkleid auf das Messergebnis einen Einfluss hat, fällt negativ aus: Es werden keine unterschiedlichen Ergebnisse bei rasierter Messstelle und nicht rasierter Messstelle festgestellt. Je geringer die RFD sind, desto genauer und reproduzierbarer sind die Messergebnisse. Es gibt, verglichen mit Deutschen Holsteins, bei Fleckviehkühen eine größere Anzahl an Ultraschallbildern, die nicht eindeutig zu interpretieren sind (ca. 10%). Die Studie zeigt auch, dass bei gleicher BCS-Note stark abweichende RFD-Werte ermittelt werden (z. B. BCS=4 mit RFD=1,21–3,13 cm). Einzelne Tiere mit einem hohen BCS weisen große Unterschiede zwischen den Wiederholungsmessungen auf. Der Verband der Landwirtschaftskammern (2005) nennt dafür ursächlich das Auflegen des Schallkopfes mit unterschiedlichem Druck oder ungleichmäßige Fettverteilung. Den Fehlerquellen könnte man entgehen, indem mehrere Messungen pro Tier an mehreren Messpunkten durchgeführt werden würden, wie es beispielsweise beim Schwein praktiziert wird. Dieses Vorgehen führt jedoch zu einem hohen Zeitaufwand pro Tier.

Laut Verband der Landwirtschaftskammern (2005) werden auf den Ultraschallbildern von Fleckviehkühen noch weitere Strukturen ähnlich der Fascia profunda sichtbar, was zu Fehlinterpretationen führen kann. Daher wird in seiner Studie ein Abgleich mit einem Body-Condition-Scoring empfohlen. Die Korrelation von BCS und gemittelten RFD- Werten liegt bei $r=0,96$.

2.1.2 Body-Condition-Score (BCS)

Der Body-Condition-Score wurde bereits im Zusammenhang mit der Rückenfettdicke als wichtiger Parameter eingeführt. In den folgenden Abschnitten wird der BCS im Detail vorgestellt.

2.1.2.1 Bedeutung der Konditionsbeurteilung von Milchkühen

In der Natur produziert die Kuh Milch für ihr Kalb. Um dafür in jedem Falle genügend Energie zur Verfügung zu haben, benötigt die Kuh ausreichend Körperfettreserven, um das Energiedefizit post partum so gering wie möglich zu halten. Die Bedeutung dieser Körperfettreserven beschreiben u. a. Bauman und Currie (1980). Sie zeigen, dass Kühe im ersten Laktationsmonat 33% der Milch über das Einspeisen von Körperfettreserven produzieren. Diese Ergebnisse stammen aus Untersuchungen von (zu der Zeit) hochleistenden Kühen mit einer durchschnittlichen Milchleistung von 9534 kg, wovon 332 kg Fett sind.

Nicht nur in der ersten Laktation ist die Konditionsbeurteilung wichtig. Bewley und Schutz (2008) stellen in ihrem Review dar, dass die Veränderungen des BCS während der gesamten Laktation Auswirkungen auf die Milchleistung, die Herdengesundheit, die Fruchtbarkeit, das Tierwohl und insgesamt auf die Profitabilität der Milchkuh und des Betriebes, haben. Das Body-Condition-Scoring als Werkzeug zur Darstellung der Körperfettreserven ist ein sehr nützliches Werkzeug und hat eine breite Akzeptanz als praktische Messmethode (Verband der Landwirtschaftskammern 2005).

2.1.2.2 Messmethoden zur Konditionsbeurteilung

Das Body-Condition-Scoring bietet einige Vorteile gegenüber der herkömmlichen Methode zur Konditionsbeurteilung, der Lebendmassenwägung. Bei dieser Methode wird die Lebendmasse mit Hilfe einer Tierwaage erfasst. Dabei kann das Lebendgewicht durch Futter- und Wasseraufnahme, Größe des Tieres,

Milchleistung sowie dem Gewicht eines Fötus beeinflusst werden. Im Vergleich dazu ist das Body-Condition-Scoring unabhängig. Es ist eine kostengünstige Methode, die ohne Vorkenntnisse erlernt werden kann (Staufenbiel und Schröder 2004).

Das Body-Condition-Scoring bietet zudem eine große Möglichkeit beim Ausschöpfen des Leistungspotenzials, bei der Prophylaxe von Krankheiten sowie der Verbesserung des Tierwohls, welches zunehmend in den Blick des Verbrauchers gerät (Bewley und Schutz 2008). Um das Body-Condition-Scoring regelmäßig im Bestand durchzuführen, wird seit Kurzem auch die automatische Erfassung des BCS mittels 3D-Kamera z. B. von der Firma DeLaval angeboten (DeLaval 2018).

2.1.2.3 Die Entwicklung des Body-Condition-Scorings

Bei der Studie von Edmonson et al. (1989), bei welcher es um die Entwicklung einer Konditionsbeurteilung von Holstein-Milchkühen und der Untersuchung der Variabilität bei unterschiedlichen Beurteilern geht, wird festgestellt, dass es nur eine geringe Variabilität zwischen verschiedenen Beurteilern gibt. Die Autoren finden keine signifikanten Unterschiede zwischen Beurteilern mit einem hohen und einem niedrigen Erfahrungswert. In der Studie werden acht Körperregionen beschrieben, die als wichtig für die Bewertung der Körperkondition angesehen werden. Diese werden von verschiedenen Personen bei verschiedenen Kühen einzeln beurteilt, wobei die Kühe auch mehrfach von derselben Person beurteilt werden. Zudem wird ein Gesamt-BCS vergeben. Dabei sind sowohl die Ergebnisse aus den Messungen der einzelnen Körperregionen als auch die Ergebnisse der Gesamt-BCS stark korrelierend. Damit ist das Body-Condition-Scoring ein nützliches und effektives Werkzeug, um die Körperkondition zu beurteilen. Es ist eine subjektive Methode, welche die Menge der metabolisierbaren Energie, die in Fett und Muskel gespeichert ist, bewertet (Edmonson et al. 1989).

In der Studie von Wright und Russel (1984) wird die Zusammensetzung der Körperkomponenten in Fett, Wasser, Protein und Asche in Zusammenhang mit dem Body-Condition-Scoring untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass der Zusammenhang zwischen dem Fettanteil des Lebendgewichts und dem BCS

hoch signifikant ist. Alle vier Körperkomponenten (Wasser, Fett, Protein und Asche) und die Energiereserven hängen mit dem BCS zusammen.

Weitere Untersuchungen von Butler-Hogg et al. (1985) zum Zusammenhang von Gesamtkörperfett und subkutanem Körperfett führen zu dem Ergebnis, dass der Anteil des subkutanen Fetts mit dem gesamten Körperfettanteil korreliert. Ebenfalls korreliert das subkutane Fett mit Fettdicken an vier verschiedenen Messpunkten. Die Korrelation der Fettdicken mit dem gesamten Körperfettanteil ist geringfügig höher als die der Fettdicken mit dem subkutanen Fett. Das zeigt, dass die Fettdickenmessung ein guter Indikator für Gesamtkörperfettreserven ist. Die Autoren beschreiben zudem, dass das alleinige Messen des Lebendgewichts kein guter Indikator für die Feststellung der Körperfettreserven ist. Es gibt weder eine Korrelation zwischen Lebendgewicht und Fettdicke noch zwischen Lebendgewicht und subkutaner Fettdicke und auch nicht zwischen Lebendgewicht und gesamtem Körperfettgehalt. Die Methode der Lebendmassenwägung wird auch später von Staufienbiel und Schröder (2004) zwar als objektive Methode angeführt, die jedoch problematisch in Bezug auf die Interpretation der Lebendmasse zur Bewertung des Energiestoffwechsels ist.

2.1.2.4 Verschiedene Body-Condition-Scoring Systeme

Im folgenden Abschnitt werden verschiedene Body-Condition-Scoring Systeme vorgestellt. Dazu gehören unter anderem das bekannteste Scoring, das 5-Punkte-Body-Condition-Scoring nach Edmonson et al. (1989), welches überwiegend in Europa und den USA eingesetzt wird sowie das in Neuseeland benutzte 10-Punkte-Scoring (Macdonald und Roche 2011).

5-Punkte-Body-Condition-Scoring nach Edmonson et al. (1989)

Beim 5-Punkte-Scoring nach Edmonson et al. (1989) werden drei Bereiche genau betrachtet und beurteilt: Der Lendenbereich, der Bereich des Beckens und der Bereich des Schwanzansatzes.

Im Lendenbereich wird die Fettauflage auf den Dornfortsätzen (Procc. spinosi) der Wirbelsäule der Lendenwirbel, das Ausmaß der Einsenkung zwischen den Dornfortsätzen und den Querfortsätzen der Lendenwirbel, die Sichtbarkeit der

Querfortsätze der Lendenwirbel sowie das Vorstehen der Querfortsätze im Übergang zur Flanke beurteilt.

Im Bereich des Beckens werden die Fettauflagen auf dem Hüfthöcker und dem Sitzbeinhöcker, die Einsenkung zwischen dem Hüfthöcker und dem Sitzbeinhöcker sowie die Einsenkung zwischen beiden Hüfthöckern bewertet.

Im Bereich des Schwanzansatzes werden die Fettauflagen auf den Dornfortsätzen und Querfortsätzen der Schwanzwirbel sowie die Fettauflage der Beckenausgangsgrube für die Beurteilung herangezogen.

Anhand dieser Kriterien kann mit Hilfe von Abb. 2 die Bewertung durchgeführt werden.

	Score	Spinous processes (SP) (anatomy varies)	Spinous to Transverse processes	Transverse processes	Overhanging shelf (care-rumen fill)	Tuber coxae (hooks) & Tuber ischi (pins)	Between pins and hooks	Between the hooks	Tailhead to pins (anatomy varies)
Severe underconditioning (emaciated)	1.00	individual processes distinct, giving a Sawtooth appearance	deep depression	very prominent >1/2 length visible	definite shelf, gaunt, tucked	extremely sharp, no tissue cover	severe depression, devoid of flesh	severely depressed	bones very prominent with deep „V“ shaped cavity under tail
	1.25								
	1.50								
Frame obvious	1.75			1/2 length of process visible					
	2.00	individual processes evident	obvious depression	between 1/2 to 1/3 of process visible	prominent shelf	prominent	very sunken		bones prominent „U“ shaped cavity formed under tail
	2.25								first evidence of fat
	2.50	sharp, prominent ridge		1/3 to 1/4 visible	moderate shelf		thin flesh covering	definite depression	
	2.75		smooth concave curve	< 1/4 visible	slight shelf	smooth	depression	moderate depression	
Frame & covering well balanced	3.00			appears smooth, TP's just discernible			slight depression	slight depression	
	3.25		smooth slope	distinct ridge, no individual processes discernible		covered			bones smooth, cavity under tail shallow & fatty tissue lined
	3.50	smooth ridge, the SP's not evident							
	3.75		nearly flat	smooth rounded edge	none	rounded with fat	sloping	flat	bones rounded with fat and slight fat-filled depression under tail
	4.00	flat, no processes discernible		edge barely discernible		buried in fat			bones buried in fat, cavity filled with fat forming tissue folds
Frame not as visible as covering	4.25								
	4.50								
	4.75		rounded (convex)	buried in fat	bulging		rounded	rounded	
Severe overconditioning	5.00								

Abb. 2: Konditionsbeurteilung von Milchkühen, modifiziert nach Edmonson et al. (1989)

5-Punkte-Body-Condition-Scoring nach Ferguson et al. (1994)

Beim 5-Punkte-Scoring nach Ferguson et al. (1994) werden Noten in 0,25-Punkte-Schritten vergeben. Dabei werden die folgenden Punkte beurteilt (Frewein et al. 2001, König und Liebich 2012):

- die Fettauflage auf der Verbindungslinie (Tuberositas iliaca) zwischen dem Kreuzbeinhöcker (Tuber sacrale) und dem Hüfthöcker (Tuber coxae)
- die Fettauflage auf dem Sitzbeinhöcker (Tuber ischiadicum)
- die Fettauflage auf der Verbindungslinie zwischen dem Hüfthöcker und dem Kreuzbein (Lig. sacroiliaca)
- die Fettauflage auf der Verbindungslinie (M.coccygeus) zwischen der Innenseite des breiten Beckenbandes (Lig.latum) und der Querfortsätze der ersten Schwanzwirbel (Procc.spinosi)
- die Fettauflage in der Region der Beckenausgangsgrube
- die Länge der sichtbaren Querfortsätze der Lendenwirbel (Procc.transversi)
- die Länge der sichtbaren Dornfortsätze der Lendenwirbel (Procc.spinosi)
- der Neigungswinkel der Rückenmittellinie (dorsales Ende der Procc.spinosi) zum äußersten Rand der Querfortsätze der Lendenwirbel

10-Punkte-Scoring nach Macdonald und Roche (2011)

Das 10-Punkte-Scoring nach Macdonald und Roche (2011) ist vor allem in Neuseeland verbreitet. Bei diesem Scoring werden Noten in 0,5-Punkte-Schritten vergeben. Dabei werden folgende Punkte beurteilt:

- die Fettauflage auf den Dornfortsätzen der Wirbelsäule im Seitenprofil und von hinten
- die Fettauflage auf den Rippen, auf der Verbindungslinie zwischen den Querfortsätzen und den Dornfortsätzen der Lendenwirbelsäule
- die Fettauflage auf der Verbindungslinie zwischen den Hüfthöckern

Die Fettauflage der Sitzbeinhöcker und des Schwanzansatzes werden von hinten beurteilt und die Verbindungslinie zwischen Hüfthöcker und Sitzbeinhöcker sowie der Oberschenkel werden im Seitenprofil beurteilt (Macdonald und Roche 2011). Anhand dieser Merkmale wird gemäß Abb. 3 das Scoring vergeben. Die

genannte Abbildung beschränkt sich auf die Scores 3 bis 6, da Scores <3, die einen lebensbedrohlichen und tierschutzwidrigen Zustand darstellen und Scores >6 in der Praxis in der Regel nicht anzutreffen sind.

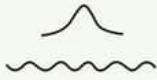
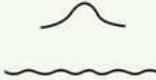
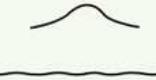
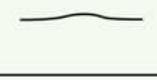
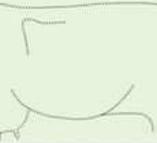
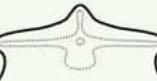
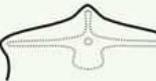
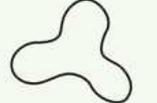
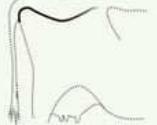
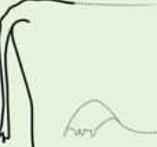
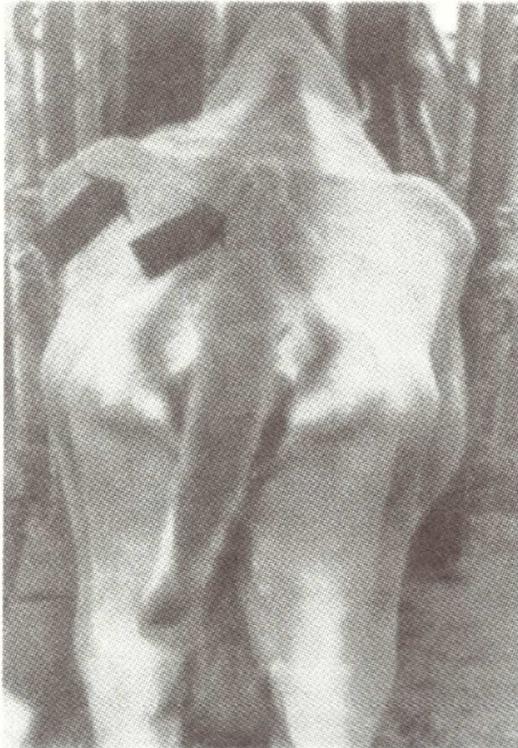
BCS	3.0	4.0	5.0	6.0
Backbone Rear view Side profile				
Long Ribs				
Short Ribs				
Hips				
Pins				
Tailhead				
Rump				
Thigh				

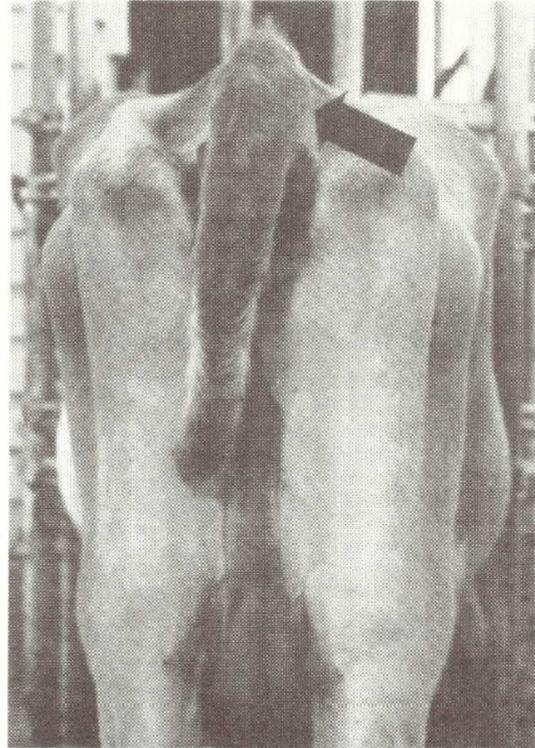
Abb. 3: Body-Condition-Scoring nach Macdonald und Roche (2011)

8-Punkte Scoring nach Earle (1982)

Beim Body-Condition-Scoring nach Earle werden die Tiere von hinten beurteilt. Dabei werden Noten von eins (stark unterkonditioniert) bis acht (stark überkonditioniert) vergeben. Es wird die Sichtbarkeit der Dornfortsätze der Wirbelsäule, die Fettauflage auf den Hüftknochen und Rippen sowie die Fettauflage am Schwanzansatz und auf den Sitzbeinhöckern beurteilt (siehe Abb. 4).



Körperfett auf der Wirbelsäule,
der Hüfte und den Rippen



Körperfett am Schwanzansatz
und auf den Sitzbeinhöckern

Abb. 4: Body-Condition-Scoring nach Earle (1982)

Reproduzierbarkeit und Wiederholbarkeit

Bei Ferguson et al. (1994) haben die beurteilenden Personen unabhängig voneinander eine exakte Übereinstimmung des BCS von 58-67%. Bei 21 – 34% der beurteilenden Personen unterscheiden sich die beurteilenden Personen um +/- 0,25 Notenpunkte.

Nach Edmonson et al. (1989) werden selbst bei unterschiedlichen Beurteilern mit unterschiedlicher Erfahrung verlässliche Ergebnisse der Benotung einzelner Körperregionen sowie der Gesamtnote erzielt.

Vor- und Nachteile des Body-Condition-Scorings

Ein Vorteil des BCS ist, dass dieser im Zusammenhang mit anderen Bewertungsparametern steht und, wie bereits bei der Beschreibung der RFD (Abschnitt 2.1.1) dargestellt wurde, der BCS adäquat die Menge des subkutanen Fetts widerspiegelt. Zudem ergibt der BCS im Vergleich mit der RFD-Messung

mittels Ultraschall ähnlich zuverlässig Ergebnisse, wie bei Domecq et al. (1995) beschrieben wird.

Als Nachteil des BCS ist laut Staufenbiel und Schröder (2004) zu nennen, dass die Effektivität des Body-Condition-Scorings bedeutend von den subjektiven Fähigkeiten des Anwenders abhängt. Es wird beschrieben, dass Kühe einer Herde von den bewertenden Personen mit starker Tendenz in Richtung einer mittleren Körperkondition eingestuft werden und dass der Gesamteindruck einer Herde die Benotung stark beeinflusst.

2.1.2.5 Rassenunterschiede

Es gibt einige Unterschiede des BCS zwischen reinen Milchrassen bzw. deren Kreuzungstieren (Holstein, Jersey, Kiwi Cross = Kreuzung aus Holstein und Jersey) und Zweinutzungsrasen (Fleckvieh). In Abb. 5 und Abb. 6 sind die optimalen BCS im Laktationsverlauf zu sehen. Dabei sind die Unterschiede der Rassen Deutsche Holsteins, als typische Milchrasse und Deutsches Fleckvieh, als Zweinutzungsrasse, dargestellt. In Kapitel 3.2.3 wird näher auf das BCS-Scoring unterschiedlicher Rassen eingegangen.

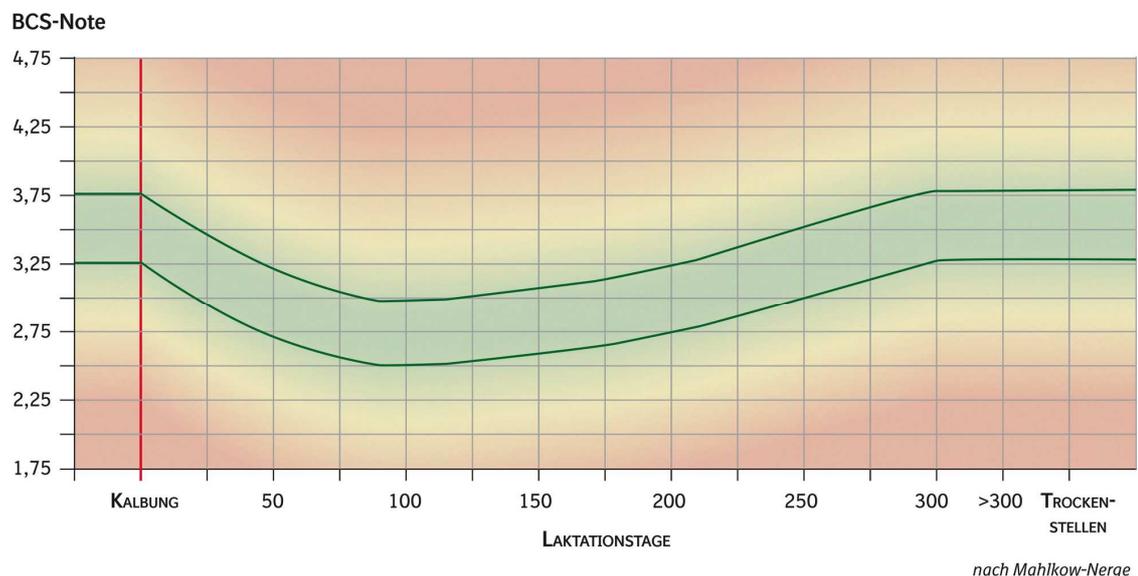


Abb. 5: Body-Condition-Score (BCS)-Verlauf von Deutschen Holsteins (Böhringer Ingelheim 2012a)

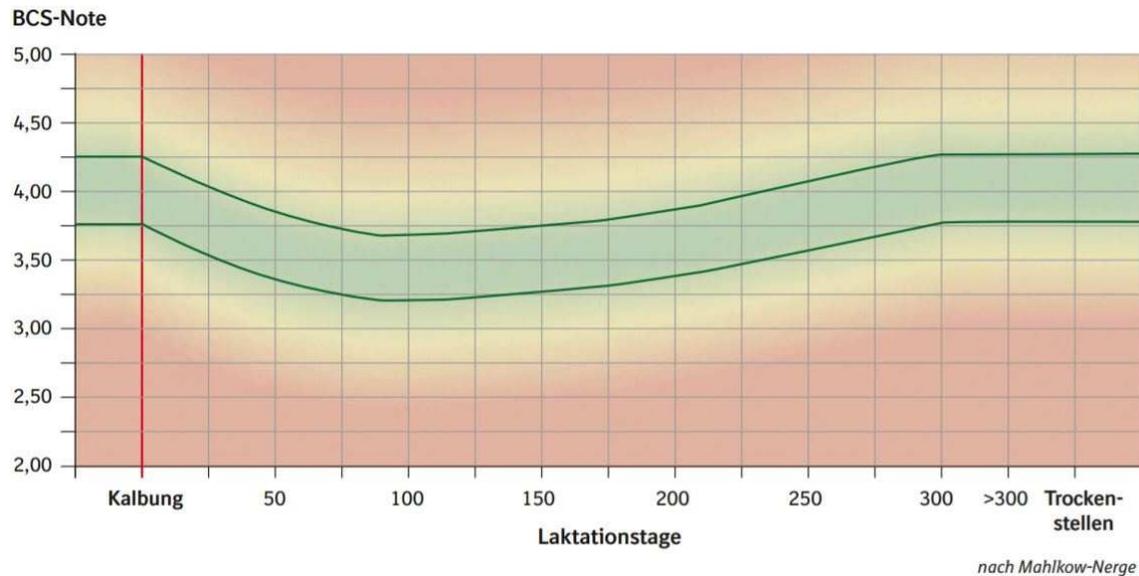


Abb. 6: Body-Condition-Score (BCS)-Verlauf von Deutschem Fleckvieh (Böhringer Ingelheim 2012b)

Verlauf des Body-Condition-Scores (BCS) in der Laktation von neuseeländischen Milchkühen

Für die neuseeländischen Milchrinder wird ein BCS von 5,5 (10-Punkte-Scoring) für Färsen und ein Score von 5,0 (10-Punkte-Scoring) für adulte Milchkühe empfohlen. Außerdem sollten nicht mehr als 15% der Herde unter 5,0 Scorepunkten liegen und nicht mehr als 15% über 5,5 Punkten. Zum Zeitpunkt der Besamung (ca. am 100. Laktationstag) sollte nicht mehr als 1 Scorepunkt (entsprechendes Körpergewicht siehe Tabelle 2) verloren werden und nicht mehr als 15% der Herde einen BCS von <4,0 Punkten (10 Punkte Scoresystem) haben (Macdonald und Roche 2011). Der ideale Verlauf des BCS neuseeländischer Milchrinder während der gesamten Laktation ist in der Literatur nicht beschrieben.

Tabelle 2: Rassebezogene Veränderung des Körpergewichts bei Änderung einer Body-Condition-Score (BCS) Einheit nach Macdonald und Roche (2011)

Rasse	KGW [kg]	1 BCS Einheit \triangleq kg KGW
Jersey (J)	425	28
Kiwi Cross	475	31
N Holstein Friesian (NHF)	500	33
Übersee-Holstein Friesian	550	36

KGW = Körpergewicht, Kiwi Cross = Kreuzung aus J und NHF; N = Neuseeland

2.1.3 Lahmheitsscoring (LHS)

Im Folgenden wird die Einordnung von Lahmheiten bei Milchkühen und deren Folgen dargestellt sowie die praktische Feststellung einer Lahmheit durch das Lahmheitsscoring.

Entstehung von Lahmheiten

Lahmheiten entstehen nach Dirksen et al. (2006) durch

- *tiereigene Faktoren:* Klauenform, Hornqualität, Gliedmaßenstellung, Körpergewicht, Verhaltensweise;
- das *Haltungssystem:* Stalltyp, Stallboden, Fressplatz, Tränke, Raumangebot, Auslauf, Weide und Klauenpflege;
- die *Ernährung:* Mangelernährung mindert Hornqualität, Fehler in der Rationsgestaltung führen zu azidotischer Pansengärung und dadurch zu gestörter Hornbildung und Entzündung an der Klauenhaut;
- *bakterielle Infektionserreger:* Harn und Kot sorgen für lytische Prozesse an Horn und Haut und bieten Öffnungen für Eiterbakterien aus der Umwelt (Dirksen et al. 2006).

Circa 80-90% der Krankheiten des Bewegungsapparates des Rindes sind in Klauenerkrankungen der Haut, zum Beispiel im Interdigitalraum, oder Erkrankungen am Klauenhorn begründet. Bei den restlichen Erkrankungen von 10-20% findet man die Lahmheitsursache weiter proximal. Daher lassen sich aufgrund eines Lahmheitsscorings Rückschlüsse auf die Klauengesundheit von

Milchrindern ziehen. Von den Klauenerkrankungen wiederum sind 75-85% an den Hinterklauen und davon ca. 90% an den Außenklauen zu finden (Aurich und Baumgartner 2009).

2.1.3.1 Bedeutung von Lahmheiten bei Milchkühen

Erkrankungen der Gliedmaßen sind zusammen mit Sterilität und Euterentzündung (vgl. Tabelle 1) eine der häufigsten Abgangsursachen bei Milchkühen (Bundesverband Rind und Schwein e. V. 2019b). Lahmheiten können einen großen wirtschaftlichen Schaden für den Landwirt bedeuten, z. B. kann man nach Cha et al. (2010) bei einem Sohlengeschwür von ca. 216 US\$, bei einer Digitalen Dermatitis von ca. 132 US\$ und bei Klauenfäule von ca. 120 US\$ ausgehen. Diese Kosten inkludieren Behandlungs- und Folgekosten, beispielsweise durch geringere Milchleistung (Cha et al. 2010). Allerdings bedeuten Lahmheiten nicht nur einen wirtschaftlichen Verlust, sondern auch Schmerzen für die Kuh und damit ein eingeschränktes Wohlbefinden (Coetzee et al. 2017, Whay und Shearer 2017). Die nozizeptive Reizschwelle bei Milchkühen mit einer Lahmheit ist selbst 28 Tage nach der Behandlung der Lahmheit noch niedriger als bei gesunden Kühen (Whay et al. 1998). Diese Hyperalgesie bedeutet eine erhöhte Schmerzsensibilität entweder nozizeptiv oder neuropathisch (Blankenburg 2017). Das Lahmheitsscoring kann somit als Tierwohllindikator genutzt werden (Animal Welfare Guidelines Group 2018, Mellor 2017, Olsson und Sverige 2017).

Das Lahmheitsscoring dient jedoch nicht nur zur Überwachung, es kann auch für die Selektion von Zuchttieren genutzt werden. Nach Köck et al. (2018) kann durch die Selektion von Zuchttieren nach einem guten Lahmheitsscore die Klauengesundheit eines Betriebes verbessert werden und vor allem schwere Klauenerkrankungen, die zur Schlachtung des Tieres führen, reduziert werden.

Zur Feststellung der Klauengesundheit der Kühe im Betrieb eignet sich das Lahmheitsscoring von Sprecher et al. (1997), welches im nächsten Abschnitt vorgestellt wird.

2.1.3.2 Lahmheitsscoring von Sprecher et al. (1997)

Das Lahmheitsscoring von Sprecher et al. (1997) beinhaltet ein 5-Punkte Scoringssystem. Dabei wird die Kuh von der Seite betrachtet und im Stehen sowie im Gehen beurteilt. Ein Scorepunkt wird für eine gesunde Kuh vergeben, die im Stehen und Gehen einen geraden Rücken aufweist und alle vier Gliedmaßen gleichermaßen belastet. Im Gehen setzt die Kuh ihre Schritte bewusst und macht lange Schritte. Hat die Kuh einen geraden Rücken beim Stehen, aber eine gebogene Rückenlinie sowie einen leicht veränderten Gang beim Gehen, so bekommt sie den Scorepunkt 2 in der Bewertung. Bei einer gebogenen Rückenlinie im Stehen und im Gehen sowie verkürzten Schritten, ist der Scorepunkt 3 zu vergeben. Ein Score von 4 wird vergeben, wenn im Stehen und Gehen die Rückenlinie gebogen ist und beim Gehen sichtbar eines oder mehrere Beine entlastet werden. Bei einer stark gebogenen Rückenlinie und großen Schwierigkeiten, sich vorwärts zu bewegen, wird ein Scorepunkt von 5 vergeben (siehe Abb. 7). Dieses Scoringssystem wird weltweit am Häufigsten verwendet (Fabian et al. 2014).

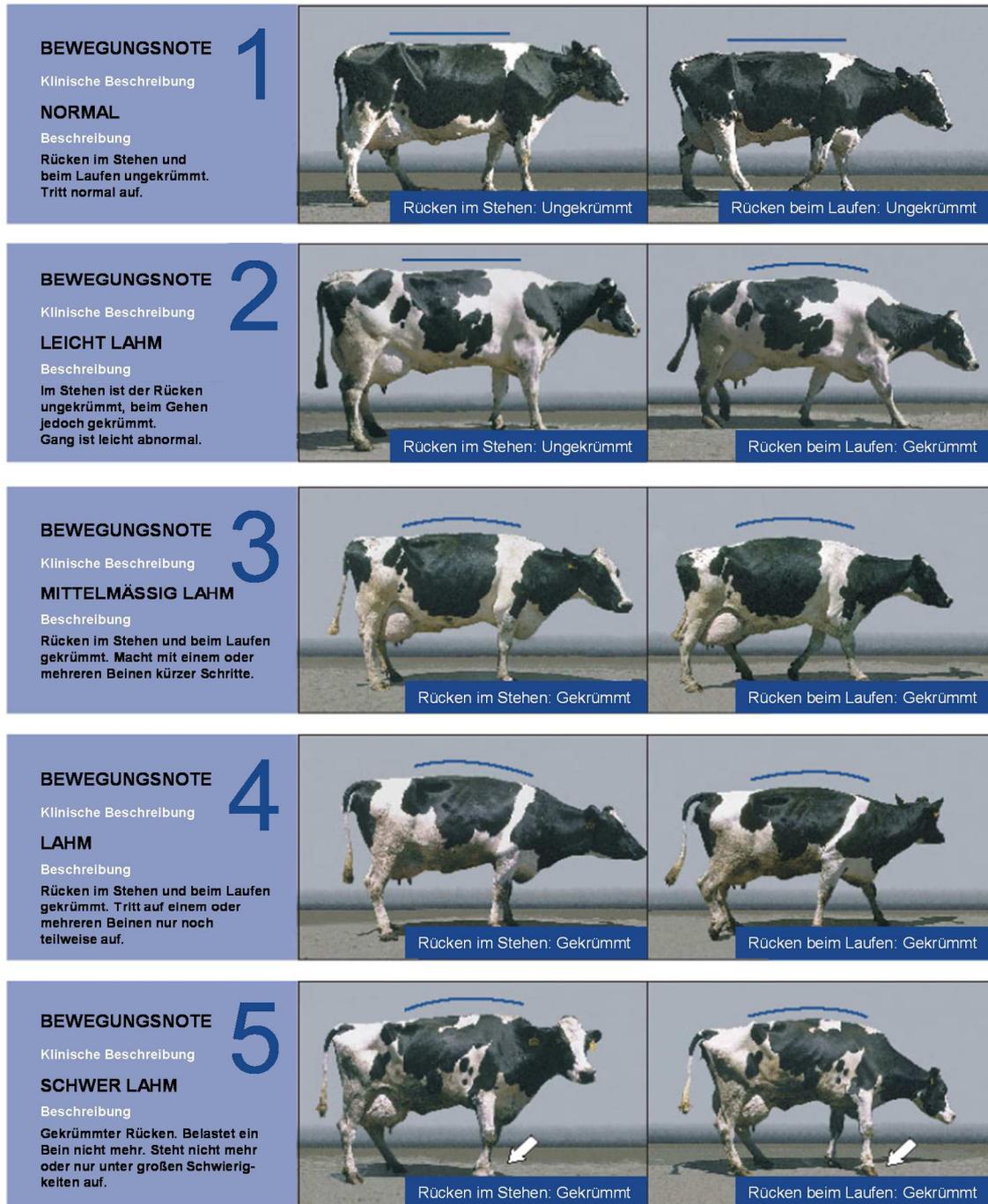


Abb. 7: Lahmheitssoring nach Sprecher et al. (1997) Abbildung von Zinpro Animal Nutrition (2019)

Lahmheiten in Neuseeland

In Neuseeland liegt das Lahmheitsvorkommen (Lahmheitsscore ≥ 2) bei 8,3% (Fabian et al. 2014). Das dort verwendete Lahmheitssoring wurde jedoch nach Barker et al. (2010) durchgeführt, bei welchem die Punkteverteilung von 0 bis 3 geht. Bei einer Lahmheit, welche mit der Note 2 bewertet wird, ist eine Kuh

sichtbar lahm, ein oder mehrere Gliedmaßen werden unregelmäßig abgesetzt und nicht gleichmäßig belastet oder die Kuh zeigt eine gebogene Rückenlinie. Lahmheiten treten trotz der extensiven Weidehaltung vermehrt auf, da die Tiere lange Strecken auf Wegen mit Erde und Kies (siehe Abb. 9) zum Melkstand gehen und teilweise mehrere Stunden im Wartebereich aus Beton (siehe Abb. 8) vor dem Melkstand warten (Chesterton 2004). Bei neu angelegten Wegen ist der Bodenbelag normalerweise unproblematisch für die Rinder. Wird der Sand und die Erde jedoch von starken Regenfällen ausgewaschen, verbleiben oftmals grobe Steine zurück, die dann zu Klauenerkrankungen bei den Tieren führen können. Durch die steigende Herdengröße mit bis zu 500 Rindern pro Gruppe verlängert sich diese Wartezeit zudem zunehmend. Daraus resultieren Klauenerkrankungen, von welchen mehr als 75% einen traumatischen Ursprung haben (Chesterton 2004).



Abb. 8: Milchviehherde im Wartehof vor dem Melkstand



Abb. 9: Milchviehherde auf dem Weg vom Melkstand auf die Weide

Lahmheiten in Deutschland und anderen Ländern

Mit einer der häufigsten Gründe für Abgänge in Deutschland (11,6% der Abgänge im Jahr 2018, vergleiche Tabelle 1) sind Lahmheiten (Bundesverband Rind und Schwein e. V. 2019b). Nach einer Studie von Winckler und Brill (2004) in Nordwestdeutschland liegt dort das durchschnittliche Lahmheitsvorkommen bei 45%. Andere Studien sprechen von einem Lahmheitsvorkommen von 65% einer Herde in US-Michigan (USA, Sprecher et al. 1997) oder von 22% in Großbritannien (Whay 2002).

2.1.4 Milchwirtschaft, Milchleistung (ML) und Inhaltsstoffe der Milch

Im folgenden Abschnitt wird ein Einblick in die internationale Milchwirtschaft gegeben sowie die Produktionssysteme in Deutschland und Neuseeland erklärt. Außerdem werden Unterschiede bezüglich Milchleistung und Inhaltsstoffe beider Systeme beschrieben.

Aufgrund der weltweit steigenden Nachfrage nach Milch- und Milchprodukten (Statista 2019b) und der Globalisierung der Märkte muss die Milchproduktion im internationalen Zusammenhang gesehen werden. Mit der Globalisierung der Milchwirtschaft wächst der Druck auf die Landwirtschaft. Somit muss die Milchproduktion stetig effektiver und effizienter werden. Ein Überblick über den

weltweiten Handel von Milch und Milchprodukten bieten Abb. 10 und Abb. 11 aus dem Bericht der Food and Agriculture Organisation of the United Nations (2017).

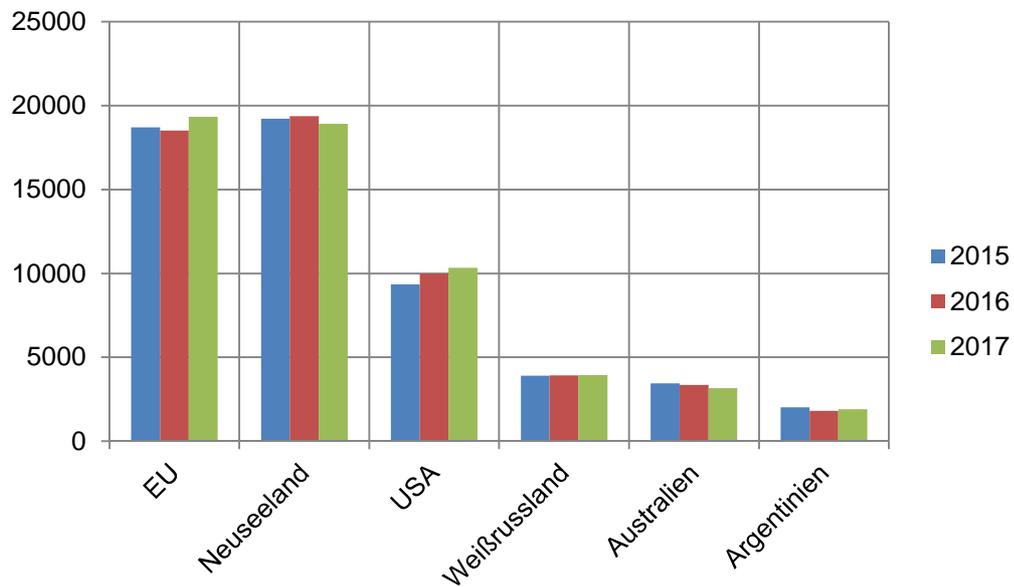


Abb. 10: Exporte von Milch und Milchprodukten (Milchäquivalent, in Tsd. Tonnen) (Food and Agriculture Organisation of the United Nations 2017; Milk and Milk Products: Price and Trade Update; Reproduced with permission)

In Abb. 10 wird deutlich, dass die EU und Neuseeland zu den führenden Milchexporteuren weltweit gehören.

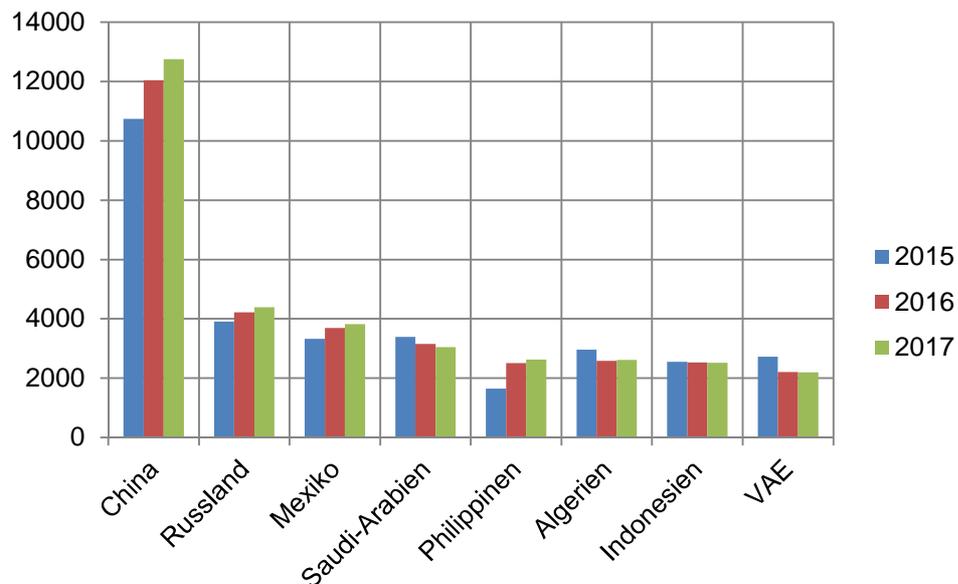


Abb. 11: Importe von Milch und Milchprodukten (Milchäquivalent, in Tsd. Tonnen) (Food and Agriculture Organisation of the United Nations 2017; Milk and Milk Products: Price and Trade Update; Reproduced with permission)

In Abb. 11 sind die wichtigsten Importeure von Milch- und Milchprodukten dargestellt. Einer der weltweit größten Importeure ist China. Nach Shadbolt und Apparao (2016) exportierte Neuseeland in der Saison 2013/14 47% der Exportmenge nach China. Durch den Ausbau der Milchproduktion in China ist dieser Wert auf rund 27% in der Saison 2015/16 gesunken, was immer noch eine bedeutende Menge darstellt. Neben China sind die USA und Japan weitere Importeure von Milchprodukten aus Neuseeland (IUF Dairy Industry Research 2012).

Einen Überblick über die weltweite Milcherzeugung bietet Tabelle 3. Hierbei ist die Kuhmilchproduktion in ausgewählten Ländern dargestellt. Demnach produziert die Europäische Union im Jahre 2017 mit 166,6 Mio. t (\cong 24% der weltweiten Milchproduktion) am meisten Milch. Innerhalb Europas ist Deutschland der größte Milchproduzent (Meyer und Theuvsen 2017).

Tabelle 3: Weltmilcherzeugung (ausgewählte Länder) (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft und Landesanstalt für Landwirtschaft, Ernährung und Ländlichen Raum 2018)

in 1.000 t	1990	2000	2010	2015	2016	2017	17/16 [%]	17/00 [%]
EU-28*	127.729 ¹⁾	114.900 ¹⁾	149.325	162.855	163.449	166.630	1,9	n.v.
USA	67.274	76.004	87.463	94.636	96.361	97.735	1,4	28,6
Indien	26.800	36.250	54.903	73.645	77.699	82.283	5,9	127
China	n.v.	8.420	35.756	37.550	36.020	35.500	-1,4	321,6
Brasilien	14.500	22.134	29.948	36.050	33.527	35.270	5,2	59,3
Russland	55.715	32.300	31.847	30.548	30.510	30.876	1,2	-4,4
Neuseeland	7.725	12.700	17.895	21.568	21.342	20.595	-3,5	62,2
Türkei	n.v.	8.750	12.419	16.934	16.786	18.762	11,8	114,4
Mexiko	6.454	9.591	10.997	11.736	11.956	12.207	2,1	27,3
Ukraine	24.360	12.658	10.977	10.584	10.375	10.313	-0,6	-18,5
Argentinien	6.400	9.794	10.600	11.552	10.191	10.090	-1	3
Australien	6.451	10.862	9.373	9.971	9.286	9.518	2,5	-12,4
Kanada	7.975	8.163	8.434	8.773	9.081	9.450	4,1	15,8
Japan	8.190	8.497	7.721	7.379	7.394	7.281	-1,5	-14,3
Weltkuhmilch	477.436	490.600	610.539	675.212	678.581	688.081	1,4	40,3
Büffel	n.v.	66.600	93.090	109.501	113.519	n.v.	n.v.	n.v.
Schafe, Ziegen, Kamele	n.v.	20.900	31.297	33.606	33.857	n.v.	n.v.	n.v.
Weltmilch	n.v.	578.100	743.926	818.319	825.958	837.521	1,4	44,9

¹⁾ EU-15= EU-Mitgliedsstaaten 1994-04/2004; *EU-28= EU-Mitgliedsstaaten 07/2013-heute;
n.v.= nicht vorhanden

In Abb. 12 wird der Produktionszuwachs Neuseelands in den vergangenen drei Jahrzehnten deutlich. Während sich die Anzahl an Kühen von 1990 bis 2019 verdoppelte, hat sich die Menge der Produktion von Milch Inhaltsstoffen mehr als verdreifacht. Diese Steigerung wurde durch Zucht und Selektion sowie der Auswahl geeigneter Rassen möglich. Der Milchpreis (angegeben pro Kilogramm Milch Inhaltsstoffe) unterliegt, wie auch in Deutschland, Schwankungen und erreichte 2016 seinen letzten Tiefpunkt (Shadbolt und Apparao 2016).

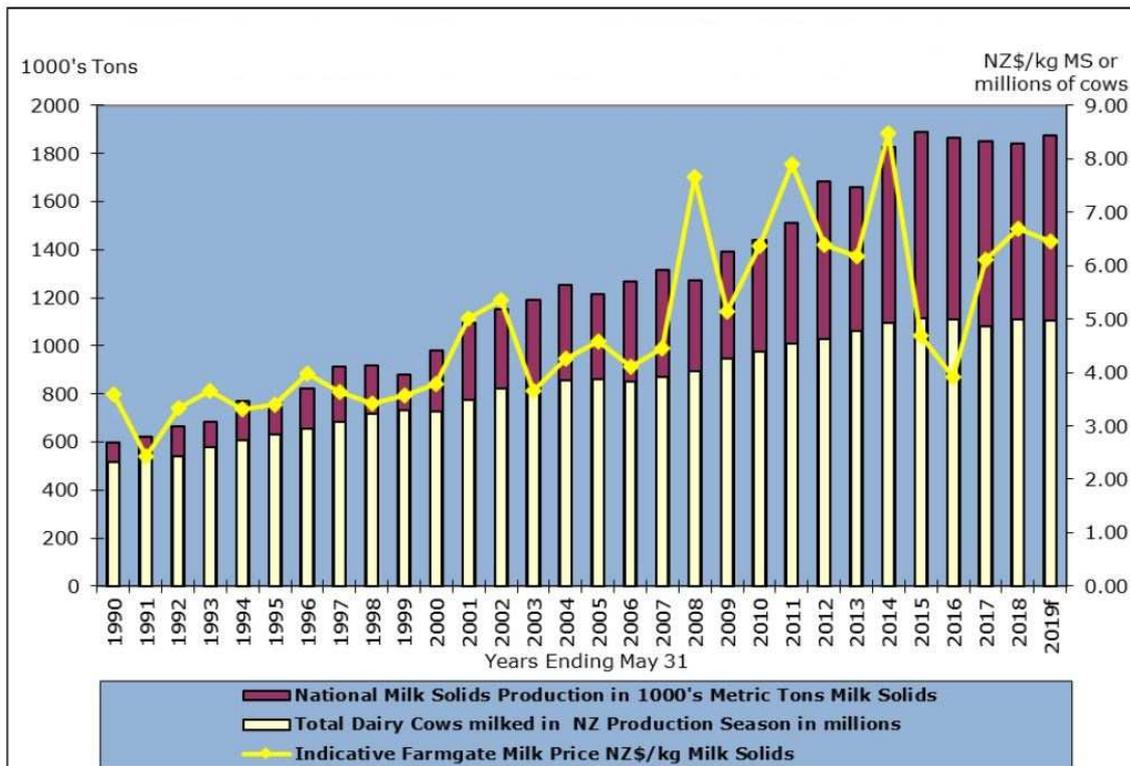


Abb. 12: Neuseeland: Saisonale Milchproduktion, Anzahl an Milchkühen und durchschnittlicher Ab-Hof-Milchpreis (U.S. Department of Agriculture 2019)

Die Unternehmensphilosophie der Landwirte in Deutschland und Neuseeland ist sehr unterschiedlich (Lindena et al. 2018, Lindena und Lassen 2016, Rowarth 2013, Shadbolt und Apparao 2016). Sie ist angepasst an die Struktur und die Gegebenheiten des jeweiligen Landes. In Deutschland liegt die Einwohnerzahl bei rund 83 Mio. (83,0192 Millionen, Dez. 2018) bei einer Fläche von 357.385 km² (Statista 2019a, Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2015). Neuseeland hingegen hat eine Fläche von 271.000 km² mit einer Einwohnerzahl von geschätzten 4,93 Mio. Menschen (Statista 2019c, 2019c, Stats NZ 2003). Bei dieser deutlich höheren Bevölkerungsdichte in Deutschland

und den klimatischen Bedingungen des Landes werden Kühe überwiegend in Stallhaltung gehalten (Statistisches Bundesamt 2010). Dabei ist die Anzahl der Tiere pro Betrieb geringer als in Neuseeland, aber die Milchleistung pro Tier deutlich höher (Bundesverband Rind und Schwein e. V. 2019b, DairyNZ und LIC 2018, Hemme 2015). Die hohen Milchleistungen in Deutschland werden mit einer energiereichen Fütterung, meist einer Mischration aus Raufutter (Stroh, Heu), Kraftfutter (u.a. Hülsenfrüchte, Getreide) und Grundfutter (Mais- und Grassilage), erreicht. Diese Selektion auf eine hohe Milchleistung ist auch im Bezahlsystem in Deutschland begründet. Bei diesem wird zunächst pro Liter Milch ein Grundpreis bezahlt. Zusätzlich zu diesem wird pro Liter ein bestimmter Prozentsatz für Fett (z. B. 4,0%) und Eiweiß (z. B. 3,4%) festgelegt. Liegen die Werte der Tankmilch des Betriebes unter diesen Werten, so gibt es Abzüge beim Preis pro Liter. Liegt der Wert der Tankmilch über dem festgelegten Wert, so bekommt man Bonizahlungen pro Liter Milch. Indirekt werden deutsche Landwirte also nach den Inhaltsstoffen bezahlt, jedoch liegen die Abzüge bei 70% des Grundpreises, wenn die Milch unrealistische Werte von 0% Eiweiß und 0% Fett hätte. So können deutsche Landwirte auch mit dem ausschließlichen Fokus auf einer hohen Milchleistung wirtschaften.

Im Gegensatz zum deutschen Haltungssystem wird in Neuseeland bei ganzjähriger Weidehaltung mit saisonaler Abkalbung sowie hohen Tierzahlen (Ø 2,8 Kühe/Hektar) und einem hohen Gehalt an Milchinhaltstoffen pro Hektar Grasland produziert, um wirtschaftlich zu sein (Coleman et al. 2010). Aufgrund der geringen Bevölkerungsdichte und des meist günstigen Klimas werden die Kühe in Neuseeland mit nur einigen wenigen Ausnahmen ganzjährig auf der Weide gehalten (Shadbolt und Apparao 2016, Verkerk 2003). Im Gegensatz zum deutschen Bezahlsystem wird in Neuseeland ausschließlich nach den sogenannten „milk solids“ (Milchinhaltstoffen) bezahlt. Die Menge an Milch ist daher von geringerer Bedeutung für einen neuseeländischen Landwirt. Der Fokus liegt auf einem hohen Gehalt an Fett und Eiweiß in der Milch. Dies ist in der weiteren Verarbeitung der Milch begründet. Der Hauptanteil der Milch in Neuseeland wird zu Milchpulver verarbeitet. Bei diesem Prozess wird der Milch die Flüssigkeit entzogen und es bleiben die Milchinhaltstoffe erhalten. Daher ist eine Milch mit einem hohen Gehalt an Milchinhaltstoffen produktionsgünstiger (Verkerk 2003). Dies ist auch einer der Gründe für die Kreuzungszucht aus

Holstein Friesian und Jersey (siehe Tabelle 4). Nach Coleman et al. (2010) kann eine in diesem System angestrebte Erhöhung der Gehalte an Milchinhaltstoffen bei ganzjähriger Weidehaltung mit dem Hauptfuttermittel Gras nicht nur durch die Auswahl geeigneter Rassen erreicht werden, sondern auch durch hohe Besatzdichten bei gleichzeitiger Zufütterung von Ergänzungsfuttermitteln. So lassen sich in Neuseeland die steigenden Tierzahlen pro Betrieb und die Steigerung der Betriebszahl, welche Ergänzungsfuttermittel verwenden, erklären.

Tabelle 4: Milchleistung und Milchinhaltstoffe in Deutschland (D) und Neuseeland (N) (Bundesverband Rind und Schwein e. V. 2019b, DairyNZ und LIC 2018)

Rasse	Fett [%]	Eiweiß [%]	Milch/Laktation [l] bzw. [kg]	Laktationstage* [d]
N HF	4,48	3,73	4470 l	220*
N Jersey	5,65	4,14	3208 l	221*
N Kiwi Cross	4,97	3,94	4102 l	221*
DH	3,97	3,41	9458 kg	324
DFV	4,15	3,53	7872 kg	318

*Laktationstage in Neuseeland nach „herd testing method“ bestimmt; DFV=Deutsches Fleckvieh; DH=Deutsche Holsteins; HF=Holstein Friesian; Kiwi Cross (HF x Jersey);

Zur Berechnung der Laktationsdauer in Neuseeland gibt es zwei Methoden. Die „herd testing method“ und die „production method“. Bei der „herd testing method“ werden Start- und Endpunkt der Laktation in Abhängigkeit der durchgeführten Herdentests berechnet. Die „production method“ nimmt als Grundlage für die Berechnung Informationen von Milchlieferanten, die seit 1997 aufgezeichnet werden. Aufgrund der höheren Fehlerquote der „herd testing method“ wird die „production method“ im Bericht von DairyNZ und LIC (2017) als akkurater und genauer beschrieben. Für die einzelnen Rassen jedoch liegen ausschließlich Daten zur Laktationsdauer vor, welche mittels „herd testing method“ berechnet wurden (siehe Tabelle 7 und Tabelle 4).

2.1.4.1 Besonderheiten des Produktionssystems in Neuseeland

In Neuseeland gibt es Betriebsstrukturen und Farmsysteme, welche sich sehr stark von denen in Deutschland unterscheiden. Im Folgenden wird daher ausführlich auf die neuseeländischen Farmsysteme eingegangen.

Die Produktionssysteme in Neuseeland können nach verschiedenen Kriterien eingeteilt werden. Die wichtigsten Kriterien sind die Betriebsstruktur und die Einteilung nach Fütterungssystemen (DairyNZ 2018, DairyNZ und LIC 2018).

2.1.4.1.1 Einteilung nach Betriebsstruktur nach DairyNZ und LIC (2018)

Im folgenden Abschnitt werden die verschiedenen Betriebsstrukturen in Neuseeland dargestellt. In Neuseeland ist die größte Gruppe die „owner-operators“ mit 59,9%. Die zweithäufigste Betriebsstruktur sind die „sharemilker“ mit 27,3% und zu einem kleinen Anteil die „contract milker“ mit 12,4% (siehe Tabelle 5) (DairyNZ und LIC 2018).

Owner-operator

Beim Betriebssystem des „owner-operators“ gehört dem Eigentümer der Farm der gesamte Betrieb: das Farmland mit Gebäuden, die Landmaschinen sowie die Kühe. Der Eigentümer des Betriebes ist gleichzeitig auch der Betreiber, oder dieser stellt einen Farmmanager ein, der für ein festgesetztes Gehalt die Farm betreibt. „Owner-operators“ tragen alle Risiken und Kosten. Dafür erhalten sie das gesamte Einkommen (DairyNZ und LIC 2018).

Contract milker

Dem Eigentümer der Farm gehört der gesamte Betrieb: das Farmland mit Gebäuden, die Landmaschinen sowie die Kühe. Der Eigentümer beschäftigt „contract milker“, die entsprechend eines festgelegten Gehalts pro kg Milchinhaltstoffe bezahlt werden. Der Höhe des Lohns orientiert sich an der Menge der anfallenden Arbeit auf der Farm (DairyNZ und LIC 2018).

Sharemilker

Das „sharemilking“ ist der erste Schritt, wenn das Ziel der Karriere der Erwerb einer eigenen Farm wie beim „owner-operator“ ist. Beim „sharemilking“ betreibt der „sharemilker“ die Farm im Auftrag vom Eigentümer und diese teilen sich dafür einen Teil der Einnahmen der Farm (im Gegensatz zu einem festgelegten Lohn). Es sind zwei verschiedene „sharemilking“ Systeme bekannt. „variable order sharemilking“ und „50/50 Sharemilking“, auch „herd owning sharemilking“ genannt (DairyNZ und LIC 2018).

Circa 60% der sharemilker sind 50/50 sharemilker. Beim „**50/50 sharemilking**“ gehören dem „sharemilker“ die Kuhherde, die Landmaschinen sowie alle Gerätschaften, die für das Betreiben des Betriebes notwendig sind. Der „sharemilker“ ist verantwortlich für die Milchproduktionskosten, für das Personal, viehbestandsbezogene Ausgaben und allgemeine Farmarbeit und Instandhaltung. Dem Eigentümer gehören das Farmland und die Gebäude inklusive der Melkanlage. Der Eigentümer ist normalerweise verantwortlich für Ausgaben, die mit der Instandhaltung des Grundstücks verbunden sind. Die Prozentangabe, also z. B. 50% in einem „50/50 sharemilking“ System, beschreibt den vereinbarten Anteil des Milchertrages, welchen der „sharemilker“ erhält. Dieser Anteil kann von 45% bis 55% variieren, wobei der Großteil der „sharemilking“-Betriebe 50% vereinbaren (DairyNZ und LIC 2018).

Im Gegensatz zum 50/50-sharemilking, bei welchem der Eigentümer wenig mit dem Farmmanagement zu tun hat, behält dieser beim „variable order sharemilking“ mehr Einbindung und Beteiligung in das Farmmanagement. Dem Eigentümer gehört die Milchviehherde und er trägt einen größeren Anteil der Kosten, z. B. die Tiergesundheit und Zucht betreffend. Der Arbeitsumfang, den der „sharemilker“ zu verrichten hat, wird individuell vereinbart. Je nachdem kann dieser Umfang vom gesamten Herdenmanagement bis zu reinen Farmarbeiten reichen (DairyNZ und LIC 2018).

Tabelle 5: Herdenanteile pro Betriebsstruktur in der Saison 2017/18
(DairyNZ und LIC 2018)

Betriebsstrukturen 2017/18	Herdenanteil in [%] pro Betriebsstruktur
Owner-operators	59,9
Contract Milker	12,4
Sharemilkers:	
< 20%	1,1
20-29%	5,1
30-49%	1,4
50/50	15,9
> 50%	3,7
All sharemilkers	27,3
Other/Unknown	0,4

2.1.4.1.2 Einteilung nach Fütterungssystem nach DairyNZ (2018)

Im folgenden Abschnitt werden die fünf verschiedenen Fütterungssysteme vorgestellt. Diese sind wichtig, da die Landwirte je nach Molkerei Restriktionen für zu viel zusätzlich (außer von Gras) gefütterten Futtermitteln bekommen. Vor allem handelt es sich hierbei um geschroteten Palmkern, ein Nebenprodukt bei der Herstellung von Palmkernöl. Dieser beeinflusst den Geschmack der Milch negativ (Eigene Berichte der Landwirte).

System 1:

Das Hauptfuttermittel Gras wird ausschließlich auf der Farm selbst angebaut und verfüttert. Die gesamte Milchviehherde und das Jungvieh befinden sich auf der Farm. Keine Futtermittel werden zugekauft. Keine Ergänzungsfuttermittel werden an die Herde verfüttert, außer, wenn diese auf der „effective milking area“ angebaut worden sind, welche sich aus der Gesamtfläche der Farm, abzüglich der Wohnhäuser, der Wege, der Stallgebäude und dem Wald zusammensetzt (DairyNZ 2018).

System 2:

Ca. 4-14% des gesamten Futters wird zugekauft. Entweder werden Ergänzungsfuttermittel an die Trockensteher verfüttert oder die Trockensteher werden über die Trockenstehzeit auf eine andere Farm gebracht. Der

Prozentsatz des zugekauften Futters variiert stark. In Regionen mit hohem Niederschlag und kaltem Klima, wie z. B. in Southland werden die Trockensteher teilweise über den Winter auf eine andere Farm gebracht (DairyNZ 2018).

System 3:

Futtermittel werden zugekauft, um die Laktation zu verlängern und für die Trockensteher (normalerweise im Herbst, da geringere Mengen an Futtermitteln auf der Farm zur Verfügung stehen). Ca. 10-20% des gesamten Futters wird zugekauft. In den Regionen Westland auf der Südinself sowie bergigen Regionen auf der Nordinsel, wie z. B. an der Westküste bei Te Rauamo, werden Futtermittel eher im Frühling als im Herbst zugekauft, da die Weiden im Frühling sehr nass und matschig sind und den Kühen wenig Gras zum Fressen zur Verfügung steht (DairyNZ 2018).

System 4:

Futtermittel werden zugekauft und den Milchkühen im ersten und letzten Drittel der Laktation sowie den Trockenstehern zugefüttert. Ca. 20-30% des gesamten Futters werden zugekauft (DairyNZ 2018).

System 5:

Zugekaufte Futtermittel werden während des gesamten Jahres über die gesamte Laktationszeit verwendet und werden auch den Trockenstehern gefüttert. Ca. 25-40% (es können in Einzelfällen auch bis zu 55% sein) der gesamten Futtermittel werden zugekauft (DairyNZ 2018).

2.1.5 Somatische Zellzahl (SCC)

Im folgenden Abschnitt werden die somatischen Zellzahlen, ihre Funktion und Bedeutung für die Eutergesundheit beschrieben.

Milch unterliegt als Lebensmittel strengen Richtlinien. So muss diese von eutergesunden Tieren stammen, um für den Menschen verzehrfähig zu sein. Daher, aber auch aus wirtschaftlichen, tiergesundheitlichen und Aspekten des Tierwohls ist die Erkrankung des Euters nach wie vor eine der wichtigsten Krankheiten der Milchkuh (Winter 2010). Dies zeigt auch die Statistik des Bundesverbandes Rind und Schwein e. V. (2019b) (siehe Tabelle 1). Eine Erkrankung des Euters zieht finanzielle Verluste durch reduzierte Milchablieferungsmengen, Behandlungskosten und vermehrtem Arbeitsaufwand

nach sich. Daher sollte die regelmäßige Überwachung der Eutergesundheit auf Betrieben ein Bestandteil der Arbeiten des Betriebsleiters und des bestandsbetreuenden Tierarztes sein. Um subklinisch erkrankte Tiere frühzeitig zu erkennen und einer klinischen Erkrankung vorzubeugen, bedarf es der regelmäßigen Überwachung der somatischen Zellzahl (Winter 2010).

2.1.5.1 Definition und Funktion von somatischen Zellzahlen

Die somatische Zellzahl in der Milch dient als Indikator für Eutergesundheit. Sie gibt die Anzahl körpereigener Zellen in der Milch an, welche aus Makrophagen, Lymphozyten, polymorphkernigen neutrophilen Granulozyten und Epithelzellen bestehen. In einem gesunden Euter kommen Lymphozyten, Makrophagen und Epithelzellen zu einem höheren Anteil vor als in einem erkrankten Euter. Anders verhält sich die Anzahl an neutrophilen Granulozyten. Diese sind kurzlebig und haben die Hauptaufgabe der Phagozytose und intrazellulärer Abtötung von Bakterien und der Sekretion antibakterieller Faktoren. Bei einer Infektion des Euters werden sie durch chemotaktive Substanzen der Makrophagen angelockt, um die Erreger abzutöten (Winter 2010).

2.1.5.2 Einteilung der somatischen Zellzahl

In Tabelle 6 ist die Kategorisierung der Mastitis auf Grundlage zytologisch-mikrobiologischer Befunde dargestellt (Fehlings 2012).

Tabelle 6: Beurteilung zytologisch-mikrobiologischer Befunde im Rahmen der Mastitis-Kategorisierung in Anlehnung an IDF, 1967; DVG 2002 (Fehlings 2012)

Zellgehalt pro ml Milch	Euterpathogene Mikroorganismen	
	Nicht nachgewiesen	Nachgewiesen
<100.000	normale Sekretion	Latente Infektion
>100.000	Unspezifische Mastitis	Mastitis

2.1.5.3 Besonderheiten der Eutergesundheit bei Stall- und Weidehaltung

Bei Stallhaltung kann eine schlechte Stallhygiene zu vermehrtem Auftreten von Kühen mit einer subklinischen oder klinischen Mastitis führen. Ein gutes Werkzeug zur Überprüfung der Stallhygiene ist die Sauberkeit der Zitzen und Euterspiegel. Diese kann auch mit Hilfe eines Euterhygienescoreings überprüft

werden. Nach Krömker et al. (2018) sollten demnach nicht mehr als 10% der Tiere einer Herde ein deutlich verschmutztes Euter aufweisen. Die Stallhygiene beinhaltet das Management der Boxen und Liegeflächen, der Laufgänge und Treibwege, des Einstreus sowie der Futterplätze.

Bei Weidehaltung hat vor allem die Hygiene einen Einfluss auf die Eutergesundheit. Nach Krömker et al. (2018) kann die Eutergesundheit durch Weidegang verbessert werden, wenn eine dichte Grasnarbe auf der Weide vorhanden ist und die Treibwege befestigt sind. Auf schmutzigen Treibwegen und Weiden mit zerstörter Grasnarbe kommt es durch Schlamm, Dreck und Fäkalien zu Kontamination des Euters. Nasse oder sumpfige Weideflächen wirken sich hierbei negativ auf die Eutergesundheit aus.

2.1.5.4 Somatische Zellzahlen in Deutschland und Neuseeland

In Tabelle 7 und Tabelle 8 werden die somatischen Zellzahlen beider Länder beschrieben.

Tabelle 7: Laktationsübersicht pro Kuh und Region in 2017/18
(DairyNZ und LIC 2018)

Region	Milchfett (%)	Milcheiweiß (%)	Milchinhaltsstoffe (%)	Laktationstage („herd testing method“)	Laktationstage („production method“)	Somatische Zellzahl (Tsd./ml Milch, Ø)
Waikato Distrikt	4,80	3,77	8,58	221	278	179
Neuseeland	4,75	3,82	8,57	219	274	185

Tabelle 8: Zellzahlen der Milchkühe, differenziert nach Zellzahlklassen und Bundesland (Mahlkow-Nerge 2018)

Bundesland/ Milchkontroll- organisation	Zellzahl, Tsd./ml Milch, Ø	Anteil der Kühe (%) in der jeweiligen Zellzahlklasse, Tsd./ml Milch			
		<100	101 - 200	201 - 400	> 400
Baden- Württemberg	181	63,6	18,1	9,5	8,7
Bayern	201	55,8	19,9	13,1	11,2
Brandenburg	282	53,4	19,5	12,5	14,5
Hessen	259	53,1	20,2	13,0	13,6
Mecklenburg – Vorpommern	276	54,9	18,6	12,1	14,4
Niedersachsen	253	53,9	19,9	12,8	13,4
Nordrhein – Westfalen	243	55,7	19,1	12,2	13,0
Rheinland – Pfalz, Saarland	242	53,4	20,6	12,8	13,3
Sachsen	255	57,2	17,9	11,4	13,5
Sachsen – Anhalt	292	52,4	19,4	12,8	15,4
Schleswig – Holstein	224	59,0	18,1	11,3	11,6
Thüringen	267	56,9	18,1	11,5	13,6
Deutschland gesamt	237	56,0	19,3	12,3	12,4

2.2 Wichtige sonstige milchkuhassoziierte Krankheiten

Einen Überblick über die wichtigsten milchkuhassoziierten Krankheiten wird im folgenden Abschnitt gegeben. Dabei werden Krankheiten beschrieben, die in dieser Studie nicht näher betrachtet wurden, jedoch im Zusammenhang mit erfassten Parametern stehen können (siehe Abschnitt 2.3).

2.2.1 Stoffwechselkrankheiten

Im folgenden Abschnitt werden die hypokalzämische Gebärparese und die Ketose erklärt.

2.2.1.1 Hypokalzämische Gebärparese

Nach Dirksen et al. (2006) wird als Gebärparese, Milchfieber oder puerperales Festliegen der Kalziummangel kurz nach dem Kalben bezeichnet. Die Milchkuh kommt in der Zeit um die Kalbung in eine Hypokalzämie. Die Gründe dafür, dass es bei manchen Kühen zu pathologischen Werten und zum Festliegen kommt, sind nur teilweise geklärt. Wahrscheinlich liegt es an einer ungenügend raschen Adaptation an die angestiegenen Bedürfnisse an Kalzium. In der Trockenstehperiode spielt auch die Fütterungsmenge von Kalzium eine Rolle. Wird zu viel Kalzium angeboten, so desensibilisieren sich die Rezeptoren für die aktive Kalziumbereitstellung und stehen, wenn der Kalziumbedarf gestiegen ist, erst verspätet zur Verfügung, wodurch der Kalziumspiegel weiter sinkt. Die Folgen eines Kalziummangels sind vermehrte Unruhe, trippeln mit den Hinterbeinen, normale bis erhöhte Herzfrequenz, erniedrigte Körperaußentemperatur und normale bis erniedrigte Körperinnentemperatur, bis hin zu Festliegen, Koma oder Tod. Hochleistungskühe sind häufiger betroffen als Kühe mit einer geringen Leistung. Es sind ca. 5-10% aller adulten Milchkühe betroffen (Dirksen et al. 2006).

2.2.1.2 Ketose

Die Ketose bezeichnet nach Dirksen et al. (2006) einen Zustand des Rindes zu Beginn der Laktation, bei welchem eine negative Energiebilanz, die das physiologische Maß übersteigt, vorliegt. Die Ketose steht im Zusammenhang mit der Hochträchtigkeit, dem Abkalben und dem Puerperium sowie der Fütterung, der Haltung, der Milchleistung und anderen peripartalen Krankheiten und ist

somit von großer Bedeutung für den Landwirt und den Tierarzt. Der Energiebedarf am Anfang der Laktation steht nicht in direkter Beziehung mit der Futteraufnahme der Milchkuh. Dadurch kommt die Milchkuh in eine physiologisch negative Energiebilanz, welche durch Abbau von Körperfettreserven wieder kompensiert werden soll (siehe Abb. 13). Gelingt dies nicht, kann es dazu führen, dass das physiologische Maß überstiegen wird und die Milchkuh in einen ketotischen Bereich fällt. Vor allem bei Hochleistungstieren, welche zu Beginn der Laktation zügig eine hohe Milchleistung erlangen, wird sehr viel Laktose (50 g Laktose/Liter Milch) benötigt. Diese wird aus Glucose hergestellt, welche entweder aus dem Glykogenspeicher mobilisiert wird oder aus dem Abbau von Nahrungskohlenhydraten entsteht und mit der Lipomobilisation in Verbindung steht (siehe Abb. 14).

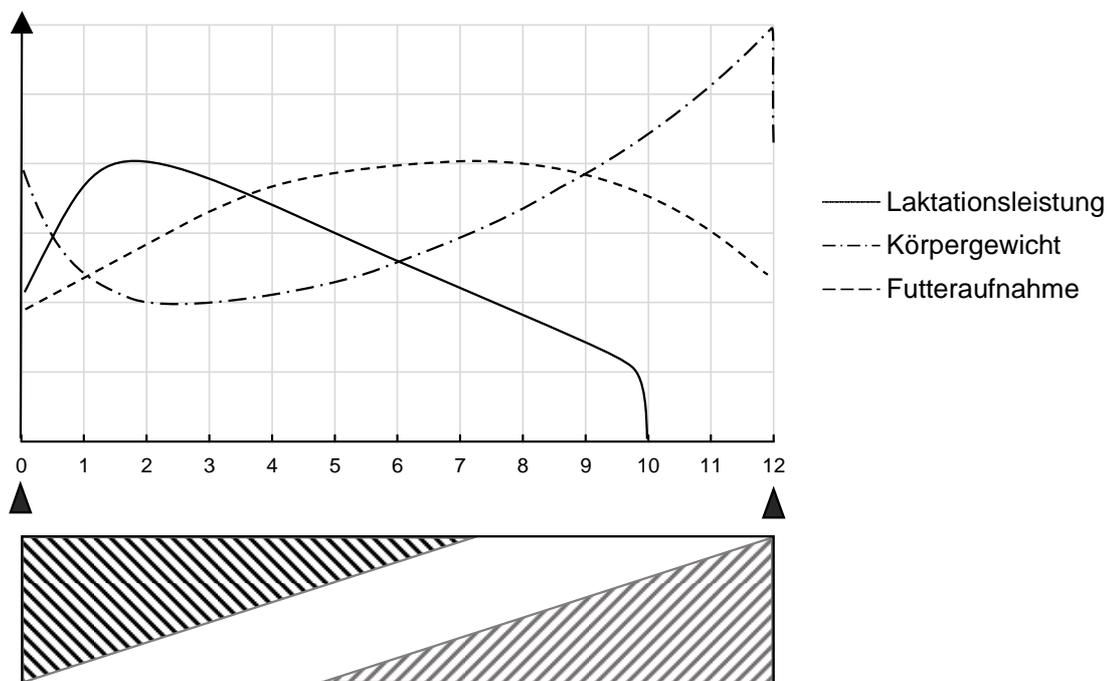


Abb. 13: Verlauf der Zeitkurven von Körpergewicht, Futteraufnahme und Laktationsleistung bei der Milchkuh (schematisch; Zeichenerklärung: ▲ Kalbetermine; ▨ katabole Stoffwechsellage [Lipolyse und Lipomobilisation]; ▩ anabole Stoffwechsellage [Lipogenese und Lipodeposition]) (Dirksen et al. 2006)

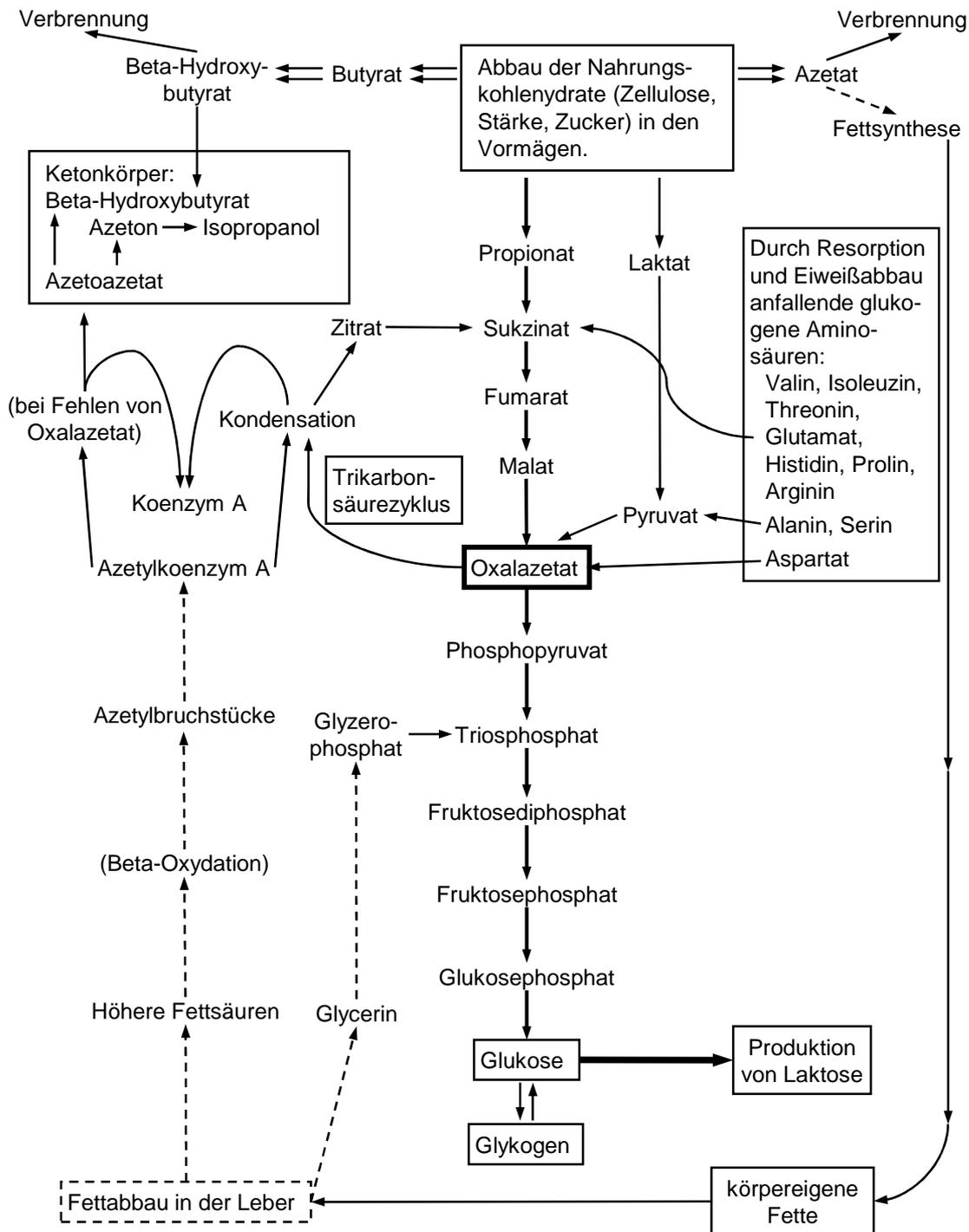


Abb. 14: Koppelung von Glukoneogenese und Lipomobilisation innerhalb des Energiestoffwechsels beim Rind nach (Dirksen et al. 2006)

Die Milchkuh versucht, die Versorgungslücke durch einen sehr schnellen Abbau von körpereigenen Fettreserven zu schließen. Beim Abbau der Körperfettreserven entstehen bei Abwesenheit von Oxalazetat, welches beim Abbau von Nahrungskohlenhydraten gebildet wird, die Ketonkörper Beta-Hydroxybutyrat (BHB), Azetoazetat und Azeton. BHB ist messbar im Blut, Harn

und in der Milch. Eine Ketose kann jedoch auch bei normal konditionierten oder unterkonditionierten Kühen vorkommen, die richtig angefüttert wurden, wenn deren Energiehaushalt durch die besonderen Anforderungen überfordert ist und metabolisch entgleist. Es ist ebenso möglich, dass über die Fütterung von buttersäurehaltiger (ketogener) Silage oder zu fettreichem Krafffutter eine Ketose entstehen kann. Die Hintergründe der Entstehung einer spontanen Ketose sind noch nicht vollkommen geklärt. Es wird vermutet, dass die Hormonproduktion, vor allem von Insulin sowie die Ansprechbarkeit der Rezeptoren auf Insulin dabei eine Rolle spielen (Klee und Metzner 2016). Es wird zwischen subklinischer Ketose und klinisch manifester Ketose unterschieden. Zur Diagnose von Ketose können Milch-, Harn- und Blutuntersuchungen dienen, bei welchen der Beta-Hydroxybutyrat-Gehalt bestimmt wird. Die Grenzwerte hierfür liegen nach Dirksen et al. (2006) bei $\geq 1,2$ mmol BHB/l Blutserum für die subklinische Ketose und bei ≥ 3 mmol/l für die klinisch manifeste Ketose. Zwischen 2-3 mmol/l spricht man vom Übergangsbereich. Nach Klee und Metzner (2016) gibt es in der Literatur für den unteren Grenzbereich Werte zwischen 1,0 und 1,4 mmol/l und einen oberen Grenzwert von 2,9 mmol/l für die subklinischen Ketose. Diese lässt sich nur durch den Nachweis von Ketonkörpern in Milch, Blut oder Harn feststellen. Die Symptome einer klinisch manifesten Ketose reichen von Fressunlust, Gewichtsabnahme und Milchrückgang bis hin zu nervösen Erscheinungen wie Blindheit, Apathie, Tobsuchtsanfälle und Nachhandparesen. Der Kot kann dunkler und fester sein als normal und die Ausatemluft sowie die Milch enthalten Ketonkörper, welche olfaktorisch wahrgenommen werden können (Dirksen et al. 2006, Klee und Metzner 2016).

2.3 Beziehungen zwischen den (untersuchten) Parametern und zwischen Parametern und milchkuhassoziierten Krankheiten

Im Folgenden wird der wissenschaftliche Stand zu den Zusammenhängen zwischen einzelnen Parametern sowie zwischen Parametern und milchkuhassoziierten Krankheiten dargelegt.

2.3.1.1 Lahmheitsscore (LHS) und Milchleistung (ML)

In der Studie von Green et al. (2014) wird festgestellt, dass lahme Kühe im Durchschnitt 0,9 kg weniger Milch/Tag produzieren als nicht lahme Kühe. Außerdem zeigt sich, dass die Milchleistung mit zeitlichem Abstand von einer Klauenerkrankung größer ist. Im Umkehrschluss gilt: Je näher der Abstand zu einer Klauenerkrankung, desto geringer ist die Milchleistung. Zwischen verschiedenen BCS-Gruppen (1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4) gibt es nur geringe Unterschiede bezüglich der Milchleistung über einen Zeitraum von 305 Tagen. Diese betragen bis zu 100 kg Milch, was 0,9% der 305-Tagesleistung entspricht.

Die Milchleistung lahmer Kühe fällt im Monat vor der Klauenbehandlung signifikant ab. Dies trifft zu, wenn die Kühe an einem Sohlengeschwür oder an einem Weiße-Linie-Defekt erkrankten; nicht aber, wenn die Erkrankung eine Dermatitis Digitalis war (Green et al. 2014). Auch Hernandez et al. (2002) und Warnick et al. (2001) kommen zu dem Ergebnis, dass sich Lahmheiten negativ auf die Milchleistung auswirken.

2.3.1.2 Lahmheitsscore (LHS) und Reproduktion

Bei Garbarino et al. (2004) wird untersucht, inwiefern die Klauengesundheit von Rindern Auswirkungen auf die Reproduktion hat. Dabei wird die Ovaraktivität (die Zeitspanne nach dem Abkalben bis der erste Zyklus wieder beginnt) sowie der Zeitpunkt des Einsetzens der lutealen Phase erfasst. Kühe, die mit einem LHS ≥ 4 benotet wurden, hatten eine 3,5-mal höhere Wahrscheinlichkeit eines verspäteten Zyklus als nicht lahme Kühe. Das Intervall vom Abkalben bis zur ersten lutealen Phase war signifikant länger bei den lahmen Kühen (\emptyset 36 Tage) verglichen mit nicht lahmen Kühen (\emptyset 29 Tage). Nicht nur deutliche (Score ≥ 3), sondern auch geringgradige Lahmheiten in der Früh-laktation beeinträchtigen die Reproduktionsleistung einer Herde (Orgel et al. 2016). Eine konsequente

Überwachung der Klauengesundheit und eine fachgerechte frühzeitige Behandlung geringgradig und deutlich lahmer Tiere können einen Beitrag zum Tierwohl und zur ökonomischen Effizienz einer Milchviehherde leisten.

2.3.1.3 Körperkondition, Reproduktionsstörungen und Ketose

Der Zusammenhang zwischen Ketose und BCS ist z. B. von Dirksen et al. (2006) beschrieben. Demnach steigt bei einem zu hohen BCS, welcher beispielsweise durch eine übermäßige Fütterung in der Trockenstehperiode erlangt wird, das Risiko p.p. an einer Ketose zu erkranken. Übermäßig konditionierte Kühe haben oftmals Schwierigkeiten bei der Geburt ihres Kalbes. Dies begünstigt wiederum die Entstehung peripartaler Erkrankungen wie Gebärparesen (siehe Abschnitt 2.2.1) oder Nachgeburtverhalten und Metritis. Kühe reagieren auf das akute Krankheitsgeschehen mit verminderter Fresslust, was das bestehende Energiedefizit (siehe Abb. 13) zusätzlich negativ beeinflusst, wodurch das Risiko der Entstehung einer Ketose zunimmt. Zudem wird vorrangig im Fett das Hormon Leptin gebildet, welches den Appetit verringert und ein natürlicher Schutzmechanismus des Körpers ist, um nicht zu verfetten. Daten aus Neuseeland besagen, dass ein um eine Einheit erhöhter BCS (10-Punkte Scoring) zu 0,5 – 1 kg geringerer Trockenmasseaufnahme führen kann, wobei dabei der Zeitpunkt der Laktation keine Rolle spielt (Macdonald und Roche 2011). Im peripartalen Zeitraum birgt dies die oben genannten Risiken. Auch Kühe mit einem zu geringen BCS haben ein erhöhtes Risiko an Ketose zu erkranken. Dies ist vor allem bei Hochleistungsmilchkühen der Fall, wenn diese eine schnell ansteigende Milchleistung p.p. aufweisen. Dabei wird ein Großteil der Energie zur Produktion von Milch verwendet und die Kuh kann in eine pathologisch hohe negative Energiebilanz kommen (Dirksen et al. 2006).

2.3.1.4 Körperkondition und Lahmheit

In einer Studie von Green et al. (2014) werden Daten von 600 Kühen über einen Zeitraum von 44 Monaten gesammelt und ausgewertet. Dabei wird der Zusammenhang von Milchleistung, Klauenerkrankungen und BCS (5-Punkte System) hergestellt. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass ein BCS <2,5 mit einem erhöhten Risiko einhergeht, in den folgenden vier Monaten nach dem Body-Condition-Scoring an einer Klauenerkrankung zu erkranken. Dies zeigt sich

vor allem bei Weiße-Linie-Defekten und Sohlengeschwüren. Das Risiko an Sohlenblutungen zu erkranken ist bei einem BCS $< 2,5$ nur in den ersten zwei Monaten nach dem Body-Condition-Scoring erkennbar. Es besteht jedoch kein Zusammenhang zwischen Digitaler Dermatitis und BCS. Das führt zu dem Rückschluss, dass Rinder mit einem niedrigen BCS ein höheres Risiko haben, an einer nicht-infektiösen Klauenerkrankung zu erkranken. Eine Erklärung dafür ist das dünnere digitale Fettpolster, welches Kühe mit einem niedrigeren BCS aufweisen. Dieses Fettpolster dient unter anderem als Schutz der Klaue. Dieser fehlende Schutz bei unterkonditionierten Kühen birgt daher ein höheres Risiko, an nicht infektiösen Klauenerkrankungen zu erkranken (Green et al. 2014).

2.3.1.5 Körperkondition und hypokalzämische Gebärparese

Roche und Berry (2006) beschreiben, dass Holstein Friesian (HF) Kühe mit einem BCS $\geq 3,5$ und $\leq 2,5$ häufiger an hypokalzämischer Gebärparese erkranken als Kühe zwischen einem BCS von 2,5-3,5. Ebenfalls finden sie heraus, dass HF Kühe mit einem BCS $\geq 3,5$ ein 3,3 -fach höheres Risiko haben, an hypokalzämischer Gebärparese zu erkranken, als HF Kühe mit einem BCS $< 3,5$.

2.3.1.6 Körperkondition und Reproduktion

In der Studie von Pryce et al. (2001) wird dargestellt, dass ein Zusammenhang zwischen BCS und der Reproduktion besteht. Dabei wird eine lineare Regression angewandt, da die Beziehung zwischen BCS und Reproduktionsmerkmalen außerhalb der Extremen (extrem fett und extrem mager) linear verläuft. Die Kühe mit einem extremen BCS weisen schlechtere Reproduktionsmerkmale auf als Kühe mit einem mittleren BCS.

Tabelle 9: Regressionsschätzwerte (SEM) der Milchleistung und Reproduktionsmerkmale bei Erhöhung des Body-Condition-Scores (BCS) um einen Scorepunkt (Pryce et al. 2001)

	BCS1	BCS10	BCSCH	BCSAVG	BCSCHA
DFH	5.7 (2.7)*	-5.4 (2.4)*	-17.4 (2.9)***	0.3 (2.8)	-18.0 (3.3)***
CI	-6.3 (5.2)	-14.6 (4.7)**	-15.5 (5.7)**	-10.8 (5.5)***	-9.0 (6.5)
DFS	1.1 (2.0)	-6.2 (1.8)***	-10.6 (2.2)***	-2.5 (2.1)	-8.8 (2.5)**
FSC	0.07 (0.05)	0.09 (0.04)*	0.09 (0.06)	0.09 (0.05)**	-0.04 (0.05)
MY	-0.4 (0.4)	-1.9 (0.3)***	-2.0 (0.4)	-1.1 (0.4)*	-1.4 (0.3)***

¹MY: milk yield averaged over the first 26 wk after calving; DFH: days to first heat; CI: calving interval; DFS: days to first service; FSC: conception at first service.

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$ *** $P < 0.001$

*BCS1=BCS in der ersten Woche pp; BCS10=BCS in der 10. Woche pp;
BCSCH=Veränderung des BCS von der ersten Woche pp bis zur 10. Woche pp;
BCSAVG= Δ BCS von Woche 1-10 pp; BCSCHA= BCSCH an BCS10 angepasst,
SEM=Standardfehler des Schätzwertes*

In Tabelle 9 wird mittels Regression der Effekt einer Erhöhung des BCS um einen BCS-Punkt beschrieben. Wenn zum Beispiel in Woche 10 p.p. (BCS10) der BCS um einen Punkt erhöht wird, so wird erwartet, dass sich die Zeit bis zur ersten Brunst um 5,4 Tage und das Kalbeintervall um 14,6 Tage verkürzt, es 6,2 Tage weniger bis zur ersten Besamung dauert, die Konzeptionsrate um 9% höher ist und die Kuh 1,9 kg weniger Milch/Tag gibt. Damit führt ein durchschnittlicher oder unterdurchschnittlich hoher BCS zu einer geringeren Reproduktionsleistung. Beim Vergleich von Kühen, die auf eine hohe Milchleistung mit einem hohen Fett- und Eiweißanteil selektiert wurden (Gruppe 1), mit Kühen, die eine durchschnittliche Milchleistung mit einem durchschnittlichen Fett- und Eiweißgehalt (Gruppe 2) aufweisen, kann festgestellt werden, dass ein BCS-Verlust in der Früh-laktation größere Auswirkungen auf die Reproduktionsleistung der Tiere aus der Gruppe 1 als aus der Gruppe 2 hat. Tiere aus der Gruppe 1 haben geringere BCS Messwerte und ein größeren (negativen) BCSCHE als Tiere aus der Gruppe 2 (Pryce et al. 2001).

In der Zucht ist es ebenso nützlich den BCS zu benutzen. De Jong (2005) zeigt, dass bei der Bewertung der Reproduktionsmerkmale von Zuchtbullen die Zuverlässigkeit steigt, wenn man den BCS als Hilfsmerkmal mit aufnimmt. Die Heritabilität vom BCS wird in der Literatur bei Koenen und Veerkamp (1998) mit $h^2 = 0,21 - 0,45$, bei Dechow et al. (2004) mit $h^2 = 0,20$ und von Bergk (2011) mit $h^2 = 0,208 (\pm 0,04)$ angegeben.

2.3.1.7 Körperkondition und Milchleistung (ML)

Veerkamp und Brotherstone (1997) untersuchen in ihrer Studie den Zusammenhang zwischen BCS und ML und kommen zu dem Ergebnis, dass BCS und ML eine negative Korrelation aufweisen. Demnach haben Hochleistungskühe einen niedrigeren BCS als Kühe mit einer niedrigeren Leistung (siehe auch Tabelle 9, welche die negative Beziehung ebenfalls bestätigt). Zu demselben Ergebnis kommen auch Loker et al. (2012).

2.3.1.8 Somatische Zellzahl (SCC)/Somatischer Zellscore (SCS), Milchfett, Milchprotein und Milchleistung

Bei Boland et al. (2013) wird untersucht, ob die Milchmenge einen Verdünnungseffekt auf die somatische Zellzahl hat. Die Resultate zeigen, dass dies nicht der Fall ist. Im Gegensatz dazu steht die Studie von Green et al. (2006), welche genau diesen Verdünnungseffekt nachweisen. Beide Studien zeigen das Ergebnis, dass bei steigenden somatischen Zellzahlen in der Milch die Milchleistung sinkt. In einer Studie von Chegini et al. (2017) wird beschrieben, dass je höher der somatische Zellscore (SCS) ist, desto höher ist der prozentuale Anteil von Milchfett und Milchprotein. Außerdem kommt eine Erhöhung des Milchfetts und Milchproteins, welche mit einer Erhöhung des SCS einhergehen, vermehrt in der Früh-laktation und in der ersten Laktation vor. Bei Gaunt (1980) wird aufgezeigt, dass die Milchleistung und die Milchinhaltsstoffe negativ korrelieren. Daher ist es schwierig, zeitgleich sowohl die Milchleistung als auch den prozentualen Anteil an Milchinhaltsstoffen zu erhöhen.

3 Material und Methoden

Im folgenden Abschnitt wird die Auswahl der Beispielbetriebe, die Tiere, die untersuchten Parameter, die Anzahl der Beobachtungen sowie das statistische Modell näher beschrieben.

3.1 Auswahl der Beispielbetriebe

Grundlage des Vergleichs sind Betriebe in Deutschland und Neuseeland, die aufgrund ihrer Betriebsgröße und Struktur in Anlehnung an das „TIPI-CAL Model“ (Hemme 2015) des IFCN (International Farm Comparing Network) ausgewählt wurden. Das Modell legt für Deutschland drei für die gesamte deutsche Milchwirtschaft repräsentative Regionen fest: Norddeutschland, Ostdeutschland und Süddeutschland (siehe Abb. 15).

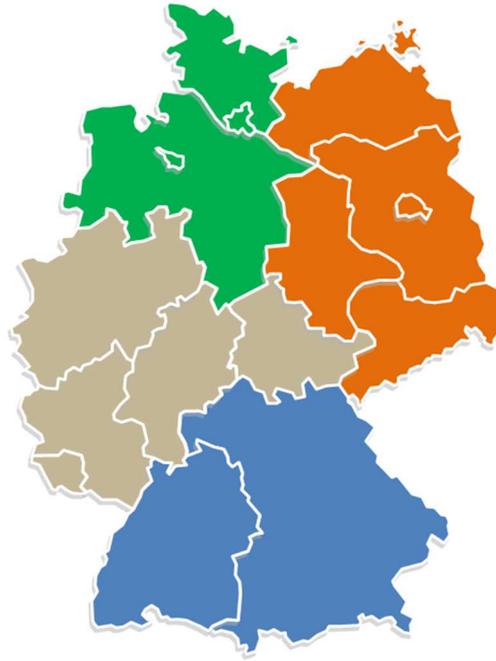


Abb. 15: Wichtige Regionen deutscher Milchwirtschaft
grün=Norddeutschland; orange=Ostdeutschland; blau=Süddeutschland

In Norddeutschland beträgt die durchschnittliche Betriebsgröße 130 und die überdurchschnittliche Betriebsgröße 250 Milchkühe. In Ostdeutschland erreicht ein durchschnittlicher Betrieb 700 und ein überdurchschnittlicher Betrieb 1200 Milchkühe. In Süddeutschland hingegen beträgt die durchschnittliche Betriebsgröße 30 und die überdurchschnittliche Betriebsgröße 70 Milchkühe (Hemme 2015).

Der durchschnittliche Betrieb dient der Darstellung eines für die jeweilige Region typischen Betriebes. Der überdurchschnittliche Betrieb wird angegeben, um einen „Blick in die Zukunft“, für welche immer größer werdende Betriebe prognostiziert werden, zu werfen (Hemme 2015).

In Norddeutschland (Niedersachsen) wurden ein Betrieb mit 150 und ein Betrieb mit 200 Kühen ausgewählt. In Ostdeutschland wurde ein Betrieb in Mecklenburg-Vorpommern mit 860 Milchkühen, ein Betrieb in Sachsen mit 1100 und ein Betrieb in Sachsen-Anhalt mit 1480 Milchkühen ausgewählt. In Süddeutschland wurde ein Betrieb in Baden-Württemberg mit 130 Milchkühen und zwei Betriebe in Bayern mit einmal 20 und einmal 120 Milchkühen ausgewählt.

In Neuseeland, welches aus einer Nord- und einer Südinsel besteht, hat nach dem „TIPI-CAL Model“ ein durchschnittlicher Betrieb 350 und ein

überdurchschnittlicher etwa 1200 Milchkühe (Hemme 2015). Andere Quellen besagen, dass auf der Südinsel im Durchschnitt die Herdengröße bei 611 Milchkühen liegt und auf der Nordinsel ein durchschnittlicher Betrieb eine Herdengröße von 340 Milchkühen aufweist (DairyNZ und LIC 2017).

Die für die Milchwirtschaft Neuseelands wichtigsten Regionen sind der Waikato District auf der Nordinsel, welcher mit 23% Anteil an der gesamten Milchproduktion Neuseelands beteiligt ist; gefolgt von North Canterbury mit 13,8% und Southland mit 11,6% auf der Südinsel (DairyNZ und LIC 2017).

Daher wurden in Neuseeland insgesamt sechs Betriebe im Waikato District für die Studie ausgewählt. Da die Milchkühe in Neuseeland hauptsächlich auf der Weide gehalten werden (Verkerk 2003), ist die Haltung in diesen Produktionssystemen abhängig von den Umweltbedingungen und dem Klima. Der Waikato District erstreckt sich von der Ost- bis zur Westküste (Waikato Regional Council 2018) und weist verschiedene Landschaften auf. In den küstennahen Gebieten ist es bergig und regnerisch. Im Inselinneren ist es eben und das Klima ist sonniger und milder. Um alle Betriebsgrößen, Umweltbedingungen und Klimata abzudecken, wurden an der Ostküste, im mittleren Teil des Waikato Districts sowie an der Westküste Betriebe ausgewählt (siehe Abb. 16).

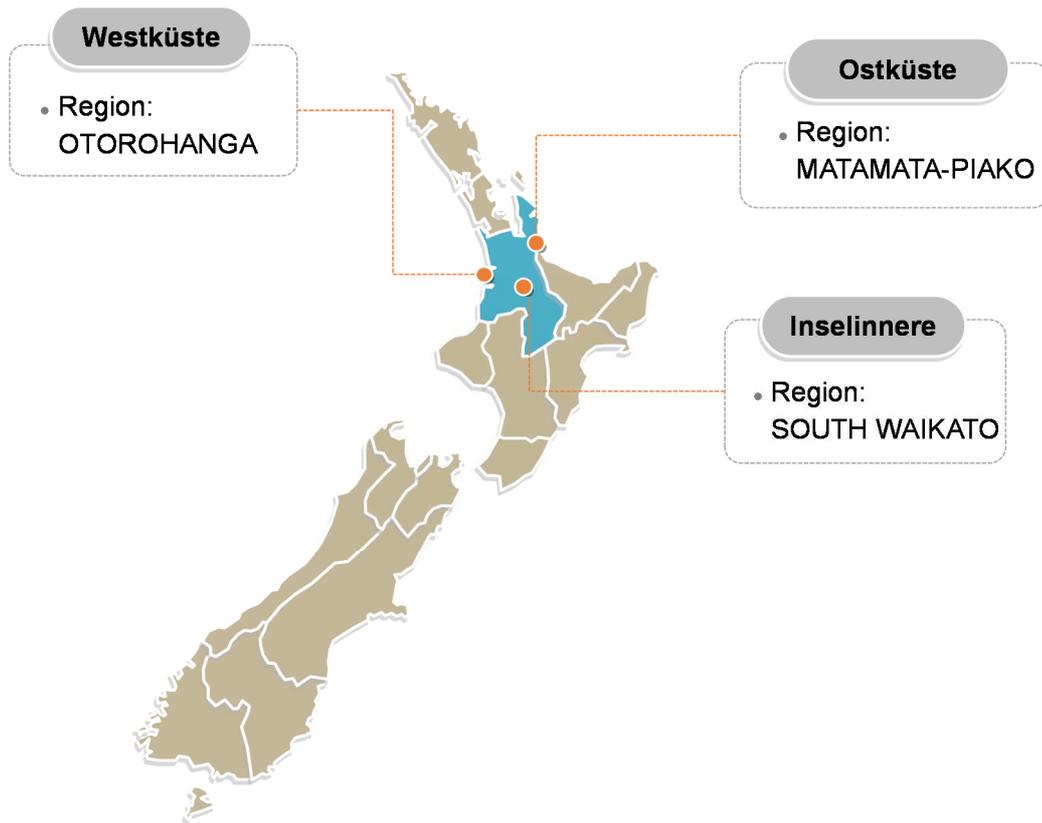


Abb. 16: Wichtige Region neuseeländischer Milchwirtschaft: WAIKATO (hellblau)

In Abb. 16 ist der Waikato District als wirtschaftlich wichtigste Region dargestellt. An der Westküste in der Region Otorohanga wurden ein Betrieb mit 500 und ein Betrieb mit 900 Milchkühen ausgewählt. Im Inselinneren in der Region South Waikato wurden ein Betrieb mit 180, ein Betrieb mit 400 und ein Betrieb mit 1200 Milchkühen ausgewählt und besucht. An der Ostküste in der Region Matamata-Piako wurde ein Betrieb mit 160 Milchkühen ausgewählt und besucht. Des Weiteren wurde bei der Auswahl der Betriebe in Neuseeland auf das Fütterungssystem der Betriebe geachtet. Es gibt bezüglich der Fütterung in Neuseeland 5 verschiedene Produktionssysteme (DairyNZ 2015), wie in Abschnitt 2.1.4.1.2 bereits beschrieben.

3.2 Tiere

In allen deutschen und neuseeländischen Betrieben wurden jeweils ca. 10% der Kühe aus allen Gruppen untersucht. Die Tiere wurden nach einem Zufallsprinzip ausgewählt. In Deutschland wurden 350 Kühe untersucht und in Neuseeland 363.

3.2.1 Rassen/Kreuzungszuchtlinien

In Deutschland wurden die Rassen Deutsche Holsteins (DH) und Deutsches Fleckvieh (DFV) sowie einige wenige Kühe aus Milchrassenkreuzungen (XMM) untersucht. Milchrassenkreuzungstiere sind zum Beispiel Kreuzungstiere aus DFV und DH.

In Neuseeland wurden die Rassen Holstein Friesian (HF), Jersey (J), Kiwi Cross (HF x J) sowie einige Milchrassenkreuzungstiere (XMM) untersucht. Da in Neuseeland die Kreuzungszucht eine wichtige Rolle in der Milchwirtschaft spielt und teilweise bis zu vier Rassen gekreuzt werden, gibt es vielfältige Kombinationen, welche alle zu XMM zusammengefasst wurden. In dieser Untersuchungsgruppe befinden sich zum Beispiel Kreuzungstiere aus Holstein Friesian, Jersey oder Kiwi Cross mit Ayrshire sowie Tiere, bei denen ein Teil der genetischen Herkunft unsicher ist.

Kiwi Cross

Bei Kiwi Cross handelt es sich um eine Kreuzung zwischen Holstein Friesians und Jersey. Diese Kreuzung ist wie der Name schon verrät typisch für Neuseeland. Im Jahre 2005 wurde von der Farmerkooperation LIC erstmals weltweit ein Team von Kreuzungsbullen zur Verfügung gestellt (Rowarth 2013).

Die genauen Jersey- bzw. Holstein Friesian-Anteile der jeweiligen Kreuzung werden folgendermaßen angegeben:

F16 = reinrassige Holstein Friesian (kein Kiwi Cross),

F12J4 = Kreuzung zum Beispiel von einer Kiwi Cross F1-Kuh (F8J8) und einem reinrassigen Holstein Friesian Stier (F16), somit liegt die Verteilung bei 75% Holstein Friesian und 25% Jersey (siehe Abb. 17);

F8J8 = Kiwi Cross aus 50% Holstein Friesian (F) und 50% Jersey (J) = F1,

F4J12 = Kreuzung von F1-Kiwi Cross (F8J8) und einem reinrassigen Jerseyrind (J16), somit liegt die Verteilung bei 75% Jersey und 25% Holstein Friesian;

J16 = reinrassige Jersey (kein Kiwi Cross).

Kreuzungen von F2J14 bis zu J2F14 werden im Rahmen der Arbeit als Kiwi Cross bezeichnet. Bei einem Rasseanteil von $\leq 1/16$ zum Beispiel F1J15, wird das Kreuzungstier je nach Anteil als reinrassiges HF oder Jersey bezeichnet. (New Zealand Holstein Friesian Association 2017)



Abb. 17: Beispiel für eine Färsen- bzw. Kalbinnengruppe von Kiwi Cross-Rindern (In der vordersten Reihe stehen drei Färsen/Kalbinnen mit hohem HF Anteil.)

Untersuchungsparameter

Das Augenmerk bei der Untersuchung der Tiere in beiden Ländern liegt auf Hilfsmerkmalen der Tiergesundheit, wie Rückenfettdicke (RFD) und Body-Condition-Score (BCS) sowie Lahmheitsscore (LHS) in Kombination mit der Milchleistung (ML) und der somatischen Zellzahl in der Milch (SCC).

Zur Untersuchung wurden die Tiere in Deutschland je nach ihrem Aufenthaltsort entweder in der Liegebox oder im Fressfanggitter fixiert (siehe Abb. 18).



Abb. 18: Fixierung in der Liegebox in Deutschland

In Neuseeland wurden die Tiere direkt nach dem Melkvorgang durch ein Selektionstor in einen Untersuchungsgang umgeleitet, um den Tagesablauf der Kühe so wenig wie möglich zu stören und die Kühe nicht von der Weide zum Melkstand treiben zu müssen (siehe Abb. 19).



Abb. 19: Fixierung im Untersuchungsgang in Neuseeland

3.2.2 Rückenfettdicke (RFD)

Die RFD wird mit einem Ultraschallgerät KX5200 der Firma Kaixin (Sonde mit 6,5 MHz) gemessen (Abb. 20).



Abb. 20: Ultraschallgerät KX5200 der Firma Kaixin mit 6,5 MHz Sonde

Der Messpunkt hierfür wurde nach Schröder und Staufenbiel (2006) an der Verbindungslinie zwischen Sitzbeinhöcker und Hüfthöcker, ungefähr eine Handbreit vom Sitzbeinhöcker entfernt, gewählt (siehe Abb. 21). Als Kopplungsmittel wurde eine 70%-ige Alkohollösung sowie Ultraschallgel verwendet. Bei der Messung wurde die Dicke der Haut mit ca. 5-6 mm eingeschlossen.



Abb. 21: Messpunkt der Rückenfettdickenmessung nach Staufenbiel und Schröder (2004)

3.2.3 Body-Condition-Score (BCS)

Aufgrund der Vorteile (siehe 2.1.2) gegenüber anderen Messmethoden wie z. B. der Lebendmassenwägung wurde das Body-Condition-Scoring zur Konditionsbestimmung zusätzlich zur RFD-Messung gewählt. Der BCS wurde (rasseabhängig) mit Hilfe eines 5-Punkte-Scorings in Anlehnung an das System nach Edmonson et al. (1989) erhoben (siehe 2.1.2). Dabei wurden die Körperkondition und Körperfettreserven der Kuh durch Betrachten und Ertasten folgender Körperregionen ermittelt: die Rippen, die Dornfortsätze, der Übergang von den Querfortsätzen zur Hungergrube (auf der rechten Seite), der Bereich zwischen den Hüfthöckern, der Hüfthöcker, der Verlauf der Linie zwischen dem Sitzbeinhöcker und dem Hüfthöcker, die Beckenausgangsgrube sowie der Sitzbeinhöcker. Anschließend werden die Noten 1 (kachektisch) bis 5 (stark adipös) in Schritten von 0,25-Punkten vergeben (siehe Abb. 2). Um die unterschiedlichen Rassen in der Bewertung nach Edmonson et al. (1989) zu berücksichtigen, wurde in Deutschland der Body-Condition-Score mit Hilfe der Bewertungsbögen für Deutsche Holsteins und Deutsche Fleckvieh von Böhlinger Ingelheim vergeben. In Neuseeland wurde für die Rassen Jersey, Holstein Friesian und Kiwi Cross die Bewertungsbögen nach Macdonald und Roche (2011) herangezogen.

 <p>Fettauflage in der Beckenausgangsgrube und im Bereich zwischen den Dornfortsätzen und den Querfortsätzen der Lendenwirbel, sowie des Beckenreichtes der Querfortsätze der Lendenwirbel und der Hungergrube</p>	 <p>V-förmiger Verlauf der Grube zwischen Sitzbeinhöcker und Hüfthöcker</p>	 <p>U-förmiger Verlauf zwischen Sitzbeinhöcker und Hüfthöcker</p>
 <p>Fettauflage auf dem Sitzbeinhöcker und in der Beckenausgangsgrube</p>	 <p>Linie zwischen den Hüfthöckern und den Dornfortsätzen, sowie Fettauflage auf dem Sitzbeinhöcker, sowie der Beckenausgangsgrube</p>	 <p>Linie zwischen den Hüfthöckern und den Dornfortsätzen</p>

Abb. 22: Eigene Beispiele aus der Body-Condition-Score (BCS)-Bewertung

3.2.4 Lahmheitsscore (LHS)

Zur Feststellung der Klauengesundheit wurde ein modifiziertes 5-Punkte Lahmheitsscoring gewählt, welches sich für eine große Tierzahl gut eignet (vgl. Abschnitt 2.1.3). Dieses 5-Punkte-Lahmheitsscoring (Sprecher et al. 1997) findet bislang vor allem in der Wissenschaft häufig Verwendung. Das Scoring wird zum Beispiel von (Garbarino et al. 2004) angewendet, als nützliches Werkzeug im Betriebsmanagement bezeichnet sowie für Landwirte und Tierärzte zur Früherkennung von Lahmheiten und damit von Klauenerkrankungen empfohlen. Das Lahmheitsscoring wurde im Anschluss an die BCS- und RFD-Messung durchgeführt. Dazu wurden die Kühe zuerst im Stehen und dann im Gehen beurteilt. In Deutschland wurden die Kühe im Laufgang beurteilt und in Neuseeland einzeln aus dem Untersuchungsgang herausgelassen und beurteilt (siehe Abb. 23). Danach wurden Noten von 1 „Normal“ (Rücken im Stehen und Gehen gerade, gleichmäßige Belastung aller vier Gliedmaßen, normales Auftreten) bis 5 „Schwer lahm“ (Rücken im Stehen und Gehen gekrümmt, tritt auf einer Gliedmaße nicht mehr auf) vergeben (siehe Abb. 7). Im Falle eines nicht eindeutig zuzuordnenden Ergebnisses wurden auch halbe Notenpunkte vergeben.



a) Einzelnes Vorführen der Tiere durch Öffnen des Tores im Untersuchungsgang



b) Beurteilung des Gangbildes

Abb. 23: Lahmheitsscoring in Neuseeland

3.2.5 Milchleistung (ML)

Die Milchleistung der Kühe wurde je nach Betriebsstruktur aus den Aufzeichnungen der Melksysteme oder aus den Milchleistungsprüfungen (MLP)-Daten ermittelt. Bei den MLP-Daten wurde darauf geachtet, dass das Milchuntersuchungsdatum nahe am Datum der RFD-, BCS- und LHS-Messung

liegt. Die Milchleistung ist aufgrund der unvollständigen Datenlage nicht fett- und eiweißkorrigiert worden. Jedoch wurden die Unterschiede der Inhaltsstoffe der Rinderrassen und Kreuzungsgenotypen beider Länder bereits in Tabelle 4 auf S. 31 in Abschnitt 2.1.4 dargestellt.

3.2.6 Somatische Zellzahl (SCC)

Die somatische Zellzahl wurde je nach Betriebssystem aus den Daten des automatischen Melksystems oder den MLP- Daten entnommen. Die Analyse der somatischen Zellzahl erfolgte in Deutschland und Neuseeland nach der Durchflusszytometrie-Methode mit einem Fossomatic- oder Bentley-Analysegerät.

3.3 Anzahl der Untersuchungen

In der folgenden Tabelle 10 werden die Anzahl der Beobachtungen sowie die Anzahl der statistisch verwendeten Beobachtungen (in Klammern) pro Parameter und Land beschrieben.

Tabelle 10: Anzahl der Beobachtungen und Anzahl der statistisch verwendeten Beobachtungen (in Klammern) pro Parameter und Land

	LNR					Rasse / Kreuzung				Betrieb								
	1	2	3	4	5	DFV	H(F)	Ki-Cr	J	XMM	1	2	3	4	5	6	7	8
ML																		
D	98 (83)	97 (76)	56 (40)	53 (43)	46 (35)	24 (8)	313 (258)			13 (11)	85 (74)	79 (67)	70 (49)	16 (0)	29 (28)	19 (19)	26 (21)	26 (19)
N	127 (124)	67 (63)	53 (51)	30 (24)	86 (71)		71 (62)	197 (186)	43 (39)	52 (46)	53 (44)	23 (23)	142 (140)	19 (0)	38 (38)	88 (88)	n.d.	n.d.
BCS																		
D	98 (98)	97 (97)	56 (56)	53 (53)	46 (46)	24 (24)	313 (313)			13 (13)	85 (85)	79 (79)	70 (70)	16 (16)	29 (29)	19 (19)	26 (26)	26 (26)
N	127 (126)	67 (67)	53 (53)	30 (30)	86 (86)		71 (70)	197 (197)	43 (43)	52 (52)	53 (53)	23 (23)	142 (141)	19 (19)	38 (38)	88 (88)	n.d.	n.d.
RFD																		
D	98 (98)	97 (97)	56 (56)	53 (53)	46 (46)	24 (24)	313 (313)			13 (13)	85 (85)	79 (79)	70 (70)	16 (16)	29 (29)	19 (19)	26 (26)	26 (26)
N	127 (126)	67 (67)	53 (53)	30 (30)	86 (86)		71 (70)	197 (197)	43 (43)	52 (52)	53 (53)	23 (23)	142 (141)	19 (19)	38 (38)	88 (88)	n.d.	n.d.
LHS																		
D	98 (97)	97 (91)	56 (55)	53 (50)	46 (45)	24 (24)	313 (301)			13 (13)	85 (84)	79 (78)	70 (66)	16 (16)	29 (28)	19 (19)	26 (24)	26 (23)
N	127 (126)	67 (67)	53 (53)	30 (30)	86 (86)		71 (70)	197 (197)	43 (43)	52 (52)	53 (53)	23 (23)	142 (141)	19 (19)	38 (38)	88 (88)	n.d.	n.d.
SCC/SCS																		
D	98 (83)	97 (86)	56 (45)	53 (50)	46 (36)	24 (8)	313 (281)			13 (11)	85 (74)	79 (79)	70 (66)	16 (0)	29 (23)	19 (19)	26 (20)	26 (19)
N	127 (123)	67 (58)	53 (47)	30 (22)	86 (65)		71 (57)	197 (175)	43 (38)	52 (45)	53 (37)	23 (20)	142 (136)	19 (0)	38 (35)	88 (87)	n.d.	n.d.
MF																		
D	98 (98)	97 (97)	56 (56)	53 (53)	46 (46)	24 (24)	313 (313)			13 (13)	85 (85)	79 (79)	70 (70)	16 (16)	29 (29)	19 (19)	26 (26)	26 (26)
N	127 (127)	67 (67)	53 (53)	30 (30)	86 (86)		71 (71)	197 (197)	43 (43)	52 (52)	53 (53)	23 (23)	142 (142)	19 (19)	38 (38)	88 (88)	n.d.	n.d.

LNR=Laktationsnummer (1 – 4; ≥5); DFV=Deutsches Fleckvieh; H(F)=Holstein (Friesian); Ki-Cr=Kiwi Cross; J=Jersey;
 XMM=Milchrassenkreuzungstiere; n. d.=nicht definiert; ML=Milchleistung; BCS=Body-Condition-Score; RFD=Rückenfetticke;
 LHS=Lahmheitsscore; SCC=somatische Zellzahl; SCS=somatischer Zellscore; MF=Melkfrequenz

3.4 Statistik

Im folgenden Abschnitt wird näher auf das statistische Modell eingegangen.

3.4.1 Statistisches Modell

Um die erhobenen Daten statistisch zu untersuchen, wird eine Mischmodellanalyse mittels SAS 9.3 (SAS Institute Inc. 2011) angewandt. Unter Verwendung einer REML-Schätzmethodik (restricted maximum likelihood) wurde eine Varianzanalyse durchgeführt. Fixe sowie Interaktions-Effekte für die gemeinsame Analyse von Kühen aus Deutschland und aus Neuseeland sind: Land, Land x Rasse, Land x Melkfrequenz, Laktationsnummer sowie die Kovariable „Laktationstag x Laktationstag“, um den Einfluss der quadratischen Beziehung zwischen Laktationstag und untersuchtem Parameter zu berücksichtigen. Eine zusätzliche Berücksichtigung des Laktationstages als einfache lineare Regressions-Kovariable führte zu keiner wesentlichen Veränderung der Schätzwerte. Als Zufallseffekt ist (neben dem Zufallsfehler) der Betrieb (innerhalb Land) definiert. Für eine zusätzliche getrennte Auswertung innerhalb Deutschlands bzw. innerhalb Neuseelands fällt jeweils der fixe Effekt Land und die damit korrespondierenden Interaktionseffekte weg (siehe Abschnitt 3.4.2). Die Ergebnisse der länderspezifischen Auswertung befinden sich im Anhang. Kühe ab der fünften Laktation wurden aufgrund der sonst zu geringen Datenmenge pro Laktationsnummer zusammengefasst. Die Melkfrequenz wurde in Abhängigkeit des Landes untersucht, da in Neuseeland 1-2 x täglich gemolken wird und in Deutschland 2-3 x täglich und daher kein Vergleich zwischen den Ländern möglich gewesen wäre. Ebenso verhält es sich mit dem Effekt der Rasse bzw. Kreuzung, aufgrund unterschiedlicher Rassen/Kreuzungen in beiden Ländern. Für die Analyse der somatischen Zellzahlen wird der üblicherweise angegebene Somatic Cell Score (SCS) verwendet, der sich anhand der Formel

$$SCS = \log_2 \left(\frac{SCC}{100} \right) + 3;$$

aus dem Somatic Cell Count (SCC, in Einheiten von 1000 Zellen/ml) berechnet.

Die Freiheitsgrade wurden nach der Containment-Methode geschätzt. Ein Vergleich mit der Methode nach Satterthwaite (SAS Institute Inc. 2011) ergab

keine wesentlichen Unterschiede für die geschätzten p-Werte im Rahmen der Varianzanalyse bzw. beim Vergleich der Kleinsten Quadrate Mittelwerte (LSM).

3.4.2 Einteilung der Modelle

Im folgenden Abschnitt werden die drei Modelle dieser Studie beschrieben.

Modell Deutschland und Neuseeland (Modell D x N)

$$y_{ijklmn} = C_i + C_i * B_j + C_i * M_k + L_l + \beta T_{ijklmn}^2 + f_m(c_i) + e_{ijklmn}$$

mit:

y_{ijklmn}	beobachteter Leistungsparameter
C_i	Fixer Effekt des Landes (i = 1-2)
$C_i * B_j$	Interaktionseffekt Land x Rasse/Kreuzung (B_j mit j = 1-5)
$C_i * M_k$	Interaktionseffekt Land x Melkfrequenz (M_k mit k = 1-3)
L_l	Fixer Effekt der Laktationsnummer (l = 1-5)
βT_{ijklmn}^2	<i>Kovariable Laktationstag x Laktationstag</i>
$f_m(c_i)$	zufälliger Effekt Betrieb (m = 1-8) innerhalb Land (i = 1-2)
e_{ijklmn}	zufälliger Restfehler

Insgesamt wurden 713 Milchkühe untersucht. Davon werden 712 für die Evaluation der Parameter RFD und BCS, 610 für den Parameter ML, 700 für den Parameter LHS, 615 für die Parameter SCC und SCS und 712 für den Parameter des Alters verwendet.

Modell Deutschland (Modell D)

In Deutschland wurden 350 Milchkühe untersucht. Davon werden 350 für die Evaluation der Parameter RFD und BCS, 277 für den Parameter ML, 338 für den Parameter LHS, 300 für den Parameter SCC und SCS und 350 für den Parameter des Alters verwendet.

$$y_{ijklm} = B_i + M_j + L_k + \beta T_{ijklm}^2 + f_l + e_{ijklm}$$

mit:

y_{ijklm}	beobachteter Leistungsparameter
-------------	---------------------------------

B_i	Fixer Effekt der Rasse/Kreuzung ($i = 1-3$)
M_j	Fixer Effekt der Melkfrequenz ($j = 2-3$)
L_k	Fixer Effekt der Laktationsnummer ($k = 1-5$)
βT_{ijklm}^2	<i>Kovariablen Laktationstag x Laktationstag</i>
f_l	zufälliger Effekt Betrieb ($l = 1-8$)
e_{ijklm}	zufälliger Restfehler

Modell Neuseeland (Modell N)

In Neuseeland wurden 363 Milchkühe untersucht. Davon werden 362 für die Evaluation der Parameter RFD und BCS, 333 für den Parameter ML, 362 für den Parameter LHS, 315 für den Parameter SCC und SCS und 362 für den Parameter des Alters verwendet.

$$y_{ijklm} = B_i + M_j + L_k + \beta T_{ijklm}^2 + f_l + e_{ijklm}$$

mit:

y_{ijklm}	beobachteter Leistungsparameter
B_i	Fixer Effekt der Rasse/Kreuzung ($i = 1- 4$)
M_j	Fixer Effekt der Melkfrequenz ($j = 1-2$)
L_k	Fixer Effekt der Laktationsnummer ($k = 1-5$)
βT_{ijklm}^2	<i>Kovariablen Laktationstag x Laktationstag</i>
f_l	zufälliger Effekt Betrieb ($l = 1-6$)
e_{ijklm}	zufälliger Restfehler

Die Ergebnisse für die getrennte Analyse der beiden Länder sind im Anhang aufgeführt, da diese gegenüber dem gemeinsamen Modell statistisch nur vereinzelt (siehe Abschnitt 5.2.3 und 5.2.5) einen Mehrwert darstellen.

Zusätzlich zu den Varianzanalysen wurden Regressionsanalysen (linear oder quadratisch) ebenfalls mit SAS 9.3 (SAS Institute Inc. 2011) zur Berechnung der Beziehung zwischen den betrachteten Parametern durchgeführt.

4 Ergebnisse

Im Ergebnisteil werden die Ergebnisse des statistischen Modells, bei welchem die beiden Länder Deutschland und Neuseeland gemeinsam in einer statistischen Auswertung dargestellt sind, vorgestellt.

Insgesamt gingen die Ergebnisse der Beobachtungen von 713 Milchkühen in die Statistik ein. In Tabelle 11 wird ein Überblick über die Ergebnisse gegeben.

Tabelle 11: Übersichtstabelle zu den Ergebnissen der Varianzanalyse für das Modell D x N (LSM ± SEE)

Effekt	Klasse	RFD [cm]	BCS [1-5]	LHS [1-5]	ML [l/d]	SCC ['000']	SCS [-]	Alter [d]
Land	D	1,67 ± 0,11 ^a	3,63 ± 0,10 ^a	1,35 ± 0,09 ^a	29,09 ± 2,43 ^a	195,27 ± 85,17	2,92 ± 0,33 ^a	1634,37 ± 37,48 ^a
	N	0,77 ± 0,10 ^b	2,79 ± 0,10 ^b	1,25 ± 0,07 ^a	11,65 ± 2,51 ^b	336,47 ± 42,99	3,40 ± 0,26 ^a	1598,71 ± 31,14 ^a
Land x RASSE	D x DFV	2,06 ± 0,18 ^a	4,05 ± 0,17 ^a	1,22 ± 0,15 ^{ab}	22,83 ± 3,47 ^b	128,78 ± 189,96	2,84 ± 0,64 ^a	1707,39 ± 66,35 ^a
	D x DH	1,31 ± 0,10 ^b	3,12 ± 0,09 ^b	1,50 ± 0,06 ^a	33,34 ± 2,15 ^a	269,13 ± 34,60	2,94 ± 0,22 ^a	1597,52 ± 29,01 ^{ab}
	D x XMM	1,65 ± 0,17 ^a	3,72 ± 0,17 ^a	1,32 ± 0,18 ^{ab}	31,11 ± 2,92 ^a	187,92 ± 163,71	2,98 ± 0,51 ^a	1598,19 ± 74,27 ^{ab}
	N x HF	0,76 ± 0,12 ^{cd}	2,78 ± 0,11 ^c	1,29 ± 0,09 ^{ab}	12,74 ± 2,61 ^c	213,05 ± 74,66	3,23 ± 0,32 ^a	1567,56 ± 40,76 ^{ab}
	N x Jersey	0,90 ± 0,13 ^c	2,90 ± 0,13 ^{bc}	1,26 ± 0,11 ^{ab}	9,61 ± 2,70 ^d	517,70 ± 93,17	3,62 ± 0,36 ^a	1639,68 ± 48,82 ^{ab}
	N x Kiwi Cross	0,73 ± 0,11 ^{cd}	2,74 ± 0,10 ^c	1,20 ± 0,07 ^b	11,93 ± 2,51 ^{cd}	247,04 ± 46,01	3,13 ± 0,26 ^a	1557,94 ± 32,01 ^b
N x XMM	0,69 ± 0,12 ^d	2,72 ± 0,12 ^c	1,24 ± 0,10 ^b	12,32 ± 2,66 ^{cd}	368,08 ± 85,42	3,61 ± 0,34 ^a	1629,66 ± 44,83 ^{ab}	
Land x MF	D x 2	1,62 ± 0,13 ^a	3,67 ± 0,13 ^a	1,33 ± 0,11 ^a	25,7 ± 2,88 ^b	240,57 ± 95,03	3,07 ± 0,41 ^{ab}	1600,83 ± 46,10 ^a
	D x 3	1,72 ± 0,13 ^a	3,59 ± 0,12 ^a	1,36 ± 0,10 ^a	32,48 ± 2,55 ^a	149,98 ± 88,02	2,77 ± 0,36 ^b	1667,90 ± 45,52 ^a
	N x 1	0,88 ± 0,12 ^b	2,87 ± 0,11 ^b	1,20 ± 0,09 ^a	9,66 ± 2,64 ^d	435,80 ± 68,60	4,02 ± 0,32 ^a	1598,96 ± 39,51 ^a
	N x 2	0,65 ± 0,11 ^c	2,70 ± 0,10 ^b	1,29 ± 0,07 ^a	13,64 ± 2,51 ^c	237,13 ± 41,02	2,77 ± 0,26 ^b	1598,46 ± 33,45 ^a
LNR	1	1,12 ± 0,08 ^b	3,23 ± 0,08 ^a	1,09 ± 0,07 ^c	17,31 ± 1,78 ^d	180,78 ± 56,24	2,70 ± 0,23 ^d	795,50 ± 29,01 ^e
	2	1,30 ± 0,08 ^a	3,29 ± 0,08 ^a	1,11 ± 0,07 ^{bc}	19,43 ± 1,81 ^c	207,10 ± 65,13	2,79 ± 0,24 ^{cd}	1156,81 ± 30,76 ^d
	3	1,23 ± 0,09 ^{ab}	3,18 ± 0,09 ^a	1,24 ± 0,08 ^b	21,88 ± 1,85 ^{ab}	278,18 ± 72,16	3,14 ± 0,26 ^{bc}	1531,54 ± 33,83 ^c
	4	1,22 ± 0,09 ^{ab}	3,17 ± 0,09 ^a	1,44 ± 0,09 ^a	23,10 ± 1,93 ^a	295,00 ± 79,69	3,44 ± 0,28 ^{ab}	1919,64 ± 36,47 ^b
	5	1,26 ± 0,09 ^a	3,21 ± 0,08 ^a	1,58 ± 0,08 ^a	20,62 ± 1,83 ^{bc}	354,37 ± 69,93	3,67 ± 0,25 ^a	2655,23 ± 32,14 ^a

Unterschiedliche Superskripts bezeichnen die signifikanten Unterschiede ($p < 0,05$) in den jeweiligen Spalten innerhalb der Effekte. Die SCC-Werte dienen nur zur Veranschaulichung der absoluten Größenordnungen. RFD=Rückenfettdicke; BCS=Body-Condition-Score; LHS=Lahmheitscore; ML=Milchleistung;

SCC=somatische Zellzahl; SCS=somatischer Zellscore; MF=Melkfrequenz; LNR=Laktationsnummer (1 – 4; ≥5); D=Deutschland; N=Neuseeland;

DFV=Deutsches Fleckvieh; DH=Deutsche Holsteins; HF=Holstein Friesian; J=Jersey; XMM=Milchrassenkreuzstiere

4.1 Untersuchte Parameter

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der untersuchten Parameter vorgestellt.

4.1.1 Rückenfettdicke (RFD)

Alle fixen Effekte sowie die Kovariable Laktationstag x Laktationstag haben einen signifikanten Einfluss auf die Variation der Rückenfettdicke (siehe Tabelle 12). In den folgenden Abschnitten werden die Effekte getrennt nach Land, Rasse (innerhalb Land), Melkfrequenz und Laktationsnummer dargestellt.

Tabelle 12: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für die Rückenfettdicke (RFD) – Modell D x N

Effekt	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Land	1	12	36,65	<0,0001
Land x Rasse	5	686	4,72	0,0003
LNR	4	686	3,15	0,0139
Land*MF	2	686	3,79	0,0231
LT*LT	1	686	105,67	<0,0001

LNR=Laktationsnummer; MF=Melkfrequenz; LT=Laktationstag

4.1.1.1 Landesunterschiede

Beim Betrachten der RFD in beiden Ländern (siehe Tabelle 13) ist sichtbar, dass die untersuchten deutschen Kühe eine signifikant größere RFD aufweisen als die untersuchten neuseeländischen Milchkühe.

Tabelle 13: Rückenfettdicke (RFD) in Deutschland (D) und Neuseeland (N) (LSM ± SEE) – Modell D x N

Effekt	Klasse	RFD [cm]
Land	D	1,67 ± 0,11 ^a
	N	0,77 ± 0,10 ^b

Unterschiedliche Superskripts kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$).

4.1.1.2 Rassen- bzw. Kreuzungszuchtunterschiede

In Tabelle 14 ist die Interaktion der Rasse bzw. Kreuzung in Abhängigkeit des Landes in Bezug auf die Rückenfettdicke dargestellt. Dabei weisen DFV die größte RFD auf, gefolgt von deutschen XMM, DH, neuseeländischen Jersey, neuseeländischen HF, neuseeländischen Kiwi Cross und zuletzt mit der niedrigsten RFD die neuseeländischen XMM. Innerhalb der deutschen Milchviehrassen bzw. -kreuzungen gibt es signifikante Unterschiede bezüglich der Rückenfettdicke, dabei haben die DFV die größte Rückenfettdicke, gefolgt von deutschen XMM und zuletzt DH. Lediglich die DFV und deutschen XMM unterscheiden sich nicht signifikant ($p=0,0553$) bezüglich der Rückenfettdicke. Zwischen den korrespondierenden neuseeländischen und deutschen Milchviehrassen bzw. -kreuzungen weisen die Werte der Rückenfettdickenmessung durchweg signifikante Unterschiede auf (HF/DH und XMM). Dabei haben deutsche Milchviehrassen bzw. -kreuzungen eine signifikant höhere RFD als die neuseeländischen. Innerhalb der neuseeländischen Milchviehrassen bzw. -kreuzungen gibt es nur einen signifikanten Unterschied ($p=0,0475$) zwischen Jersey und den Milchrassenkreuzungskühen (XMM – aber nicht Kiwi Cross).

Tabelle 14: Interaktion Land x Rasse bzw. Kreuzung in Bezug auf die Rückenfettdicke (RFD) (LSM \pm SEE) – Modell D x N

Effekt	Klasse	RFD [cm]
Land x RASSE	D x DFV	2,06 \pm 0,18 ^a
	D x DH	1,31 \pm 0,10 ^b
	D x XMM	1,65 \pm 0,17 ^a
	N x HF	0,76 \pm 0,12 ^{cd}
	N x Jersey	0,90 \pm 0,13 ^c
	N x Kiwi Cross	0,73 \pm 0,11 ^{cd}
	N x XMM	0,69 \pm 0,12 ^d

Unterschiedliche Superskripts kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$). D=Deutschland; N=Neuseeland; DFV=Deutsches Fleckvieh; DH=Deutsche Holsteins; HF=Holstein Friesian; Kiwi Cross (HF x Jersey); XMM=Milchrassenkreuzungstiere

4.1.1.3 Unterschiede bezüglich der Melkfrequenz

Beim Betrachten der Melkfrequenz und der Rückenfettdicken der Kühe (siehe Tabelle 15) fällt auf, dass es in Deutschland keinen signifikanten Unterschied zwischen zweimal Melken und dreimal Melken pro Tag gibt. In Neuseeland hingegen haben Kühe, bei denen einmal am Tag gemolken wird, eine signifikant größere Rückenfettdicke als in Betrieben, die ihre Kühe zweimal am Tag melken.

Tabelle 15: Einfluss der Melkfrequenz (MF) auf die Rückenfettdicke (RFD) in Deutschland (D) und Neuseeland (N) (LSM \pm SEE) – Modell D x N

Effekt	Klasse	RFD [cm]
Land x MF	D x 2	1,62 \pm 0,13 ^a
	D x 3	1,72 \pm 0,13 ^a
	N x 1	0,88 \pm 0,12 ^b
	N x 2	0,65 \pm 0,11 ^c

Unterschiedliche Superskripts kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$).

4.1.1.4 Unterschiede zwischen den verschiedenen Laktationen

Kühe in der ersten Laktation haben eine signifikant geringere Rückenfettdicke als Kühe in der zweiten und größer gleich fünften Laktation (siehe Tabelle 16).

Tabelle 16: Einfluss der Laktationsnummer (LNR) auf die Rückenfettdicke (RFD) (LSM \pm SEE) – Modell D x N

Effekt	Klasse	RFD [cm]
LNR	1	1,12 \pm 0,08 ^b
	2	1,30 \pm 0,08 ^a
	3	1,23 \pm 0,09 ^{ab}
	4	1,22 \pm 0,09 ^{ab}
	5	1,26 \pm 0,09 ^a

Unterschiedliche Superskripts kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$). Kühe ab der fünften Laktation wurden in der Klasse 5 zusammengefasst.

4.1.2 Body-Condition-Score (BCS)

Die fixen Effekte Land, Land x Rasse sowie die Kovariable Laktationstag x Laktationstag haben einen signifikanten Effekt ($p < 0,05$) auf den Body-Condition-

Score (siehe Tabelle 17). In den folgenden Abschnitten werden die Effekte getrennt nach Land, Rasse (innerhalb Land), Melkfrequenz und Laktationsnummer dargestellt.

Tabelle 17: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für den Body-Condition-Score (BCS) – Modell D x N

Effekt	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Land	1	12	35,97	<0,0001
Land x RASSE	5	686	7,55	<0,0001
LNR	4	686	1,15	0,3325
Land x MF	2	686	1,99	0,1370
LT x LT	1	686	97,32	<0,0001

LNR=Laktationsnummer; MF=Melkfrequenz; LT=Laktationstag

4.1.2.1 Landesunterschiede

Die neuseeländischen Milchkühe haben einen signifikant niedrigeren BCS als deutsche Milchkühe (siehe Tabelle 18).

Tabelle 18: Body-Condition-Score (BCS) in Deutschland (D) und Neuseeland (N) (LSM ± SEE) – Modell D x N

Effekt	Klasse	BCS [1-5]
Land	D	3,63 ± 0,10 ^a
	N	2,79 ± 0,10 ^b

Unterschiedliche Superskripts kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$).

4.1.2.2 Rassen- bzw. Kreuzungszuchtunterschiede

Die Rasse hat einen signifikanten Effekt auf den BCS (siehe Tabelle 17). In Tabelle 19 ist die Interaktion zwischen den Rassen bzw. Kreuzungen in Abhängigkeit des Landes in Bezug auf den BCS, dargestellt. So haben DFV den größten BCS, gefolgt von deutschen XMM, DH, neuseeländischen Jersey, neuseeländischen HF, neuseeländischen Kiwi Cross und zuletzt neuseeländischen XMM. Mit Ausnahme von DFV und XMM unterscheiden sich die deutschen Milchviehrassen bzw. -kreuzungen signifikant. Neuseeländische Milchviehrassen bzw. -kreuzungen haben einen signifikant kleineren BCS als deutsche Milchviehrassen bzw. -kreuzungen. Lediglich DH und neuseeländische

Jersey haben keinen signifikant unterschiedlichen BCS. Zwischen den neuseeländischen Rassen bzw. Kreuzungen gibt es keine signifikanten Unterschiede.

Tabelle 19: Interaktion Land x Rasse bzw. Kreuzung in Bezug auf den Body-Condition-Score (BCS) (LSM \pm SEE) – Modell D x N

Effekt	Klasse	BCS [1-5]
Land x RASSE	D x DFV	4,05 \pm 0,17 ^a
	D x DH	3,12 \pm 0,09 ^b
	D x XMM	3,72 \pm 0,17 ^a
	N x HF	2,78 \pm 0,11 ^c
	N x Jersey	2,90 \pm 0,13 ^{bc}
	N x Kiwi Cross	2,74 \pm 0,10 ^c
	N x XMM	2,72 \pm 0,12 ^c

Unterschiedliche Superskripts kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$). D=Deutschland; N=Neuseeland; DFV=Deutsches Fleckvieh; DH=Deutsche Holsteins; HF=Holstein Friesian; Kiwi Cross (HF x Jersey); XMM=Milchrassenkreuzungstiere

4.1.2.3 Unterschiede bezüglich der Melkfrequenz

Die Melkfrequenz hat in Deutschland keinen signifikanten Effekt auf den BCS. In Neuseeland liegt der Unterschied des BCS bei zweimaligem Melken und einmaligem Melken mit einem p-Wert von 0,0552 an der Signifikanzgrenze (siehe Tabelle 20).

Tabelle 20: Einfluss der Melkfrequenz (MF) auf den Body-Condition-Score (BCS) in Deutschland (D) und Neuseeland (N) (LSM \pm SEE) – Modell D x N

Effekt	Klasse	BCS [1-5]
Land x MF	D x 2	3,67 \pm 0,13 ^a
	D x 3	3,59 \pm 0,12 ^a
	N x 1	2,87 \pm 0,11 ^b
	N x 2	2,70 \pm 0,10 ^b

Unterschiedliche Superskripts kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$).

4.1.2.4 Unterschiede zwischen den verschiedenen Laktationen

Die Laktationsnummer hat keinen signifikanten Effekt auf den BCS (siehe Tabelle 21).

Tabelle 21: Einfluss der Laktationsnummer (LNR) auf den Body-Condition-Score (BCS) (LSM \pm SEE) – Modell D x N

Effekt	Klasse	BCS [1-5]
LNR	1	3,23 \pm 0,08
	2	3,29 \pm 0,08
	3	3,18 \pm 0,09
	4	3,17 \pm 0,09
	5	3,21 \pm 0,08

Kühe ab der fünften Laktation wurden in der Klasse 5 zusammengefasst.

4.1.3 Lahmheitsscoring (LHS)

Der fixe Effekte LNR hat einen signifikanten Effekt auf den Lahmheitsscore (siehe Tabelle 22). In den folgenden Abschnitten werden die Effekte getrennt nach Land, Rasse (innerhalb Land), Melkfrequenz und Laktationsnummer dargestellt.

Tabelle 22: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für den Lahmheitsscore (LHS) – Modell D x N

Effekt	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Land	1	12	0,83	0,3809
Land x RASSE	5	674	0,95	0,4467
LNR	4	674	16,74	<0,0001
Land x MF	2	674	0,51	0,6025
LT x LT	1	674	0,09	0,7608

LNR=Laktationsnummer; MF=Melkfrequenz; LT=Laktationstag

4.1.3.1 Landesunterschiede

Zwischen deutschen Milchkühen und neuseeländischen Milchkühen gibt es keinen signifikanten Unterschied bezüglich des Lahmheitsscorings (siehe Tabelle 23).

Tabelle 23: Lahmheitsscore (LHS) in Deutschland (D) und Neuseeland (N)
(LSM \pm SEE) – Modell D x N

Effekt	Klasse	LHS [1-5]
Land	D	1,35 \pm 0,09
	N	1,25 \pm 0,07

4.1.3.2 Rassen- bzw. Kreuzungszuchtunterschiede

Neuseeländische Kiwi Cross und neuseeländische XMM haben einen signifikant geringeren Lahmheitsscore als Deutsche Holsteins (siehe Tabelle 24).

Tabelle 24: Interaktion Land x Rasse bzw. Kreuzung in Bezug auf den
Lahmheitsscore (LHS) (LSM \pm SEE) – Modell D x N

Effekt	Klasse	LHS [1-5]
Land x RASSE	D x DFV	1,22 \pm 0,15 ^{ab}
	D x DH	1,50 \pm 0,06 ^a
	D x XMM	1,32 \pm 0,18 ^{ab}
	N x HF	1,29 \pm 0,09 ^{ab}
	N x Jersey	1,26 \pm 0,11 ^{ab}
	N x Kiwi Cross	1,20 \pm 0,07 ^b
	N x XMM	1,24 \pm 0,10 ^b

Unterschiedliche Superskripts kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$). D=Deutschland; N=Neuseeland; DFV=Deutsches Fleckvieh; DH=Deutsche Holsteins; HF=Holstein Friesian; Kiwi Cross (HF x Jersey); XMM=Milchrassenkreuzungstiere

4.1.3.3 Unterschiede bezüglich der Melkfrequenz

Die Melkfrequenz hat keinen signifikanten Effekt auf den Lahmheitsscore der Kühe (siehe Tabelle 22 und Tabelle 25).

Tabelle 25: Einfluss der Melkfrequenz (MF) auf den Lahmheitsscore (LHS) in Deutschland (D) und Neuseeland (N) (LSM \pm SEE) – Modell D x N

Effekt	Klasse	LHS [1-5]
Land x MF	D x 2	1,33 \pm 0,11
	D x 3	1,36 \pm 0,10
	N x 1	1,20 \pm 0,09
	N x 2	1,29 \pm 0,07

4.1.3.4 Unterschiede zwischen den verschiedenen Laktationen

Zwischen den Laktationsnummern gibt es signifikante Unterschiede bezüglich des Lahmheitsscores. Mit steigender Laktationsnummer erhöht sich auch der Lahmheitsscore (Abb. 24). Keine signifikanten Unterschiede gibt es zwischen der ersten und zweiten Laktation, der zweiten und dritten Laktation sowie der vierten und größer gleich fünften Laktation (siehe Tabelle 11).

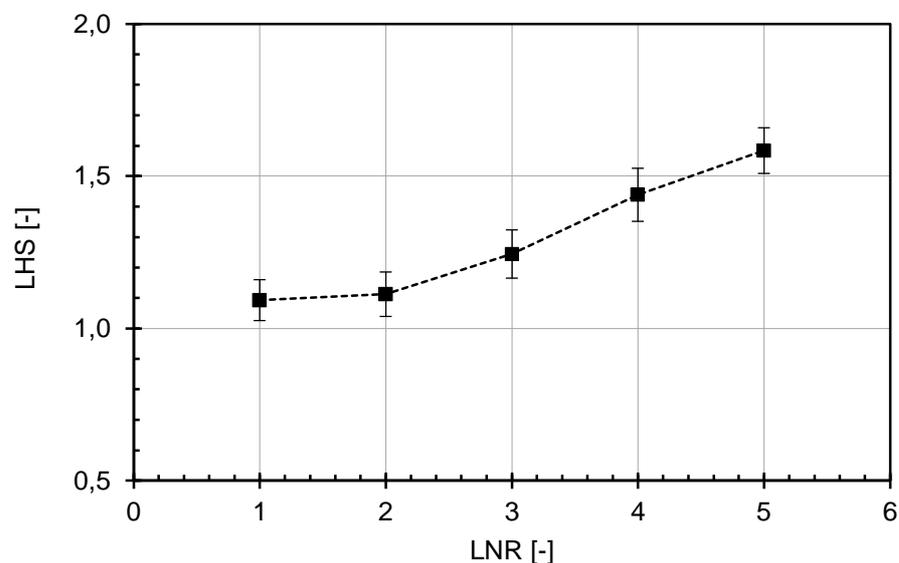


Abb. 24: Effekt der Laktationsnummer (LNR) auf den Lahmheitsscore (LHS) (LMS \pm SEE) – Modell D x N

4.1.4 Milchleistung (ML)

Die fixen Effekte Land, Land x Rasse, LNR, Land x MF sowie die Kovariable Laktationstag x Laktationstag haben alle einen signifikanten Effekt ($p < 0,05$) auf die Milchleistung (siehe Tabelle 26). In den folgenden Abschnitten werden die Effekte getrennt nach Land, Rasse (innerhalb Land), Melkfrequenz und Laktationsnummer dargestellt.

Tabelle 26: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für die Milchleistung (ML) – Modell D x N

Effekt	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Land	1	10	25,11	0,0005
Land x RASSE	5	586	3,60	0,0033
LNR	4	586	14,33	<0,0001
Land x MF	2	586	9,68	<0,0001
LT x LT	1	586	247,23	<0,0001

LNR=Laktationsnummer; MF=Melkfrequenz; LT=Laktationstag

4.1.4.1 Landesunterschiede

Deutsche Kühe geben mit durchschnittlich 29 l signifikant mehr Milch pro Tag als neuseeländische Kühe. Im Durchschnitt haben deutsche Kühe eine um 17 l/d höhere Milchleistung als neuseeländische Milchkühe (siehe Tabelle 27).

Tabelle 27: Milchleistung (ML) in Deutschland (D) und Neuseeland (N) (LSM \pm SEE) – Modell D x N

Effekt	Klasse	ML [l/d]
Land	D	29,09 \pm 2,43 ^a
	N	11,65 \pm 2,51 ^b

Unterschiedliche Superskripts kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$).

4.1.4.2 Rassen bzw. Kreuzungszuchtunterschiede

Wie in Tabelle 28 dargestellt produzieren Deutsche Holsteins mit 33,3 l am meisten Milch pro Tier und Tag, gefolgt von deutschen XMM, deutschen DFV, neuseeländischen HF, neuseeländischen XMM, neuseeländischen Kiwi Cross und zuletzt Jersey mit 9,6 l. Innerhalb der deutschen Milchviehrassen gibt es signifikante Unterschiede bezüglich der Milchleistung. Lediglich Kreuzungskühe

deutscher Milchviehassen weisen keine signifikant unterschiedliche Milchleistung zu Deutschen Holsteinkühen auf (siehe Tabelle 28). Alle deutschen Milchviehassen haben eine signifikant höhere ML als neuseeländische Milchviehassen. Innerhalb der neuseeländischen Milchviehassen weisen die neuseeländischen HF eine signifikant höhere ML auf als die neuseeländischen Jerseykühe. Neuseeländische Jerseykühe weisen eine an der Signifikanzgrenze liegend niedrigere ML auf als neuseeländische Kiwi Cross ($p=0,0506$) und neuseeländische XMM ($p=0,0568$).

Tabelle 28: Interaktion Land x Rasse bzw. Kreuzung in Bezug auf die Milchleistung (ML) (LSM \pm SEE) – Modell D x N

Effekt	Klasse	ML [l/d]
Land x RASSE	D x DFV	22,83 \pm 3,47 ^b
	D x DH	33,34 \pm 2,15 ^a
	D x XMM	31,11 \pm 2,92 ^a
	N x HF	12,74 \pm 2,61 ^c
	N x Jersey	9,61 \pm 2,70 ^d
	N x Kiwi Cross	11,93 \pm 2,51 ^{cd}
	N x XMM	12,32 \pm 2,66 ^{cd}

Unterschiedliche Superskripts kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$). D=Deutschland; N=Neuseeland; DFV=Deutsches Fleckvieh; DH=Deutsche Holsteins; HF=Holstein Friesian; Kiwi Cross (HF x Jersey); XMM=Milchrassenkreuzungstiere

4.1.4.3 Unterschiede bezüglich der Melkfrequenz

Zwischen den Melkfrequenzen (1-3x /Tag) gibt es signifikante Unterschiede (siehe Tabelle 26 - Land x MF). So haben Kühe in Deutschland, welche zweimal am Tag gemolken werden, eine signifikant niedrigere Milchleistung als Kühe, die dreimal am Tag gemolken werden. In Neuseeland haben Milchkühe, welche einmal am Tag gemolken werden, eine signifikant niedrigere Milchleistung als Kühe, die zweimal am Tag gemolken werden (siehe Tabelle 29).

Tabelle 29: Einfluss der Melkfrequenz (MF) auf die Milchleistung (ML) in Deutschland (D) und Neuseeland (N) (LSM \pm SEE) – Modell D x N

Effekt	Klasse	ML [l/d]
Land x MF	D x 2	25,7 \pm 2,88 ^b
	D x 3	32,48 \pm 2,55 ^a
	N x 1	9,66 \pm 2,64 ^d
	N x 2	13,64 \pm 2,51 ^c

Unterschiedliche Superskripts kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$).

4.1.4.4 Unterschiede zwischen den verschiedenen Laktationen

Die Milchleistung steigt ab der ersten Laktation bis zur vierten Laktation an und fällt dann wieder ab (siehe Tabelle 30). Kühe in der zweiten Laktation und größer gleich fünften Laktation weisen keine signifikanten Unterschiede in der Milchproduktion auf, ebenso wie Kühe in der dritten und vierten Laktation und in der dritten und größer gleich fünften Laktation. Zwischen den anderen Laktationsgruppen gibt es signifikante Unterschiede bezüglich der Milchleistung.

Tabelle 30: Einfluss der Laktationsnummer (LNR) auf die Milchleistung (ML) (LSM \pm SEE) – Modell D x N

Effekt	Klasse	ML [l/d]
LNR	1	17.31 \pm 1.78 ^d
	2	19.43 \pm 1.81 ^c
	3	21.88 \pm 1.85 ^{ab}
	4	23.10 \pm 1.93 ^a
	5	20.62 \pm 1.83 ^{bc}

Unterschiedliche Superskripts kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$). Kühe ab der fünften Laktation wurden in der Klasse 5 zusammengefasst.

4.1.5 Somatische Zellzahl (SCC)

Die somatische Zellzahl (siehe Tabelle 11) wird zur Veranschaulichung der Notwendigkeit des somatischen Zellscores aufgeführt. Dieser wird aufgrund des großen Standardfehlers, der sich u.a. in der fehlenden Normalverteilung begründet, benötigt (siehe Abschnitt 3.4.1).

4.1.6 Somatischer Zellscore (SCS)

Die fixen Effekte LNR bzw. Land x MF und die Kovariable Laktationstag x Laktationstag haben einen signifikanten ($p < 0,05$) Effekt auf den SCS (siehe Tabelle 31). In den folgenden Abschnitten werden die Effekte getrennt nach Land, Rasse (innerhalb Land), Melkfrequenz und Laktationsnummer dargestellt.

Tabelle 31: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für den somatischen Zellscore (SCS) – Modell D x N

Effekt	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Land	1	10	1,29	0,2826
Land x RASSE	5	591	1,11	0,3528
LNR	4	591	9,04	<0,0001
Land x MF	2	591	12,02	<0,0001
LT x LT	1	591	15,29	0,0001

LNR=Laktationsnummer; MF=Melkfrequenz; LT=Laktationstag

4.1.6.1 Landesunterschiede

Das Land hat keinen signifikanten Effekt auf den somatischen Zellscore (siehe Tabelle 31 und Tabelle 32).

Tabelle 32: Somatischer Zellscore (SCS) in Deutschland (D) und Neuseeland (N) (LSM \pm SEE) – Modell D x N

Effekt	Klasse	SCS
Land	D	2,92 \pm 0,33
	N	3,40 \pm 0,26

4.1.6.2 Rassen- bzw. Kreuzungszuchtunterschiede

Die Rasse bzw. Kreuzung hat keinen signifikanten Effekt auf den somatischen Zellscore (siehe Tabelle 31 und Tabelle 33).

Tabelle 33: Interaktion Land x Rasse bzw. Kreuzung in Bezug auf den somatischen Zellscore (SCS) (LSM \pm SEE) – Modell D x N

Effekt	Klasse	SCS
Land x RASSE	D x DFV	2,84 \pm 0,64
	D x DH	2,94 \pm 0,22
	D x XMM	2,98 \pm 0,51
	N x HF	3,23 \pm 0,32
	N x Jersey	3,62 \pm 0,36
	N x Kiwi Cross	3,13 \pm 0,26
	N x XMM	3,61 \pm 0,34

*D=Deutschland; N=Neuseeland; DFV=Deutsches Fleckvieh;
DH=Deutsche Holsteins; HF=Holstein Friesian; Kiwi Cross (HF x Jersey);
XMM=Milchrassenkreuzungstiere*

4.1.6.3 Unterschiede bezüglich der Melkfrequenz

Die Melkfrequenz hat einen signifikanten Einfluss auf den SCS (siehe Tabelle 31). Deutsche Kühe, die dreimal am Tag gemolken werden, haben einen signifikant geringeren SCS, als neuseeländische Kühe, die einmal am Tag gemolken werden. Neuseeländische Kühe, die einmal am Tag gemolken werden, haben einen signifikant höheren SCS als neuseeländische Kühe, die zweimal am Tag gemolken werden (siehe Tabelle 34).

Tabelle 34: Einfluss der Melkfrequenz (MF) auf den somatischen Zellscore (SCS) in Deutschland (D) und Neuseeland (N) (LSM \pm SEE) – Modell D x N

Effekt	Klasse	SCS
Land x MF	D x 2	3,07 \pm 0,41 ^{ab}
	D x 3	2,77 \pm 0,36 ^b
	N x 1	4,02 \pm 0,32 ^a
	N x 2	2,77 \pm 0,26 ^b

Unterschiedliche Superskripts kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$).

4.1.6.4 Unterschiede zwischen den verschiedenen Laktationen

Je höher die Laktationsnummer, in welcher sich die Kuh befindet, desto höher ist der SCS der Kühe (siehe Abb. 25). Der Effekt der Laktationsnummer auf den SCS ist signifikant, wobei jeweils zur direkt nachfolgenden Laktation kein signifikanter Unterschied besteht (siehe Tabelle 11).

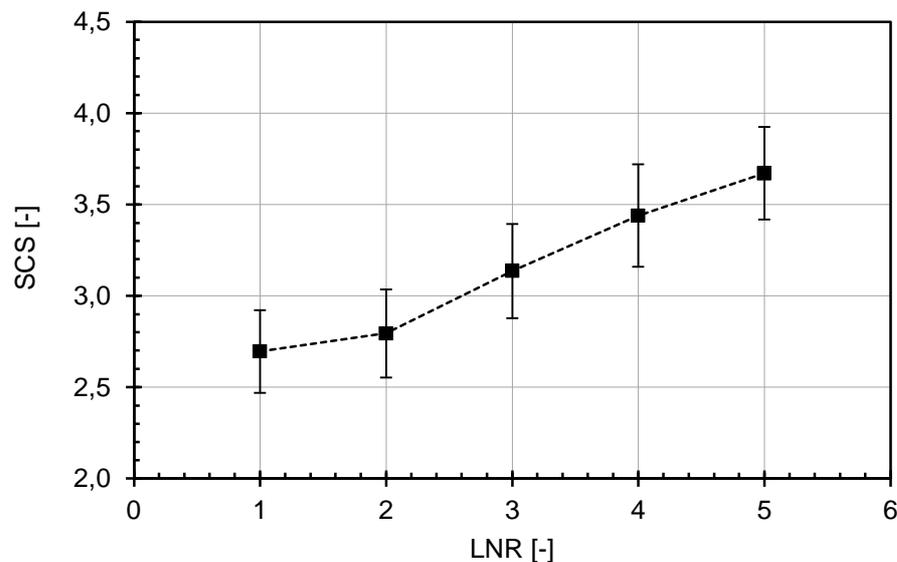


Abb. 25: Bedeutung der Laktationsnummer (LNR) für den somatischen Zellscore (SCS) (LSM \pm SEE) – Modell D x N

4.1.7 Alter

Das Alter wird in Lebensstagen angegeben. Es soll veranschaulichen, dass das Alter der Tiere in den beiden Ländern und zwischen den Rassen sehr ausgewogen ist. Den einzigen signifikanten Unterschied kann man zwischen den deutschen Fleckviehkühen und den neuseeländischen Kiwi Cross finden (siehe

Tabelle 36), wobei die Fleckviehkühe im Durchschnitt (LSM) ca. 150 Tage älter sind als die Kiwi Cross-Kühe. In den folgenden Abschnitten werden die Effekte getrennt nach Land, Rasse (innerhalb Land), Melkfrequenz und Laktationsnummer dargestellt.

4.1.7.1 Landesunterschiede

Die in die Analyse aufgenommenen Kühe aus Deutschland und Neuseeland haben kein signifikant unterschiedliches Alter (siehe Tabelle 35).

Tabelle 35: Alter der Kühe in Deutschland (D) und Neuseeland (N) (LSM \pm SEE) – Modell D x N

Effekt	Klasse	Alter [d]
Land	D	1634,37 \pm 37,48
	N	1598,71 \pm 31,14

4.1.7.2 Rassen- bzw. Kreuzungszuchtunterschiede

Neuseeländische Kiwi Cross sind im Durchschnitt signifikant jünger als deutsche Fleckviehkühe (siehe Tabelle 36).

Tabelle 36: Alter der Kühe der verschiedenen Rassen bzw. Kreuzungen (LSM \pm SEE) – Modell D x N

Effekt	Klasse	Alter [d]
Land x RASSE	D x DFV	1707,39 \pm 66,35 ^a
	D x DH	1597,52 \pm 29,01 ^{ab}
	D x XMM	1598,19 \pm 74,27 ^{ab}
	N x HF	1567,56 \pm 40,76 ^{ab}
	N x Jersey	1639,68 \pm 48,82 ^{ab}
	N x Kiwi Cross	1557,94 \pm 32,01 ^b
	N x XMM	1629,66 \pm 44,83 ^{ab}

Unterschiedliche Superskripts kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$). D=Deutschland; N=Neuseeland; DFV=Deutsches Fleckvieh; DH=Deutsche Holsteins; HF=Holstein Friesian; Kiwi Cross (HF x Jersey); XMM=Milchrassenkreuzungstiere

4.1.7.3 Unterschiede bezüglich der Melkfrequenz

Das Alter der Kühe in den einzelnen Klassen (siehe Tabelle 37) weist keine signifikanten Unterschiede auf.

Tabelle 37: Alter der Kühe in verschiedenen Klassen mit unterschiedlicher Melkfrequenz in Deutschland (D) und Neuseeland (N) (LSM \pm SEE)
– Modell D x N

Effekt	Klasse	Alter [d]
Land x MF	D x 2	1600,83 \pm 46,10
	D x 3	1667,90 \pm 45,52
	N x 1	1598,96 \pm 39,51
	N x 2	1598,46 \pm 33,45

4.1.7.4 Unterschiede zwischen den verschiedenen Laktationen

Es bestehen erwartungsgemäß signifikante Unterschiede des Alters der Kühe zwischen den Laktationen (siehe Tabelle 38).

Tabelle 38: Alter der Kühe in verschiedenen Laktationen (LNR) (LSM \pm SEE)
– Modell D x N

Effekt	Klasse	Alter [d]
LNR	1	795,50 \pm 29,01 ^e
	2	1156,81 \pm 30,76 ^d
	3	1531,54 \pm 33,83 ^c
	4	1919,64 \pm 36,47 ^b
	5	2655,23 \pm 32,14 ^a

Unterschiedliche Superskripts kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$). Kühe ab der fünften Laktation wurden in der Klasse 5 zusammengefasst.

4.2 Beziehungen zwischen den Parametern

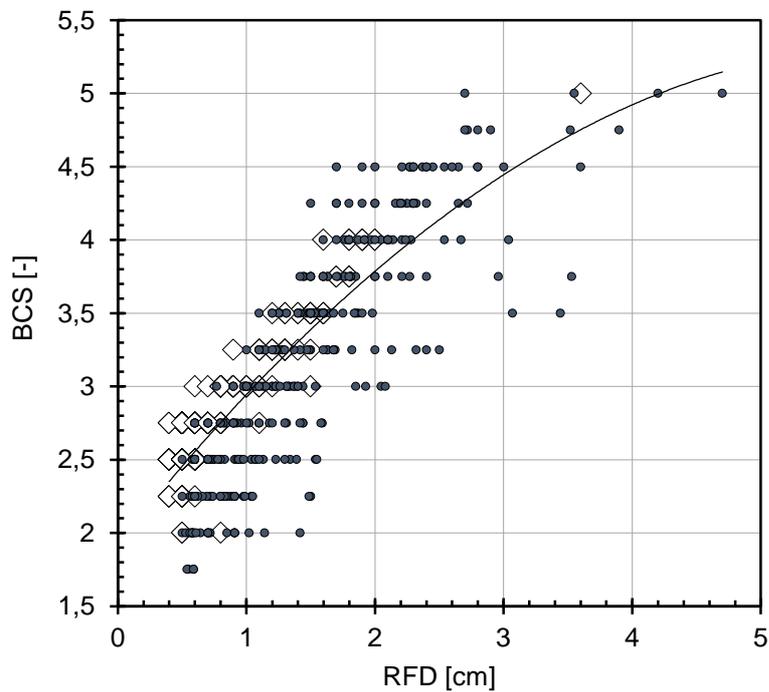


Abb. 26: Beziehung zwischen Body-Condition-Score (BCS) und Rückenfettdicke (RFD) in Deutschland (•) und Neuseeland (◇)
($y = -0,0914x^2 + 1,1162x + 1,9198$; $R^2 = 0,7578$; $RMSE = 0,31$)

Bei dieser quadratischen Regression in Abb. 26 wird die Beziehung zwischen BCS und RFD mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,76$, dargestellt. In beiden Ländern gibt es eine enge Beziehung zwischen BCS und RFD. Je höher der BCS ist, desto höher ist auch die RFD.

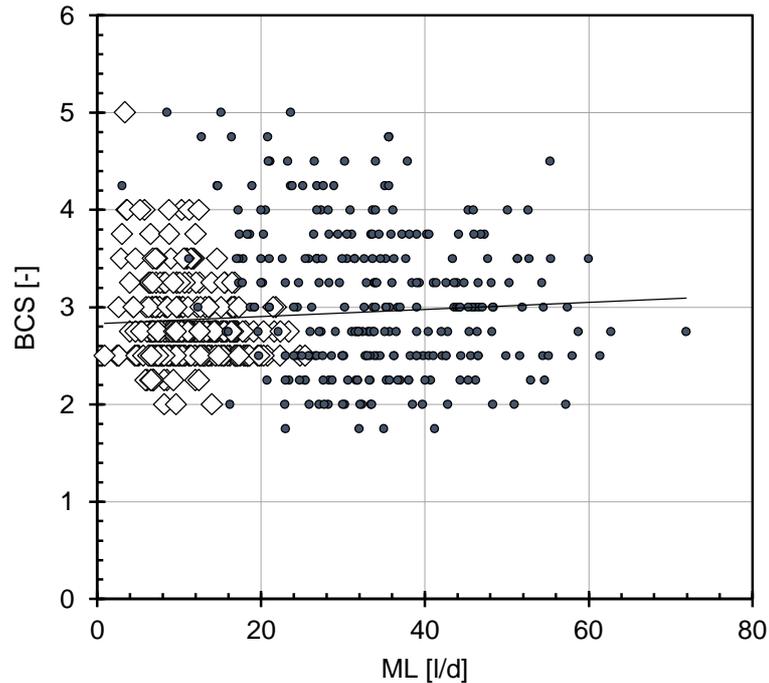


Abb. 27: Beziehung zwischen Body-Condition-Score (BCS) und Milchleistung (ML) in Deutschland (●) und Neuseeland (◇)
 $(y = 0,0037x + 2,8311; R^2 = 0,0074; RMSE = 0,59)$

In Abb. 27 ist die Beziehung zwischen BCS und ML in D und N dargestellt. Das Bestimmtheitsmaß von $R^2=0,0074$ weist auf eine sehr geringe Beziehung zwischen BCS und ML hin. Die leichte Steigung der Regressionsgerade würde bedeuten, dass bei höherer Milchleistung der BCS höher ist. Da sich die Milchleistung und auch der BCS in beiden Ländern deutlich sichtbar unterscheiden, kann dieser Rückschluss falsch sein. Die folgenden zwei Graphen (Abb. 28 und Abb. 29) geben Aufschluss über die Beziehung zwischen BCS und ML in den beiden einzelnen Ländern.

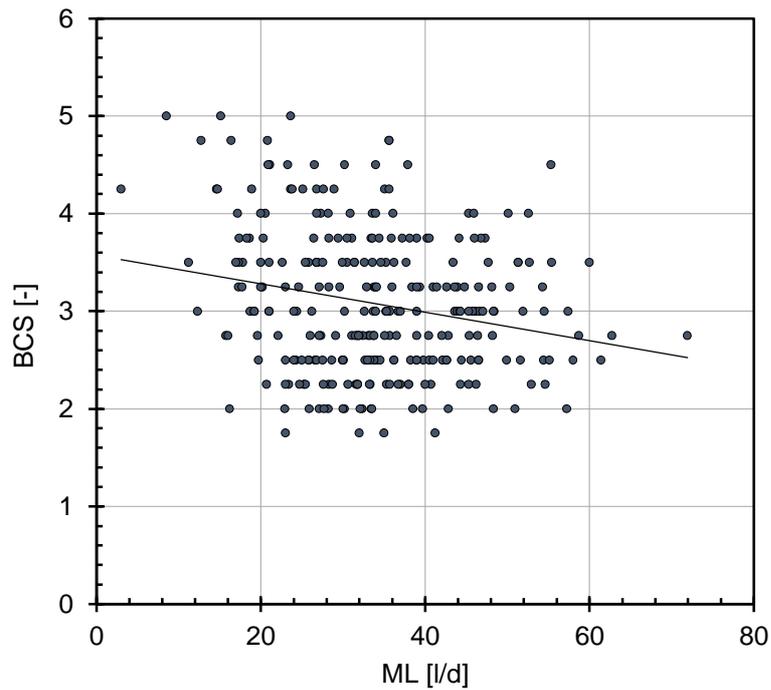


Abb. 28: Beziehung zwischen Body-Condition-Score (BCS) und Milchleistung (ML) in Deutschland (•)
($y = -0,0146x + 3,5722$; $R^2 = 0,0488$; $RMSE = 0,72$)

Abb. 28 zeigt die Beziehung zwischen BCS und ML in D. Es liegt eine negative Beziehung zwischen BCS und ML vor. Das bedeutet, dass bei steigender Milchleistung Kühe tendenziell einen geringeren BCS aufweisen.

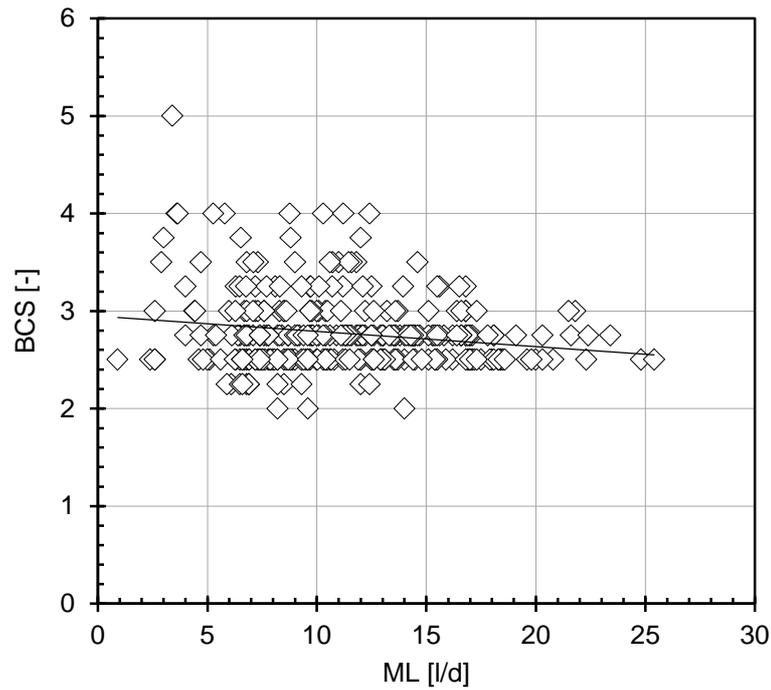


Abb. 29: Beziehung zwischen Body-Condition-Score (BCS) und Milchleistung (ML) in Neuseeland (◇)
($y = -0,0157x + 2,9501$; $R^2 = 0,0341$; $RMSE = 0,38$)

In Abb. 29 wird die Beziehung zwischen BCS und ML in N dargestellt. Kühe mit einer höheren ML haben tendenziell einen geringeren BCS – genauso wie in Deutschland. Zudem liegt in Neuseeland eine weitaus geringere Spannbreite an Milchleistungen (N: min. 0,9l - max. 25,4l/d ↔ D: min. 4,25l – max. 71,9l/d) vor.

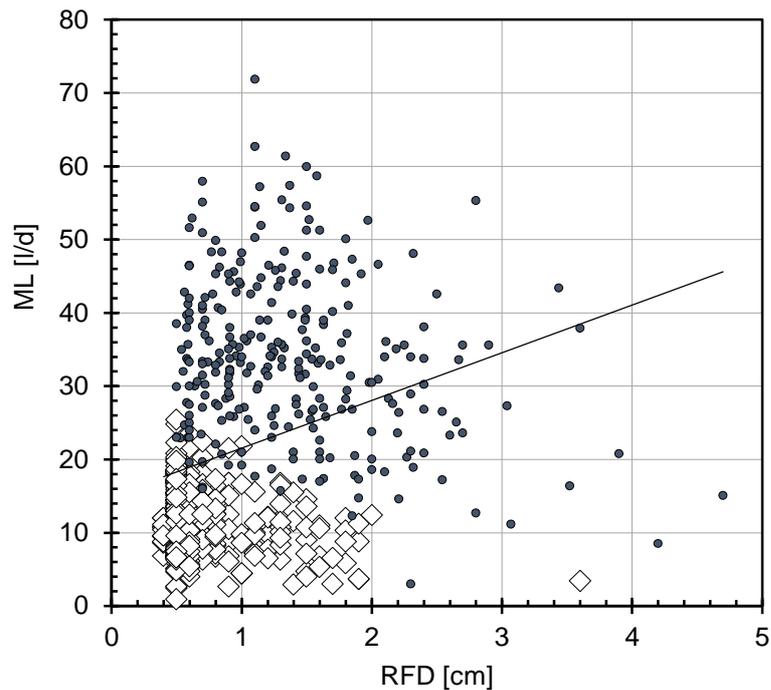


Abb. 30: Beziehung zwischen Milchleistung (ML) und Rückenfettdicke (RFD) in Deutschland (•) und Neuseeland (◇)
($y = 6,5021x + 15,041$; $R^2 = 0,0879$; $RMSE = 13,32$ l/d)

In Abb. 30 stellt der Graph die Beziehung zwischen ML und RFD in D und N dar. Das Bestimmtheitsmaß von $R^2=0,09$ deutet auf eine relativ geringe Beziehung zwischen RFD und ML hin. Es liegt eine positive Steigung der Regressionsgerade vor, was bedeuten würde, dass Kühe mit einer höheren ML tendenziell auch eine höhere RFD aufweisen. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass dieser Rückschluss aufgrund der deutlich unterschiedlichen Datenlage beider Länder erneut falsch sein kann. Daher geben die folgenden zwei Graphen (Abb. 31 und Abb. 32) Aufschluss über die Beziehung zwischen RFD und ML in beiden einzelnen Ländern. Dabei wird sichtbar, dass die Regressionsgerade eine negative Steigung aufweist, was bedeutet, dass Kühe mit einer höheren Milchleistung tendenziell eine geringere RFD aufweisen. Diese Ergebnisse decken sich mit denen aus Abb. 27, Abb. 28 und Abb. 29, welche die Beziehung der Milchleistung und des BCS beschreiben.

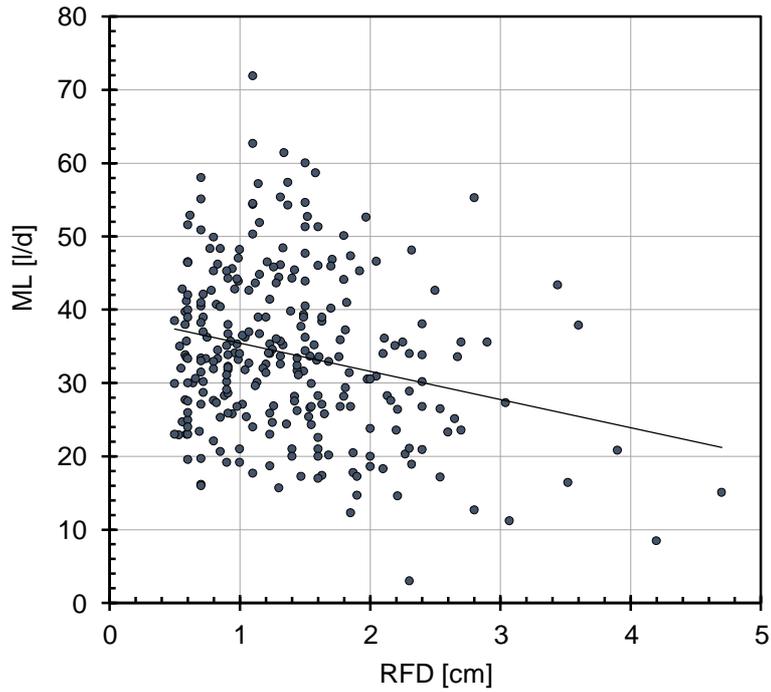


Abb. 31: Beziehung zwischen Milchleistung (ML) und Rückenfettdicke (RFD) in Deutschland (•)
($y = -3,8437x + 39,273$; $R^2 = 0,0574$; $RMSE = 10,84$ l/d)

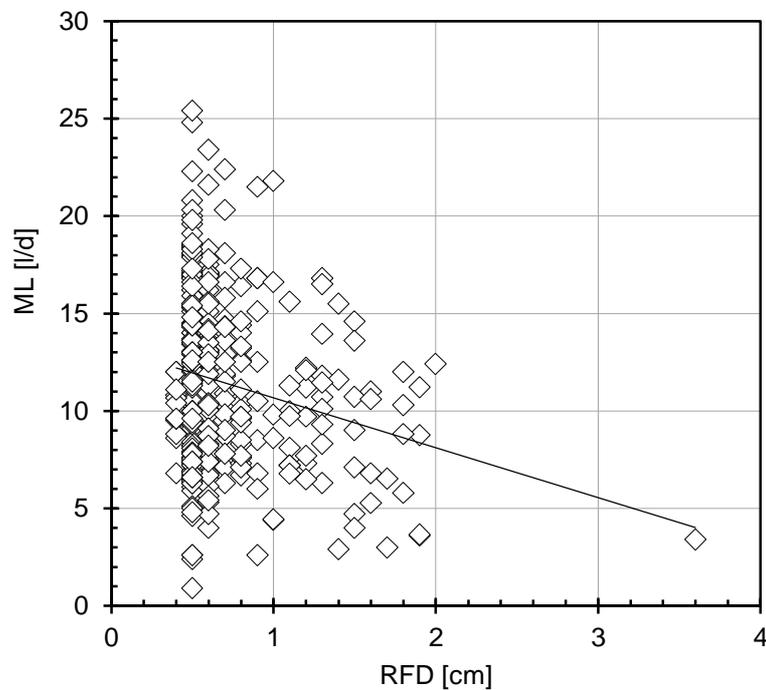


Abb. 32: Beziehung zwischen Milchleistung (ML) und Rückenfettdicke (RFD) in Neuseeland (◇)
($y = -2,5568x + 13,223$; $R^2 = 0,0457$; $RMSE = 4,40$ l/d)

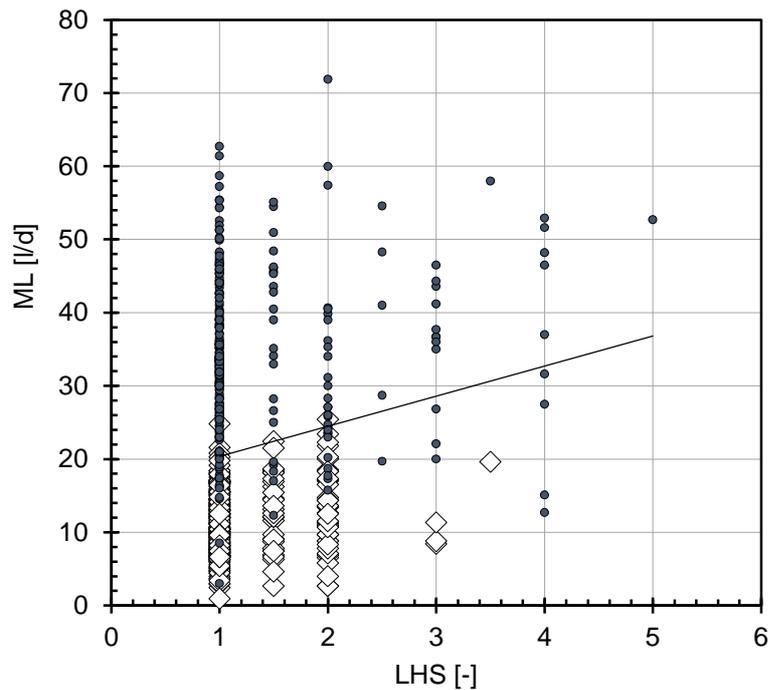


Abb. 33: Beziehung zwischen Milchleistung (ML) und Lahmheitsscore (LHS) in Deutschland (●) und Neuseeland (◇)
($y = 4,1067x + 16,3$; $R^2 = 0,0312$; $RMSE = 13,74$ l/d)

Abb. 33 zeigt die Beziehung zwischen ML und LHS in D und N. Das Bestimmtheitsmaß von $R^2=0,03$ deutet auf eine geringe Beziehung zwischen ML und LHS hin. Der Anstieg der Regressionsgerade ist positiv, was darauf hinweist, dass mit steigender Milchleistung der Lahmheitsscore zunimmt.

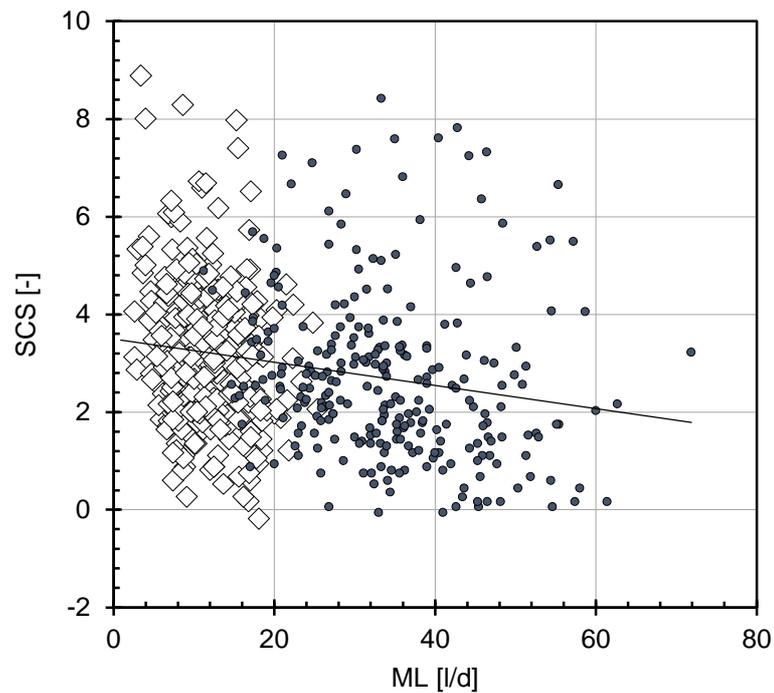


Abb. 34: Beziehung zwischen somatischem Zellscore (SCS) und Milchleistung (ML) in Deutschland (•) und Neuseeland (◇)
($y = -0,0236x + 3,4908$; $R^2 = 0,0427$; $RMSE = 1,57$)

In Abb. 34 stellt der Graph die Beziehung zwischen ML und SCS in D und N dar. Das Bestimmtheitsmaß von $R^2=0,04$ weist auf eine relativ lose Beziehung zwischen ML und SCS hin. Die negative Steigung der Regressionsgeraden bedeutet, dass Kühe mit einer höheren Milchleistung einen niedrigeren somatischen Zellscore aufweisen.

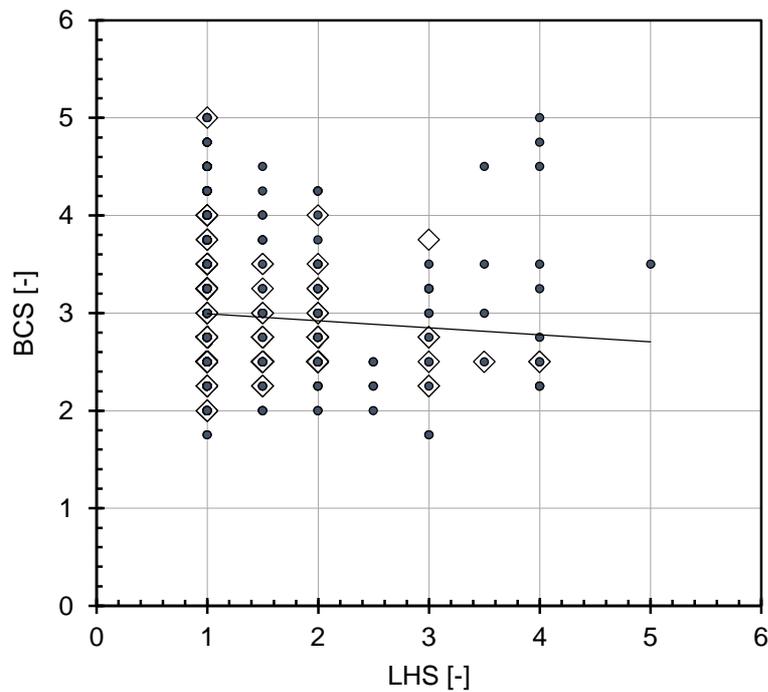


Abb. 35: Beziehung zwischen Body-Condition-Score (BCS) und Lahmheitsscore (LHS) in Deutschland (●) und Neuseeland (◇)
($y = -0,0725x + 3,0661$; $R^2 = 0,0052$; $RMSE = 0,64$)

In Abb. 35 ist die Beziehung zwischen LHS und BCS in D und N dargestellt. Das Bestimmtheitsmaß von $R^2=0,0052$ deutet auf eine sehr geringe Beziehung zwischen LHS und BCS hin. Die negative Steigung der Regressionsgerade bedeutet, dass Tiere mit einem höheren BCS tendenziell weniger Lahmheiten aufweisen als Tiere mit einem geringeren BCS.

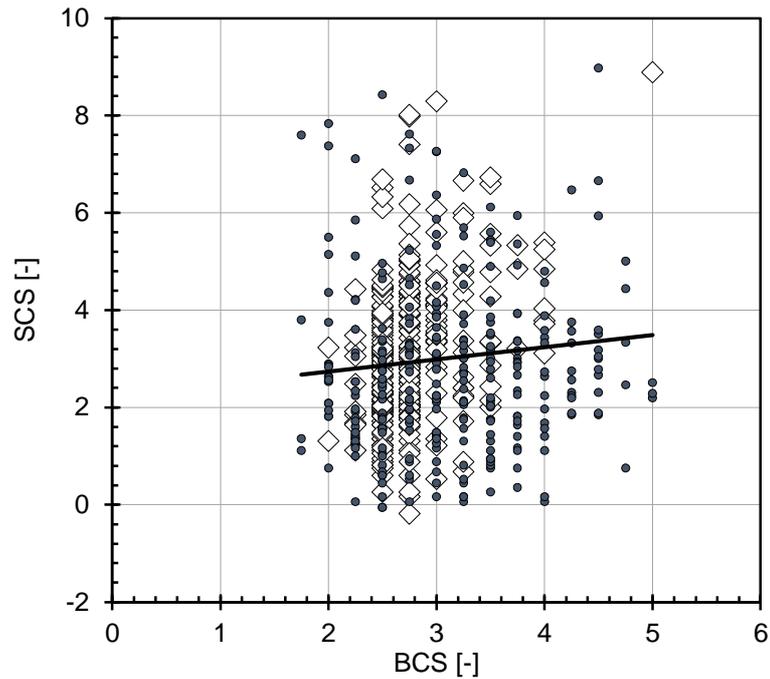


Abb. 36: Beziehung zwischen somatischem Zellscore (SCS) und Body-Condition-Score (BCS) in Deutschland (●) und Neuseeland (◇)
($y = 0,251x + 2,2356$; $R^2 = 0,009$; $RMSE = 1,60$)

In Abb. 36 ist die Beziehung zwischen BCS und SCS in D und N dargestellt. Das Bestimmtheitsmaß von $R^2=0,009$ deutet erneut auf eine geringe Beziehung zwischen BCS und SCS hin. Es liegt jedoch eine leichte positive Steigung der Regressionsgerade vor, was bedeutet, dass Kühe mit einem höheren BCS tendenziell auch einen höheren SCS aufweisen.

5 Diskussion

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse interpretiert und in Kontext mit der bestehenden Literatur gebracht. Materialien und Methoden werden kritisch betrachtet und ihre Eignung analysiert. Des Weiteren wird ein Ausblick auf mögliche Folgeprojekte durch neu aufgetauchte Fragestellungen gegeben.

5.1 Material und Methoden

Im folgenden Abschnitt werden das Material und die Methoden diskutiert.

Auswahl der Länder, der Betriebe und der Tiere

Die Auswahl von Deutschland und Neuseeland für den Vergleich von Milchproduktionssystemen eignet sich trotz erheblicher betriebswirtschaftlicher und rasseabhängiger Unterschiede. Entscheidend bei einem solchen Vergleich ist die Auswahl der zu untersuchenden Parameter und die Auswertung der erhobenen Daten. Werden die Unterschiede bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt, ist ein Vergleich auch bei unterschiedlichen Betriebssystemen durchaus möglich. Im Rückblick wäre es hilfreich gewesen, in Neuseeland mehr als nur einen once-a-day-milking-Betrieb in die Studie aufzunehmen, um zwischen zwei Gruppen einmal gemolkener Kühe unterscheiden zu können und zwar zwischen einmal-gemolkenen Kühen, die während der gesamten Laktation generell nur einmal täglich gemolken werden und Kühen, die sich aufgrund von geringer Leistung in der Gruppe einmal gemolkener Kühe befinden. Um eine größere Anzahl an Fleckviehkühen in den Vergleich miteinzubeziehen, hätten mehr Betriebe mit Fleckviehkühen in der Studie untersucht werden müssen. Diese Studie hatte zum Ziel einen Status der Leistung und Gesundheit der Tiere beider Länder festzustellen. Dieses Ziel

wurde erreicht. Naheliegender wäre zukünftig eine Verlaufsstudie, bei welcher die Tiere der unterschiedlichen Produktionssysteme über einen längeren Zeitraum sowie in jeder Laktation untersucht werden.

Konditionsbeurteilung

Die Ergebnisse der Zusammenhänge von Konditionsmerkmalen und dem Auftreten von Krankheiten (siehe Abschnitt 2.3) verdeutlicht, welche wichtige Rolle die Überwachung der Körperfettreserven der Kuh spielt. Die Beurteilung der Körperkondition von Milchkühen kann einen Überblick über die gesamte Herde, aber auch über das Einzeltier und über die Energiereserven in den einzelnen Laktationsabschnitten geben. Dies ist ein wichtiges Werkzeug für den Landwirt, aber auch für den bestandsbetreuenden Tierarzt sowohl in der Diagnostik als auch, mit noch höherer Bedeutung, in der Prophylaxe und Metaphylaxe von Krankheiten.

Rückenfettdicke (RFD)

Die Rückenfettdicke ist ein gut messbarer Parameter, welcher hilft, die Kondition des Tieres objektiv zu beurteilen. Dieser Parameter eignet sich sehr gut vor allem in Verbindung mit dem BCS. In der Studie von Pothmann et al. (2015) wird empfohlen, den BCS nach Möglichkeit zusammen mit der Rückenfettdickenmessung in das Herdengesundheitsmanagement mit aufzunehmen. Dafür spricht in Übereinstimmung mit den eigenen Ergebnissen (siehe Abb. 26) die enge Korrelation der RFD und des BCS, welche laut Schröder und Staufenbiel (2006) bei $r = 0,91 - 0,95$ und nach Fietze (2004) mit $r = 0,68 - 0,74$ angegeben wird. Bei Domecq et al. (1995) wird ebenfalls ein signifikanter ($p < 0,05$) Zusammenhang zwischen RFD und BCS beschrieben. Für wissenschaftliche Zwecke zur Feststellung der Herdengesundheit in Verbindung mit anderen Parametern sowie im Verlauf über einen längeren Zeitraum kann auch auf diesen Parameter zurückgegriffen werden.

Body-Condition-Score (BCS)

Das Body-Condition-Scoring ist zwar nicht objektiv, dennoch gut erlernbar, im Vergleich zur RFD-Messung mittels Ultraschall nicht kostenintensiv und kann auch für Landwirte als nützliches Werkzeug dienen (Schröder und Staufenbiel

2006). In dieser Studie wurde das 5-Punkte-Scoringsystem nach Edmonson et al. (1989) ausgewählt, da es das meist benutzte BCS-System weltweit ist und schon eigene Erfahrungen mit diesem Scoringsystem bestanden. Nach Abschluss dieser Studie und Auswertung der Ergebnisse kann das 5-Punkte-Scoringsystem nach Edmonson et al. (1989) weiterempfohlen werden, da durch die feine Abstufung in Schritten von 0,25 Notenpunkten, die Kühe mit der erforderlichen Genauigkeit einem Notenpunkt zugeordnet werden konnten.

Lahmheitsscore (LHS)

Das Lahmheitsscoring nach Sprecher et al. (1997) ist einfach in der Anwendung. Jedoch konnten einige Kühe mit ihrem Gangbild nicht direkt einem Notenpunkt zugeordnet werden, weshalb das Scoringsystem angepasst wurde und auch halbe Noten vergeben wurden. Dieses eigens modifizierte Scoringsystem oder ein detaillierteres Scoringsystem wie das von Barker et al. (2010) werden in der nächsten Studie bevorzugt verwendet werden. Ebenso ist ein regelmäßiges Lahmheitsscoring zu empfehlen, um Bestandsprobleme früh genug zu erkennen, aber auch, um Lahmheiten einzelner Tiere frühzeitig erkennen und behandeln zu können. In der vorliegenden Studie beispielsweise wird bei einem der deutschen Betriebe ein regelmäßiges Lahmheitsscoring durchgeführt, was die frühzeitige Detektion von lahmen Kühen ermöglicht.

Milchleistung (ML)

Die Erfassung der Milchleistung in Verbindung mit den anderen erfassten Daten ist im Rückblick erwartungsgemäß ein wichtiger Parameter für die Interpretation einiger Zusammenhänge, zum Beispiel dem Zusammenhang zwischen den vorhandenen Energiereserven der Kühe, welche durch den BCS und die RFD beschrieben werden, und der Rasse/Kreuzung des Tieres. Für das Verständnis der Funktionsweise der Produktionssysteme beider Länder ist die Erfassung der Milchleistung ebenso essentiell. Leider konnte die Milchleistung aufgrund der unvollständigen Datenlage nicht fett- und eiweißkorrigiert werden. Jedoch wurden die Unterschiede der Inhaltsstoffe der Rinderrassen und Kreuzungsgenotypen beider Länder bereits in Tabelle 4 auf S. 31 in Abschnitt 2.1.4 dargestellt. In Folgestudien wird eine Fett- und Eiweißkorrektur angestrebt. Neben dem Einsatz in der Wissenschaft dient die Erfassung der Milchleistung

dem Landwirt zur Feststellung der Leistung sowie dem Tierarzt als Werkzeug in der Bestandsbetreuung. Eine regelmäßige Überwachung der Milchleistung ist vor allem im ersten Drittel der Laktation empfehlenswert, um – insbesondere bei einem starken Abfall der Milchleistung - gegebenenfalls frühzeitig Erkrankungen zu erkennen und behandeln zu können. In diesem Falle dient dieser Parameter auch als Gesundheitsparameter. Unter anderem können mit Hilfe der Erfassung der Milchleistung auch Managementprobleme erkannt werden. In Deutschland sind entsprechend ca. 88% des Milchkuhbestandes in der Milchleistungsprüfung erfasst – in Neuseeland nur ca. 72% (Bundesverband Rind und Schwein e. V. 2019b, DairyNZ und LIC 2018)

Somatischer Zellscore (SCS)

Sowohl für Landwirte als auch für wissenschaftliche Zwecke ist der SCS ein nützlicher Parameter zur Feststellung der Eutergesundheit oder für die Überwachung der Eutergesundheit als Werkzeug in der Bestandsbetreuung (Winter 2010). Zusätzlich wäre sinnvollerweise zu erfassen, wie viele klinische Mastitiden bei den Kühen in den einzelnen Betrieben im Durchschnitt auftreten. Nach Winter (2010) sollte die Zellzahl eines Einzeltieres über eine längere Zeitspanne beobachtet werden, da Einzelwerte auch durch momentane Stresssituationen beeinflusst sein können. Der Verlauf der somatischen Zellzahl in der Milch könnte daher in einer Folgestudie untersucht werden.

5.2 Ergebnisse

5.2.1 Fixer Effekt „Land“

Rückenfettdicke (RFD) und Body-Condition-Score (BCS)

Das Land hat einen signifikanten Effekt auf die RFD der untersuchten Kühe. In Neuseeland kommen im Durchschnitt RFD von 0,69 cm (XMM) bis 0,90 cm (Jersey) und BCS von 2,72 (XMM) bis 2,90 (Jersey) vor. In Deutschland hingegen kommen RFD zwischen 1,31 cm (HF) bis 2,06 cm (DFV) und BCS von 3,12 (HF) bis 4,05 (DFV) vor. Die größere Spannweite von RFD und BCS in Deutschland sowie die signifikant höheren RFD- (D: 1,67 cm ↔ N: 0,77 cm) und BCS-Werte (D: 3,63 ↔ N: 2,79) könnten ihre Ursache in der unterschiedlichen Fütterung und

Haltung in den Betriebssystemen beider Länder haben. In Neuseeland werden die meisten Kühe fast ausschließlich mit Gras durch ganzjährige Beweidung gefüttert (Lemaire et al. 2011, Verkerk 2003), was in den meisten Gebieten Neuseelands durch günstige Witterungsbedingungen ermöglicht wird. Laut Verkerk (2003) wurde in Neuseeland im Rahmen einer überbetrieblichen Studie die Verteilung der Trockensubstanzaufnahme einer typischen neuseeländischen Milchkuh wie folgt angegeben: 88,5% Gras aus Weideland, 5,5% Grassilage, 3% Maissilage, 2% aus zugekauftem Weidefutter und 1% sonstigen zusätzlichen Futtermitteln. Auch die geringe Milchleistung kann für die gleichmäßige Körperkondition während der gesamten Laktation mitverantwortlich sein. Nach dem Abkalben benötigt eine Kuh mit einer hohen bis sehr hohen Milchleistung viel Energie für die Milchproduktion. Sie greift auf ihre Körperfett- bzw. -energieserven zurück, da allein durch Fütterung das Energiedefizit nicht gedeckt werden kann (siehe Abb. 13). Eine Kuh mit einer geringen Leistung benötigt weniger Energie für die Milchproduktion post partum und hat damit auch geringere Schwankungen in der RFD und dem BCS. Die signifikant geringeren RFD und BCS der neuseeländischen Milchkühe können auch damit zusammenhängen, dass die Kühe den Witterungsbedingungen vollkommen ausgesetzt sind und Energiereserven, z. B. in kühlen Jahreszeiten mit viel Regen, zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur benötigt werden. Dass Kühe in weidebasierten Betrieben im Gegensatz zu Kühen aus Stallhaltung besonders empfindlich auf extreme Umwelteinflüsse wie Hitze oder Regen und Kälte reagieren, beschreibt auch Augère-Granier (2018).

Lahmheitsscore (LHS)

Das Land hat keinen signifikanten Effekt auf den Lahmheitsscore. In Neuseeland könnte man intuitiv erwarten, dass durch die Weidehaltung die Tiergesundheit und in diesem Fall der LHS besser ist als in Deutschland, da die Weidehaltung am ehesten der Haltungsform des eurasischen Auerochsen, dem Vorfahren des Hausrindes, entspricht (Bollongino et al. 2012). Im Gegensatz dazu werden in Deutschland die meisten Kühe im Stall gehalten (Statistisches Bundesamt 2010). Jedoch ist der Unterschied zwischen den Ländern nicht signifikant (s.u.). Dies kann in den Treibwegen begründet sein, welche in Neuseeland hauptsächlich aus Rhyolith und „Rotten Rock“ bestehen. Rhyolith ist ein vulkanisches Gestein,

welches in großer Konzentration auf der Nordinsel Neuseelands in der Taupo Region vorkommt. Es wird in Form von Schotter für die Wege verwendet. „Rotten Rock“ ist brüchiges Felsgestein, welches überall in Neuseeland für die Treibwege Verwendung findet. Laut Berichten von Landwirten kann es während der regenreichen Zeit dazu kommen, dass Erde und Sand aus dem Schotter herausgespült werden und vermehrt prominente Steine liegenbleiben. Hauptlahmheiten in Neuseeland sind in Sohlendefekten und Defekten der weißen Linie begründet (Chesterton 2004, Tranter et al. 1993, XLVets und WeiFarm 2017). Diese entstehen durch das Gehen über diese Steine auf den Laufwegen von den Weiden zum Melkstand und je nach Bodenbelag beim Warten in den Wartehöfen vor dem Melkstand (Barker et al. 2009). Zusätzlicher bedeutender Risikofaktor ist der Umgang des Personals mit den Tieren. Bei zu hastigem Treiben können die Kühe nicht mehr auf den Weg achten und können nicht wählen, wohin sie treten (Chesterton 2004, Ranjbar et al. 2016). Sind die Weiden sehr feucht vom Regen, hat es zum Nachteil, dass die Klaue relativ weich und dadurch noch empfindlicher ist. Diese Treibwege sind ein Grund in Neuseeland, warum kleine und leichte Rassen in der Zucht eingesetzt werden. Würde eine schwere Deutsche Holstein- oder Fleckvieh-Kuh über diese Wege gehen, wären die Probleme höchstwahrscheinlich weitaus größer. Trotzdem haben neuseeländische Kiwi Cross und neuseeländische XMM einen signifikant besseren LHS als Deutsche Holsteins. Dies spiegelt die Rolle der Lahmheiten im Vergleich zu anderen Abgangsursachen in Deutschland wider, welche seit 1970 von 2,3% auf 11,6% im Jahr 2018 zugenommen hat. Sterilität und Euterkrankheiten liegen jedoch weiterhin an der Spitze der Abgangsursachen mit 19,8% bzw. 13,8% (Bundesverband Rind und Schwein e. V. 2019b).

Milchleistung (ML)

Das Land hat einen signifikanten Effekt auf die Milchleistung. Die Ursache liegt in den verschiedenen Betriebssystemen und den unterschiedlich verwendeten Rassen bzw. Rassetypen und Kreuzungsprodukten (siehe Abschnitt 5.2.2). In Deutschland liegt eher das System „high input, high output“ vor. Milchkühe bekommen konzentriertes, energiereiches Futter, leben in Stallungen mit geringen Witterungseinflüssen und können entsprechend viel Milch produzieren. Die Zucht Deutscher Holsteins, welche den größten Anteil deutscher Milchrinder

darstellen (Bundesverband Rind und Schwein e. V. 2019b), legt bis heute den Fokus auf hohe Milchleistungen (Brade und Brade 2013). Aktuell steht die Milchleistung (RZM = Relativzuchtwert Milch bestehend aus den Komponenten Fett- und Eiweißmenge) im RZG (Gesamtzuchtwert) mit einer Wichtung von 45% noch an der Spitze. An Bedeutung gewonnen hat jedoch die Nutzungsdauer (RZN = Relativzuchtwert Nutzungsdauer), welche die Gesundheit und Konstitution einer Milchkuh beschreibt und mit 20% im RZG an zweiter Stelle bei der Zuchtwertschätzung steht (Bundesverband Rind und Schwein e. V. 2019a, VIT 2019). In Neuseeland kommt hauptsächlich das „low input, low output“ System vor. Milchkühe bekommen energiearmes Futter und produzieren dementsprechend weniger Milch (D: 29,09 l/d/Kuh ↔ N: 11,65 l/d/Kuh). In Neuseeland wird bei vorrangiger Weidehaltung und geringem Kraffuttereinsatz ebenfalls ein hoher züchterischer Fokus auf Milchleistung und Milchinhaltsstoffe gelegt (siehe Abb. 37). In der Summe machen die drei Komplexe Milchvolumen, Milchfett und Milcheiweiß 51% des ökonomisch gewichteten Gesamtzuchtwertes („Breeding Worth“) aus.

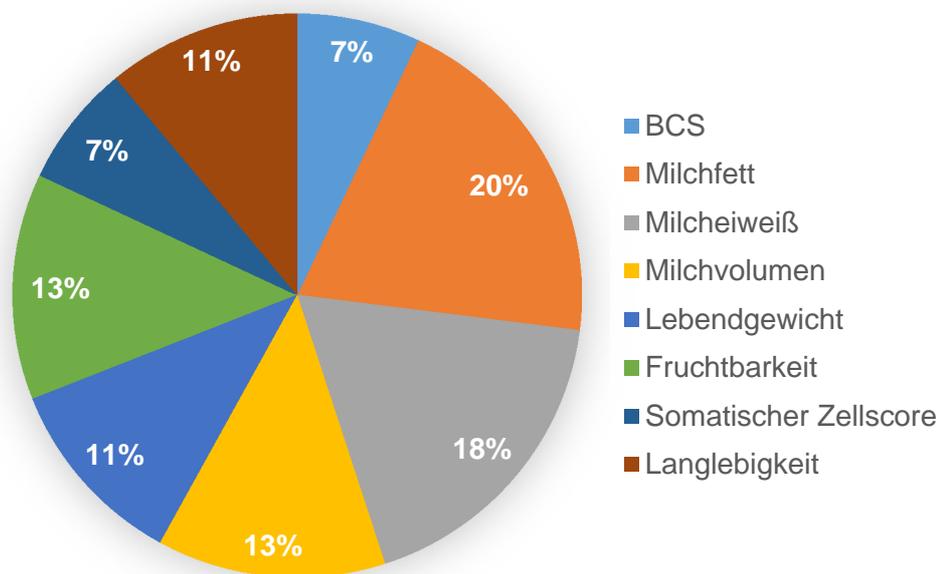


Abb. 37: Zusammensetzung des ökonomisch gewichteten, rasseübergreifenden Gesamtzuchtwerts („Breeding Worth“) in Neuseeland; modifiziert nach DairyNZ (2019)

Somatischer Zellscore (SCS)

Das Land hat keinen signifikanten Effekt auf den somatischen Zellscore. Aufgrund der geringen Milchleistung und der „natürlichen“ Haltungsbedingungen in Neuseeland könnte davon ausgegangen werden, dass die Zellzahlen in Neuseeland signifikant geringer sein müssten als in Deutschland. Dass dies nicht der Fall ist, könnte wie folgt begründet werden: In Neuseeland werden beim Melken die Zitzen nicht vorgereinigt. Nur wenn grober Schmutz sichtbar ist, wird das Euter vor dem Melken gesäubert. Nach dem Melken werden die Zitzen meist mit einem Jod- oder Chlorhexidingemisch gedippt. Die Kühe sind bei trockenen Wetterbedingungen sehr sauber (siehe Abb. 38); in der feuchten Jahreszeit liegen die Kühe jedoch häufig auf dem nassen Boden und gehen über schmutzige Wege, was den Keimdruck erhöht und zu erhöhten somatischen Zellzahlen führen kann (Krömker et al. 2018).



Abb. 38: Beispielbild von Kühen in Neuseelands Weidehaltung bei trockenem Wetter

Kurz vor dem Untersuchungszeitpunkt der neuseeländischen Kühe gab es eine Regenzeit von mehreren Wochen. Die Kühe haben dadurch ein schlechteres Immunsystem, die Euter sind schmutziger und mehr Keime gelangen bei nicht ausreichender Vorreinigung der Zitze über den Zitzenkanal ins Euter. Möglicherweise hat auch dies Einfluss auf die gleichhohe Zellzahl der neuseeländischen Kühe im Vergleich zu den deutschen Kühen. Man könnte auf der anderen Seite auch feststellen, dass es die Neuseeländer mit einem sehr geringen Aufwand beim Melkvorgang schaffen, denselben gesundheitlichen

Status wie in Deutschland zu erlangen. Betrachtet man den Zeit- und Personalaufwand für den Melkvorgang pro Kuh, so ist dieser in Neuseeland weitaus geringer als in Deutschland. Dies hat zum einen mit der geringen Milchleistung zu tun, welche eine kürzere Melkdauer bedeutet und damit einen schnelleren Durchlauf der Kühe und zum anderen mit dem geringeren Arbeitsaufwand ohne Vorreinigung der Zitzen. Die Zellzahlgrenze der Tankmilch in Deutschland und Neuseeland unterscheiden sich ebenfalls. So liegt die obere Grenze in Deutschland (zum Verbleiben in der S-Klasse) bei einem geometrischen Mittel über drei aufeinanderfolgende Monate von 299.999 Zellen/ml und in Neuseeland bei 399.999 Zellen/ml (Alhussien und Dang 2018).

Ein weiterer Grund dafür, dass die neuseeländischen Kühe keinen signifikanten Unterschied im SCS zu den deutschen Kühen aufweisen, könnte an der Länge der Laktation liegen. In Neuseeland dauert eine Laktation 274 (nach herd testing method 219) Tage, in Deutschland hingegen 322 Tage (Bundesverband Rind und Schwein e. V. 2019b, DairyNZ und LIC 2018). Das Modell für die Auswertung der Daten dieser Arbeit verwendet eine Schätzmethodik unter Berücksichtigung des Laktationstages als Kovariable, jedoch nicht der Laktationsdauer, da diese zum Zeitpunkt der Datenerfassung und -auswertung nicht bekannt war. Der 204. Laktationstag, welcher dem mittleren Laktationstag aller Mess- und Beobachtungswerte entsprach, ist bei deutschen Kühen der Anfang des letzten Laktationsdrittels und bei neuseeländischen Kühen Mitte bis Ende des letzten Laktationsdrittels. Da Kühe, die dem Trockenstehen nahe sind, physiologisch eine erhöhte Zellzahl aufweisen (Krehl 2009), könnte dies auch eine Erklärung für die Höhe der Zellzahlen in Neuseeland sein.

5.2.2 Fixer Effekt „Rasse/Kreuzung“

Rückenfettdicke (RFD)

Es liegt ein signifikanter Effekt ($p \leq 0,0003$) der Rasse bzw. Kreuzung auf die Rückenfettdicke vor. In Deutschland gibt es zwischen der Zweinutzungsrasse DFV ($2,06 \pm 0,18$ cm) und der reinen Milchrasse DH ($1,31 \pm 0,10$ cm) einen signifikanten Unterschied ($p \leq 0,0001$); genauso wie zwischen DH und XMM ($p = 0,0237$). Dieser Unterschied könnte in der höheren Milchleistung von DH begründet sein, welche mit geringeren Körperkonditionen assoziiert sind (siehe

Abschnitt 2.3.1.7). Im Gegensatz dazu produzieren DFV weniger Milch und benutzen mehr Energie für den Aufbau von Körperfettreserven. Dies bestätigt die Annahme, dass Kühe (innerhalb eines Produktionssystems bzw. Landes) mit einer größeren Rückenfettdicke weniger Milch produzieren (siehe Abb. 31 und Abb. 32). Dennoch geben deutsche Milchkühe, die eine höhere Rückenfettdicke aufweisen als die neuseeländischen, mehr Milch als die neuseeländischen Milchkühe (siehe Abb. 30 und Tabelle 11).

Bezüglich der Rasse Fleckvieh, wird in der Studie von Schneider et al. (2005) berichtet, dass es bei der Rasse Fleckvieh zu einer größeren Fehlerquote in der Identifikation der Fascia superficialis profunda kommt und es bei der Betrachtung der RFD und des BCS öfter zu verschiedenen Rückenfettdicken bei gleichem BCS kommen kann. Um diese Möglichkeit zu untersuchen, würde eine weitaus größere Anzahl an Fleckviehkühen in einer gesonderten Studie benötigt und ein längerer Untersuchungszeitraum wäre dafür erforderlich.

In Neuseeland gibt es lediglich zwischen der Rasse Jersey und XMM eine signifikant unterschiedliche RFD ($p=0,0475$). Die relativ geringen absoluten Differenzen zwischen den neuseeländischen Milchviehrassen bzw. -kreuzungen könnten mit der Fütterung in Neuseeland zusammenhängen, welche hauptsächlich aus Gras besteht und mit der geringeren Spannbreite bezüglich der Milchleistung der neuseeländischen Kühe. Zudem wird für die neuseeländischen Milchrinder im Gegensatz zu den rasseabhängigen Zuchtzielen in Deutschland ein einheitliches rasseübergreifendes Zuchtziel in Form des „Breeding Worth“ definiert (siehe 5.2.1: ML).

Neuseeländische Kiwi Cross zeigen für die RFD - unabhängig von der statistischen Signifikanz - einen negativen Heterosiseffekt von 12,05%. Bei der Berechnung des Heterosiseffekts ist zu beachten, dass die Kiwi Cross Kühe dieser Studie nicht immer die F1-Generation darstellen, sondern die Anteile der Ausgangsrassen (HF und J) unterschiedlich sind. Näheres ist dazu im Abschnitt 3.2.1 beschrieben.

Body-Condition-Score (BCS)

Die Rasse hat einen signifikanten Effekt ($p \leq 0,0001$) auf den BCS. In Deutschland haben Holsteins einen signifikant geringeren BCS als DFV und XMM. Dies korreliert eng mit der RFD (siehe Abb. 26). Die möglichen Gründe können wie auch bei der RFD in der Nutzungsrichtung der einzelnen Rassen gesehen werden (siehe Abschnitt 5.2.2). In der Studie von Ledinek und Gruber (2015) werden ähnliche Ergebnisse erzielt. Dabei zeigen reinrassige Holsteins einen signifikant geringeren BCS als reinrassige Fleckviehkühe. Lediglich DFV und XMM zeigen in der vorliegenden Studie keinen signifikanten Unterschied. Dies kann darin begründet sein, dass unter den XMM Kühen auch DFV-Kreuzungskühe vorhanden sind. Generell haben deutsche Rinderrassen einen signifikant höheren BCS als neuseeländische Rinderrassen. Allein Deutsche Holsteins, welche in Deutschland den geringsten BCS ($3,12 \pm 0,09$) aufweisen, und neuseeländische Jersey, welche in Neuseeland den höchsten BCS ($2,90 \pm 0,13$) haben, unterscheiden sich nicht signifikant. Innerhalb von Neuseeland gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Rassen bzw. Kreuzungen. Der Grund dafür, dass die Kühe in Neuseeland trotz unterschiedlicher Rassen bzw. Kreuzungen keine signifikanten Unterschiede im BCS aufweisen, liegt an den Besonderheiten in der Haltung, Fütterung und Leistung (s.o.) sowie der bereits erwähnten einheitlichen Zuchtzielvorgabe.

Der Heterosiseffekt von Kiwi Cross Kühen ist wie bei der RFD negativ mit - 3,52%.

Lahmheitsscore (LHS)

Die Rasse bzw. Kreuzung hat keinen signifikanten Effekt auf den Lahmheitsscore. In dieser Studie sind die Lahmheiten relativ gleichmäßig über die unterschiedlichen Rassen/Kreuzungen verteilt. Die einzigen signifikanten Unterschiede der einzelnen Rassen finden sich bei Deutschen Holsteins (DH) ($1,50 \pm 0,06$), welche jeweils einen signifikant höheren LHS als N Kiwi Cross ($1,20 \pm 0,07$) und N XMM ($1,24 \pm 0,10$) aufweisen. Es scheint, als hätten Deutsche Holsteins ein etwas höheres Risiko an Lahmheiten zu erkranken als N Kiwi Cross und N XMM. Möglich ist auch, dass Kiwi Cross und XMM durch Kreuzungs- und insbesondere Heterosiseffekte Vorteile bezüglich der

Klauengesundheit haben. Der züchterisch positive Heterosiseffekt für den (angestrebten niedrigeren) Lahmheitsscore bei Kiwi Cross beträgt 5,88% bzw. - 0,075 Score-Punkte. Da der Lahmheitsscore keine Aussage zur Ursache der möglichen Lahmheit oder Bewegungseinschränkung zulässt, lässt sich nur spekulieren, ob Deutsche Holsteins aufgrund der mit der hohen Milchleistung verbundenen hohen Stoffwechselbelastung eher an stoffwechsel- oder „stressbedingten“ Lahmheiten wie Klauenrehe (Laminitis) laborieren als die anderen Rassen bzw. Kreuzungskühe (Bergsten 2003, van der Spek et al. 2013).

Milchleistung (ML)

Die Rasse hat einen signifikanten Effekt auf die Milchleistung. Dieser Umstand ist nicht verwunderlich. Deutsche Holsteins, welche voll und ganz dem Milchtyp entsprechen und bei denen der Milchleistung in der Zucht eine bedeutende Rolle zukommt, haben eine Milchleistung von 33,3 l/d ($\pm 2,15$). Daneben erreichen Deutsche Fleckviehkühe mittlere bis hohe Leistungen mit 22,8 l/d ($\pm 3,47$) bei größerem Muskel- und Fettansatz als Merkmale der Zweinutzungsrasse. Aufgrund der unterschiedlichen Nutzung von DH und DFV Kühen kommt es zum signifikanten Unterschied bezüglich der Milchleistung beider Rassen sowie zwischen den DFV und XMM. Der Unterschied zwischen DFV und DH wird auch im Jahresbericht des Bundesverband Rind und Schwein e. V. (2019b) sowie in der Studie von Ledinek und Gruber (2015) deutlich. Keinen signifikanten Unterschied in Deutschland gibt es zwischen DH und XMM. Die XMM-Kühe dieser Studie umfassen Kreuzungen aus verschiedenen Milchrassen. Dabei machen Kreuzungen aus DH x DFV mit jeweils unterschiedlichen Anteilen je Rasse lediglich 38,46% der Kreuzungstiere aus. Daher kann der Heterosiseffekt als Grund für das Nichtvorhandensein eines signifikanten Unterschiedes zwischen DH und XMM nur vermutet werden. Dieser bewirkt, dass die Milchleistung der XMM damit näher an der Milchleistung der Deutschen Holsteins liegt. Studien von Brähmig (2011) sprechen von einem Heterosiseffekt bezüglich der korrigierten Milchleistung der F1-Generation von DH x DFV von 2,28% und einer Differenz zum Erwartungswert für die R1-Generation von 1,73%. Zwischen allen deutschen und allen neuseeländischen Rassen gibt es signifikante Unterschiede bezüglich der Milchleistung, was am Effekt des Landes (= durchschnittliches Produktionssystem) liegt (siehe Abschnitt 5.2.1). In

Neuseeland gibt es zwischen neuseeländischen Holstein Friesian ($12,74 \text{ l/d} \pm 2,61$) und Jersey ($9,61 \text{ l/d} \pm 2,70$) einen signifikanten Unterschied. Zwischen Jersey und XMM ($p=0,057$) und Jersey und Kiwi Cross ($p=0,05$) liegen die p-Werte an der Signifikanzgrenze. Jerseys haben zwar eine geringere Milchleistung im Vergleich zu neuseeländischen Holstein Friesian, aber einen höheren Anteil an Milch Inhaltsstoffen, vor allem an Milchfett. Da in Neuseeland das Bezahlsystem für Milch nur auf die Inhaltsstoffe und nicht auf die Menge bezogen wird (siehe Abschnitt 2.1.4), ist die Rasse Jersey eine gern genutzte Rasse und findet vor allem bei den Kreuzungstieren Kiwi Cross zusätzlich Verwendung. Obwohl in Neuseeland (rasseübergreifend) die Milchleistung ebenfalls ökonomisch hoch gewichtet ist (DairyNZ 2019, König et al. 2017), produzieren neuseeländische Holstein Friesians mit $12,7 \text{ l/d}$ weniger als halb so viel Milch wie Deutsche Holsteins. Damit liegen sie in Neuseeland dennoch an der Leistungsspitze, gefolgt von XMM, Kiwi Cross und zuletzt Jersey, wie auch im Jahresbericht des DairyNZ und LIC (2018) erkennbar ist. In Tabelle 39 sind die Daten aus dieser Studie den Daten aus deutschen und neuseeländischen Jahresberichten gegenübergestellt. Dabei wird deutlich, dass die deutschen Kühe im Jahresdurchschnitt - mit Ausnahme von Deutschem Fleckvieh - etwas niedriger liegen als am 204. Laktationstag dieses Modells und die neuseeländischen Kühe im Jahresdurchschnitt eine höhere Milchleistung aufweisen als am 204. Laktationstages dieses Modells. Somit fällt der Unterschied zwischen beiden Ländern im eigenen Untersuchungsmaterial etwas stärker aus als in den Statistiken der Zuchtorganisationen. Dies könnte darin begründet sein, dass wie bereits erwähnt, die Laktationsdauer bei der Auswertung nicht berücksichtigt werden konnte, da diese für die untersuchten Kühe nicht bekannt war. Der 204. Laktationstag ist bei deutschen Kühen das Ende des zweiten bzw. der Anfang des dritten Laktationsdrittels und bei neuseeländischen Kühen die Mitte des dritten Laktationsdrittels, in welchem die Milchleistung sinkt. Weitere Studien müssten folglich darauf ausgelegt sein, dass möglichst vergleichbare Laktationsstadien Berücksichtigung finden.

Aus den Werten der Tabelle 39 kann auch der Heterosiseffekt von Kiwi Cross Rindern bezüglich der Milchleistung berechnet werden. Dieser ist positiv und beträgt für die Jahresdurchschnittsleistung $6,54\%$ (Datengrundlage aus DairyNZ und LIC (2018) und auf der Grundlage eigener Daten dieser Studie $6,76\%$).

Tabelle 39: Milchleistung (ML) im Rassenvergleich in dieser Studie und in der Literatur

Effekt	Klasse	ML [l/d] am 204. Laktationstag	ML [kg] bzw. [l/d] im Jahresdurchschnitt (Bundesverband Rind und Schwein e. V. 2019b, DairyNZ und LIC 2018)
Land x RASSE	D x DFV	22,83 ± 3,47 ^b	24,75
	D x DH	33,34 ± 2,15 ^a	29,19
	D x XMM	31,11 ± 2,92 ^a	26,08
	N x HF	12,74 ± 2,61 ^c	20,32
	N x Jersey	9,61 ± 2,70 ^d	14,52
	N x Kiwi Cross	11,93 ± 2,51 ^{cd}	18,56
	N x XMM	12,32 ± 2,66 ^{cd}	n.v.

Unterschiedliche Superskripts kennzeichnen signifikante

Unterschiede ($p < 0,05$). D=Deutschland; N=Neuseeland; DFV=Deutsches Fleckvieh;

DH=Deutsche Holsteins; HF=Holstein Friesian; Kiwi Cross (HF x Jersey);

XMM=Milchrassenkreuzungstiere; n.v.=nicht vorhanden; ML=Milchleistung

In Neuseeland wird bei der Zucht auf Robustheit der Tiere geachtet, denn sie müssen mit den teils harschen Umweltbedingungen zurechtkommen. Sie müssen mittelrahmig sein, um nicht zu viel Gewicht zu haben, denn ein größeres Gewicht bedeutet mehr Last auf den Klauen beim Gehen über steinige Wege. Dies stellt ein größeres Risiko für Klauenerkrankungen dar. Es wird auf eine gute Fruchtbarkeit und auf eine mittlere Milchleistung, welche durch mehrere Faktoren bedingt ist, Wert gelegt. Das Bezahlsystem, die Fütterung (siehe Abschnitt 2.1.4) und die weiten Strecken von der Weide bis zum Melkstand sind Gründe dafür. Liegt eine hohe Milchleistung bei maximal zweimaligem Melken pro Tag vor, so kann das große Euter auf einer langen Wegstrecke zur physischen Last werden. Zum einen stellt es ein Hindernis beim Gehen dar, was wiederum zu Fehlbelastungen und damit zu einem erhöhten Risiko für Klauenerkrankungen werden kann, zum anderen erhöht sich das Mastitisrisiko durch die starke Bewegung und die mögliche Schädigung des Eutergewebes.

Somatischer Zellscore (SCS)

Die Rasse hat keinen signifikanten Effekt auf den SCS. Lässt man die statistische Signifikanz außer Acht und betrachtet nur die biologische Relevanz, dann zeigen Kiwi Cross Kühe einen züchterisch positiven Heterosiseffekt von 8,6% für den somatischen Zellscore (SCS) – immer im Vergleich zum Durchschnitt aus reinrassigen HF und J (siehe Tabelle 33).

5.2.3 Fixer Effekt „Laktationsnummer“

Rückenfettdicke (RFD), Body-Condition-Score (BCS) und Milchleistung (ML)

Die Laktationsnummer hat einen signifikanten ($p=0,014$) Effekt auf die RFD. Kühe in der ersten ($1,12 \pm 0,08$ cm) und zweiten ($1,30 \pm 0,08$ cm) sowie in der ersten und fünften ($1,26 \pm 0,09$ cm) Laktation zeigen einen signifikanten Unterschied (siehe Tabelle 16 und Abb. 39). Die Laktationsnummer hat jedoch keinen signifikanten Effekt auf den BCS, obwohl der Verlauf (siehe Abb. 40) dem der RFD (siehe Abb. 39) ähnlich ist. Die bessere Körperkondition in der zweiten Laktation im Vergleich zur ersten Laktation könnte mit dem Alter der Kühe bei der ersten Abkalbung zusammenhängen. In dieser Studie waren in Deutschland die Kühe bei Abkalbung im Durchschnitt 26 Monate alt und in Neuseeland 25 Monate alt. Das heißt, dass sie noch nicht ausgewachsen waren. Einen großen Wachstumsschub machen Kühe im Alter von drei bis vier Jahren, also in der Zeit der zweiten Laktation. Ein weiterer Grund für den Anstieg des BCS und der RFD von der ersten zur zweiten Laktation könnte sein, dass die Kühe in der zweiten Laktation weniger Energie für die Milchproduktion benötigen als beispielsweise Kühe in der dritten oder vierten Laktation und daher einen höheren Energieanteil für den Aufbau von Körperfettreserven nutzen können. Mit dem Anstieg der Milchleistung nimmt die RFD und der BCS bis zur vierten Laktation ab und steigt dann wieder minimal an. Der erneute Anstieg lässt sich mit dem Rückgang der Milchleistung erklären (siehe Abb. 41, Abb. 39 und Abb. 40).

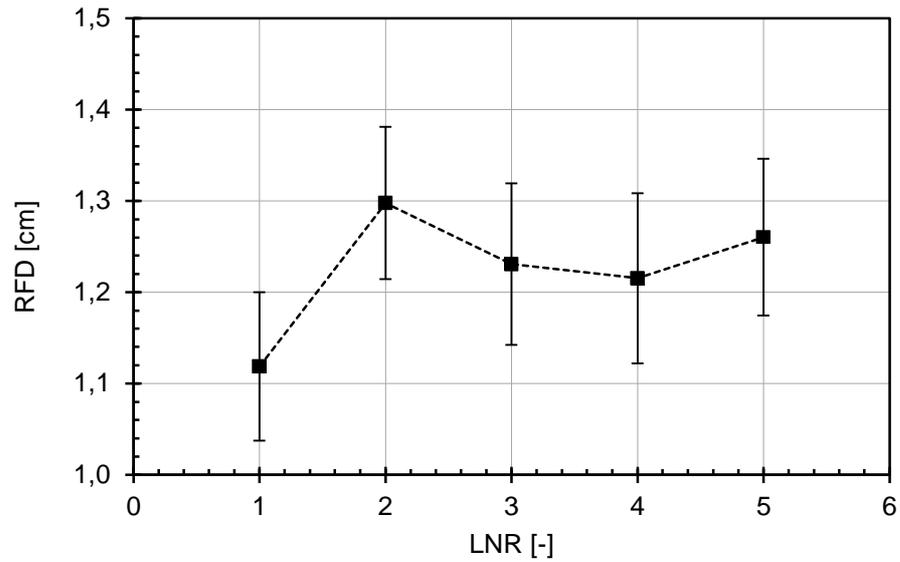


Abb. 39: Effekt der Laktationsnummer (LNR) auf die Rückenfettdicke (RFD) (LMS \pm SEE) – Modell D x N (siehe Tabelle 16, Abschnitt 4.1.1.4)

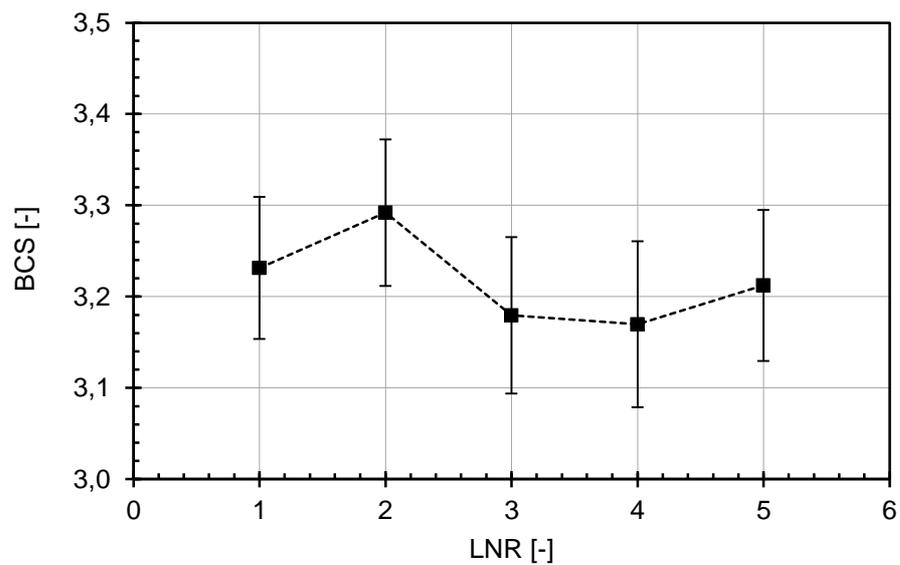


Abb. 40: Effekt der Laktationsnummer (LNR) auf den Body-Condition-Score (BCS) (LMS \pm SEE) – Modell D x N (siehe Tabelle 21, Abschnitt 4.1.2.4)

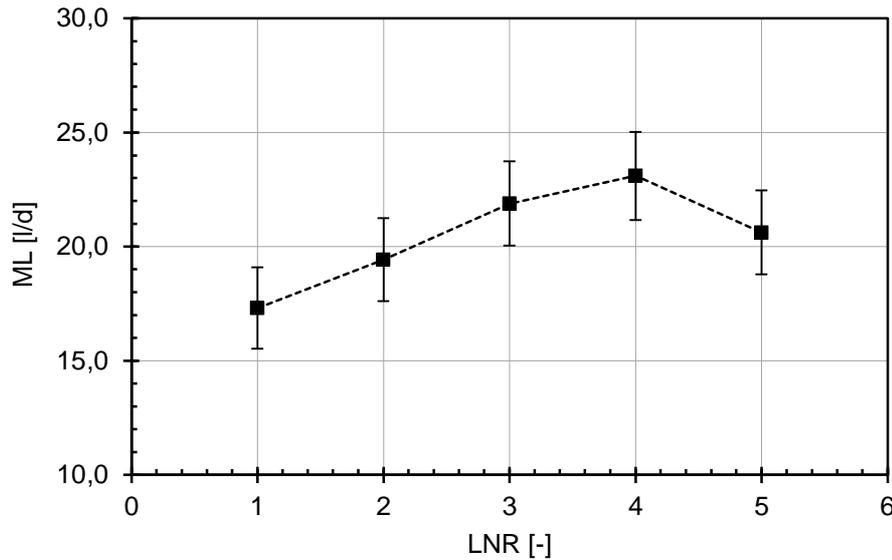


Abb. 41: Effekt der Laktationsnummer (LNR) auf die Milchleistung (ML) ($LMS \pm SEE$) – Modell D x N (siehe Tabelle 30, Abschnitt 4.1.4.4)

Lahmheitsscore (LHS)

Die Laktationsnummer hat einen signifikanten Effekt ($p \leq 0,0001$) auf den LHS (siehe Tabelle 22). Lediglich zwischen der ersten und zweiten, zweiten und dritten sowie zwischen der vierten und größer gleich fünften Laktation gibt es keinen signifikanten Unterschied. In Übereinstimmung mit Wiedenhöft (2005) und Degen Aguayo Aparicio (2016) nehmen auch in der vorliegenden Studie Lahmheiten mit steigender Laktationsnummer zu (siehe Abb. 24). Pijl und Swalve (2006) stellen fest, dass fast alle Klauenerkrankungen im Zusammenhang mit dem Alter und der Laktationsnummer stehen. Dabei ist die Wahrscheinlichkeit an einer Klauenrehe, einem Weiße-Linie-Defekt sowie einem Sohlengeschwür zu erkranken mit steigender Laktationsnummer höher. Umgekehrt verhält es sich mit der Dermatitis Digitalis und der Klauenbeinrotation. Diese weisen bei steigender Laktationsnummer geringere Inzidenzraten auf. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch Oberbauer et al. (2013) und Barker et al. (2009).

Besonderheiten in Neuseeland

Bei der Auswertung der Daten aus den Modellen der einzelnen Länder fiel eine Besonderheit bezüglich LHS in Verbindung mit RFD und BCS in den verschiedenen Laktationen in Neuseeland auf.

Im Modell N haben Kühe aus der ersten, zweiten, dritten und vierten Laktation einen signifikant niedrigeren LHS als Kühe aus der größer gleich fünften Laktation (siehe Anhang Tabelle 55). Auffallend ist, dass in Neuseeland im Vergleich zu Deutschland Kühe aus der dritten Laktation bei gleichzeitig niedrigeren BCS- und RFD-Werten einen höheren (schlechteren) LHS aufweisen als Kühe aus der zweiten und vierten Laktation (siehe Abb. 42, Abb. 43 und Abb. 44). Dieser Umstand ist nicht mit der Milchleistung zu erklären, da diese von der ersten bis zur größer gleich fünften Laktation ansteigt (siehe Abb. 45). Dass es einen Zusammenhang zwischen geringen BCS bzw. RFD und dem Auftreten von Lahmheiten gibt, stellt auch Green et al. (2014) dar. Damit lässt sich zwar der Zusammenhang zwischen dem niedrigen BCS und RFD und damit der hohen LHS der Kühe aus der dritten Laktation erklären, jedoch nicht, wieso diese überhaupt einen geringen BCS und RFD aufweisen. Zum Zeitpunkt der Betriebsbesuche hatten Kühe aus der dritten Laktation dieselben Voraussetzungen wie Kühe aus der zweiten oder vierten Laktation. Nachdem ausgeschlossen ist, dass alle Kühe aus einem Betrieb stammen, kann auch der Effekt des Betriebes als gering erachtet werden. Die Auffälligkeit schlechter Konditionsmerkmale sowie schlechteren (höheren) Lahmheitsscores der Kühe aus der dritten Laktation führt zur Annahme, dass über Betriebe hinweg diese Kühe etwas gemeinsam haben müssen. Die Erklärung findet sich möglicherweise in den Klimadaten (NIWA National Climate Center 2013). Die Kühe, welche 2017 in der dritten Laktation waren, wurden im August 2012, geboren. In dieser Zeit liegt in Neuseeland Winterzeit vor. Wie schon erwähnt, wird den Färsen/ Kalbinnen meistens wenig bis nichts zugefüttert und sie werden manchmal auch zur Aufzucht auf eine andere Farm gebracht. Unabhängig vom Aufzuchtort bleiben die besten Weiden und das beste Futter den laktierenden Kühen vorbehalten. Im neuseeländischen Sommer 2012/13 war in Neuseeland, vor allem im Gebiet südlich von Hamilton, ein sehr trockener Sommer mit extrem hohen Temperaturen und überdurchschnittlich vielen Sonnenstunden sowie nur halb so viel Niederschlag wie in einem „normalen“ Sommer. Solche Extremtemperaturen bedeuten für Farmer, dass sie für die laktierenden Kühe Futter zukaufen müssen. Die Vermutung liegt nahe, dass nicht genug Futter für die ausreichende Versorgung des Jungviehs zur Verfügung stand. Diese These wird durch die Berichte der Landwirte unterstützt. Dies zeigt die deutlichen Folgen

einer nachlässigen Färsen- bzw. Kalbinnenaufzucht. Interessant wäre in diesem Zusammenhang eine weitere Untersuchung, Auswertung und Vergleich der Kühe aus dieser Gruppe von Tieren, die 2012 geboren wurden. Wie viele von diesen Tieren sind bei den einzelnen Betrieben noch auf dem Betrieb und wie sieht es mit den Kühen aus vorherigen und nachfolgenden Jahrgängen im Vergleich aus? Wenn möglich, wäre eine weitere Untersuchung der in dieser Studie angewandten Parameter nötig, um den Verlauf dieses Jahrganges zu beobachten. Dies könnte in einer weiteren Studie durchgeführt werden.

Dass ältere Kühe insgesamt ein höheres Risiko als jüngere Kühe haben, an Klauenerkrankungen zu erkranken, zeigen die Ergebnisse aus Abb. 42. Im Modell D haben Kühe aus der ersten, zweiten und dritten Laktation jeweils einen signifikant niedrigeren LHS als Kühe aus der vierten und größer gleich fünften Laktation.

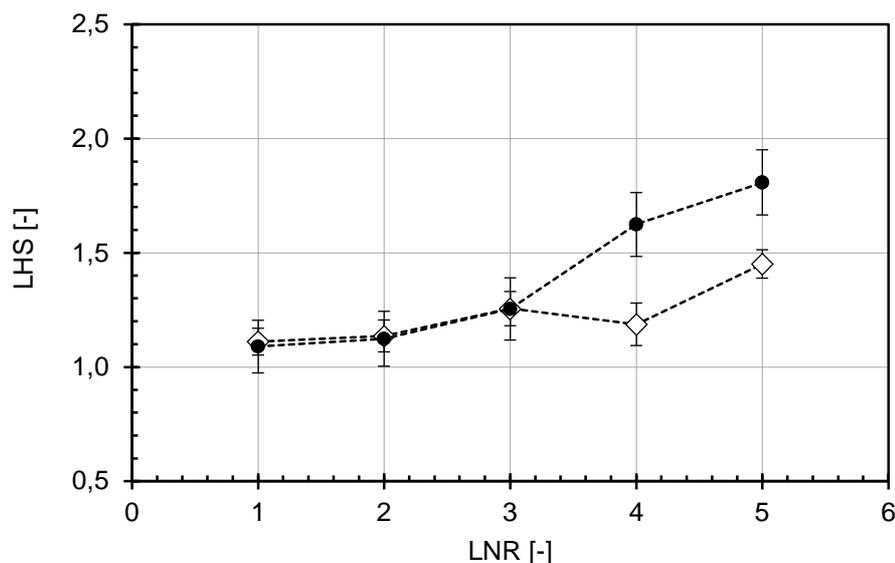


Abb. 42: Effekt der Laktationsnummer (LNR) auf den Lahmheitsscore (LHS) in Deutschland (●) und Neuseeland (◇) (LMS ± SEE)
– Modell D und Modell N (siehe Anhang)

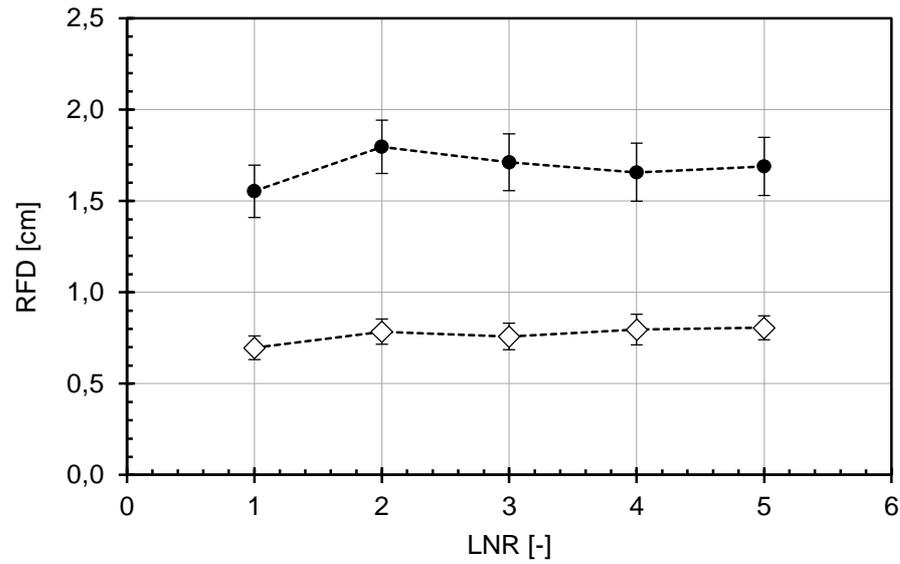


Abb. 43: Effekt der Laktationsnummer (LNR) auf die Rückenfettdicke (RFD) in Deutschland (●) und Neuseeland (◇) (LMS ± SEE)
– Modell D und Modell N (siehe Anhang)

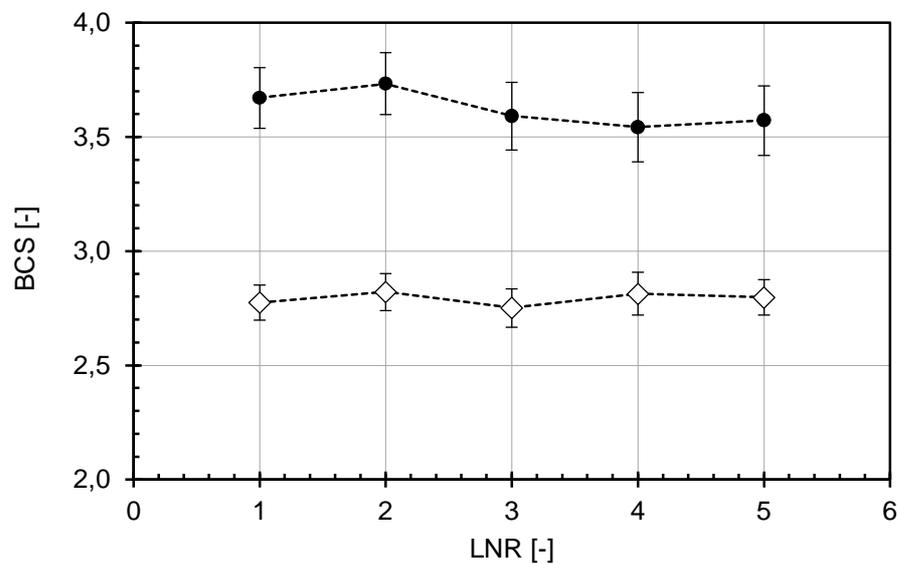


Abb. 44: Effekt der Laktationsnummer (LNR) auf den Body-Condition-Score (BCS) in Deutschland (●) und Neuseeland (◇) (LMS ± SEE)
– Modell D und Modell N (siehe Anhang)

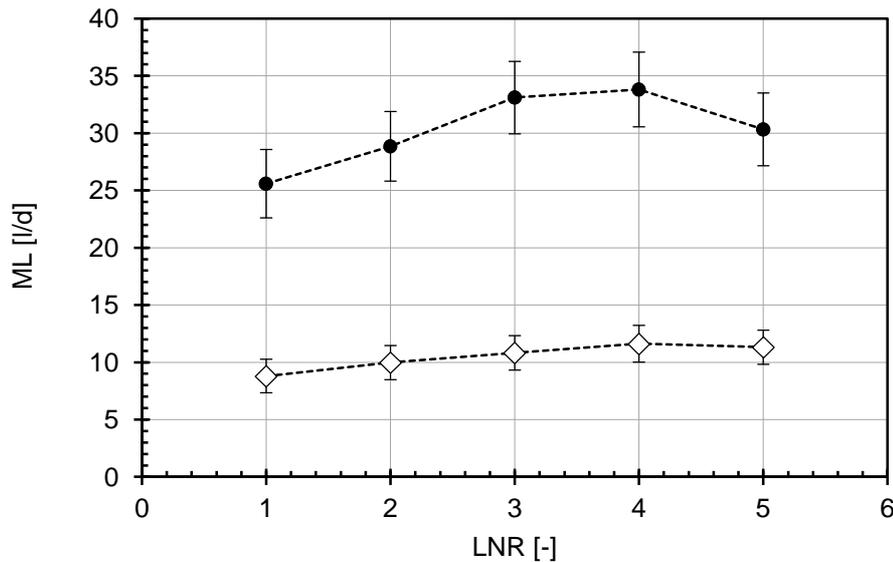


Abb. 45: Effekt der Laktationsnummer (LNR) auf die Milchleistung (ML) in Deutschland (●) und Neuseeland (◇) (LMS ± SEE) – Modell D und Modell N (siehe Anhang)

Somatischer Zellscore (SCS)

Die Laktationsnummer hat einen signifikanten Effekt auf den SCS ($p < 0,0001$). Bei steigender Laktationsnummer steigt auch der SCS (siehe Abb. 25). Dies kann man damit erklären, dass die Krankheitsanfälligkeit des Eutergewebes mit höherer Laktationsnummer zunimmt (Alhussien und Dang 2018, Krehl 2009).

5.2.4 Fixer Effekt „Melkfrequenz“

Rückenfettdicke (RFD), Body-Condition-Score (BCS) und Milchleistung (ML)

Die MF hat einen signifikanten Effekt ($p = 0,023$) auf die RFD (siehe Tabelle 12) und die ML ($p < 0,0001$) (siehe Tabelle 26) jedoch nicht auf den BCS ($p = 0,137$) (siehe Tabelle 17).

Bei der RFD und dem BCS gibt es zwischen zweimaligem und dreimaligem Melken in Deutschland keinen signifikanten Unterschied. Der Grund dafür könnte die Fütterung von energiereichem Futter, die kurzen Wege zum Melken und die relative Unabhängigkeit von Umwelteinflüssen sein, welche das Erreichen einer Leistungssteigerung auch ohne signifikante Körpermasseneinbußen ermöglichen. Die ML deutscher Kühe, die zweimal gemolken werden, ist in Übereinstimmung mit Boujenane (2019) signifikant niedriger als von deutschen

Kühen, die dreimal am Tag gemolken werden. Bereits Scholz et al. (2001) verzeichneten bei Fleckviehkühen nach der Umstellung von konventionellem Melken im Tandemmelkstand zu „Roboter melken“ im Lely „Astronaut“, dass der häufigere Gang zum Melkroboter und die damit verbundene höhere Melkfrequenz einen Anstieg der Milchleistung zur Folge hatte. Die Zunahme der Milchleistung bei häufigerem Melken kann zum einen darin begründet sein, dass durch das Melken der Druck im Euter verringert wird und damit die Milchsynthese stimuliert wird, zum anderen wird durch den Milchentzug verhindert, dass sich der sogenannte Feedback Inhibitor of Lactation (FLI) ansammelt und zu einer Hemmung der Milchsynthese und -sekretion führt (Märtlbauer und Becker 2016).

In Neuseeland haben Kühe, die einmal pro Tag gemolken werden, eine signifikant höhere RFD als Kühe, die zweimal am Tag gemolken werden. Der p-Wert für den Unterschied bezüglich des BCS liegt an der Signifikanzgrenze ($p=0,055$). Die bessere Körperkondition von Kühen, die einmal am Tag gemolken werden im Vergleich zu den zweimal gemolkenen Kühen, hängt damit zusammen, dass es für Kühe einen teilweise enormen Zeit- und Kraftaufwand bedeutet, gemolken zu werden. Je nachdem, wie weit die aktuelle Weide der Kühe vom Melkstand entfernt ist, müssen weite Wegstrecken zum Melkstand zurückgelegt werden. Während dieser Zeit und auch während des Wartens im Wartehof vor dem Melkstand können die Kühe weder fressen, noch trinken oder liegen und wiederkauen. Wird eine Kuh nur einmal gemolken, hat sie mehr Zeit zum Fressen, Liegen und Wiederkauen und dadurch mehr Energie zur Verfügung. Ein weiterer Grund für die bessere Körperkondition bei einmaligem Melken ist die signifikant niedrigere Milchleistung von Kühen, die einmal gemolken werden (9,66 l/d) gegenüber Kühen, die zweimal gemolken werden (13,64 l/d). Weniger Energie muss für die Milchproduktion verwendet werden und somit hat die Kuh diese zur Verfügung, um Körperfettreserven aufzubauen.

Dass die Milchleistung in Neuseeland bei einmaligem Melken signifikant niedriger ist als bei zweimaligem Melken liegt mitunter daran, dass viele Betriebe in Neuseeland Kühe kurz vor dem Trockenstellen nur noch einmal melken. Fallen die Kühe unter eine vom Farmer festgelegte Milchleistung, kommen sie in die Gruppe der einmal Gemolkenen. In dieser Studie war nur ein Betrieb vertreten, der während der gesamten Laktation das einmalige Melken pro Tag durchführt.

Aus Erfahrungsberichten von Landwirten geht hervor, dass Betriebe, die während der gesamten Laktation einmal pro Tag melken, nahezu eine identische Milchleistung bei besserer Körperkondition, erreichen. Dies ist darin begründet, dass zum einen mehr Zeit für Fressen, Liegen und Wiederkauen verwendet werden kann und zum anderen Energie durch das Halbieren der Wegstrecke eingespart wird. Dies müsste in weiteren Studien untersucht werden, indem eine größere Anzahl von „once-a-day-milking“-Betrieben einbezogen wird. Zudem müsste unterschieden werden, ob das einmalige Melken aufgrund der sinkenden Milchleistung vor dem Trockenstellen durchgeführt oder ob der gesamte Bestand durchgehend einmal pro Tag gemolken wird, um eine Verzerrung der Stichprobe zu vermeiden.

Lahmheitsscore (LHS)

Die Melkfrequenz hat keinen signifikanten Effekt auf den Lahmheitsscore. In Neuseeland wäre zu erwarten, dass Kühe, die zweimal gemolken werden, einen signifikant höheren LHS aufweisen als Kühe, die einmal gemolken werden, da Lahmheiten in Neuseeland häufig nicht infektiöser Art sind und unter anderem durch die Bodenbeschaffenheit der Wege und Wartehöfe, welche bei mehrmaligem Melken häufiger benutzt werden, begründet sind (Stelwagen et al. 2013). Dies konnte jedoch mit den Ergebnissen dieser Studie nicht belegt werden und müsste in einer Folgestudie weiter untersucht werden. In Deutschland sind die Ursachen für Lahmheiten sowohl infektiös als auch nicht-infektiös, z. B. aufgrund des Haltungssystems oder der Fütterung (Dirksen et al. 2006, Haidn 2010, Müller 2011). Daher ist es nicht verwunderlich, dass die Melkfrequenz keinen signifikanten Effekt auf den LHS hat.

Somatischer Zellscore (SCS)

Die Melkfrequenz hat einen signifikanten Effekt auf den SCS ($p < 0,0001$) (siehe Tabelle 31). In Deutschland besteht kein signifikanter Unterschied zwischen zweimaligem und dreimaligem Melken. In Neuseeland besteht ein signifikanter ($p \leq 0,0001$) Unterschied zwischen einmaligem und zweimaligem Melken. Kühe, die zweimal am Tag gemolken werden, haben einen signifikant niedrigeren SCS als Kühe, die einmal am Tag gemolken werden (siehe Tabelle 34). Zu denselben Ergebnissen kommen Stelwagen et al. (2013).

Die höheren somatischen Zellzahlen der einmal gemolkenen Kühe resultieren möglicherweise daraus, dass sich die Mehrheit der Kühe, die einmal gemolken werden ($n=66 \leftrightarrow n=38$) in der once-a-day Gruppe befinden, in welche sie aufgrund des Leistungsrückgangs am Ende der Laktation eingeordnet wurden. Eine Kuh hat am Ende ihrer Laktation physiologisch eine größere Anzahl an somatischen Zellen in der Milch. Ein weiterer möglicher Grund könnte die Umstellung von zweimal auf einmal Melken sein, welche zu Beginn der Umstellung häufig ein „Milchlaufenlassen“ durch den erhöhten Druck induziert, wodurch der Zitzenkanal offen für das Eindringen von Keimen ist (Rémond et al. 2002).

Den Einfluss der Melkfrequenz auf die somatischen Zellzahlen untersucht Stelwagen und Lacy-Hulbert (1996). Dieser beschreibt, dass bei einmaligem Melken die Anzahl der somatischen Zellen in der Milch signifikant höher ist als bei mehrmaligem Melken. Die sekretorischen Zellen in der Milch sind dabei aber nicht beschädigt.

Zwischen den Ländern besteht der einzige signifikante Unterschied im SCS zwischen dreimaligem Melken in Deutschland ($2,77 \pm 0,36$) und einmaligem Melken in Neuseeland ($4,02 \pm 0,32$).

5.2.5 Kovariable „Laktationstag x Laktationstag“

Rückenfettdicke (RFD), Body-Condition-Score (BCS) und Milchleistung (ML)

Der Laktationstag hat im Modell D x N sowie im Modell D (siehe Anhang Tabelle 40 und Tabelle 41) einen signifikanten Effekt auf die RFD und den BCS. Im Modell N jedoch gibt es keinen signifikanten Effekt des Laktationstages auf die RFD oder den BCS. Dieser Unterschied lässt sich dadurch erklären, dass in Neuseeland die Milchleistung innerhalb einer Laktation eine geringere Schwankungsbreite hat als in Deutschland. Der Laktationstag hat deshalb im Modell D x N und im Modell D einen signifikanten Effekt auf die Milchleistung. In Deutschland müssen die Kühe innerhalb von durchschnittlich 320 Tagen von 0 auf bis zu 71,9 Litern/Tag (Maximalwert dieser Studie) und zum Trockenstellen wieder auf 0 l/d zurück. Je mehr Milch produziert wird, desto mehr Energie wird dafür benötigt und desto mehr Körperfettreserven werden dafür eingespeist (siehe Abb. 5 und Abb. 6). Nach Erreichen der höchsten Leistung während der

ersten 100 Laktationstage nimmt die Milchleistung wieder ab und der BCS bzw. die RFD nehmen wieder zu (siehe Abb. 46, Abb. 47, Abb. 48 und Abb. 49).

In Neuseeland steigen die Milchleistungen auf einen maximalen Wert von 25,4 l/d (Daten dieser Studie siehe Abb. 47) an. Dies liegt zum einen an der geringeren Schwankungsbreite der Milchleistung in Neuseeland, zum anderen liegt es daran, dass bei den in Neuseeland untersuchten Kühen die Laktationstage hauptsächlich zwischen dem 170. und 270. Tag lagen, während in Deutschland fast alle verschiedenen Laktationstage vorkamen (siehe z. B. Abb. 47). So ist auch zu erklären, dass der Laktationstag im Modell N keinen signifikanten Effekt auf die Milchleistung hat. Eine weitere mögliche Erklärung ist im Haltungssystem zu finden. Da die Tiere ganzjährig auf der Weide gehalten werden, spielen Umwelteinflüsse eine große Rolle während der Laktation. So haben diese mehr Bedeutung und Einfluss auf den BCS und die RFD und auch auf die Milchleistung als der Laktationstag. Zum einen beeinflussen die Wetterbedingungen das Tier direkt, indem z. B. starker Regen und Kälte das Immunsystem schwächen und Körperfettreserven zum Aufrechterhalten der Körperinnentemperatur benötigt werden. Zum anderen bringt große Hitze die Tiere in einen Hitzestress. Aber auch indirekt beeinflussen die Wetterbedingungen die Tiere, da zu viel Regen für feuchte Weiden sorgt, welche durch das Betreten der Kühe in Kürze einem Acker gleichen. Zu viel Sonne führt zum Vertrocknen der Weiden und damit dem Hauptfuttermittel der Kühe.

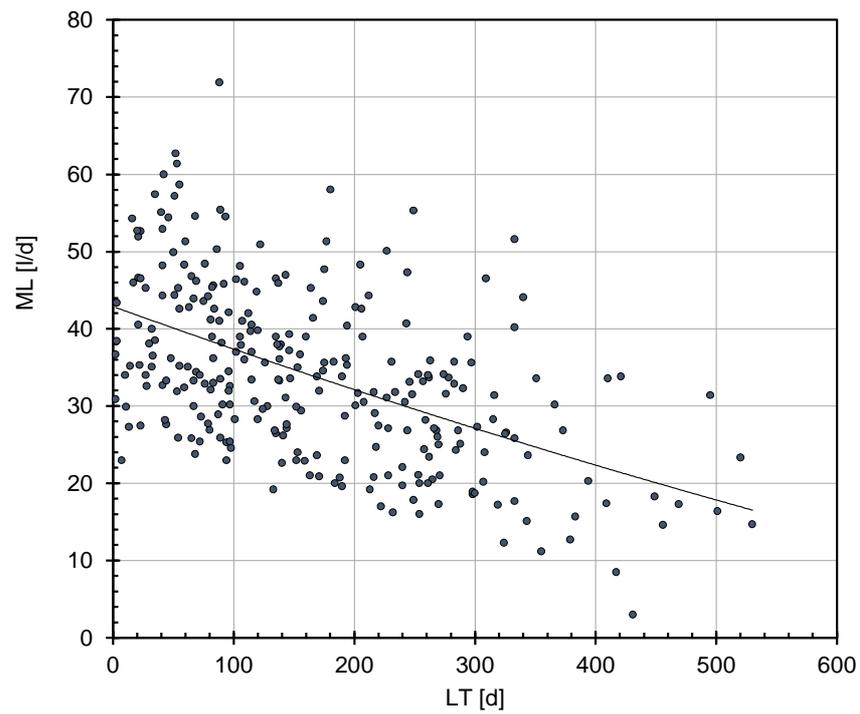


Abb. 46: Verlauf der Milchleistung (ML) in Abhängigkeit vom Laktationstag (LT) in Deutschland (•)
($y = 1E-05x^2 - 0,0565x + 42,906$; $R^2 = 0,2793$; RMSE= 9,48 l/d)

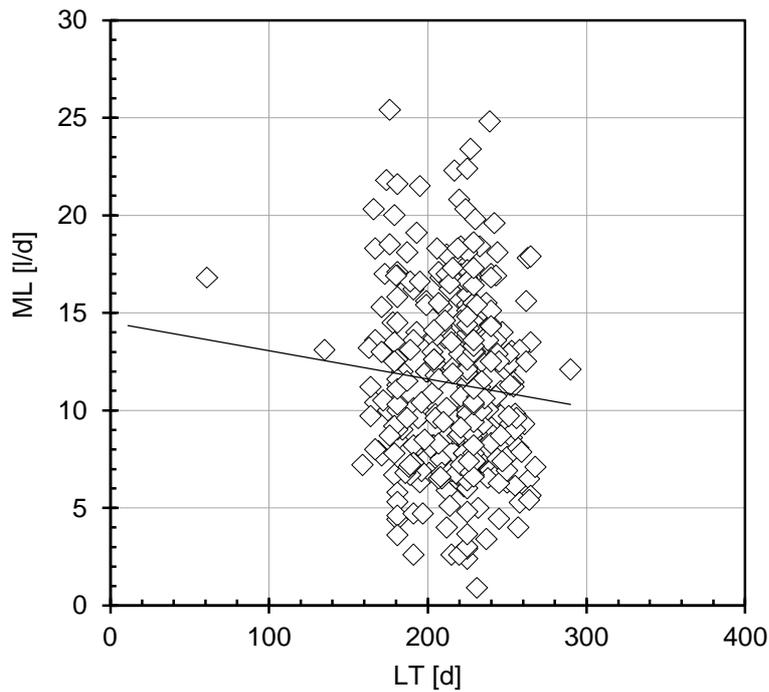


Abb. 47: Verlauf der Milchleistung (ML) in Abhängigkeit vom Laktationstag (LT) in Neuseeland (\diamond)
($y = -0,0145x + 14,513$; $R^2 = 0,0074$; $RMSE = 4,48$ l/d)

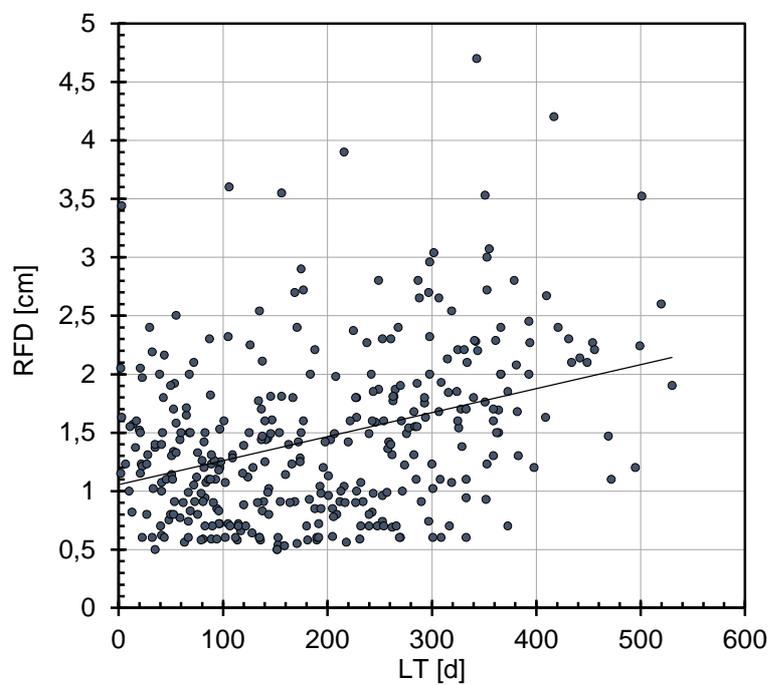


Abb. 48: Verlauf der Rückenfettdicke (RFD) in Abhängigkeit vom Laktationstag (LT) in Deutschland (\bullet)
($y = 0,002x + 1,0584$; $R^2 = 0,1264$; $RMSE = 0,66$ cm)

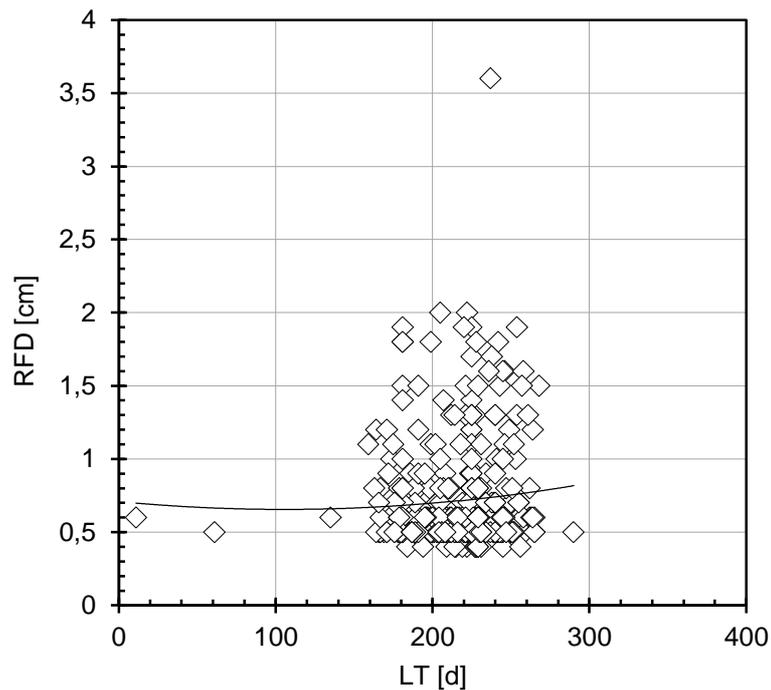


Abb. 49: Verlauf der Rückenfettdicke (RFD) in Abhängigkeit vom Laktationstag (LT) in Neuseeland (◇)
 $(y = 5E-06x^2 - 0,001x + 0,7082; R^2 = 0,0048; RMSE = 0,37 \text{ cm})$

Lahmheitsscore (LHS)

Der Laktationstag hat keinen signifikanten Effekt auf den Lahmheitsscore.

Somatischer Zellscore (SCS)

Im Modell D x N (siehe Tabelle 31) und im Modell D (siehe Tabelle 45 im Anhang) hat der Laktationstag einen signifikanten Effekt auf den SCS. Im Modell N hat der Laktationstag keinen signifikanten Effekt auf den SCS (siehe Abb. 50 / Tabelle 53 im Anhang). Dies könnte damit zusammenhängen, dass in Neuseeland die Eutergesundheit stark wetterabhängig und nicht abhängig vom Laktationszeitpunkt ist. Wie schon erwähnt, kann dies jedoch auch der Tatsache geschuldet sein, dass sich die untersuchten Kühe in Neuseeland hauptsächlich zwischen dem 170. – 270. Laktationstag befanden. In Deutschland hingegen haben Kühe später in der Laktation tendenziell einen höheren SCS (siehe Abb. 51). In der Literatur gibt es hierzu unterschiedliche Ergebnisse. So treten bei Diez (2014) die meisten Mastitiden im ersten Laktationsdrittel auf, bei Hagnestam-Nielsen et al. (2009) gibt es jedoch keine Größenveränderungen des SCS während der gesamten Laktation.

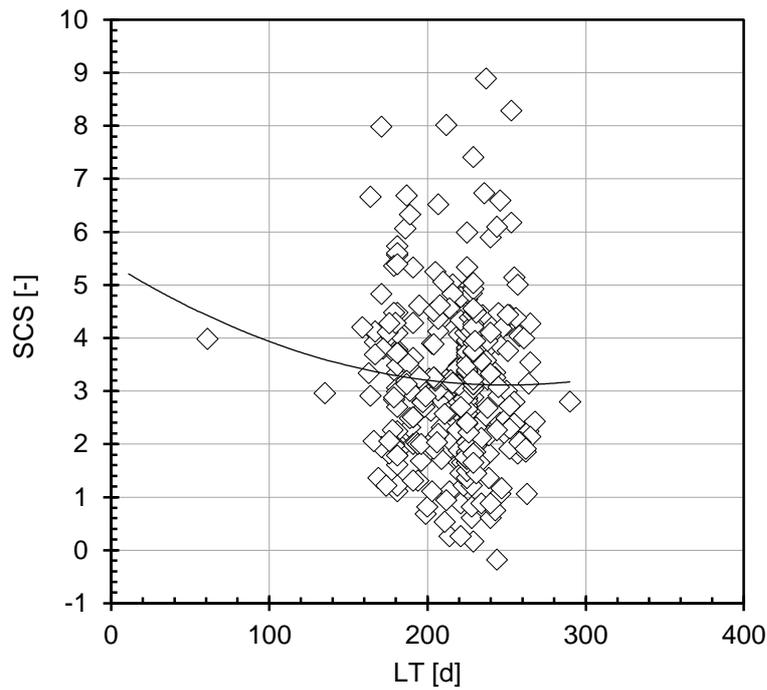


Abb. 50: Verlauf des somatischen Zellscores (SCS) in Abhängigkeit vom Laktationstag (LT) in Neuseeland (\diamond)
($y = 4E-05x^2 - 0,0184x + 5,4051$; $R^2 = 0,0048$; $RMSE = 1,47$)

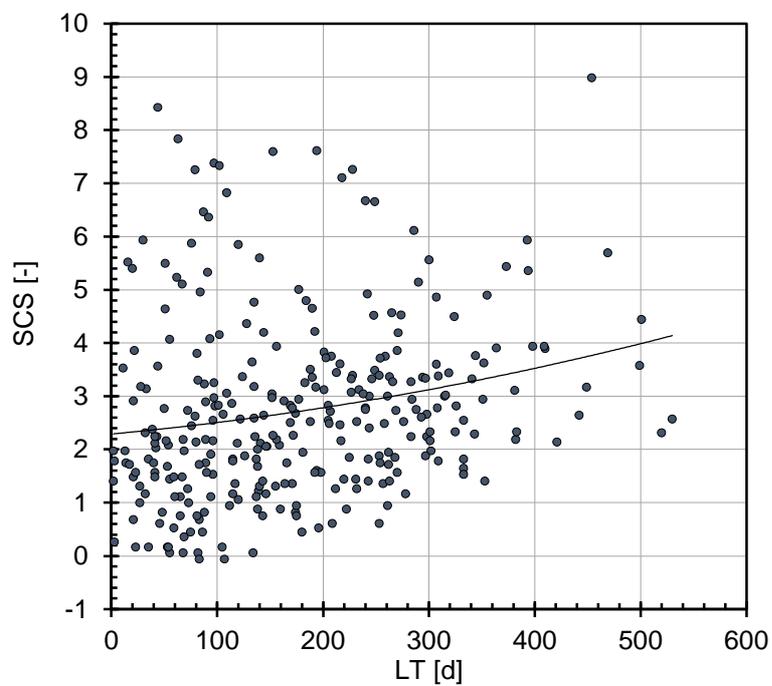


Abb. 51: Verlauf des somatischen Zellscores (SCS) in Abhängigkeit vom Laktationstag (LT) in Deutschland (\bullet)
($y = 3E-06x^2 + 0,0017x + 2,3137$; $R^2 = 0,0445$; $RMSE = 1,66$)

5.2.6 Beziehungen zwischen den Parametern

Body-Condition-Score (BCS) und Rückenfettdicke (RFD)

Die enge Beziehung zwischen RFD und BCS, welche in Abb. 26 dargestellt ist, validiert die Angaben aus der Literatur, dass der Messpunkt nach Staufenbiel die gesamte Körperkondition der Kuh widerspiegelt (Domecq et al. 1995, Schröder und Staufenbiel 2006). Es validiert ebenfalls das 5-Punkte-Scoringsystem nach Edmonson et al. (1989), welches für diese Studie gewählt wurde (siehe Abschnitt 2.1.2.4 und 3.2.3).

Body-Condition-Score (BCS) und Milchleistung (ML)

In Abb. 27, Abb. 28 und Abb. 29 ist die Beziehung zwischen BCS und ML dargestellt. Insbesondere die Abb. 27 zeigt ein anderes Bild als Abb. 28 bzw. Abb. 29. Aus Abb. 27 könnte zunächst abgeleitet werden, dass mit steigendem BCS auch die ML zunimmt. Bei getrennter Betrachtung der beiden Länder (Abb. 28 und Abb. 29) wird jedoch deutlich, dass mit steigender ML der BCS tendenziell sinkt. Zu diesen Ergebnissen kommen auch Loker et al. (2012), Veerkamp und Brotherstone (1997), Green et al. (2014) und (Mushtaq et al. 2012).

Generell bleibt festzuhalten, dass Kühe in einem Produktionssystem mit einem relativ hohen BCS (hier D) mehr Milch geben als Kühe in einem Produktionssystem mit einem relativ niedrigen BCS (hier N) (siehe Tabelle 11), aber dass innerhalb der Produktionssysteme die Kühe mit einem niedrigeren BCS eher die Kühe mit einer höheren ML sind (Abb. 28 und Abb. 29).

Lahmheitsscore (LHS) und Milchleistung (ML)

Die Abb. 33 zeigt die Beziehung zwischen ML und LHS. Es scheint eine geringe positive Beziehung vorzuliegen. Die positive Steigung könnte zum einen mit den höheren Anforderungen des Organismus an den Stoffwechsel zusammenhängen, was zur Folge haben könnte, dass Klauenerkrankungen entstehen (Dirksen et al. 2006) und zum anderen mit der Tatsache, dass der LHS in Deutschland etwas höher war als in Neuseeland und in Deutschland die Milchleistung signifikant höher ist als in Neuseeland.

Somatischer Zellscore (SCS) und Milchleistung (ML)

In Abb. 34 hat die Regressionsgerade eine negative Steigung, was bedeutet, dass Kühe mit einer höheren ML auch einen niedrigeren SCS aufweisen. Bedingt durch die Korrelation von MF und ML liegt die Erklärung, wie auch bei der Beziehung von MF und SCS, höchstwahrscheinlich entweder an der Verdünnung (Green et al. 2006) der Milch, was jedoch von Boland et al. (2013) widerlegt wird, oder dem mit steigender ML einhergehenden positiven Einfluss von häufigerem Melken auf den SCS (Stelwagen und Lacy-Hulbert 1996).

Somatischer Zellscore (SCS) und Body-Condition-Score (BCS)

In Abb. 36 wird deutlich, dass der somatische Zellscore keinen direkten Zusammenhang mit dem Body-Condition-Score aufweist. Jedoch liegt die Tendenz vor, bei höherem BCS einen höheren SCS zu erreichen. Zu diesem Resultat kommen auch Berry et al. (2007).

Body-Condition-Score (BCS) und Lahmheitsscore (LHS)

In Abb. 35 hat die Regressionsgerade eine negative Steigung, was bedeutet, dass Kühe mit einem hohen BCS tendenziell einen geringeren LHS zeigen, als Kühe mit einem niedrigeren BCS. Das wurde auch bei Green et al. (2014) belegt. Dabei wird festgestellt, dass Kühe mit einem BCS von 2,0 während einer 305-Tage-Laktation insgesamt 100 kg Milch mehr produzieren als Kühe mit einem BCS von 2,5. Die Kühe mit einem BCS von 2 haben laut Green et al. (2014) ein höheres Risiko, an einer Klauenerkrankung zu erkranken. Dabei bedingt vor allem ein zu geringes Fettpolster (vorliegend bei niedrigem BCS) an den Klauen, dass das Horn anfälliger wird für nicht infektiöse Klauenerkrankungen. Dies betrifft vermutlich vor allem neuseeländische Milchkühe. Näheres dazu ist in Abschnitt 2.3.1.4 zu lesen. Es kann jedoch auch sein, dass die Lahmheit den geringen BCS nach sich zieht. So stehen Kühe, die Schmerzen beim Aufstehen und Gehen haben, ungern von der Liegebox auf und treten den schmerzhaften Gang zum Futtertisch an. Dies wird vermutlich in Deutschland eher eine Rolle spielen.

Aufgrund der hohen Kosten von Klauenbehandlungen (Cha et al. 2010) und des geringen Unterschieds bezüglich der Milchleistung wird in der Studie von Green et al. (2014) empfohlen, die Kühe nicht unter einen BCS von 2,5 sinken zu lassen, um das Tierwohl und den wirtschaftlichen Nutzen zu steigern.

5.2.7 Vorteile und Nachteile beider Systeme sowie Verbesserungsvorschläge

Im folgenden Abschnitt werden aus den Ergebnissen und Beobachtungen Vorteile und Nachteile der Haltungssysteme in Deutschland und Neuseeland sowie mögliche Verbesserungsvorschläge aufgezeigt.

Um den Milchkühen in Neuseeland einen Schutz vor extremen Wetterbedingungen wie Hitze oder lang andauernder starker Regen geben zu können, ist eine Möglichkeit den Ausfutterplatz der Milchkühe zu überdachen (siehe Abb. 52). Dieser bietet vor oder nach dem Melken, je nach Betriebsmanagement, zeitweise Unterstand, welcher je nach Witterung verlängert werden kann. Ein möglicher Vorteil wäre die wahrscheinlich daraus resultierende bessere Körperkondition, welche wiederum das Krankheitsrisiko senken und das Leistungsniveau steigern kann. Ein überdachter Abkalbebereich, welcher in der Halle in Abb. 52 ebenfalls vorgesehen war, kann der Kuh und ihrem Neugeborenen ebenfalls zum Schutz vor schlechten Witterungsbedingungen dienen.



Abb. 52: Beispiel des Baus eines überdachten Ausfutterplatzes und Abkalbebereiches

Um den Milchkühen in Deutschland vermehrt Umweltreize zu bieten, kann den trockenstehenden Kühen bei ausreichender Verfügbarkeit von Weideflächen Weidegang ermöglicht werden. Stehen nicht ausreichend Weideflächen zur Verfügung, können (bzw. sollten) die Stallungen um Laufhöfe erweitert werden. Laufhöfe können zudem auch für die laktierenden Milchkühe eingesetzt werden. In der vorliegenden Studie waren zwei deutsche Betriebe mit solchen Laufhöfen

ausgestattet, die häufig Benutzung fanden. Kann eine Weidehaltung der trockenstehenden Milchkühe realisiert werden, so hat diese auch den Vorteil, dass sich die Klauen regenerieren können. Zudem ist das Risiko der Ansteckung mit Mastitisekeimen in der Trockenstehperiode auf der Weide geringer als auf einem Spaltenboden (Krömker et al. 2018). In Neuseeland könnte durch die Vorreinigung der Zitzen eine verbesserte Eutergesundheit erreicht werden. Außerdem ist durch die Befestigung der Wege, soweit dies möglich ist, eine Verbesserung der Eutergesundheit wahrscheinlich. Da der Bodenbelag auch bei der Vorbeugung der Lahmheiten eine Rolle spielt, sollte finanzieller Aufwand nicht gescheut werden, da bei entsprechendem Bodenbelag die Lahmheitsvorkommen reduziert und damit die Kosten, die durch Lahmheiten entstehen, verringert werden können. In Deutschland könnte durch eine Fokussierung auf einen höheren Gehalt an Inhaltsstoffen, unter Verzicht der immer weiteren Maximierung der Milchleistung, die mit peripartalen Krankheiten assoziiert sind (DGfZ-Projektgruppe „Ökonomie und Tiergesundheit“ 2013), vorgegriffen werden. In der Stellungnahme der DGfZ-Projektgruppe wird beschrieben, dass die im peripartalen Zeitraum auftretenden Erkrankungen mit der verstärkten Ausprägung der negativen Energiebilanz (NEB) korrelieren, welche vor allem bei Hochleistungsmilchkühen vorkommt. Außerdem sollte bei der Rationsgestaltung immer auf eine ausgewogene und leistungsangepasste Fütterung und auf gleichmäßige Herden bezüglich Größe und Leistung geachtet werden. Ist dies nicht realisierbar, so sollten Tiere unterschiedlicher Laktationsstadien und Leistungen individuell gefüttert werden, entweder über die Einteilung in verschiedene Gruppen, oder über Futterautomaten. Außerdem könnte in Deutschland in Zukunft (wieder) ein stärkerer Fokus auf die Kreuzungszucht gelegt werden, um positive Heterosiseffekte wie bei Kiwi Cross-Kühen unter Einkreuzung von Jersey nutzen zu können (Brade 2014). Kiwi Cross-Kühe zeigten in der vorliegenden Studie züchterisch positive Heterosiseffekte von 6,7% für die Milchleistung, 5,8% für den Lahmheitsscore und 8,6% für den somatischen Zellscore. In Deutschland gibt es bislang nur wenige Zucht- oder Besamungsunternehmen bzw. deren Vertriebspartner die Kreuzungszuchtprogramme beim Milchrind anbieten (Procross 2019). Doch zumindest werden diese nicht vollständig abgelehnt. Dass die Kreuzungszucht in Deutschland noch eine untergeordnete Rolle spielt, liegt mitunter daran, dass in

Europa bei maximaler Leistung der Milchkuh der ökonomische Gewinn am größten ist (Swalve 2007) (und siehe Abschnitt 2.1.4 und 5.2.1). Milchviehbetriebe greifen in Deutschland am häufigsten auf Deutsche Holsteins zurück. Dennoch wird stets nach alternativen züchterischen Möglichkeiten gesucht, um eine hohe Milchleistung mit guter Fruchtbarkeitsleistung und Gesundheit zu vereinbaren (Freyer et al. 2008), wenngleich dies bei Betrachtung der Heritabilitäten der Milchleistung und Fruchtbarkeit eine Herausforderung darstellt. So korreliert nach Häggman et al. (2019) eine hohe Milchleistung mit verschlechterten Fruchtbarkeitsmerkmalen. Als mögliche Alternative könnte die Kreuzungszucht eine Rolle spielen. Sie kann ein wirksamer Weg zur Verbesserung der funktionellen Merkmale sein. Jedoch muss der genetische Fortschritt bei den verwendeten F0-Rassen gleichzeitig immer weiter verbessert werden, damit eine Kreuzungszucht erfolgreich ist. In der Studie von Puppel et al. (2018) wird beschrieben, dass F1-Kreuzungskühe bessere funktionale Merkmale aufweisen als reinrassige Deutsche Holsteins. Zum Beispiel weisen die Kreuzungskühe aus DH x DFV einen höheren Proteinwert in der Milch sowie einen niedrigeren SCS Wert auf als reinrassige DH.

6 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird ein Vergleich von deutschen (D) und neuseeländischen (N) Milchproduktionssystemen mit dem Fokus auf tiergesundheitsliche Aspekte durchgeführt. Dazu wurden acht Betriebe in Deutschland besucht und insgesamt 350 Milchkühe untersucht und in Neuseeland sechs Betriebe besucht und insgesamt 363 Kühe untersucht. Von den untersuchten Tieren wurden die Gesundheits- und Leistungsparameter Rückenfettdicke (RFD), Body-Condition-Score (BCS), Lahmheitsscore (LHS), Milchleistung (ML) sowie somatischer Zellscore (SCS) erfasst. Diese Daten wurden anschließend im Rahmen einer Mischmodell-Varianzanalyse mittels einer REML-Schätzmethodik unter Verwendung der Statistiksoftware SAS 9.3 ausgewertet.

Die Konditionsbeurteilung der Milchkühe ergibt, dass neuseeländische Milchkühe eine signifikant geringere Rückenfettdicke und einen signifikant geringeren Body-Condition-Score aufweisen als deutsche Milchkühe. Dabei ist die Spannweite der Messwerte in Neuseeland weitaus geringer als in Deutschland. Die Gründe hierfür liegen mitunter an der einheitlichen Fütterung in Neuseeland, welche Weidegras als Hauptbestandteil hat. Außerdem sorgt die tägliche körperliche Aktivität durch das Gehen zum Melkstand oder beim Umtrieb von einer Weide zur anderen für einen sportlichen und schlanken Körperbau neuseeländischer Milchkühe. In Deutschland hingegen wird bei intensiver Landwirtschaft meist eine Mischration aus Raufutter (Stroh, Heu), Kraftfutter (Hülsenfrüchte, Getreide) und Grundfutter (Silage) gefüttert. Diese Energie kann bei entsprechender Genetik für eine hohe Milchleistung bzw. den Aufbau von Körperfettreserven genutzt werden. Teilweise führt dies auch zu überkonditionierten Tieren. Die Unterschiede in der Fütterung sind auch ein Grund für einen weiteren signifikanten Unterschied zwischen Deutschland und Neuseeland: Deutsche

Kühe erreichen Milchleistungen von durchschnittlich 9458 kg Milch an durchschnittlich 324 Laktationstagen (Deutsche Holsteins). Demgegenüber liegt die Leistung neuseeländischer Milchkühe nur bei ca. 4470 l Milch an durchschnittlich 220 Laktationstagen (Neuseeländische Holsteins). Die unterschiedlichen Leistungen haben mehrere Ursachen. In beiden Ländern wird züchterisch auf eine hohe Milchleistung selektiert, wobei in Neuseeland ein noch bedeutenderer Fokus auf einem hohen Gehalt an Milchinhaltsstoffen liegt. Trotz der ähnlichen Zuchtziele weisen Deutsche Holsteins und neuseeländische Holstein (Friesians) signifikant unterschiedliche Milchleistungen auf. Dies lässt sich mit den verschiedenen Haltungs- und Fütterungssystemen erklären. In Neuseeland wird bei ganzjähriger Weidehaltung je nach Wetterbedingungen ein nicht zu vernachlässigender Anteil an Energie für die Aufrechterhaltung der Körpertemperatur benötigt. Lange Laufwege sorgen zudem für körperliche Aktivität, welche ebenfalls Energie benötigt. Außerdem bedeutet ein großes Euter ein Hindernis beim Gehen und stellt ein größeres Risiko für die Entstehung von Mastitiden dar. In Deutschland hingegen spielen die Umwelteinflüsse eine untergeordnete Rolle. Ein weiterer Grund für die unterschiedlichen Leistungen in beiden Ländern ist das Bezahlsystem. Während in Neuseeland ausschließlich nach den Milchinhaltsstoffen bezahlt wird, wird in Deutschland ein Grundpreis pro Liter Milch veranschlagt, von welchem je nach Fett- und Eiweißgehalt der Milch noch eine geringe Bonuszahlung bzw. ein Abzug erfolgt. Daten aus der Literatur belegen, dass eine optimale (nicht zu adipöse) Körperkondition mit einer hohen Milchleistung assoziiert ist. Für die Auswertung beider Länder im Einzelnen ist dies auch zutreffend. Beim Vergleich der somatischen Zellzahl der Milch wird kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Ländern festgestellt, wobei neuseeländische Kühe numerisch einen etwas höheren SCS als deutsche Kühe aufweisen. Dies kann durch die Wetterbedingungen in Neuseeland bedingt sein, welche vor der Datenerfassung vorherrschten. Durch eine längere Regenperiode und dadurch eine schlechtere Weidehygiene kann der Keimdruck gestiegen sein. Ein weiterer Grund kann die Tatsache sein, dass die Zitzen vor dem Ansetzen der Melkzeuge nicht gereinigt werden. Es wird zwar vorgemolken, aber nicht vorgereinigt. Man könnte auch sagen, dass die neuseeländischen Landwirte mit geringerem Aufwand bei ihren Milchkühen denselben SCS ($3,40 \pm 0,26$) erreichen wie deutsche Landwirte ($2,92 \pm 0,33$). Aus den

Ergebnissen des Lahmheitsscorings geht hervor, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Ländern gibt, wenngleich neuseeländische Milchkühe einen etwas besseren Lahmheitsscore (N: $1,25 \pm 0,07$ ↔ D: $1,35 \pm 0,09$) aufweisen. Dieser Unterschied wäre aufgrund der Annahme, dass Kühe in Weidehaltung in einem „natürlicheren“ System gehalten werden, noch deutlicher zu erwarten gewesen. Dies ist jedoch nicht der Fall. Aufgrund der Bodenbeschaffenheit der Treibwege und des Wartebereichs vor der Melkanlage sowie zu hastigen Treibens des Personals können auch in Weidehaltung Risiken für Klauenerkrankungen entstehen. Alle Leistungs- und Gesundheitsparameter eignen sich aufgrund ihrer nicht-invasiven Form gut für das wissenschaftliche Arbeiten. Sie können aber auch als hilfreiche Werkzeuge in der Bestandsbetreuung durch den Landwirt oder Tierarzt bestenfalls zur regelmäßigen Überwachung der Herdengesundheit, aber auch von Einzeltieren, empfohlen werden.

Fazit

Der Vergleich deutscher und neuseeländischer Milchproduktionssysteme zeigt, dass es nicht den „einen Weg“ gibt, um den Anforderungen an die moderne Landwirtschaft gerecht zu werden und im globalen Milchmarkt als Hauptexporteure weltweit zu bestehen. Beide Systeme bieten gleichermaßen Vor- und Nachteile. Während neuseeländische Milchkühe sportlicher und robuster erscheinen und eher die Tendenz einer geringen aber über mehrere Betriebe gleichmäßigen Körperkondition (BCS N: rund 86% der Kühe haben einen BCS zwischen 2-3) aufweisen, haben deutsche Kühe eine größere Spannbreite an Körperkonditionen (jeder 0,25-Scorepunkt zwischen einem BCS von 2,0-4,5 wird min. 19 und max. 47 Mal vergeben). In Deutschland zeigen die Ergebnisse, dass sich sehr unterschiedlich konditionierte Kühe innerhalb eines Betriebes befinden. Dies liegt mitunter an der großen Spannweite der Milchleistung innerhalb der Betriebe (ML D: Min. 3 - max. 71,9l/d), welche im Zusammenhang mit der Körperkondition steht. Bezüglich der Lahmheiten in beiden Ländern scheinen beide Systeme das gleiche Risiko für die Entstehung von Klauenerkrankungen zu bergen (LHS D: $1,35 \pm 0,09$ ↔ N: $1,25 \pm 0,07$). Ebenso verhält es sich mit dem somatischen Zellscore, welcher in beiden Ländern keinen signifikanten Unterschied zeigt (SCS D: $2,92 \pm 0,33$ ↔ N:

3,40 ± 0,26). Der Milchleistung (in Form von Milchmenge), welche für deutsche Landwirte bedeutsam ist, kommt in Neuseeland weniger Bedeutung zu. Neuseeländische Landwirte produzieren vergleichsweise weniger Milch (D: 29,09 ± 2,43 ↔ N: 11,65 ± 2,51), die dafür jedoch einen hohen Gehalt an Milchinhaltstoffen aufweist. Wünschenswert wäre, dass sich neuseeländische Betriebe die Vorteile der deutschen Landwirtschaft zu Nutzen machen würden und umgekehrt.

Mögliche Maßnahmen im Fall von Neuseeland sind:

- Vorreinigung der Zitzen zur Verbesserung der Eutergesundheit
- Größerer Fokus auf den Bodenbelag der Treibwege sowie Personalschulungen zur Verbesserung der Klauengesundheit
- Überdachung z.B. des Ausfutterplatzes zur Einsparung von Energiereserven und Verbesserung des Tierwohls

Mögliche Maßnahmen im Fall von Deutschland sind:

- Fokussierung auf einen höheren Gehalt an Inhaltsstoffen unter Verzicht der immer weiteren Maximierung der Milchleistung, um peripartalen Krankheiten vorzugreifen.
- Angebot von Laufhöfen oder/und Weidehaltung für Trockensteher und laktierende Milchkühe, um die Umweltreize zu erhöhen und ein gesteigertes Tierwohl zu erreichen
- Erneute Auslotung der Potentiale von Kreuzungszucht, um positive Heterosiseffekte nutzen zu können

Durch die Nutzung dieser Synergien können beide Länder ihre Marktposition in der globalen Milchwirtschaft weiter steigern und gleichsam ein hohes Niveau an Tiergesundheit und Tierwohl erreichen.

7 Summary

Comparison of German and New Zealand milk production systems with focus on animal health

In this doctoral thesis, milk production systems of Germany (D) and New Zealand (N) with focus on animal health aspects are compared. For this purpose, eight farms in Germany were visited and a total of 350 dairy cows were examined. In New Zealand, six farms were visited and a total of 363 cows were examined. Of the animals examined, the health and performance parameters back fat thickness (RFD), body condition score (BCS), lameness score (LHS), milk yield (ML), and somatic cell score (SCS) were recorded. These data were then statistically evaluated using a mixed model analysis by a REML estimation method with SAS 9.3.

The condition assessment of the dairy cows shows that New Zealand dairy cows have a significantly lower back fat thickness and a significantly lower body condition score than German dairy cows. The range of measured values in New Zealand is much smaller than in Germany. The reasons for this are partially due to the uniform feeding in New Zealand, which has pasture grass as the main component. In addition, the daily physical activity by walking to the milking parlor or moving from one pasture to another ensures a sporty and slim physique of New Zealand dairy cows. In Germany, on the other hand, intensive agriculture usually feeds a mixed ration of roughage (straw, hay), concentrated feed (pulses, cereals) and basic feed (silage). With appropriate genetics, this energy can be used for a high milk yield or to build up body fat reserves. In some cases, this also leads to over-conditioned animals. The differences in feeding are also one reason for another significant difference between Germany and New Zealand: German cows achieve milk yields of up to 9458 kg of milk on an average of 324 lactation days (German Holsteins). In contrast, the yield of New Zealand dairy

cows is only about 4470 litres of milk on an average of 220 lactation days (New Zealand Holstein Friesian). The different performances have several causes.

In both countries, breeding is focused on a high milk yield although in New Zealand a high milk solids content is of particular importance. Despite similar breeding goals, German Holstein and New Zealand Holstein (Friesians) have significantly different milk yields. This can be explained by the different farming and feeding systems. In New Zealand, depending on weather conditions, a considerable amount of energy is required to maintain body temperature during year-round grazing. Long walks also ensure physical activity, which also requires energy. In addition, a large udder would be an obstacle to walking and would pose a greater risk for the development of mastitis. In Germany, on the other hand, environmental influences play a subordinate role. Another reason for the different parameters in the two countries is the payment system. Whereas in New Zealand the payment is based exclusively on milk constituents, in Germany a basic price per litre of milk is calculated, from which a small bonus payment or deduction is made depending on the fat and protein content of the milk. Data from the literature show that an optimal (not too fat) body condition is associated with a high milk yield. This is also true for the evaluation of both countries in detail. When comparing the somatic cell count of milk, no significant difference is found between the two countries, with New Zealand cows showing a slightly higher numerical SCS than German cows. This may be due to the weather conditions in New Zealand which prevailed at the time of the data collection: the germ pressure may have increased due to a longer rainy period and thus poorer pasture hygiene. A further reason may be the fact that the teats are not cleaned before attaching the milking clusters. It is pre-milked, but not pre-cleaned. One could also say that New Zealand farmers achieve the same SCS (3.40 ± 0.26) in their dairy cows as German farmers (2.92 ± 0.33) with less effort. The results of the lameness score show that there are no significant differences between the two countries, although New Zealand dairy cows have a slightly better lameness score (N: 1.25 ± 0.07 ↔ D: 1.35 ± 0.09). Based on the assumption that cows kept in pasture are kept in a more "natural" system, the difference would have been expected even more clearly. However, this is not the case. Due to the ground condition of the driveways and the waiting area in front of the milking system as well as the hasty driving by the personnel, risks for claw diseases can also arise

in grazing systems. All parameters used in this work to assess the performance and health parameters are also suitable for scientific work due to their non-invasive form. However, they can also be recommended as helpful tools in herd management by the farmer or veterinarian, at best for regular monitoring of herd health, but also for individual animals.

Conclusion

A comparison of the German and New Zealand milk production systems shows that there is no one way to meet the demands of modern agriculture and survive in the global milk market as the main exporter worldwide. Both systems offer equal advantages and disadvantages. While New Zealand dairy cows appear sportier and more robust and tend to have a low but even body condition over several farms (BCS N: around 86% of cows have a BCS between 2-3), German cows have a wider range of body conditions (each 0.25 score point between a BCS of 2.0-4.5 is awarded min. 19 and max. 47 times). In Germany, the results show that cows with very different conditions are (can be found) on the same farm. This is sometimes due to the large range of milk yield within the farms (ML D: min. 3 - max. 71.9l/d), which is linked to body condition. With regard to lameness in both countries, both systems seem to present the same risk for the occurrence of claw diseases (LHS D: 1.35 ± 0.09 ↔ N: 1.25 ± 0.07). The same applies to the somatic cell score, which shows no significant difference in both countries (SCS D: 2.92 ± 0.33 ↔ N: 3.40 ± 0.26). Milk yield, (in terms of quantity of milk) which is important for German farmers, is of less importance in New Zealand. New Zealand farmers produce a comparatively lower amount of milk (D: 29.09 ± 2.43 ↔ N: 11.65 ± 2.51), but the milk solids content is high. It would be desirable for New Zealand farms to benefit from the advantages of German agriculture and vice versa.

Possible measures in the case of New Zealand are:

- Pre-cleaning of teats to improve udder health
- Greater focus on the floor covering of the driving pathways and staff training to improve the lameness score
- Roofing e.g. of the feeding area to save energy reserves and improve animal welfare

Possible measures in the case of Germany are:

- Focus on a higher level of ingredients without further maximising milk yield in order to anticipate peripartal diseases.
- Offering running yards or/and grazing for dry cows and lactating dairy cows in order to increase the environmental incentives and achieve increased animal welfare.
- Renewed exploration of the potentials of crossbreeding in order to be able to use positive heterosis effects

By exploiting these synergies, both countries can further increase their market position in the global dairy industry, and at the same time achieve a high level of animal health and welfare.

Literaturverzeichnis

- Alhussien MN, Dang AK. 2018. Milk somatic cells, factors influencing their release, future prospects, and practical utility in dairy animals: An overview. *Veterinary world*, 11 (5): 562–577. DOI 10.14202/vetworld.2018.562-577.
- Animal Welfare Guidelines Group. 2018. WSAVA Animal Welfare Guidelines, 1-79.
https://www.wsava.org/WSAVA/media/Documents/General%20PDFs/WSAVA_Animal_Welfare_Guidelines.pdf (Zugriff 05.02.2019).
- Augère-Granier M-L. 2018. The EU dairy sector. Main features, challenges and prospects, 1-12.
[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2018/630345/EPRS_BRI\(2018\)630345_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2018/630345/EPRS_BRI(2018)630345_EN.pdf) (Zugriff 01.09.2019).
- Aurich C, Baumgartner W. 2009. *Klinische Propädeutik der Haus- und Heimtiere*. Siebte. Auflage. Stuttgart: Parey in MVS Medizinverlage Stuttgart, 1-525.
- Barker ZE, Amory JR, Wright JL, Mason SA, Blowey RW, Green LE. 2009. Risk factors for increased rates of sole ulcers, white line disease, and digital dermatitis in dairy cattle from twenty-seven farms in England and Wales. *Journal of Dairy Science*, 92 (5): 1971–1978. DOI 10.3168/jds.2008-1590.
- Barker ZE, Leach KA, Whay HR, Bell NJ, Main DCJ. 2010. Assessment of lameness prevalence and associated risk factors in dairy herds in England and Wales. *Journal of Dairy Science*, 93 (3): 932–941. DOI 10.3168/jds.2009-2309.
- Bauman DE, Currie WB. 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation. A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *Journal of Dairy Science*, 63 (9): 1514–1529. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(80)83111-0.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Landesanstalt für Landwirtschaft, Ernährung und Ländlichen Raum. 2018. Agrarmärkte 2018, 1-354.

Bergk N. 2011. Genetisch-statistische Untersuchungen zum Wachstum weiblicher Jungrinder der Rasse Holstein auf Basis von zum Zeitpunkt der ersten Besamung erhobenen Gewichten. Naturwissenschaftliche Fakultät. Dissertation, 1-230.

Bergsten C. 2003. Causes, risk factors, and prevention of laminitis and related claw lesions. *Acta veterinaria Scandinavica. Supplementum*, 98: 157–166. DOI 10.1186/1751-0147-44-s1-s157.

Berry DP, Lee JM, Macdonald KA, Stafford K, Matthews L, Roche JR. 2007. Associations Among Body Condition Score, Body Weight, Somatic Cell Count, and Clinical Mastitis in Seasonally Calving Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 90 (2): 637–648. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(07)71546-1.

Bewley JM, Schutz MM. 2008. An Interdisciplinary Review of Body Condition Scoring for Dairy Cattle. *The Professional Animal Scientist*, 24 (6): 507–529. DOI 10.15232/S1080-7446(15)30901-3.

Blankenburg M. 2017. Schmerzphysiologie bei akuten und chronischen Schmerzen, 1-19. https://www.deutsches-kinderschmerzzentrum.de/fileadmin/media/PDF-Dateien/DKST2017_Education_Day/Blankenburg_Physiologie_ED_DKST2017.pdf (Zugriff 06.02.2019).

Böhringer Ingelheim. 2012a. Body Condition Scoring für Deutsche Holsteins, 1-2. <https://www.bovikalc.de/211-voren-bcs-karte-dh-122356406.pdf> (Zugriff 26.06.2019).

Böhringer Ingelheim. 2012b. Body Condition Scoring für Fleckvieh, 1-2. <https://www.bovikalc.de/209-voren-bcs-karte-fv-122356296.pdf> (Zugriff 26.06.2019).

Boland F, O'Grady L, More SJ. 2013. Investigating a dilution effect between somatic cell count and milk yield and estimating milk production losses in Irish dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 96 (3): 1477–1484. DOI 10.3168/jds.2012-6025.

- Bollongino R, Burger J, Powell A, Mashkour M, Vigne J-D, Thomas MG. 2012. Modern taurine cattle descended from small number of near-eastern founders. *Molecular biology and evolution*, 29 (9): 2101–2104. DOI 10.1093/molbev/mss092.
- Boujenane I. 2019. Effects of milking frequency on milk production and composition of holstein cows during their first three lactations. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 9 (1): 25–29. http://ijas.iaurasht.ac.ir/article_663528_b705f644111bd1ef7e383b6ff3f00b23.pdf.
- Brade W. 2014. Kreuzungsversuche mit Jersey-Rindern und deren Nutzung in Deutschland aus historischer Sicht. *Berichte über Landwirtschaft - Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft*, 92 (3): 1–24. DOI 10.12767/buel.v92i3.61.g144.
- Brade W, Brade E. 2013. Zuchtgeschichte der Deutschen Holsteinrinder. *Berichte über Landwirtschaft - Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft*, 91 (2): 1–40. DOI 10.12767/buel.v91i2.25.g71.
- Brähmig J. 2011. Einfluss der Wechselkreuzung von Deutschen Holsteins und Deutschem Fleckvieh auf Milchleistung und Milchqualität in einem automatischen Melksystem. Ludwig-Maximilians-Universität München. Dissertation, 1-162.
- Brethour JR. 1992. The repeatability and accuracy of ultrasound in measuring backfat of cattle. *Journal of Animal Science*, 70 (4): 1039–1044. DOI 10.2527/1992.7041039x.
- Bundesverband Rind und Schwein e. V. 2019a. Holstein Zuchtwertschätzung. <https://www.rind-schwein.de/brs-rind/brs-zuchtwertschaetzung-2.html#3> (Zugriff 26.08.2019).
- Bundesverband Rind und Schwein e. V. 2019b. Rinder - und Schweineproduktion in Deutschland 2018. Bonn: BRS-Bonn.
- Butler-Hogg BW, Wood JD, Bines JA. 1985. Fat partitioning in British Friesian cows. The influence of physiological state on dissected body composition. *The Journal of Agricultural Science*, 104 (03): 519–528. DOI 10.1017/S0021859600044282.

- Cha E, Hertl JA, Bar D, Gröhn YT. 2010. The cost of different types of lameness in dairy cows calculated by dynamic programming. *Preventive Veterinary Medicine*, 97 (1): 1–8. DOI 10.1016/j.prevetmed.2010.07.011.
- Chegini A, Ghavi Hossein-Zadeh N, Hosseini-Moghadam H, Shadparvar AA. 2017. Effect of somatic cell count on milk fat and protein in different parities and stages of lactation in Holstein cows. *Acta agriculturae Slovenica*, 110 (1): 37–45. DOI 10.14720/aas.2017.110.1.5.
- Chesterton RN. 2004. Linking farm physical conditions herd management and cow behaviour to the distribution of foot lesions causing lameness in pasture. In: *Proceedings of the 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants*. Maribor, Slovenija. 11.-15. Februar 2004, 200–202.
- Coetzee JF, Shearer JK, Stock ML, Kleinhenz MD, van Amstel SR. 2017. An Update on the Assessment and Management of Pain Associated with Lameness in Cattle. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 33 (2): 389–411. DOI 10.1016/j.cvfa.2017.02.009.
- Coleman J, Berry DP, Pierce KM, Brennan A, Horan B. 2010. Dry matter intake and feed efficiency profiles of 3 genotypes of Holstein-Friesian within pasture-based systems of milk production. *Journal of Dairy Science*, 93 (9): 4318–4331. DOI 10.3168/jds.2009-2686.
- Daetz C. 2009. Untersuchungen zur Konditionsentwicklung bei Milchkühen in der Trockenstehperiode mittels ultrasonographischer Messung der Rückenfettdicke und deren Einfluss auf Leistung, Fruchtbarkeit und Tiergesundheit in der Früh lactation. Freie Universität Berlin. Dissertation, 1-182.
- DairyNZ. 2015. *FeedRight. Busting the myths of cow nutrition*, 1-32. <http://www.dairynz.co.nz/media/2522889/feedright-booklet.pdf> (Zugriff 10.08.2016).
- DairyNZ. 2018. *The 5 Production Systems*. <https://www.dairynz.co.nz/business/the-5-production-systems> (Zugriff 20.06.2018).
- DairyNZ. 2019. *All About BW. Breeding Worth explained*. <https://www.dairynz.co.nz/animal/animal-evaluation/interpreting-the-info/all-about-bw/> (Zugriff 26.08.2019).

- DairyNZ, LIC. 2017. New Zealand Dairy Statistics 2016-17, 1-54.
<https://www.dairynz.co.nz/media/5788533/nz-dairy-statistics-2016-17-web.pdf>
(Zugriff 18.01.2018).
- DairyNZ, LIC. 2018. New Zealand Dairy Statistics 2017-18, 1-54.
<https://www.dairynz.co.nz/media/5790451/nz-dairy-statistics-2017-18.pdf>
(Zugriff 30.07.2019).
- De Jong G. 2005. Usage of predictors for fertility in the genetic evaluation, application in the Netherlands. *Interbull Bulletin*, (33): 69–73.
<https://journal.interbull.org/index.php/ib/article/download/877/868>.
- Dechow CD, Rogers GW, Klei L, Lawlor TJ. 2004. Heritability and Correlations for Body Condition Score and Dairy Form Within and Across Lactation and Age. *Journal of Dairy Science*, (85): 717–728. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(04)73215-4.
- Degen Aguayo Aparicio C. 2016. Untersuchungen über Lahmheits-Scoring und Auswirkungen von peripartaler Lahmheit auf Milchleistungs- und Fruchtbarkeitsparameter. Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich. Dissertation, 1-103.
- DeLaval. 2018. DeLaval Body Condition Scoring Kamera. Tägliche, automatisierte Beurteilung der Körperkondition Ihrer Kühe, 1-6.
<https://www.delaval.com/globalassets/brochures/de/dl958-bcs-kamera-prospekt.pdf> (Zugriff 26.06.2019).
- DGfZ-Projektgruppe „Ökonomie und Tiergesundheit“. 2013. Die Tierzucht im Spannungsfeld von Leistung und Tiergesundheit – interdisziplinäre Betrachtungen am Beispiel der Rinderzucht. Stellungnahme der DGfZ-Projektgruppe „Ökonomie und Tiergesundheit“, 1-17. https://www.dgfz-bonn.de/services/files/pdf/Stellungnahme%20zur%20Nutzungsdauer%20Rind%202013_FINAL.pdf (Zugriff 01.09.2019).
- Diez H. 2014. Erstellung eines Leitfadens zur Verbesserung der Eutergesundheit in Betrieben mit automatischen Melksystemen. Technische Universität München. Dissertation, 1-133.

- Dirksen G, Gründer H-D, Stöber M, Hrsg. 2006. Innere Medizin und Chirurgie des Rindes. Fünfte. Aufl., unveränd. Nachdr. der Vierte. Aufl. Stuttgart: Parey, 1-1325.
- Domecq JJ, Skidmore AL, Lloyd JW, Kaneene JB. 1995. Validation of Body Condition Scores with Ultrasound Measurements of Subcutaneous Fat of Dairy Cows¹. *Journal of Dairy Science*, 78 (10): 2308–2313. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(95)76857-6.
- Earle D. 1982. Condition Scoring of dairy cows. *agnote*, (1149): 80–82.
- Edmonson AJ, Lean IJ, Weaver LD, Farver T, Webster G. 1989. A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 72 (1): 68–78. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(89)79081-0.
- Fabian J, Laven RA, Whay HR. 2014. The prevalence of lameness on New Zealand dairy farms: a comparison of farmer estimate and locomotion scoring. *The Veterinary Journal*, 201 (1): 31–38. DOI 10.1016/j.tvjl.2014.05.011.
- Fehlings K, Hrsg. 2012. Leitlinien - Bekämpfung der Mastitis des Rindes als Bestandsproblem. Fünfte., überarb. Aufl. Gießen: DVG, 1-226.
- Ferguson JD, Galligan DT, Thomsen N. 1994. Principal Descriptors of Body Condition Score in Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, 77 (9): 2695–2703. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(94)77212-X.
- Fietze S. 2004. Vergleich der unterschiedlichen Körperkonditionsbeurteilungsmethoden - Body Condition Scoring (BCS) und Rückenfettdickenmessung (RFD) - und deren Aussagefähigkeit in Bezug auf die Fruchtbarkeit von Holstein-Friesian (HF) Kühen. Tierärztliche Hochschule Hannover. Dissertation, 1-168.
- Food and Agriculture Organisation of the United Nations. 2017. Milk and Milk Products: Price and Trade Update, 1-8.
http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Dairy/Documents/Milk_and_Milk_Products_June_2017.pdf (Zugriff 10.05.2019).
- Frewein J, Nickel R, Schummer A, Seiferle E. 2001. Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Bewegungsapparat. Stuttgart: Parey.

- Freyer G, König S, Fischer B, Bergfeld U, Cassell BG. 2008. Invited review: crossbreeding in dairy cattle from a German perspective of the past and today. *Journal of Dairy Science*, 91 (10): 3725–3743. DOI 10.3168/jds.2008-1287.
- Garbarino EJ, Hernandez JA, Shearer JK, Risco CA, Thatcher WW. 2004. Effect of Lameness on Ovarian Activity in Postpartum Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, 87 (12): 4123–4131. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(04)73555-9.
- Gaunt SN. 1980. Genetic variation in the yields and contents of milk constituents. *Bulletin, International Dairy Federation*, (No. 125): 73–82.
- Green LE, Huxley JN, Banks C, Green MJ. 2014. Temporal associations between low body condition, lameness and milk yield in a UK dairy herd. *Preventive Veterinary Medicine*, 113 (1): 63–71. DOI 10.1016/j.prevetmed.2013.10.009.
- Green LE, Schukken YH, Green MJ. 2006. On distinguishing cause and consequence. Do high somatic cell counts lead to lower milk yield or does high milk yield lead to lower somatic cell count? *Preventive Veterinary Medicine*, 76 (1-2): 74–89. DOI 10.1016/j.prevetmed.2006.04.012.
- Häggman J, Christensen JM, Mäntysaari EA, Juga J. 2019. Genetic parameters for endocrine and traditional fertility traits, hyperketonemia and milk yield in dairy cattle. *Animal: an international journal of animal bioscience*, 13 (2): 248–255. DOI 10.1017/S1751731118001386.
- Hagnestam-Nielsen C, Emanuelson U, Berglund B, Strandberg E. 2009. Relationship between somatic cell count and milk yield in different stages of lactation. *Journal of Dairy Science*, 92 (7): 3124–3133. DOI 10.3168/jds.2008-1719.
- Haidn B. 2010. Haltungstechnik – Maßnahmen zur Verbesserung der Klauengesundheit. In: 2010, 19–35.
- Hemme T. 2015. IFCN Dairy Report 2015. Kiel, Germany, 16-16.
- Hernandez J, Shearer JK, Webb DW. 2002. Effect of lameness on milk yield in dairy cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 220 (5): 640–644. DOI 10.2460/javma.2002.220.640.

- IUF Dairy Industry Research. 2012. New Zealand dairy industry, 1-14.
<http://cms.iuf.org/sites/cms.iuf.org/files/New%20Zealand%20Dairy%20Industry.pdf> (Zugriff 24.08.2017).
- Klawuhn D, Staufenberg R. 1997. Aussagekraft der Rückenfettdicke zum Körperfettgehalt beim Rind. *Tierärztliche Praxis*, (25): 133–138.
- Klee W, Metzner M. 2016. Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiet der Inneren Medizin der Wiederkäuer, 1-351.
- Köck A, Fuerst-Waltl B, Kofler J, Burgstaller J, Steininger F, Fuerst C, Egger-Danner C. 2018. Short communication: Use of lameness scoring to genetically improve claw health in Austrian Fleckvieh, Brown Swiss, and Holstein cattle. *Journal of Dairy Science*: 1–5. DOI 10.3168/jds.2018-15287.
- Koenen EPC, Veerkamp RF. 1998. Genetic covariance functions for live weight, condition score, and dry-matter intake measured at different lactation stages of Holstein Friesian heifers. *Livestock Production Science*, (57): 67–77. DOI 10.1016/S0301-6226(98)00159-6.
- König HE, Liebich H-G. 2012. Anatomie der Haussäugetiere. Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis. Stuttgart: Schattauer.
- König S, Brügemann K, Möller D, Uhlig V. 2017. Ökonomische Evaluierung züchterischer Strategien in Weideproduktionssystemen zur Verbesserung der Tiergesundheit und des Tierwohlbefindens, 1-151.
- Krehl I. 2009. Beitrag zur Beurteilung der Eutergesundheit der Kuh anhand ausgewählter Merkmale im Vorgemelk. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Dissertation, 1-181.
- Krömker V, Klocke D, Leimbach S, Paduch J-H, Wente N, Seeth M. 2018. Leitfaden Eutergesundheit bei Stall - und Weidehaltung. Hannover, 1-37.
- Kruif A de, Feldmann M. 2007. Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. Stuttgart: Enke.
- Ledinek M, Gruber L. 2015. Körpermaße und BCS im Laufe der Laktation und ihre Beziehungen zu Lebendmasse und Energiebilanz. *Züchtungskunde*, (87): 181–200.

- Lemaire G, Hodgson J, Chabbi A. 2011. Grassland productivity and ecosystem services. Wallingford, Oxfordshire, Cambridge, MA: CABI, 1-287.
- Lindena T, Lassen B. 2016. Development, strategies and challenges in the German dairy sector, 1-23.
http://www.eaap.org/Annual_Meeting/2016_belfast/S02_09_Lindena.pdf (Zugriff 02.09.2019).
- Lindena T, Tergast H, Ellßel R, Hansen H. 2018. Steckbriefe zur Tierhaltung in Deutschland: Milchkühe, 1-19. https://www.thuenen.de/media/themenfelder/Nutztierhaltung_und_Aquakultur/Haltungsverfahren_in_Deutschland/Milchviehhaltung/Steckbrief_Milchkuehe2018_final_2.pdf (Zugriff 26.08.2019).
- Loker S, Bastin C, Miglior F, Sewalem A, Schaeffer LR, Jamrozik J, Ali A, Osborne V. 2012. Genetic and environmental relationships between body condition score and milk production traits in Canadian Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 95 (1): 410–419. DOI 10.3168/jds.2011-4497.
- Macdonald K, Roche J. 2011. Body condition scoring made easy. The official field guide. Hamilton: DairyNZ, 1-41.
- Mahlkow-Nerge K. 2018. Eutergesundheit - Spiegelbild des Umfeldes der Kuh. <https://www.proteinmarkt.de/fachartikel/kw50-eutergesundheit-spiegelbild-des-umfeldes-der-kuh/> (Zugriff 29.09.2019).
- Märtlbauer E, Becker H. 2016. *Milchkunde und Milchhygiene*. Stuttgart: UTB GmbH.
- Mellor DJ. 2017. Operational Details of the Five Domains Model and Its Key Applications to the Assessment and Management of Animal Welfare. *Animals : an open access journal from MDPI*, 7 (8): 1–20. DOI 10.3390/ani7080060.
- Meyer J, Theuvsen L. 2017. Intensive dairy farming in Northern Germany: development and impact of the New Fertilizer Act. In: *Agrarian Perspectives XXVI. Competitiveness of European Agriculture and Food Sectors, Proceedings of the 26th International Conference*. Prag, Tschechien. 13.-15. September 2017, 219–225.
- Müller K. 2011. Klauenkrankheiten - Strategische Bekämpfung der Lahmheit bei Milchkühen. *hundkatzeperd*, 5 (11): 38–41.

Mushtaq A, Qureshi MS, Khan S, Habib G, Swati ZA, Rahman SU. 2012. Body condition score as a marker of milk yield and composition in dairy animals. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, (22): 169-173.

New Zealand Holstein Friesian Association. 2017. Grading up to pedigree. www.nzholstein.org.nz/grading_up_to_pedigree.cfm (Zugriff 30.06.2019).

NIWA National Climate Center. 2013. National Climate Summary: Summer 2012/13, 1-13.

https://niwa.co.nz/sites/niwa.co.nz/files/climate_summary_summer_2012-13_final.pdf (Zugriff 28.06.2019).

Oberbauer AM, Berry SL, Belanger JM, McGoldrick RM, Pinos-Rodriguez JM, Famula TR. 2013. Determining the heritable component of dairy cattle foot lesions. *Journal of Dairy Science*, 96 (1): 605–613. DOI 10.3168/jds.2012-5485.

Olsson P, Sverige V. 2017. Ask the cow. An advisory animal welfare service, 1-14. <https://eurodairy.eu/media/1305/pegnilla-olsson-and-kjell-sandahl.pdf> (Zugriff 05.02.2019).

Orgel C, Ruddat I, Hoedemaker M. 2016. Prävalenz von Lahmheiten unterschiedlichen Grades in der Früh lactation von Milchkühen und deren Einfluss auf Fruchtbarkeitsparameter. *Tierärztliche Praxis. Ausgabe G, Grosstiere/Nutztiere*, 44 (4): 207–217. DOI 10.15653/TPG-150624.

Pijl R, Swalve HH. 2006. An Analysis of Claw Disorders Diagnosed at Claw Trimming. In: 14th International Symposium and 6th Conference on Lameness in Ruminants. Colonia del Sacramento, Uruguay. 08.-11. November 2006, 34–36.

Pothmann H, Erlen A, Pichler M, Huber J, Drillich M. 2015. Korrelation und Vergleich der Wiederholbarkeit von Body Condition Scoring und Rückenfettdicken-Messung unterschiedlicher Untersucher bei Milchkühen. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift*, 128 (7-8): 319–325. DOI 10.2376/0005-9366-128-319.

Procross. 2019. Übersicht - Kreuzungszucht. <http://www.procross.info/de> (Zugriff 06.09.2019).

- Pryce JE, Coffey MP, Simm G. 2001. The Relationship Between Body Condition Score and Reproductive Performance. *Journal of Dairy Science*, 84 (6): 1508–1515. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(01)70184-1.
- Puppel K, Bogusz E, Gołębiewski M, Nałęcz-Tarwacka T, Kuczyńska B, Slószarz J, Budziński A, Solarczyk P, Kunowska-Slószarz M, Przysucha T. 2018. Effect of Dairy Cow Crossbreeding on Selected Performance Traits and Quality of Milk in First Generation Crossbreds. *Journal of Food Science*, 83 (1): 229–236. DOI 10.1111/1750-3841.13988.
- Ranjbar S, Rabiee AR, Gunn A, House JK. 2016. Identifying risk factors associated with lameness in pasture-based dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 99 (9): 7495–7505. DOI 10.3168/jds.2016-11142.
- Rémond B, Aubailly S, Chilliard Y, Dupont D, Pomiès D, Petit M. 2002. Combined effects of once-daily milking and feeding level in the first three weeks of lactation on milk production and enzyme activities, and nutritional status, in Holstein cows. *Animal Research*, 51 (2): 101–117. DOI 10.1051/animres:2002014.
- Robinson DL, McDonald CA, Hammond K, Turner JW. 1992. Live animal measurement of carcass traits by ultrasound: assessment and accuracy of sonographers. *Journal of Animal Science*, 70 (6): 1667–1676. DOI 10.2527/1992.7061667x.
- Roche JR, Berry DP. 2006. Periparturient Climatic, Animal, and Management Factors Influencing the Incidence of Milk Fever in Grazing Systems. *Journal of Dairy Science*, 89 (7): 2775–2783. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(06)72354-2.
- Rowarth JS. 2013. Dairy cows — economic production and environmental protection. In: . *Ecosystem services in New Zealand. Conditions and trends*. Lincoln, New Zealand: Manaaki Whenua Press, 85–93.
- SAS Institute Inc. 2011. *SAS/STAT®9.3 User's Guide*. Cary, North Carolina.
- Schaefer M. 2000. Untersuchungen zur Körperkonditionsbeurteilung bei Milchkühen der Rasse Fleckvieh unter den Haltungsbedingungen des nördlichen Oberbayerns. Ludwig-Maximilians-Universität München. Dissertation, 1-174.

- Schneider S, Bellof G, Preißinger W, Spiekers H, Hitzlsperger L. 2005. Die Aussagefähigkeit und der Einsatz der Rückenfettdickenmessung mittels Ultraschall bei Milchkühen der Rasse Fleckvieh. In: Forum angewandte Forschung in der Rinder und Schweinefütterung. Fulda, Deutschland. 06.- 07. April 2005, 1–6.
- Scholz A, Neuhaus U, Nüske S, Kragenings G, Förster M. 2001. Milchleistung und Besuchshäufigkeit von Kühen der Rassen Deutsches Fleckvieh und Deutsche Holsteins in einem automatischen Melksystem. Züchtungskunde, (73): 12–22.
- Schori F, Münger A. 2009. Vergleich von neuseeländischen und „einheimischen“ Holsteinkühen in erster Laktation unter Vollweide auf einem Biobetrieb. In: 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau: Tierhaltung, Agrarpolitik und Betriebswirtschaft, Märkte und Lebensmittel. Zürich, Schweiz. 11.-13. Februar 2009. 2, 123–126.
- Schröder U. 2000. Untersuchungen zur Konditionsbeurteilung mittels ultrasonografischer Messung der Rückenfettdicke als Grundlage zur Anwendung in der Bestandsbetreuung von Milchviehherden. Freie Universität Berlin. Dissertation, 1-198.
- Schröder UJ, Staufenbiel R. 2006. Invited Review: Methods to Determine Body Fat Reserves in the Dairy Cow with Special Regard to Ultrasonographic Measurement of Backfat Thickness. Journal of Dairy Science, 89 (1): 1–14. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(06)72064-1.
- Shadbolt NM, Apparao D. 2016. Factors Influencing the Dairy Trade from New Zealand. International Food and Agribusiness Management Review, (19): 241–255.
- Sprecher DJ, Hostetler DE, Kaneene JB. 1997. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. Theriogenology, 47 (6): 1179–1187. DOI 10.1016/S0093-691X(97)00098-8.
- Statista. 2019a. Bevölkerung - Zahl der Einwohner in Deutschland von 2008 bis 2018 (in 1000), 1.
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1217/umfrage/entwicklung-der-gesamtbevoelkerung-seit-2002/> (Zugriff 29.07.2019).

- Statista. 2019b. Konsum von Milch weltweit in den Jahren 2001 bis 2018. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/28714/umfrage/verbrauch-von-milch-weltweit-seit-2001/> (Zugriff 27.06.2019).
- Statista. 2019c. New Zealand: Total population from 2014 to 2024 (in million inhabitants). <https://www.statista.com/statistics/436377/total-population-of-new-zealand/> (Zugriff 30.07.2019).
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder. 2015. Fläche und Bevölkerung in Deutschland. <https://www.statistikportal.de/de/bevoelkerung/flaeche-und-bevoelkerung> (Zugriff 26.06.2019).
- Statistisches Bundesamt. 2010. Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Wirtschaftsdünger, Stallhaltung, Weidehaltung Landwirtschaftszählung/Agrarstrukturerhebung 2010. https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Produktionsmethoden/Publikationen/Downloads-Produktionsmethoden/stallhaltung-weidehaltung-2032806109004.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff 09.09.2017).
- Stats NZ. 2003. New Zealand in the OECD. http://archive.stats.govt.nz/browse_for_stats/government_finance/central_government/nz-in-the-oecd/population.aspx (Zugriff 26.06.2019).
- Staufenbiel R, Schröder U. 2004. Körperkonditionsbeurteilung durch Ultraschallmessung der Rückenfettdicke. *veterinär spiegel*, 14 (02): 149–155. DOI 10.1055/s-0029-1237793.
- Staufenbiel R, Staufenbiel B, Lachmann I, Klukas H. 1991. Fettstoffwechsel und Fruchtbarkeit bei der Milchkuh. *Der Praktische Tierarzt, Collegium veterinarium*, (XXII): 18–25.
- Stelwagen K, Lacy-Hulbert SJ. 1996. Effect of milking frequency on milk somatic cell count characteristics and mammary secretory cell damage in cows. *American Journal of Veterinary Research*, 57 (6): 902–905.
- Stelwagen K, Phyn CVC, Davis SR, Guinard-Flament J, Pomiès D, Roche JR, Kay JK. 2013. Invited review: reduced milking frequency: milk production and management implications. *Journal of Dairy Science*, 96 (6): 3401–3413. DOI 10.3168/jds.2012-6074.

- Swalve HH. 2007. Crossbreeding in dairy cattle: International trends and results from crossbreeding data in Germany. *Lohmann Information*, 42 (2): 38–46.
- Tranter WP, Morris RS, Dohoo IR, Williamson NB. 1993. A case-control study of lameness in dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine*, 15 (2-3): 191–203. DOI 10.1016/0167-5877(93)90113-8.
- U.S. Department of Agriculture. 2019. New Zealand Semi-Annual Dairy and Milk Supply Report 2019, 1-14.
https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Dairy%20and%20Products%20Semi-annual_Wellington_New%20Zealand_6-5-2019.pdf (Zugriff 07.08.2019).
- van der Spek D, van Arendonk JAM, Vallée AAA, Bovenhuis H. 2013. Genetic parameters for claw disorders and the effect of preselecting cows for trimming. *Journal of Dairy Science*, 96 (9): 6070–6078. DOI 10.3168/jds.2013-6833.
- Veerkamp RF, Brotherstone S. 1997. Genetic correlations between linear type traits, food intake, live weight and condition score in Holstein Friesian dairy cattle. *Animal Science*, 64 (3): 385–392. DOI 10.1017/S1357729800015976.
- Verband der Landwirtschaftskammern, Hrsg. 2005. Forum angewandte Forschung in der Rinder und Schweinefütterung. Bonn, 1-6.
- Verkerk G. 2003. Pasture-based dairying: challenges and rewards for New Zealand producers. *Theriogenology*, 59 (2): 553–561. DOI 10.1016/S0093-691X(02)01239-6.
- VIT. 2019. Beschreibung der Zuchtwertschätzung für Milchleistungsmerkmale, Zellzahl, Exterieurmerkmale, Nutzungsdauer und Zuchtleistungsmerkmale, 1-57. https://www.vit.de/fileadmin/DE/Zuchtwertschaetzung/Zws_Bes_deu.pdf (Zugriff 20.09.2019).
- Waikato Regional Council. 2018. Our region's boundaries.
<https://www.waikatoregion.govt.nz/council/about-us/our-regions-boundaries/> (Zugriff 14.02.2020).
- Warnick LD, Janssen D, Guard CL, Gröhn YT. 2001. The Effect of Lameness on Milk Production in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 84 (9): 1988–1997. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(01)74642-5.

- Whay H. 2002. Locomotion scoring and lameness detection in dairy cattle. In Practice, 24 (8): 444–449. DOI 10.1136/inpract.24.8.444.
- Whay HR, Shearer JK. 2017. The Impact of Lameness on Welfare of the Dairy Cow. The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice, 33 (2): 153–164. DOI 10.1016/j.cvfa.2017.02.008.
- Whay HR, Waterman AE, Webster AJF, O'Brien JK. 1998. The influence of lesion type on the duration of hyperalgesia associated with hindlimb lameness in dairy cattle. The Veterinary Journal, 156 (1): 23–29. DOI 10.1016/S1090-0233(98)80058-0.
- Wiedenhöft D. 2005. Einfluss von Lahmheiten auf die Fruchtbarkeitsleistung von Milchkühen. Tierärztliche Hochschule Hannover. Dissertation, 1-204.
- Winckler C, Brill G. 2004. Lameness prevalence and behavioural traits in cubicle housed dairy herds - a field study. In: Proceedings of the 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants. Maribor, Slovenija. 11.-15. Februar 2004, 160–161.
- Winter P. 2010. Die Zellzahl in der Milch als Grundlage zur Sanierung von Mastitis-Problembetrieben. In: 2010, 21–24.
- Wright IA, Russel AJF. 1984. Partition of fat, body composition and body condition score in mature cows. Animal Production, 38 (01): 23–32. DOI 10.1017/S0003356100041313.
- XLVets, WelFarm. 2017. Dairy Cow Lameness, 1-2.
https://franklinvets.co.nz/app/uploads/2017/04/Dairy-Cow-Lameness_0.pdf
(Zugriff 24.08.2019).
- Zinpro Animal Nutrition. 2019. Dairy Cattle Locomotion Scoring.
<https://www.zinpro.com/lameness/dairy/locomotion-scoring> (Zugriff 16.09.2019).

Anhang: Modell Deutschland (D)

Tabelle 40: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für die Rückenfettdicke (RFD) – Modell D

Effekt	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Rasse	2	334	6,09	0,0025
MF	1	334	0,21	0,6449
LNR	4	334	1,99	0,0959
LT x LT	1	334	70,55	<0,0001

LNR=Laktationsnummer; MF=Melkfrequenz; LT=Laktationstag

Tabelle 41: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für den Body-Condition-Score (BCS) – Modell D

Effekt	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Rasse	2	334	10,89	<0,0001
MF	1	334	0,22	0,6369
LNR	4	334	1,05	0,3793
LT x LT	1	334	63,83	<0,0001

LNR=Laktationsnummer; MF=Melkfrequenz; LT=Laktationstag

Tabelle 42: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für den Lahmheitsscore (LHS) – Modell D

Effekt	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Rasse	2	322	1,07	0,3431
MF	1	322	0,06	0,8122
LNR	4	322	11,73	<0,0001
LT x LT	1	322	0,1	0,7536

LNR=Laktationsnummer; MF=Melkfrequenz; LT=Laktationstag

Tabelle 43: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für die Milchleistung (ML) – Modell D

Effekt	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Rasse	2	262	3,26	0,0399
MF	1	262	3,99	0,0467
LNR	4	262	9,66	<0,0001
LT x LT	1	262	148,52	<0,0001

LNR=Laktationsnummer; MF=Melkfrequenz; LT=Laktationstag

Tabelle 44: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für die somatische Zellzahl (SCC) – Modell D

Effekt	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Rasse	2	285	0,31	0,7339
MF	1	285	1,14	0,2872
LNR	4	285	1,31	0,265
LT x LT	1	285	2,21	0,1383

LNR=Laktationsnummer; MF=Melkfrequenz; LT=Laktationstag

Tabelle 45: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für den somatischen Zellscore (SCS) – Modell D

Effekt	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Rasse	2	285	0,05	0,9553
MF	1	285	4,38	0,0373
LNR	4	285	3,88	0,0044
LT x LT	1	285	14,9	0,0001

LNR=Laktationsnummer; MF=Melkfrequenz; LT=Laktationstag

Tabelle 46: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für das Alter – Modell D

Effekt	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Rasse	2	334	0,86	0,4246
MF	1	334	0,61	0,4352
LNR	4	334	537,65	<0,0001
LT x LT	1	334	0,03	0,8688

LNR=Laktationsnummer; MF=Melkfrequenz; LT=Laktationstag

Tabelle 47: Ergebnisse der Varianzanalyse für das Modell D (LSM ± SEE)

Effekt	Klasse	RFD [cm]	BCS [1-5]	LHS [1-5]	ML [l/d]	SCC ['000']	SCS [-]	Alter [d]
Rasse	DFV	2,07 ± 0,22 ^a	4,04 ± 0,21 ^a	1,25 ± 0,18 ^a	24,26 ± 4,38 ^b	132,72 ± 204,10	2,83 ± 0,58 ^a	1707,83 ± 74,99 ^a
	DH	1,32 ± 0,12 ^b	3,12 ± 0,11 ^b	1,52 ± 0,07 ^a	34,02 ± 2,54 ^a	271,60 ± 37,70	2,97 ± 0,11 ^a	1605,86 ± 36,81 ^a
	XMM	1,66 ± 0,21 ^{ab}	3,70 ± 0,21 ^a	1,38 ± 0,21 ^a	32,72 ± 3,65 ^a	193,67 ± 177,21	2,88 ± 0,50 ^a	1596,21 ± 76,96 ^a
MF	2	1,64 ± 0,17 ^a	3,66 ± 0,16 ^a	1,36 ± 0,12 ^a	27,18 ± 3,55 ^b	238,39 ± 102,15	3,11 ± 0,29 ^a	1611,92 ± 54,26 ^a
	3	1,73 ± 0,16 ^a	3,58 ± 0,15 ^a	1,40 ± 0,12 ^a	33,48 ± 3,12 ^a	160,27 ± 96,04	2,67 ± 0,27 ^b	1661,35 ± 53,47 ^a
LNR	1	1,55 ± 0,14 ^b	3,67 ± 0,13 ^a	1,09 ± 0,11 ^b	25,59 ± 2,99 ^c	103,84 ± 101,64	2,56 ± 0,29 ^{bc}	812,19 ± 46,97 ^e
	2	1,80 ± 0,15 ^a	3,73 ± 0,14 ^a	1,12 ± 0,12 ^b	28,84 ± 3,04 ^b	113,12 ± 106,77	2,35 ± 0,30 ^c	1179,20 ± 47,90 ^d
	3	1,71 ± 0,16 ^{ab}	3,59 ± 0,15 ^a	1,25 ± 0,14 ^b	33,11 ± 3,17 ^a	281,56 ± 121,56	3,02 ± 0,35 ^{ab}	1577,25 ± 53,05 ^c
	4	1,66 ± 0,16 ^{ab}	3,54 ± 0,15 ^a	1,62 ± 0,14 ^a	33,80 ± 3,26 ^a	202,12 ± 121,69	3,16 ± 0,35 ^a	1967,56 ± 54,20 ^b
	5	1,69 ± 0,16 ^{ab}	3,57 ± 0,15 ^a	1,81 ± 0,14 ^a	30,33 ± 3,18 ^{ab}	296,01 ± 127,43	3,38 ± 0,36 ^a	2646,96 ± 54,60 ^a

Unterschiedliche Superskripts bezeichnen die signifikanten Unterschiede ($p < 0,05$) in den jeweiligen Spalten innerhalb der Effekte. Die SCC-

Werte dienen nur zur Veranschaulichung der absoluten Größenordnungen. RFD=Rückenfettdicke; BCS=Body-Condition-Score;

LHS=Lahmheitsscore; ML=Milchleistung; SCC=somatrische Zellzahl; SCS=somatrische Zellscore; MF=Melkfrequenz; LNR=Laktationsnummer (1 – 4; ≥5); DFV=Deutsches Fleckvieh; DH=Deutsche Holsteins; XMM=Milchrassenkreuzstiere

Anhang: Modell Neuseeland (N)

Tabelle 48: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für die Rückenfettdicke (RFD) – Modell N

Effekt	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Rasse	3	347	3,51	0,0155
MF	1	347	13,59	0,0003
LNR	4	347	1,23	0,2966
LT x LT	1	347	0,00	0,9973

LNR=Laktationsnummer; MF=Melkfrequenz; LT=Laktationstag

Tabelle 49: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für den Body-Condition-Score (BCS) – Modell N

Effekt	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Rasse	3	347	2,06	0,1055
MF	1	347	8,92	0,003
LNR	4	347	0,38	0,826
LT x LT	1	347	0,01	0,9169

LNR=Laktationsnummer; MF=Melkfrequenz; LT=Laktationstag

Tabelle 50: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für den Lahmheitsscore (LHS) – Modell N

Effekt	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Rasse	3	347	0,69	0,5597
MF	1	347	2,69	0,1018
LNR	4	347	6,86	<0,0001
LT x LT	1	347	0,02	0,9016

LNR=Laktationsnummer; MF=Melkfrequenz; LT=Laktationstag

Tabelle 51: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für die Milchleistung (ML) – Modell N

Effekt	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Rasse	3	319	3,56	0,0146
MF	1	319	53,19	<0,0001
LNR	4	319	6,14	<0,0001
LT x LT	1	319	0,04	0,8373

LNR=Laktationsnummer; MF=Melkfrequenz; LT=Laktationstag

Tabelle 52: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für die somatische Zellzahl (SCC) – Modell N

Effekt	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Rasse	3	301	3,92	0,0091
MF	1	301	8,23	0,0044
LNR	4	301	1,31	0,268
LT x LT	1	301	0,39	0,5327

LNR=Laktationsnummer; MF=Melkfrequenz; LT=Laktationstag

Tabelle 53: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für den somatischen Zellscore (SCS) – Modell N

Effekt	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Rasse	3	301	1,98	0,117
MF	1	301	30,66	<0,0001
LNR	4	301	6,64	<0,0001
LT x LT	1	301	0,51	0,4748

LNR=Laktationsnummer; MF=Melkfrequenz; LT=Laktationstag

Tabelle 54: Varianzanalyse der fixen Effekte einschließlich Kovariable für das Alter – Modell N

Effekt	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Rasse	3	347	1,68	0,1717
MF	1	347	0,14	0,7054
LNR	4	347	690,1	<0,0001
LT x LT	1	347	0,33	0,5638

LNR=Laktationsnummer; MF=Melkfrequenz; LT=Laktationstag

Tabelle 55: Ergebnisse der Varianzanalyse für das Modell N (LSM ± SEE)

Effekt	Klasse	RFD [cm]	BCS [1-5]	LHS [1-5]	ML [l/d]	SCC ['000']	SCS [-]	Alter [d]
Rasse	HF	0,74 ± 0,07 ^b	2,79 ± 0,08 ^{ab}	1,26 ± 0,07 ^a	11,44 ± 1,50 ^a	211,01 ± 73,88	3,33 ± 0,38 ^{ab}	1557,57 ± 35,85 ^a
	Jersey	0,92 ± 0,00 ^a	2,90 ± 0,09 ^a	1,26 ± 0,08 ^a	8,81 ± 1,55 ^b	541,67 ± 89,08	3,59 ± 0,40 ^{ab}	1623,51 ± 44,59 ^a
	Kiwi Cross	0,73 ± 0,06 ^b	2,76 ± 0,07 ^b	1,18 ± 0,05 ^a	10,60 ± 1,44 ^a	252,74 ± 45,00	3,17 ± 0,34 ^b	1547,99 ± 25,09 ^a
	XMM	0,68 ± 0,07 ^b	2,73 ± 0,09 ^b	1,21 ± 0,08 ^a	11,20 ± 1,53 ^a	368,29 ± 81,10	3,64 ± 0,39 ^a	1616,72 ± 39,92 ^a
MF	1	0,88 ± 0,07 ^a	2,89 ± 0,08 ^a	1,17 ± 0,06 ^a	7,98 ± 1,52 ^b	443,90 ± 66,63	4,11 ± 0,38 ^a	1579,75 ± 33,34 ^a
	2	0,66 ± 0,06 ^b	2,70 ± 0,07 ^b	1,28 ± 0,05 ^a	13,04 ± 1,44 ^a	242,95 ± 40,55	2,76 ± 0,34 ^b	1593,14 ± 25,04 ^a
LNR	1	0,70 ± 0,06 ^b	2,77 ± 0,08 ^a	1,11 ± 0,06 ^b	8,80 ± 1,46 ^c	261,75 ± 51,07	2,85 ± 0,35 ^c	781,04 ± 30,32 ^e
	2	0,79 ± 0,07 ^{ab}	2,82 ± 0,08 ^a	1,14 ± 0,07 ^b	9,98 ± 1,49 ^b	316,75 ± 74,99	3,34 ± 0,37 ^b	1142,15 ± 36,57 ^d
	3	0,76 ± 0,07 ^{ab}	2,75 ± 0,08 ^a	1,26 ± 0,08 ^b	10,84 ± 1,51 ^{ab}	288,16 ± 78,84	3,29 ± 0,38 ^{bc}	1492,59 ± 39,40 ^c
	4	0,80 ± 0,08 ^{ab}	2,81 ± 0,09 ^a	1,19 ± 0,09 ^b	11,62 ± 1,61 ^{ab}	427,96 ± 109,5	3,76 ± 0,43 ^{ab}	1858,86 ± 48,99 ^b
	5	0,81 ± 0,06 ^a	2,80 ± 0,08 ^a	1,45 ± 0,06 ^a	11,31 ± 1,48 ^a	422,51 ± 67,83	3,91 ± 0,36 ^a	2657,61 ± 32,27 ^a

Unterschiedliche Superskripts bezeichnen die signifikanten Unterschiede ($p < 0,05$) in den jeweiligen Spalten innerhalb der Effekte. Die SCC-

Werte dienen nur zur Veranschaulichung der absoluten Größenordnungen. RFD=Rückenfeddicke; BCS=Body-Condition-Score;

LHS=Lahmheitscore; ML=Milchleistung; SCC=somatische Zellzahl; SCS=somatische Zellscore; MF=Melkfrequenz;

LNR=Laktationsnummer (1 – 4; ≥5); HF=Holstein Friesian; J=Jersey; XMM=Milchrassenkreuzstiere

Anhang: Beziehungen zwischen den Parametern

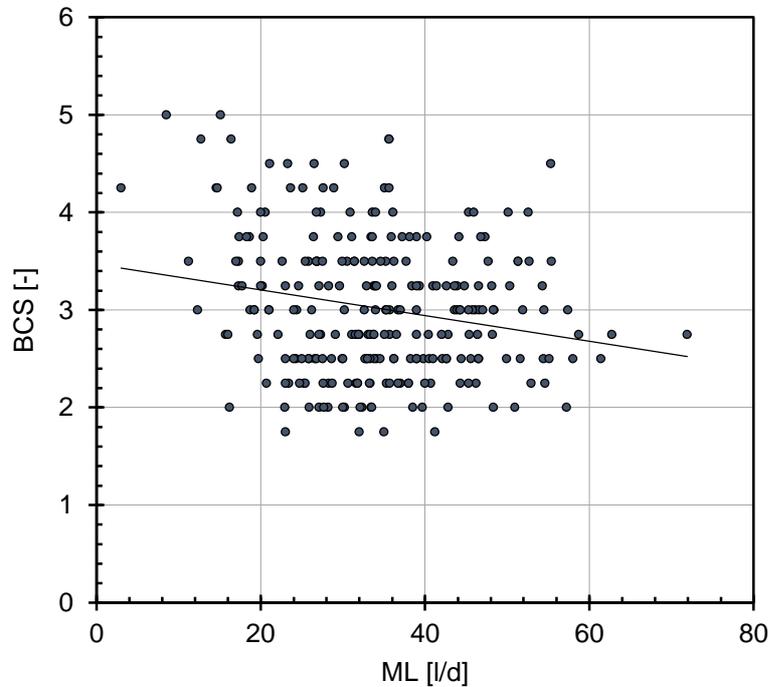


Abb. 53: Beziehung zwischen Body-Condition-Score (BCS) und Milchleistung (ML) in Deutschland (•); nur Deutsche Holsteins
($y = -0,0132x + 3,4692$; $R^2 = 0,0432$; $RMSE = 0,69$)

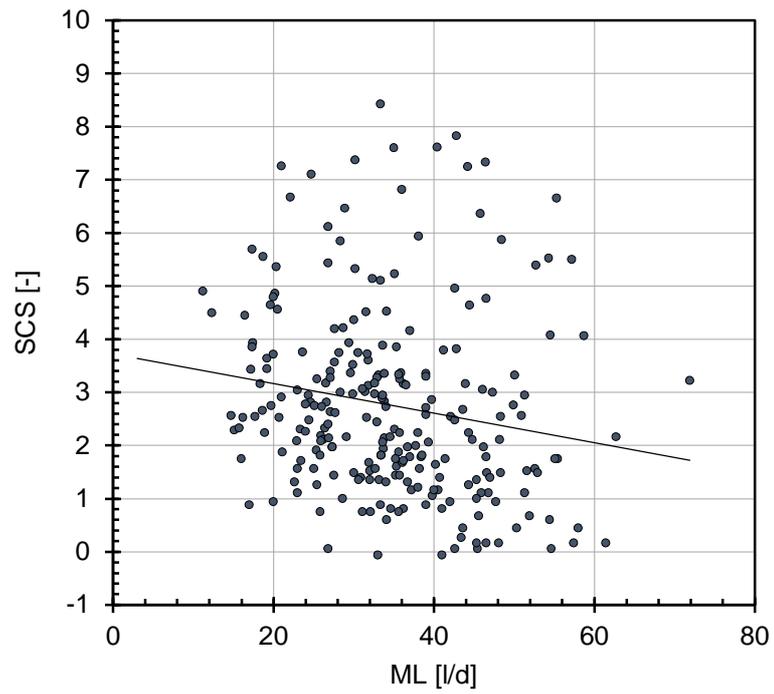


Abb. 54: Beziehung zwischen somatischem Zellscore (SCS) und Milchleistung (ML) in Deutschland (•); nur Deutsche Holsteins

Danksagung

An erster Stelle gilt mein Dank meinem Doktorvater Herrn Prof. Armin M. Scholz für die interessante Themenstellung, die Betreuung dieser Arbeit, die freundliche Hilfe und kontinuierliche Unterstützung sowie die bereichernden, konstruktiven Gespräche. Besonders bedanken möchte ich mich bei ihm für seine Geduld, sein stets offenes Ohr für alle Fragen und für seine motivierende, positive, fordernde und fördernde Art.

Herzlichen Dank allen neuseeländischen und deutschen Landwirten, ohne deren Hilfe diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Ich danke ihnen, dass sie mir ihre Daten, ihre Tiere sowie ihre Zeit zur Verfügung gestellt haben und bei allen Fragen behilflich waren.

Die Datenerhebungen bei den Landwirten in Deutschland und Neuseeland wurde mit Hilfe der großzügigen Unterstützung durch das Stipendium aus dem Karl Heinz Kurtze Nachlass der Ludwig-Maximilians-Universität München sowie dem Carl Duisberg Stipendium der Bayer AG ermöglicht. Dafür möchte ich mich herzlich bedanken.

Frau Prof. Maren Bernau gilt mein Dank für die fachliche Unterstützung vor allem in der Planungsphase der Dissertation. Ich danke ihr, dass sie mir jederzeit mit Rat und Tat zur Seite stand.

Allen Mitarbeitern des Lehr- und Versuchsguts Oberschleißheim, insbesondere Deise Knob, Anna Weigand, Dr. Stefan Nüske, Richard Bätz und Christa Gurgui danke ich für die schönen Pausen zwischendurch, die seelische Unterstützung und Rücksicht bei der Dienstplanung besonders in der letzten Phase der Dissertation. Ihr seid prima!

Bei meiner Freundin Lisa möchte ich mich herzlich für die fachlichen Gespräche, Ratschläge und Anmerkungen bedanken, die mir beim Feinschliff meiner Arbeit sehr geholfen haben.

An dieser Stelle möchte ich mich bei meiner Familie bedanken. Mein besonderer Dank gilt meinen Eltern Werner und Regine Deuschle, die mir meinen Kindheitstraum erfüllt und das Tiermedizinstudium ermöglicht haben. Ein großer Dank gilt auch meinem Bruder Friedemann, der als Landwirt mit Rat und Tat eine großartige Hilfe war. Allen, auch meinen Schwestern Mirjam und Tabea, danke ich für die Gebete, die Motivation und Unterstützung sowie das stets offene Ohr. Was für ein Privileg, Teil dieser Familie zu sein!

Ein extra großer Dank gilt meinem treuen Ehemann Fabian, der zu jeder Uhrzeit, unermüdlich und mit großer Geduld, Liebe und Know-How bei Word- und Excel-Fragen zur Seite stand. Du bist der Beste!