

**Aus der Klinik für Klauentiere
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin**

**Zusammenhang zwischen der Milcheinsatzleistung
und der Tiergesundheit von Holstein-Friesian Kühen**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der
Freien Universität Berlin**

**vorgelegt von
Franka Pauly, geb. Rathenow
Tierärztin aus Berlin**

**Berlin 2021
Journal-Nr.: 4275**

**Aus der Klinik für Klauentiere
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin**

**Zusammenhang zwischen der Milcheinsatzleistung und der Tiergesundheit von
Holstein-Friesian Kühen**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der
Freien Universität Berlin**

vorgelegt von

Franka Pauly, geb. Rathenow

Tierärztin

aus Berlin

Berlin 2021

Journal-Nr.: 4275

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Jürgen Zentek
Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Rudolf Staufenbiel
Zweiter Gutachter: Prof. Dr. Holger Martens
Dritter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Thomas Alter

Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):
Cows, Holstein-Friesian, milk yield, milk production, lactation duration

Tag der Promotion: 19.05.2021

Bibliografische Information der *Deutschen Nationalbibliothek*

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<https://dnb.de>> abrufbar.

ISBN: 978-3-96729-115-5

Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2021

Dissertation, Freie Universität Berlin

D188

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen, usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

This document is protected by copyright law.

No part of this document may be reproduced in any form by any means without prior written authorization of the publisher.

alle Rechte vorbehalten | all rights reserved

© Mensch und Buch Verlag 2021

Choriner Str. 85 - 10119 Berlin

verlag@menschundbuch.de – www.menschundbuch.de

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis	VII
1. Einleitung	1
2. Literatur	3
2.1. Physiologie der Milchbildung	3
2.1.1. Aufbau und Wachstum der Milchdrüse	3
2.1.1.1. Aufbau	3
2.1.1.2. Mammogenese	5
2.1.1.3. Laktogenese und Kolostragenese	7
2.1.1.4. Galaktopoese	9
2.1.1.5. Laktationskurve	12
2.1.1.6. Involution	14
2.2. Beeinflussung der Höhe der Milcheinsatzleistung	16
2.2.1. Einleitung	16
2.2.2. Genetik	17
2.2.3. Herdenmanagement	18
2.2.4. Trockenstellen	19
2.2.5. Durchmelken	20
2.2.6. Körperkondition und Vorbereitungsphase	21
2.2.7. Laktationszahl und Alter	23
2.2.8. Melkfrequenz	24
2.2.9. Supplementierung von nicht-essenziellen Futterzusatzstoffen	25
2.2.10. Einsatz von Hormonen	27
2.2.11. Einsatz von Medikamenten	28
2.2.12. Tageslichtlänge und klimatischer Einfluss	29
2.2.13. Kuhkomfort	30
2.2.14. Kombination verschiedener Methoden	31
2.3. Einfluss der Milchleistung auf die Gesundheit	31
2.3.1. Einleitung	31

2.3.2. Erkrankungen des Reproduktionstraktes	33
2.3.3. Klinische Mastitis.....	34
2.3.4. Klauenerkrankungen	34
2.3.5. Stoffwechselerkrankungen.....	35
2.3.6. Verdauungsstörungen.....	35
2.3.7. Abgänge und deren Ursachen	35
3. Material und Methoden	37
3.1. Betriebsmanagement und Tierhaltung.....	37
3.1.1. Betrieb.....	37
3.1.2. Herde	37
3.1.3. Fütterung.....	38
3.1.4. Transitphase	39
3.1.5. Datenmanagement.....	39
3.1.5.1. Milchmengen	39
3.1.5.2. Laktationskurven	41
3.1.5.3. Tiergesundheit.....	43
3.1.5.4. Fruchtbarkeit.....	45
3.2. Statistische Auswertung	45
3.2.1. Deskriptive Statistik.....	45
3.2.2. Analytische Statistik	45
3.2.2.1. Spearman-Rho-Korrelation.....	45
3.2.2.2. Logistische Regression	46
3.2.2.3. Kreuztabellen und Chi-Quadrat-Test.....	46
3.2.2.4. ANOVA/Kruskal-Wallis-Test	46
4. Ergebnisse	47
4.1. Herdenleistungen.....	47
4.2. Fütterung	50
4.2.1. Deskriptive Statistik.....	50
4.2.2. Analytische Statistik	54

4.3. Laktationskurven.....	56
4.3.1. Kurvenverlauf	56
4.3.2. Persistenz	58
4.4. Milchtagesleistungen	59
4.4.1. Deskriptive Statistik.....	59
4.4.2. Analytische Statistik	61
4.5. Milchwochenleistungen.....	65
4.5.1. Deskriptive Statistik.....	65
4.5.2. Analytische Statistik	68
4.6. Peakleistungen	70
4.7. Einflüsse auf die Einsatzleistung	71
4.7.1. Deskriptive Statistik.....	71
4.7.2. Analytische Statistik	73
4.8. Reproduktionsleistung	75
4.8.1. Deskriptive Statistik.....	75
4.8.2. Analytische Statistik	77
4.9. Erkrankungen	80
4.9.1. Deskriptive Statistik.....	80
4.9.1.1. Übersicht	80
4.9.1.2. Klauenerkrankungen	81
4.9.1.3. Weitere Erkrankungen.....	82
4.9.2. Analytische Statistik	82
4.10. Abgänge	91
4.10.1. Deskriptive Statistik.....	91
4.10.2. Analytische Statistik	92
5. Diskussion	97
5.1. Material und Methoden	97
5.2. Herdenleistung allgemein	97
5.2.1. Fütterung.....	97

5.2.2. Milchleistung	98
5.2.2.1. Gesamtmilchleistung	98
5.2.2.2. Startleistung.....	99
5.2.2.3. Einsatzleistung	99
5.2.3. Reproduktionsleistung.....	100
5.2.4. Gesundheit.....	101
5.2.5. Abgänge.....	102
5.3. Einflüsse auf die Einsatzleistung	103
5.3.1. Laktationsnummer.....	103
5.3.2. Vorlaktationsparameter	103
5.3.3. Herdenmanagement	104
5.4. Milchleistung und Gesundheit.....	105
5.5. Laktationskurve als Tool für das Herdenmanagement	106
5.5.1. Milchleistung	106
5.5.2. Erkrankungen.....	107
5.5.3. Abgänge.....	108
5.6. Ausblick	109
6. Schlussfolgerungen.....	111
6.1. Milchstart- und -einsatzleistung sowie Gesamtmilchleistung.....	111
6.2. Milchleistung und Gesundheit.....	111
6.3. Laktationskurve als Tool für das Herdenmanagement	112
7. Zusammenfassung.....	113
8. Summary	115
9. Literaturverzeichnis	117
Abbildungsverzeichnis	IX
Tabellenverzeichnis	XI
Danksagung.....	XIV
Selbstständigkeitserklärung	XV

Abkürzungsverzeichnis

a.p.	ante partum
β	Koeffizient (log. Regression)
BCS	Body Condition Score
bLF	bovines Lactoferrin
bST	bovines Somatotropin
d	Tag
DNS	Desoxyribonukleinsäure
ECM	extrazelluläre Matrix
EGF	epidermal growth factor
EL	Einsatzleistung
FCM	fat corrected milk
FFS	freie Fettsäuren
FGF	fibroblast growth factor
FIL	feedback inhibitor of lactation
GH	growth hormone
GnRH	gonadotropin releasing hormone
IGF	insulin-like growth factor
IGFBP	insulin-like growth factor binding proteins
IgG	Immunglobulin G
i.m.	intramuskulär
ITB	Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung
i.Tr.	in Trockenmasse
i.v.	intravenös
k.A.	keine Angabe
KbE	Kolonie-bildende Einheiten
LKV	Landeskontrollverband

LN	Laktationsnummer
LT	Laktationstag
LW	Laktationswoche
MF	Melkfrequenz
MLP	Milchleistungsprüfung
MMP	Matrix-Metalloproteinasen
NEB	negative Energiebilanz
NEL	Netto-Energie-Laktation
OR	Odds Ratio
p	statistische Signifikanz
PIC	proinflammatorische Zytokine
p.p.	post partum
rbST	rekombinantes bovines Somatotropin
RER	raues endoplasmatisches Retikulum
RFD	Rückenfettdicke
SE	Standardfehler
STH	somatotropes Hormon
TGF	transforming growth factor
TIMP	tissue inhibitor of metalloproteinases
TL	Tage-Leistung
TM	Trockenmasse
TMR	totale Mischration
TRH	thyrotropin releasing hormone
TS	Trockenstellen
TU	Trächtigkeitsuntersuchung
VL	Vorlaktation
Wo.	Woche

1. Einleitung

Eine effiziente Kuhmilchproduktion hat nicht nur in Deutschland einen hohen Stellenwert. Aus ökonomischen Gründen streben die Betriebe eine möglichst hohe Milchproduktion mit gesunden Tieren an, stehen dabei aber vor großen Herausforderungen. Im Zuge der Leistungsoptimierung treten Probleme wie höhere Erkrankungsraten und eine schlechtere Fruchtbarkeit auf (Breves, 2000; Rudolphi, 2012a). Die dadurch entstehenden Kosten und Produktionseinbußen dürfen dabei den eigentlichen Produktionswert nicht übersteigen, da die Betriebe sonst der wirtschaftliche Ruin erwartet.

Grundsätzlich besteht Einigkeit darüber, dass das Herdenmanagement zum Erreichen von Spitzenleistungen angepasst und optimiert werden muss (Rudolphi, 2012b). Hier gilt es, die richtigen Mittel und Wege zu finden und zu kombinieren. Aus diesem Grund wird in der vorliegenden Arbeit einführnd der aktuelle Stand der Wissenschaft erläutert und beschrieben, welche Faktoren die Milchbildung beeinflussen. Der Start jeder Laktation nimmt hierbei eine Schlüsselposition ein (Rossow, 2003).

In der Fachliteratur werden bei der Beschreibung des ersten Laktationsabschnitts immer wieder Termini wie Startleistung und Einsatzleistung benutzt. Für diese Begriffe wurden bisher jedoch noch keine offiziellen Definitionen etabliert, teilweise werden sie sogar synonym verwendet (Boldt und Martin, 2012; Krostitz, 2011; Losand, 2009; Nydegger et al., 2004; Römer, 2011; Schwerin, 2009; Wangler et al., 2009). Dies erschwert es, Studienergebnisse und Aussagen zu diesen Laktationsabschnitten miteinander zu vergleichen. Um Abhilfe zu schaffen, hat Bachstein (2016) jüngst eine Definition vorgeschlagen. So wird die Einsatzleistung als die Milchmenge der ersten 50 Laktationstage festgelegt. Für die Startleistung gibt es bisher keinen offiziellen Vorschlag. Hier setzt diese Thesis an.

Zur Optimierung der individuellen und Herdenleistung ist eine konkrete Steuerung der Laktationsabschnitte nötig. Dies wird in erster Linie über Fütterung, Gesundheitskontrolle, Melkvorgang und Fruchtbarkeitsmanagement realisiert (Rossow, 2003; Sanftleben, 2009). Hierfür benötigen die Landwirte sichere und objektive Parameter, die das weitere Vorgehen in jeder Phase bestimmen. Einer dieser Parameter ist die Milchleistung selbst. Die Daten werden in deutschen Milcherzeugerbetrieben täglich routinemäßig erfasst und bereits teilweise als Managementtool genutzt. Derzeit werden hier in der Regel aber vor allem die Milchhaltsstoffe und die Gesamtmilchleistung betrachtet (Innovationsteam Milch Hessen, 2005).

So steht zur Diskussion, inwiefern die Milchleistung der ersten Laktationstage die Gesamtmilchleistung beeinflusst. Denn die Steuerung der Tiergesundheit könnte postpartal verbessert werden, wenn die Kühe eine geringere Start- bzw. Einsatzleistung als die höchstmögliche hätten. Ein weiterer Forschungsansatz betrifft die Fruchtbarkeitssteuerung, und zwar im Speziellen die Vorhersage des optimalen Erstbesamungszeitpunktes. Ist zum üblichen Zeitpunkt zwischen der 7. und 9. Laktationswoche absehbar, dass die Kuh ein sehr hohes Leistungspotenzial besitzt, können die freiwillige Wartezeit und Rastzeit verlängert werden. So wird das Trockenstellen nach hinten geschoben und die aktuelle Laktation länger genutzt. Zudem können die Besamungsergebnisse verbessert und somit der Einsatz von Hormonen zur Steigerung der Fruchtbarkeit verringert werden, da sehr leistungsstarke Kühe nach kürzeren Rastzeiten häufig schlechter aufnehmen (Rudolphi, 2012c). Ein weiterer Vorteil ist die geringere Erzeugung von (vor allem Bull-) Kälbern (Kaske et al., 2019).

Wie einleitend bereits angemerkt, ist die Vereinbarung von immer weiter steigender Milchleistung und Tiergesundheit seit längerem Gegenstand vieler öffentlichkeitswirksamer Diskussionen. Oft wird vor allem in populärwissenschaftlichen Artikeln und Beiträgen das Bild gezeichnet, dass die Kühe ausgenutzt und krankgezüchtet werden (Anthes und Verheyen, 2015; Arbinger, 2014; Busse, 2015; Kainz, 2020). Und auch in der Fachwelt ist das Thema umstritten und wird gegensätzlich dargelegt (Brade, 2015; Martens, 2016; Menn, 2017).

Zum Aufarbeiten dieser Thematik werden die erfassten Daten zu Milchleistung und Tiergesundheit deshalb auch dahingehend ausgewertet, welche Leistungsgruppen gesünder leben. Hierfür werden die verschiedenen Milchmengen, Fütterungs- und Fruchtbarkeitskennzahlen sowie Gesundheits- und Abgangszahlen in Relation zueinander gesetzt.

Weiterhin wird untersucht, ob der Verlauf der tierindividuellen, unbearbeiteten Laktationskurven der ersten 100 Laktationstage als Werkzeug für das Herdenmanagement genutzt werden kann. Denn dass der Kurvenverlauf von vielen Faktoren beeinflusst wird, ist allgemein bekannt (Macciotta et al., 2011; Rossow, 2003). Aufgearbeitet werden soll hier die Fragestellung des Zusammenhangs von Kurvenverlauf und Reproduktions-, Gesundheits- und Abgangsdaten. Fraglich sind hierbei jedoch Ursache und Wirkung von Milchleistungseinbußen. Bisher weisen verschiedene Untersuchungen und Kenntnisse über die pathophysiologischen Vorgänge bei Erkrankungen eher darauf hin, dass Leistungseinbrüche dem Krankheitsereignis folgen und nicht umgekehrt (Hostens et al., 2012; Rudolphi, 2012a).

2. Literatur

Seit einiger Zeit beschäftigen sich wissenschaftliche Forschungsgruppen mit dem bovinen Euter sowie dem Konsum von Kuhmilch, um das Entstehen von humanem Brustkrebs zu ergründen und Therapiemöglichkeiten zu entwickeln (Duarte et al., 2011; Motyl et al., 2006; Parodi, 2005; Ren et al., 2019; Xia et al., 2016; Zhao et al., 2010; Zur Hausen und De Villiers, 2015). Die Steuerung und der genaue Ablauf der Milchproduktion stehen heutzutage eher im Hintergrund (Akers, 2006). Ein kleinerer Fachkreis von Veterinärmedizinern und Agrarwissenschaftlern befasst sich seit längerem damit, welche Grenzen die Milchproduktion hat und ob noch größere Milchmengenenerträge möglich sind (Engelhard und Zarwel, 2013; Römer, 2011; Rudolphi, 2012b; Wangler und Harms, 2009).

2.1. Physiologie der Milchbildung

Die Entwicklung und Funktion der Milchdrüse von Säugetieren werden in verschiedene Stadien unterteilt. Am Anfang steht die Mammogenese als die morphologische Entwicklung und Ausdifferenzierung der Milchdrüse ohne Sekretion. Um den Zeitpunkt der Geburt wird die Laktogenese, also die Milchsynthese und -sekretion, in Gang gesetzt. An ihrem Anfang steht die Bildung der antikörperreichen Biestmilch (Kolostrogenerese). Die Aufrechterhaltung der Laktation wird als Galaktopoese bezeichnet und geht mit der Milchspeicherung und -ejektion einher. Das Ende der Laktation wird durch die Involution der Milchdrüse charakterisiert, bei der die Laktozyten untergehen bzw. inaktiviert werden (Bruckmaier und Mammon, 2015).

Die verschiedenen Stadien der Euterentwicklung werden durch signifikante morphologische und funktionale Umbrüche gekennzeichnet. Während der Mammogenese überwiegen proliferative Vorgänge. Die Laktogenese wird bestimmt von Differenzierungsprozessen und die Galaktopoese wird dominiert von ausgiebiger Sekretion. In der Phase der Involution wird das milchbildende Gewebe zwischen den Laktationen umgebaut und erneuert oder abgebaut (Sinowatz et al., 2006). Reguliert werden diese Vorgänge durch eine Vielzahl von Hormonen, wobei Mammogenese und Laktogenese überwiegend durch Reproduktionshormone und Galaktopoese und Involution vorwiegend durch Stoffwechselformone gesteuert werden (Bruckmaier und Mammon, 2015).

2.1.1. Aufbau und Wachstum der Milchdrüse

2.1.1.1. Aufbau

Die Milchdrüse ist eine modifizierte Schweißdrüse. Für die Milchproduktion zuständig, besteht jedes der bovinen Euterviertel aus einem Drüsenkörper und einer Zitze und somit diversen verschiedenen Zellen und Geweben (Budras und Wünsche, 2002; Koch, 1956).

Der Aufhängeapparat des Euters besteht aus Bindegewebe. Er gibt ihm an der ventralen Bauchdecke halt, schließt das Drüsengewebe ein und grenzt die Viertel voneinander ab. Zwischen den Drüsen befindet sich ein Hohlraumsystem mit Zisternen, Milchgängen und abschließenden Alveolen, der kleinsten Speichereinheit für Milch (Bruckmaier und Mammon, 2015). Die Alveolenwand besteht aus einer Basalmembran, den myoepithelialen Korbzellen und den Alveolarepithelzellen (Laktozyten), dem eigentlichen Drüsengewebe. Die apokrinen Drüsenzellen bilden kontinuierlich die Milchhaltsstoffe Milchfett, Milcheiweiß und Milchzucker in ihren Organellen (Koch, 1956; Michel, 1994).

2.1.1.1.1. Somatische mammäre Stammzellen

Neuere Studien belegen anhand von Zellkulturen und immunhistochemischen Färbeverfahren, dass verschiedene somatische Stammzellen im bovinen Euter vorhanden sind, vermutlich über den gesamten Lebenszyklus der Milchdrüse hinweg (Cravero et al., 2014). Stammzellen sind als multipotente, teilweise differenzierte Zellen mit einer Kapazität zur Selbsterneuerung durch Teilung definiert. Adulte bzw. somatische bovine mammäre Stammzellen sind langlebige, meist langsam replizierende, epitheliale Zellen des Euters, die neue Stamm- und Progenitorzellen generieren und somit einen Stammzell-Pool erhalten. Sie befinden sich in einer Art Ruhezustand und beginnen, vermehrt zu proliferieren. Hierzu werden sie durch den einsetzenden Sexualzyklus oder eine Trächtigkeit angeregt. Während dieses Vorgangs differenzieren sich die Vorläufer- zu Epithel- und Myoepithelzellen (*Abbildung 1*).

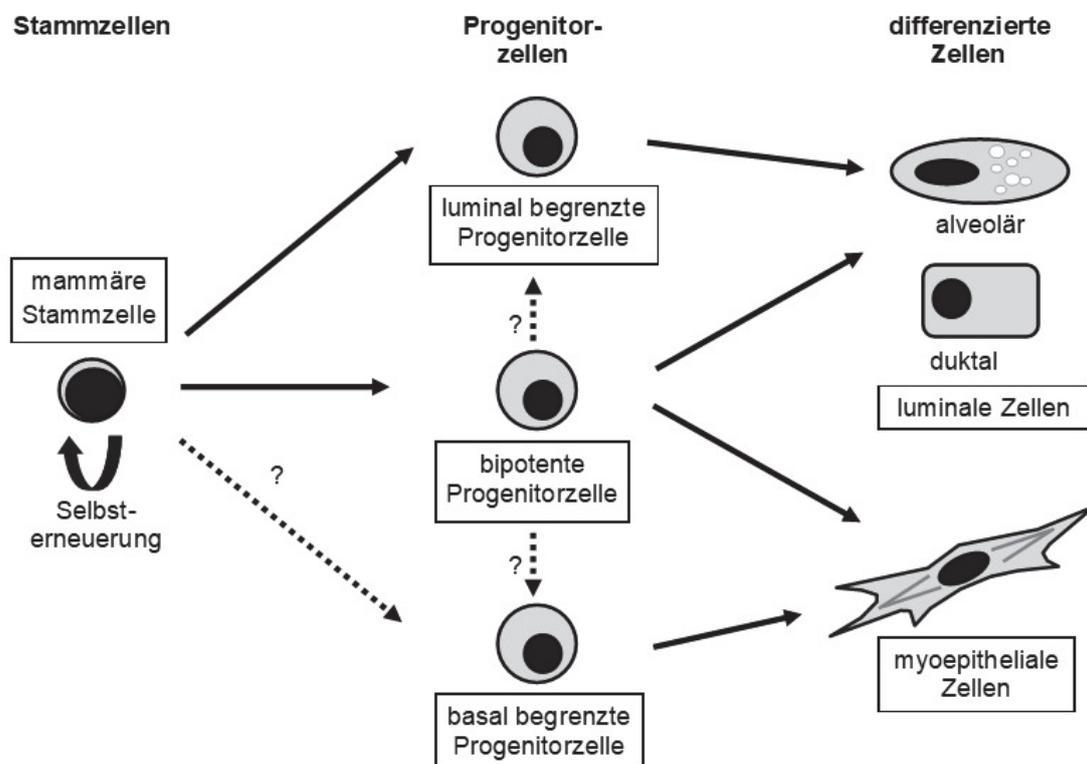


Abbildung 1: Schematische Darstellung der angenommenen Hierarchie mammärer Epithelzellen der bovinen Milchdrüse. Modifiziert nach Borena et al. (2013) und Rauner and Barash (2012)

Dies ist erforderlich, um die Drüsenzellpopulation vorbereitend auf die nahende Laktation zu vermehren und seneszente Zellen zu ersetzen. Im Unterschied dazu gibt es pluripotente embryonale Stammzellen, die sich replizieren und in Zellen aller drei Keimblätter, also Ektoderm, Mesoderm und Entoderm, differenzieren können (Borena et al., 2013; Capuco et al., 2012; Cravero et al., 2014; Martignani et al., 2014; U.S. Department of Health and Human Services, 2016).

In vitro kann die Existenz verschiedener Progenitorzelltypen anhand von morphologisch unterschiedlichen, angezüchteten Zellkolonien mit einer klaren Hierarchie nachgewiesen werden (Martignani et al., 2009). Anteilig an den Euterepithelzellen machen die mammären Stammzellen unter 1 % aus und befinden sich überwiegend in basalen oder suprabasalen Epithelzellschichten innerhalb der Milchdrüse. Zudem sind sie größtenteils Östrogenrezeptor-negativ (Capuco et al., 2012).

Aufgrund ihrer wichtigen Rolle sind sie potentielle Ziele zur Effizienzsteigerung der Produktion im Hinblick auf Milchleistung, Persistenz, Management der Trockenstehperiode und Reparatur von geschädigtem Gewebe (Capuco et al., 2012). So zeigen Studien bei Kälbern, dass sich die Aktivität der bovinen mammären Stammzellen in vivo durch eine intramammäre Infusion mit Xanthosin erhöht (Capuco et al., 2009). Auch in vitro kann der proliferative Effekt nachgewiesen werden. Xanthosin fördert die symmetrische Zellteilung durch Unterdrückung der Expression des Promotorgens p53, welches die asymmetrische Zellteilung begünstigt. Die symmetrische Zellteilung lässt zwei Stammzellen entstehen und bewirkt somit eine Vermehrung der Zellpopulation. Teilt sich eine Stammzelle asymmetrisch entstehen eine Stammzelle und eine sich weiterdifferenzierende Progenitorzelle – die Stammzellpopulation bleibt somit gleich groß (Choudhary und Capuco, 2012).

2.1.1.2. Mammogenese

Die funktionale Entwicklung der Milchdrüse, die Mammogenese, beginnt bereits im Embryonalstadium des Rindes unter dem Einfluss von Östrogen und Progesteron (Lamote et al., 2004) sowie Prolactin, Cortisol, Schilddrüsenhormonen und Faktoren der somatotropen Achse (Bruckmaier und Mammon, 2015). Zur Geburt ist das nicht-epitheliale Gewebe fast vollständig entwickelt. Der epitheliale Anteil ist zu diesem Zeitpunkt nur rudimentär vorhanden und die Alveolen sind nicht entwickelt (Sejrsen, 1994). Ausgebildet sind daher die Anlagen für Zitzen, Zisternenhohlräume und Milchgänge (Bruckmaier und Mammon, 2015). Auch sind bei dreimonatigen Kälbern noch keine Myoepithelzellen in den distalen duktalem Verzweigungen nachweisbar. Sie bilden sich wahrscheinlich zu einem späteren Zeitpunkt aus epithelialen Zelllinien (Capuco et al., 2002).

Ab dem 2. bis 3. Lebensmonat beginnt die Milchdrüse, schneller zu wachsen (Sinha und Tucker, 1969). Sie differenziert sich im weiteren Verlauf kontinuierlich weiter, wobei sie einen enormen Wachstumsschub in der Pubertät durch den steigenden Sexualsteroidspiegel erfährt (Bruckmaier und Mammon, 2015). Bei nicht-tragenden Färsen schließlich besteht die Milchdrüse überwiegend aus reifem Fettgewebe und kleinen Gruppen duktaler Strukturen (*Tabelle 1*). Diese sind luminal mit zweilagigem kubischem Drüsenepithel und einer myoepithelialen Basalschicht ausgekleidet und von mehreren kondensierten Bindegewebsschichten umgeben (Sinowatz et al., 2006).

Tabelle 1: Prozentuale Gewebezusammensetzung der bovinen Milchdrüse in verschiedenen Entwicklungsstadien

Entwicklungs- stadium	epitheliale Zellen %	Binde- gewebe %	Fett- gewebe %	Lumen %	Autor
Juvenilität	1	40 – 50	40 – 50	-	Sinha und Tucker (1969)
Pubertät	10 – 20	40 – 50	30 – 40	-	Sejrsen et al. (1982)
Laktation	40 – 50	40	< 1	15 – 20	Harrison et al. (1983)
	74	20	k.A. ^a	k.A.	Capuco et al. (1997)

^a keine Angabe

Die mammären Epithelzellen kommen somit nie in direkten Kontakt mit den Platzhalterfettzellen, anders als es zum Beispiel bei murinen Milchdrüsen der Fall ist (Martignani et al., 2014). Das Wachstum von lockerem Bindegewebe, die zunehmende Verzweigung der Epithelzellen und die duktale Kavitation sind aufeinander abgestimmte und gleichzeitig stattfindende Prozesse. Sie münden in baumartigen Strukturen in den Regionen, die als terminale duktale lobuläre Einheiten bezeichnet werden (Martignani et al., 2014). Es gibt Hinweise, dass das umgebende mammäre Fettgewebe neben der Platzhalterfunktion wichtige Funktionen der Mammogenese steuert. Unter hormonellem und epithelialelem Einfluss von Adipozyten freigesetzte Fettsäuren haben direkten Einfluss auf die Zellproliferation und modellieren die Ansprechbarkeit auf andere wachstumsregulierende Moleküle (Hovey et al., 1999; Knight und Peaker, 1982). Hierzu zählen verschiedene Steroid- und Wachstumshormone (Growth hormones), Wachstumsfaktoren (Growth factors) wie Insulin-like growth factor (IGF-I und -II), Epidermal growth factor (EGF), Transforming growth factors (TGFs) und Fibroblast growth factors (FGFs) und auch Wachstumsinhibitoren (Growth inhibitors) (Akers, 1990), Schilddrüsenhormone, Insulin und Glukokortikosteroide.

In der Pubertät und noch stärker während der Gravidität bilden sich unter dem Einfluss der Steroidhormone Östrogen (vor allem Estrogen 2) und Progesteron die Alveolen an, wobei die erhöhte Progesteronkonzentration gleichzeitig für eine Unterdrückung der Milchbildung verantwortlich ist. Die Alveolen vermehren sich und verdrängen somit das im Euter liegende Platzhalterfettgewebe (*Tabelle 1*) (Bruckmaier und Mammon, 2015; Michel, 1994). Die

überwiegende Mehrheit der lobulo-alveolären Entwicklung findet während der ersten Trächtigkeit statt (Knight und Peaker, 1982).

2.1.1.2.1. Östrogen und Progesteron

Steroidhormone wie Östrogen werden in den Ovarien gebildet. Östrogene fördern in Zusammenarbeit mit verschiedenen Gestagenen wie Progesteron die Entwicklung des Gangsystems und die lobulo-alveoläre Ausreifung der Milchdrüse. So wird die Prolactinausschüttung aus der Hypophyse stimuliert und die Mammaepithel-Stammzellen werden für die Prolactin- und Lactogenwirkung sensibilisiert (Michel, 1994; Schams, 1994).

Die Entwicklung von Zitzen und Milchgangsystem während der Mammogenese wird vor allem durch Östrogene gesteuert. Das im Gelbkörper gebildete Gestagen Progesteron hingegen kontrolliert primär das Wachstum der Alveolen und Laktozyten (Bruckmaier und Mammon, 2015).

2.1.1.2.2. Fütterung während der Wachstumsphase

Ob und wie die Fütterung in der Wachstumsphase Einfluss auf die spätere Milchleistung hat, ist umstritten.

Einige Autoren berichten, dass sowohl eine Über- als auch eine Unterernährung negative Auswirkungen haben (Knight und Peaker, 1982). Eine schnelle fütterungsbedingte Körpermassezunahme über 600 bis 700 g/Tag ab dem 3. Lebensmonat bis zur Pubertät führt demnach zu einer reduzierten Ausbildung des Euters. Färsen mit einem hohen BCS bzw. größerer Rückenfettdicke entwickeln fettreichere Milchdrüsen mit weniger lobulo-alveolärem Gewebe und haben somit ein geringeres Milchleistungspotenzial. Bei Kälbern mit einer Lebendmasse von bis zu 90 kg sowie bei Kühen nach der Pubertät scheint das Fütterungslevel das Milchdrüsenwachstum nicht zu beeinflussen (Sejrsen und Purup, 1997; Sejrsen et al., 2000).

Andere Autoren können diese Beobachtungen nicht bestätigen. Capuco et al. (1995) belegen zwar mit einer Studie, dass Färsen mit höherer Energiezufuhr mehr Fett in der Milchdrüse einlagern. Aber im Vergleich zur restriktiv gefütterten Gruppe besitzen sie die gleiche Anzahl an Drüsenepithel. Die Milchleistungen der verschiedenen Fütterungsgruppen sind somit vergleichbar. Auch Gardner et al. (1988) und Van Amburgh et al. (1998) können keinen signifikanten Unterschied in der Milchleistung der verschieden gefütterten vorpubertären Gruppen feststellen.

2.1.1.3. Laktogenese und Kolostrogenese

Die eigentliche Milchbildung beginnt mit der ersten geringfügigen Sekretion etwa ab der zweiten Hälfte der ersten Trächtigkeit und zum Ende jeder weiteren Gravidität. Der erste Teil der Laktogenese besteht dabei vor allem aus einer zytologischen und enzymatischen

Ausdifferenzierung der Laktozyten durch eine hohe Progesteron- und niedrige Prolactinkonzentration. Die laktogene Wirkung wird in dieser Phase vor allem durch fetale Glukokortikoide vermittelt (Bruckmaier und Mammon, 2015). Circa vier Wochen vor dem Abkalben gelangen zunehmend Immunglobuline in die Alveolen und werden dort gespeichert (Michel, 1994). Durch das Absinken von Progesteron und die verstärkte Freisetzung von Prolactin beginnt kurz vor der Geburt die Synthese der spezifischen Milchinhaltsstoffe (Bruckmaier und Mammon, 2015). Das Drüsengewebe geht von einem nicht-sekretorischen in einen sekretorischen Zustand über (Tucker, 1981).

Die in den ersten drei bis fünf Tagen nach dem Abkalben ermelkbare, vermehrt antikörper- und mineralstoffhaltige Milch wird gesetzlich als Kolostrum definiert (Europäische Kommission, 2006). Es dient beim Rind zur passiven Immunisierung des Kalbes direkt nach der Geburt und ist bestimmend für eine gute Kälbergesundheit, da aufgrund des Aufbaus der Plazenta intrauterin keine Immunglobuline übertragen werden (Bruckmaier und Mammon, 2015).

Bis zum 21. Tag p.p. verändert sich das sezernierte Sekret in seiner Zusammensetzung vom Kolostrum bis zur reifen Milch (Michel, 1994). Die milchproduzierenden alveolären Epithelzellen füllen zu diesem Zeitpunkt nahezu das gesamte Euter aus. Den Rest bilden andere Strukturen wie Bindegewebe und myoepitheliale Zellen (Sinowatz et al., 2006).

Der Zeitraum von 3 Wochen ante bis 3 Wochen post partum, Transit- oder Übergangsphase genannt, ist die kritischste Phase jeder Laktation. Hier treten die meisten Stoffwechselstörungen und Infektionskrankheiten durch eine übermäßige metabolische Belastung und eine häufig auftretende Immunsuppression auf (Drackley, 1999; Ingvarsen und Moyes, 2013; Martignani et al., 2014). Als Folge von Erkrankungen in diesem Zeitraum kann die Milchleistung temporär oder über die gesamte Laktation sinken und die Abgangsrate steigen (Rajala-Schultz et al., 1999).

2.1.1.3.1. Prolactin

Das luteotrope Hormon Prolactin wird vorwiegend im Hypophysenvorderlappen synthetisiert (Weaver und Hernandez, 2016) und während der Laktation auch in geringen Mengen in der Milchdrüse erzeugt (Neville et al., 2002). Während es das wichtigste Hormon bei Primaten und Nagetieren mit mammogenetischer, laktogenetischer und galaktopoetischer Wirkung ist, spielt es bei Wiederkäuern eine geringere Rolle. Bei Milchrindern wirkt es vor allem auf die Laktogenese, wohingegen Mammogenese und Galaktopoesis von anderen Hormonen bestimmt werden (Capuco und Akers, 2011; Collier et al., 1993).

Prolactin bindet lokal im Drüsengewebe an Prolactin-Rezeptoren und kann seine Wirkung nur im Zusammenspiel mit anderen Hormonen ausprägen. Dazu gehören vor allem Glukokortikoide, aber auch Insulin, Somatotropin und Thyroxin (Mielke, 1994; Schams, 1994).

Es kommt zur Bildung von spezifischen Proteinen wie Casein und α -Lactalbumin, Laktose und Lipiden (Delouis et al., 1980). Ein wichtiger Mediator für die durch Prolactin angeregte Zellproliferation scheint IGF-I zu sein (siehe 2.1.1.4.2. *Wachstumsfaktoren*) (Capuco und Akers, 2011).

2.1.1.3.2. Lactogen

In der Plazenta gebildetes Lactogen besitzt wachstumshormon- und prolactinähnliche Eigenschaften und wirkt wahrscheinlich während der Gravidität vor allem auf die lobulo-alveoläre Entwicklung der Milchdrüse (Capuco und Akers, 2011; Schams, 1994). Die genaue Wirkweise ist noch nicht aufgeklärt (Bertolini et al., 2006; Weber et al., 2007). Collier et al. (1993) hingegen vertreten die These, dass lactogene Hormonrezeptoren bei Rindern nicht bei mammärem Wachstum involviert sind.

2.1.1.4. Galaktopoese

Nach der Kalbung steigern sich die Milchsynthese und -sekretion kontinuierlich und gehen über in die eigentliche Laktation, die sogenannte Galaktopoese. Diese wird durch regelmäßigen Milchentzug aufrecht erhalten (Michel, 1994) und durch ihre enge Beziehung von Nährstoffverfügbarkeit, Stoffwechsel und Milchproduktion vor allem durch Stoffwechselhormone wie Somatotropin, IGF-I und IGF-Bindungsproteine gesteuert (Bruckmaier und Mammon, 2015).

Die Milchleistungskapazität und der Verlauf der Laktationskurve werden durch die Anzahl der mammären Epithelzellen und deren sekretorische Aktivität bestimmt. Beides konnte in diversen Studien anhand von Gewebeproben gezeigt werden (Capuco et al., 2003). So korreliert z.B. nach Alex et al. (2015) die Milchleistung positiv mit dem Mitochondriengehalt der mammären Epithelzellen.

Die Sekretionsaktivität der vorhandenen Alveolarepithelzellen erhöht sich sofort mit der Geburt. Eine Zellvermehrung ist hingegen erst ab Tag 14 p.p. zu erkennen, vorher gibt es sogar eine Tendenz zu einer reduzierten Proliferationsrate. Beide Vorgänge steigen dann bis zum Laktationspeak an und fallen anschließend wieder ab (Capuco et al., 2003; Capuco et al., 2001).

Während der Laktation beschädigte mammäre Epithelzellen sterben ab und werden zu einem großen Teil ersetzt. Mit steigender Leistung überwiegt hierbei die Zellproliferation leicht. Eine Studie dokumentierte den Anstieg des Anteils der Euterepithelzellen bis zum Laktationspeak auf 83 % und dann ein langsames Absinken auf 74 % zum Ende der Laktation (Capuco et al., 1997). Eine andere Studie zeigte ein Absinken von 79,4 % zum Laktationspeak auf etwa 73 % (Capuco et al., 2001). Die exogen gesteuerte Erhöhung des Zellersatzes oder die Verringerung der Apoptoserate können zu einer besseren Persistenz führen. So wurden

bereits einige Maßnahmen für diesen Zweck identifiziert, die teilweise auch schon Anwendung finden. Ein Hormon, das bei diesen Vorgängen eingreift, ist z.B. bovines Somatotropin. Es erhöht die Zellteilungsrate und somit den Anteil an mammären Epithelzellen (Capuco et al., 2001). Auch eine erhöhte Melkfrequenz am Laktationsbeginn scheint die Zellproliferation zu begünstigen und somit den Anteil der Laktozyten zu erhöhen (Capuco et al., 2003). Wird nicht häufig genug gemolken, übt die sich ansammelnde Milch in der Zisterne vermehrt Druck und Dehnung auf die Euterzellen aus. Dies löst ein negatives Feedback aus und weniger Milch wird sezerniert (Bruckmaier und Blum, 1996). Im Abschnitt 2.2. *Beeinflussung der Höhe der Milcheinsatzleistung* werden diese Maßnahmen näher beschrieben.

Auf der anderen Seite gibt es auch apoptosefördernde Faktoren, die auf die milchbildenden Zellen wirken und zu einer verringerten Milchbildungsleistung führen. Hierzu zählen unter anderem unregelmäßiges Melken und das Vorliegen von subklinischen sowie klinischen Mastitiden (Capuco et al., 2003; Sordillo und Nickerson, 1988). Auch eine fortgeschrittene Trächtigkeit erhöht die Apoptose- und Proliferationsrate der Laktozyten (Capuco et al., 2001). Aus ökonomischen Gründen sind die meisten Milchkühe üblicherweise in der zweiten Laktationshälfte erneut tragend und unter dem Einfluss trächtigkeitserhaltender Hormone wie Östrogen. Diese fördern während der bestehenden Laktation einen Regenerationsprozess in Vorbereitung auf die nächste Laktation mit der Rekrutierung und Proliferation undifferenzierter und der Apoptose älterer mammärer Epithelzellen (Yart et al., 2014).

2.1.1.4.1. Wachstumshormone

Bovines growth hormone (GH), auch bovines Somatotropin (STH oder bST) genannt, wird im Hypophysenvorderlappen produziert und beeinflusst die Entwicklung der Milchdrüse entscheidend (Sejrsen et al., 2000). In neueren Studien kann belegt werden, dass sich GH-Rezeptoren in mammären Drüsenepithelien befinden. Sie sind darstellbar im Zytoplasma und eingebettet in die Zellmembran (Sinowatz et al., 2000).

Bovines Somatotropin vermindert die Nährstoffaufnahme in extramammäre Gewebe, fördert die Lipolyse bei negativer Energiebilanz (NEB) und hemmt die Lipogenese bei positiver Energiebilanz. Somit werden der Milchdrüse vermehrt Glukose, Lipide und auch Aminosäuren zur Verfügung gestellt (Brockman und Laarveld, 1986; Capuco und Akers, 2011). Auch die Blutdurchflussrate wird am Euter erhöht und führt gemeinsam mit dem vermehrten Substratangebot zur Steigerung der Milchleistung. Zudem wird die Synthese von IGF-I in der Leber angeregt (Akers, 2006; Mielke, 1994; Schams, 1994). BST ist bei Milchrindern somit wahrscheinlich das wichtigste galaktopoetische Hormon (Capuco und Akers, 2011).

Nachweisbar sind GH-Rezeptoren zudem in diversen anderen Zelltypen, die ebenfalls Bestandteile des Euters sind: Fibroblasten, Adipozyten, T-Lymphozyten, Makrophagen und

glatte Muskelzellen (Isaksson et al., 1985; Sinowatz et al., 2000). GH bewirkt außerdem eine vermehrte Ausschüttung von IGF-I.

2.1.1.4.2. Wachstumsfaktoren

Zunehmend werden Wachstumsfaktoren in der Milchdrüse beschrieben. Sie stimulieren lokal das Zellwachstum oder den Zelluntergang während der verschiedenen Proliferations- und auch Involutionsphasen der Laktation. Strukturell sind diese Faktoren sehr unterschiedlich. Meist handelt es sich um Polypeptide und Zytokine (Lamote et al., 2004).

Insulin-like growth factor I (IGF-I) aus der großen Familie der IGF ist ein proliferativer und mitogener Faktor für das mammäre Drüsengewebe. Er bindet an IGF-Rezeptoren im Mammagewebe und vermittelt die Proliferation von Alveolarzellen auf DNS-Ebene (Capuco und Akers, 2011; Plath-Gabler et al., 2001; Purup et al., 1995). Gebildet wird IGF-I vorwiegend in der Leber, aber auch lokal in vielen verschiedenen Geweben. In Verbindung mit lokal produzierten IGF-bindenden Proteinen (IGFBP) können die mit IGF zusammenhängenden biologischen Effekte entweder gehemmt oder gefördert werden. Auch andere IGF beeinflussen die Milchbildung (Akers, 2006; Duan, 2002; Plath-Gabler et al., 2001).

Zu den Epidermal growth factors (EGF) gehören verschiedene Wachstumsfaktoren, die die Proliferation oder die Involution des Eutergewebes fördern. Erforscht sind die EGF bisher vor allem bei Mäusen und Menschen (Lamote et al., 2004).

Generell beeinflussen Fibroblast growth factors (FGF) die Proliferation und Morphogenese von Bindegewebszellen und Angiogenese in vielen verschiedenen Körpergeweben (Imagawa et al., 2002). Während der Mammogenese ist eine verstärkte Aktivität diverser FGF im Eutergewebe nachweisbar (Plath et al., 1998). Durch sie werden Fibroblasten verstärkt angeregt, Bindegewebe zu produzieren. Mit fortschreitender Trächtigkeit nimmt dies wieder ab und das Platzhalterfett- und Bindegewebe werden zunehmend durch Drüsenepithel verdrängt und ersetzt (Imagawa et al., 2002; Sinowatz et al., 2006).

2.1.1.4.3. Wachstumsinhibitoren

Das Milchserum enthält unter anderem den Wachstumsinhibitor Feedback inhibitor of lactation (FIL), der in vitro und in vivo nachweisbar die Laktose- und Caseinsynthese in mammären Epithelzellen hemmt (Wilde et al., 1987). Mit steigender Konzentration an FIL im trockengestellten Euter wird somit die Milchsynthese gemindert und die Involution eingeleitet (Capuco und Akers, 2011).

Das bisher am besten erforschte Mitglied der Transforming growth factor-Familie, das die Milchproduktion beeinflusst, ist TGF- β 1. Seine Wirkung auf die Milchdrüse ist vor allem inhibitorisch. So hemmt es das durch IGF-I oder Serum angeregte Wachstum von mammären Epithelzellen in der Zellkultur. TGF- β 1 wird vor allem von Thrombozyten produziert, aber auch

von vielen weiteren Zelltypen. Nach der Sekretion bindet es an ein Glykoprotein und wird somit in die latente Form überführt. Aktiviert und gesteuert wird TGF- β 1 durch verschiedene Enzyme wie Proteasen und dockt dann an TGF-Rezeptoren an, die in den meisten Zelltypen zu finden sind (Akers, 2006; Daniel et al., 1996; Plaut und Maple, 1995).

2.1.1.4.4. Zytokine

Auf Zellebene wird die Milchbildung durch Botenstoffe auch auf kürzeren Signalwegen beeinflusst. In neueren Studien wurde nachgewiesen, dass bovine Euterepithelzellen verschiedene Zytokinrezeptoren exprimieren. Wenn beispielsweise chemotaktische Zytokine (sogenannte Chemokine) wie Chemerin an diese Rezeptoren binden, wird das Expressieren von laktationsassoziierten Genen hochreguliert. Gebildet wird Chemerin u.a. von Adipozyten und Hepatozyten (Suzuki et al., 2015).

2.1.1.5. Laktationskurve

2.1.1.5.1. Verlauf

Die gegen die Zeit aufgetragene Laktationsleistung verläuft als Kurve. Der allgemeine Verlauf bleibt hierbei aufgrund des physiologischen Prozesses der Milchbildung relativ einheitlich und ist unabhängig von der absoluten Milchleistung (Wood, 1967).

Die tägliche Milchmenge steigt nach der Kalbung steil an, erreicht einen Peak nach etwa 5 bis 12 Wochen und fällt dann als flache Kurve mit einem monatlichen Milchrückgang von etwa 4 bis 10 % ab (*Abbildung 2*) (Dekkers et al., 1998; Gengler, 1996; Stelwagen, 2001).

Für eine Vergleichbarkeit der Milchleistungen und Milchleistungskurven wird eine Laktationslänge von 305 Tagen zugrunde gelegt, auch wenn die durchschnittliche Laktationsdauer bei der Rasse Holstein-Friesian bzw. Schwarzbunt mit 296 Tagen darunter liegt. Die mittlere Milchleistung dieser Rasse beträgt 32 - 36 kg (Rossow, 2003). Das entspräche einer 305-Tage-Leistung von 9.760 - 10.980 kg Milch. Die 2018 in Deutschland von Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung (2019) erfasste Leistung der Rasse Holstein-Friesian lag jedoch darunter mit durchschnittlich 9.533 kg Milch.

Das Durchhaltevermögen bei Milchleistungsmerkmalen über die gesamte Laktation wird als (Laktations-) Persistenz bezeichnet. Angestrebt wird hierbei eine flache Laktationskurve mit niedriger Spitze (*Abbildung 2*). Hierbei ist die NEB zum Laktationsbeginn deutlich niedriger, was sich positiv auf die Milchproduktion, Gesundheit, Fruchtbarkeit und den ökonomischen Profit auswirkt (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2017; Gengler, 1996; Martignani et al., 2014; Sölkner und Fuchs, 1987).

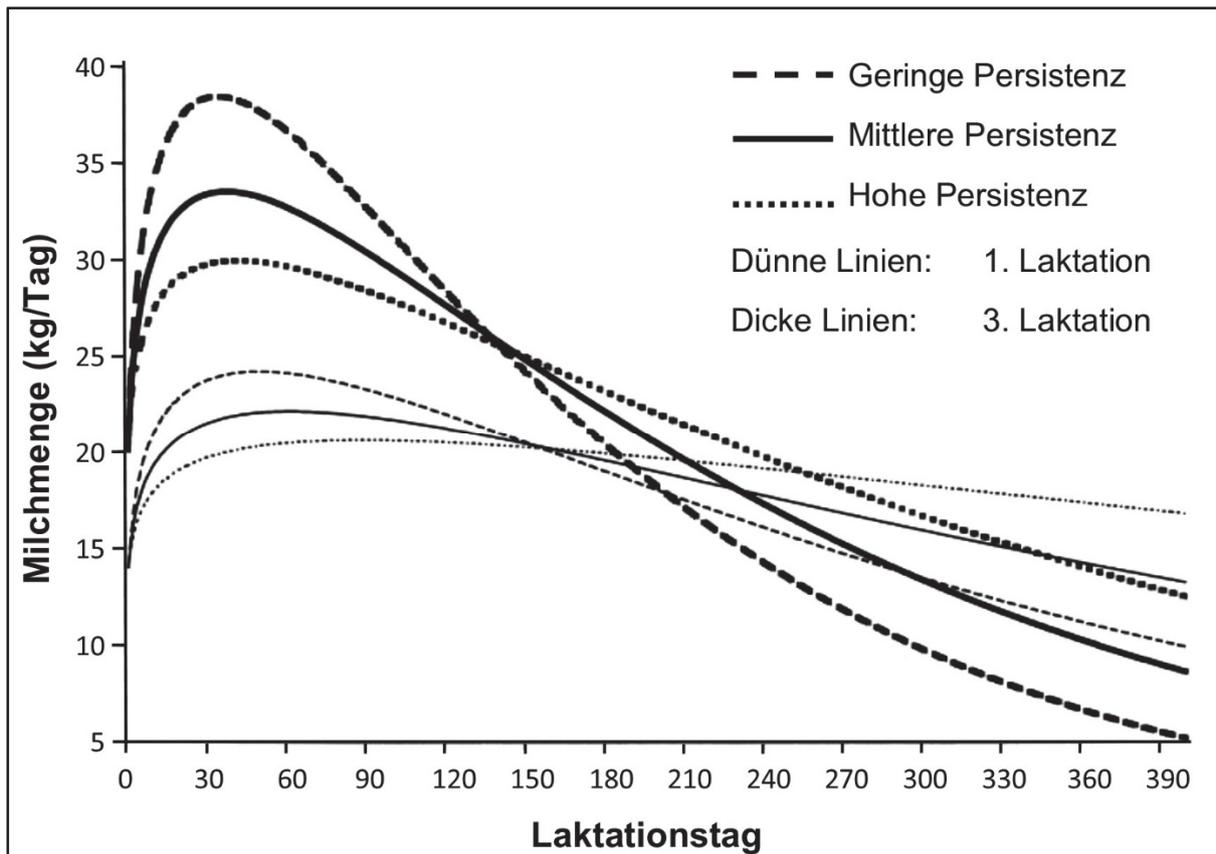


Abbildung 2: Referenzlaktationskurve für Laktation 1 (dünne Linien) und Laktation 3 (dicke Linien) mit niedriger, mittlerer und hoher Persistenz; modifiziert nach Dekkers et al. (1998)

Einige Autoren haben bereits Vorschläge erarbeitet, Laktationskurven in verschiedene Verlaufsformen einzuteilen und somit qualitativ zu bewerten. Koonawootrittriron et al. (2001) unterteilen sie in vier Typen. Typ 1 startet mit einer kontinuierlich steigenden Milchleistung vom Laktationsbeginn an, hat seinen Peak zwischen den Tagen 50 bis 70 und fällt dann langsam ab. Insgesamt bildet diese Milchkurve eine konvexe Linie. Typ 2 hat seinen Peak vor dem 30. Laktationstag und nimmt dann langsam ab, eine schwach konvexe Linie bildend. Kurven von Typ 3 haben zwei Leistungspeaks. Den ersten zwischen Tag 30 und 70 und den zweiten Peak zwischen Tag 180 und 210. Der 4. Typ bildet über die gesamte Laktation eine flache Linie.

2.1.1.5.2. Bedeutung

Die Persistenz ist in der ersten Laktation generell besser, da die Milchdrüse anfänglich noch nicht vollständig entwickelt ist. Die Erstlaktierenden starten mit einer geringeren Einsatzleistung als die älteren Kühe und die Milchdrüse bildet sich im Verlauf der Laktation noch weiter aus. In den Folgelaktationen ist somit die Spanne zwischen Einsatzleistung und Leistungspeak größer (Sölkner und Fuchs, 1987).

Einen bedeutenden Einfluss auf die Persistenz hat eine Trächtigkeit. Etwa ab dem 100. Trächtigkeitstag bildet die fetoplazentäre Einheit zunehmend Östrogene. Diese wirken als

inhibitorischer Mediator für die Laktation, wodurch sich die Persistenz verringert (Bachman et al., 1988; Eley et al., 1979; Robertson und King, 1979). Zudem wird mit der Besamung der Trockenstellzeitpunkt festgelegt. Geben Kühe zu diesem Zeitpunkt aber noch sehr viel Milch, wird ihr Potenzial nicht vollständig genutzt. Auch die Persistenz wird negativ durch die fortgeschrittene Trächtigkeit beeinflusst. Deshalb sollte bei den betreffenden Kühen die freiwillige Wartezeit verlängert werden. Eine wichtige Voraussetzung dafür ist aber, dass man im geplanten Besamungszeitraum die voraussichtliche Milchleistung um den 305. Laktationstag bestimmen kann (Rudolphi, 2012c).

2.1.1.6. Involution

Während des Trockenstellens, was in der Regel 6 bis 8 Wochen ante partum erfolgt, geht das laktierende Euter in die nicht-laktierende Phase über (Capuco et al., 1997; Michel, 1994). Natürlicherweise wird die Euterinvolution durch abnehmendes Saugen und schließlich Absetzen des Kalbes ausgelöst, was zu jedem Zeitpunkt der Laktation möglich ist. Durch die sich sammelnde Milch erhöht sich der intramammäre Druck, der Blutfluss zum Eutergewebe verringert sich und der sogenannte Feedback inhibitor of lactation (FIL) sammelt sich in der Alveolenmilch an (Capuco und Akers, 2011; Capuco und Akers, 1999; Wilde et al., 1999). Auch die Zusammensetzung der Milch verändert sich in den ersten 48 Stunden des Trockenstehens bis zum Verlust der Sekretionsfähigkeit. Die Laktosekonzentration im verbleibenden Sekret sinkt, wodurch der osmotische Gradient fehlt und der Wassergehalt zurückgeht. In den Vakuolen sammeln sich Milchfettkügelchen an und durch Enzyme und Plasminogenaktivierung werden Umbau und Rückbildung des Eutergewebes eingeleitet (Deeg und Maierl, 2016; Tho Seeth et al., 2015).

Der genaue Ablauf der Involution auf Zellebene ist noch nicht vollständig aufgeklärt und nach wie vor Gegenstand der Forschung. Das Trockenstellen der Milchdrüse wird generell als Phase des programmierten Zelltods (Apoptose) der Laktozyten beschrieben. Ihr folgt der Zellabbau mit dem anschließenden Wiederaufbau durch Zellteilung und Differenzierung von epithelialen Stammzellen (Capuco et al., 2012; Hurley, 1989). Der Zellabbau geschieht durch verschiedene Mechanismen. In den ersten 60 Stunden nach Beginn des Trockenstellens sind vermehrt intrazelluläre autophagozytische Strukturen in den mammären Epithelzellen nachweisbar (Hurley, 1989). Zudem sind in dieser Phase vermehrt Makrophagen aktiv (Sinowatz et al., 2000), die beschädigte und seneszente Epithelzellen abbauen (Capuco et al., 1997).

Von diesem Zell-Turnover sind etwa 50 % der Laktozyten betroffen. Die andere Hälfte wird hingegen bis zur nächsten Laktation behalten (Tho Seeth et al., 2015). Durch den permanenten Zellersatz der Euterepithelzellen ist bei trockenstehenden Kühen eine um 80 % erhöhte DNS-Syntheserate im Vergleich zu laktierenden Kühen nachweisbar (Capuco et al.,

1997) und die absolute Anzahl der Drüsenzellen wird nur wenig reduziert (Martignani et al., 2014; Wilde et al., 1997). Aus diesem Grund lehnen es einige Autoren ab, die Periode zwischen Trockenstellen und neuem Laktationsbeginn bei Kühen als Involution und Regression zu bezeichnen (Capuco et al., 1997). Im Gegensatz dazu sinkt z.B. bei Ziegen und Mäusen die absolute Anzahl der Alveolarepithelzellen während der Involution enorm (Knight und Peaker, 1982; Wilde und Knight, 1989).

Die Apoptose wird durch lokale und endokrine Faktoren ausgelöst (Wilde et al., 1999). Einige von ihnen wurden bereits identifiziert, aber es besteht weiter Forschungsbedarf. Rabot et al. (2007) beschreiben, dass die Aktivität von Matrix-Metalloproteinasen (MMP) und ihren Gegenspielern, den Tissue inhibitors of metalloproteinases (TIMP), mit fortschreitender Involution zunimmt. Die Proteinase lockern die Verbindung der Basalmembran mit den adhären Euterepithelzellen und lösen somit deren Apoptose aus (Wiseman und Werb, 2002). Zudem scheint die Apoptose durch das antiproliferative Zytokin Transforming growth factor beta 1 (TGF- β 1) induziert zu werden. So erreicht der TGF- β 1-Spiegel in einem In-vitro-Experiment in der bovinen Milchdrüsenepithelzelllinie MAC-T zeitgleich mit der Apoptose sein Maximum (Mitz und Vilorio-Petit, 2019; Zarzyńska et al., 2005).

Während des Involutionsprozesses verändert sich das Verhältnis von Drüsenepithelzellen zu Stroma leicht zugunsten des Bindegewebes (De Vries et al., 2010). Dieses Verhältnis scheint zudem durch äußere Faktoren zum Nachteil der Laktozyten beeinflussbar zu sein. So haben Kühe, die während der Involution unter Hitzestress stehen, weniger Alveoli und einen höheren Anteil an Bindegewebe als Kühe ohne Hitzestress, wobei sich die Apoptose- und Proliferationsrate der Laktozyten nicht zwischen den Gruppen unterscheidet (Dado-Senn et al., 2019). Dado-Senn et al. (2018) erforschen hierzu auch, wie sich die Expressierung verschiedener Gene bei Kühen mit oder ohne Hitzestress in der Involutionsphase unterscheidet. Diese wirken gemeinsam mit verschiedenen Signalpfaden und vorgeschalteten Regulatoren auf die Herunterregulierung von Anabolismus und Synthese von Milchhaltsstoffen sowie die Heraufregulierung von Zelltod, Zytoskelettabbau und Immunantwort ein.

Bisher noch nicht geklärt werden konnte die Rolle von bovinem Lactoferrin (bLF) bei Involution und Remodeling. Denn die Konzentration dieses eisenbindenden Glykoproteins, das vorwiegend von glandulären Epithelzellen gebildet wird, steigt mit zunehmender Involution der bovinen Milchdrüse an. bLF ist nachweisbar in diversen physiologischen Körpersekreten, so auch in Milch und Kolostrum (Nakajima et al., 2015; Wilde et al., 1997). Es stimuliert u.a. die Proliferation von Myoblasten und senkt gleichzeitig die Lebensfähigkeit und Proliferation von mammären Epithelzellen (Riley et al., 2008a). Mit dem Anstieg von bLF sinkt die Expression von α -Casein und α -Lactalbumin um bis zu 99 % (Wilde et al., 1997). Bovines α -Lactalbumin

begünstigt hingegen die Apoptose von mammären Epithelzellen und beeinflusst die Expression von Casein-mRNS in vitro. Für tiefere Erkenntnisse besteht allerdings noch großer Forschungsbedarf (Riley et al., 2008b).

2.2. Beeinflussung der Höhe der Milcheinsatzleistung

2.2.1. Einleitung

Wie bereits beschrieben ist für Milchkühe der Beginn jeder Laktationsperiode der wichtigste Abschnitt in Bezug auf Leistung und Gesundheit. Viele Autoren beziehen sich hierbei auf die Begriffe Früh-laktation, Startleistung oder Einsatzleistung, aber definieren diese nicht näher (Bar-Peled et al., 1995; Bell, 1995; Capuco et al., 2003; Collard et al., 2000; Drackley, 1999; Farney et al., 2013; Lomander et al., 2012; Nydegger et al., 2004; Rudolphi, 2012a; Staufenbiel und Schröder, 2004). Bergk und Swalve (2011) benutzen den Begriff Früh-laktation für die ersten 50 Tage jeder Laktation, andere Autoren für die ersten 100 Tage (Kennelly et al., 1999; Rossow, 2003). Bachstein (2016) grenzt die Begriffe voneinander ab und beschreibt die Einsatzleistung als die durchschnittliche Milchleistung der ersten 50 Tage post partum. Als Teilabschnitt der Einsatzleistung definiert sie die Erstwochenleistung als die durchschnittliche Milchleistung zwischen Tag 2-7 p.p.

Die Grundvoraussetzungen für eine gute Milcheinsatzleistung sind unter anderem eine optimale Versorgung der Kalbin mit Trinkwasser, qualitativ hochwertiges und angepasstes Futter und ein hohes Maß an Komfort und Hygiene. Laut Wangler und Harms (2009) weisen Kühe mit einer hohen Milcheinsatzleistung und einer guten Persistenz die höchste Leistungseffizienz, also Milchleistung je Lebenstag, auf. Hierzu ist allerdings die Startleistung direkt am Laktationsbeginn abzugrenzen. Einigen Autoren zufolge ist es hierbei nicht nötig, diese für eine hohe Leistungseffizienz auf ein Maximum anzuheben (Hale et al., 2003; Sorensen et al., 2001) (siehe 2.2.8. *Melkfrequenz*).

Natürlicherweise sind der Milchleistungskapazität Grenzen gesetzt. Zum einen scheint die produzierte Milchmenge grundlegend durch die Anzahl und Aktivität der Drüsenzellen des Euters festgesetzt (Capuco et al., 2001). Zum anderen limitieren weitere physiologische Faktoren die Milchproduktion, wie zum Beispiel die Energie- und Nährstoffaufnahme bei ausreichendem Strukturfutterangebot, das Verdauungs- und Absorptionsvermögen, die Stoffwechselsyntheseleistung und das Abbau- und Synthesevermögen der Pansenmikroorganismen. Hinzu kommen die Stabilität und Belastungsfähigkeit des Skelettsystems, die Krankheitsanfälligkeit und die Reproduktionsleistung der Milchkühe (Flachowsky, 2002). Auf der anderen Seite gibt es durch dieses multifaktorielle Geschehen

viele Möglichkeiten, an verschiedenen Stellen einzugreifen und die Milchleistung zu optimieren.

Um rentabel zu sein, muss eine Milchkuh bei einem Milchpreis von 27 Euro-Cent pro Liter mindestens 15 kg Milch je Lebenstag geben. Bei einem Erstkalbealter von 26 Monaten und einer Trockenstehzeit von 8 Wochen entspricht dies durchschnittlich einer Leistung von 27 kg Milch/Melktag (Wangler und Harms, 2006). Somit sollte eine Lebensleistung von mindestens 30.000 kg Milch in 3,5 Laktationen angestrebt werden (Losand, 2012).

Zum Optimieren der Lebensleistung gibt es unterschiedliche Strategien, da die Milchbildung sehr komplex ist und von vielen Faktoren beeinflusst wird. Im Folgenden werden Maßnahmen wie klassisches Herden- und Fruchtbarkeitsmanagement, Zucht, Melkprozess und der Einsatz diverser Futterzusätze zur Steigerung der Milchleistung erläutert.

2.2.2. Genetik

Mittlerweile wurde das Genom verschiedener Rinder der Rasse Herford komplett sequenziert. Trotzdem steht die Kartierung des Rindergenoms im Vergleich zum Menschen noch am Anfang (The Bovine Genome Sequencing and Analysis Consortium et al., 2009). Die aktuellsten Daten stammen aus dem Jahr 2019 (Cattle Genome Sequencing International Consortium, 2019).

Doch auch ohne eine genaue Entschlüsselung ist bereits seit längerem bekannt, dass die Höhe der Milchleistung durch die Ausprägung verschiedener Gene beeinflusst wird (von Patow, 1930). Daher werden Milchviehrassen wie Holstein-Friesian, Jersey oder Ayrshire gezüchtet, die im Vergleich zu Fleisch- oder Zweinutzungsrasen wesentlich mehr Milch geben. Und ihr Leistungspotenzial ist laut einigen Autoren noch lange nicht ausgeschöpft (Mielke, 1994). Seit 1951 hat sich die Milchleistung pro Kuh in Deutschland durch Selektion und verbessertes Management mehr als verdoppelt. Dabei wird die Anzahl der Milchviehalter immer geringer und die Anzahl an Kühen pro Betrieb steigt (*Abbildung 3*) (Milchindustrieverband, 2016).

2018 wurden im Bundesgebiet circa 4,17 Mio. Milchkühe gehalten, davon über 80 % im Bundesgebiet West, insbesondere in Bayern. Die Anzahl der Kühe pro Betrieb lag hingegen im westlichen Bundesgebiet durchschnittlich bei nur 57,2 Tieren und im östlichen Bundesgebiet bei 191 Tieren (Milchindustrieverband, 2019a). Insgesamt wurden 2018 in Deutschland 31,8 Mio. Tonnen Milch an Molkereien geliefert, was einem Milchertrag von 7.950 kg je Kuh entspricht (Milchindustrieverband, 2019b).

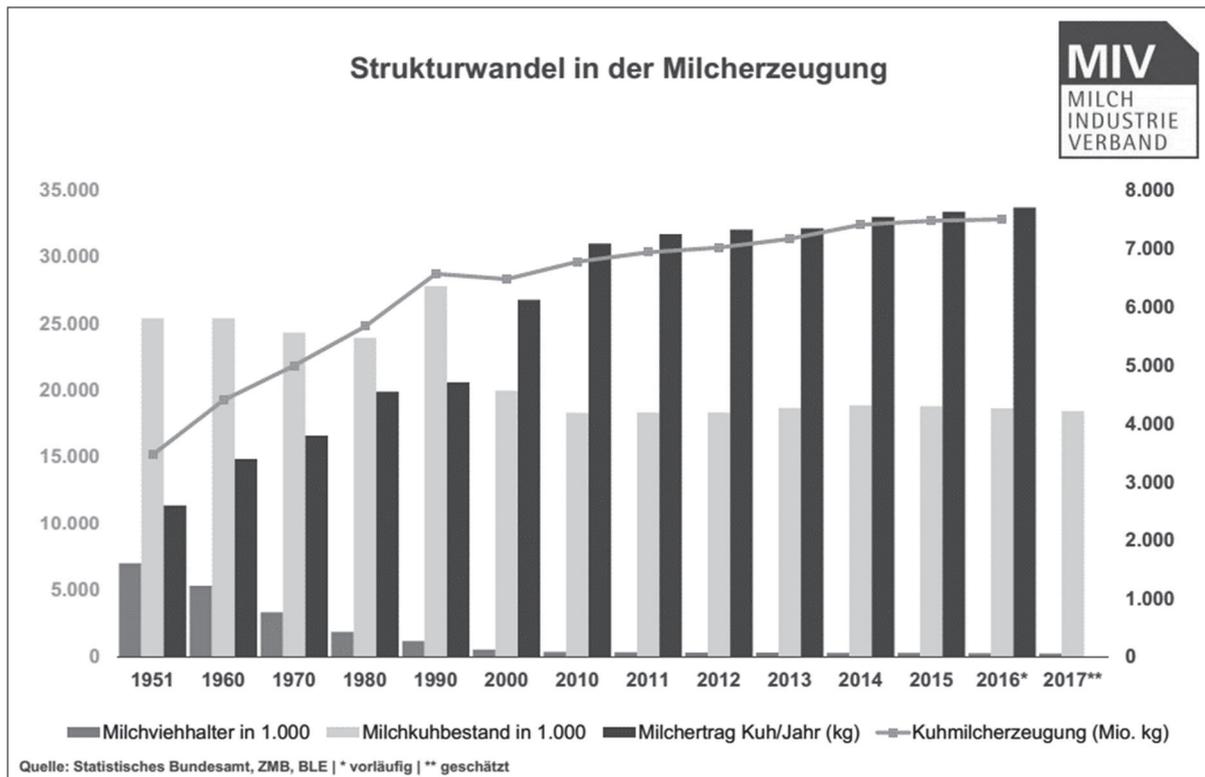


Abbildung 3: Strukturwandel in der Milcherzeugung (Milchindustrieverband, 2016)

Sejrsen et al. (2000) berichten von einer genetischen Beziehung zwischen der Wachstumskapazität der Milchdrüse und dem Milchleistungspotenzial. Dem entsprechend erhöht sich die optimale tägliche Körpermassezunahme in der präpubertären Phase mit steigender genetischer Kapazität für Milchleistung.

Auch die Persistenz scheint genetisch beeinflussbar zu sein. So hat eine gute Persistenz in den ersten drei Laktationen eine ausreichend hohe Heritabilität, um bei der Zucht berücksichtigt zu werden. Sie wirkt sich positiv auf die Profitabilität der Milchproduktion aus, da der Futtereinsatz durch eine bessere Futterverwertung reduziert werden kann (Sölkner und Fuchs, 1987).

Die Ausprägung von Genen, die Auswirkungen auf den Hormonhaushalt haben, beeinflusst ebenfalls die Milchleistung. Heidari et al. (2012) und Molee et al. (2015) beschreiben, dass Kühe vom homozygoten Genotyp für GH und β -Lactoglobulin signifikant mehr Milch geben als heterozygote. Umgekehrt verhält es sich mit dem Pit-1-Gen, das die Entwicklung und Ausprägung der Hypophyse festlegt. Hier sind heterozygote Genotypen mit höherer Milchleistung assoziiert.

2.2.3. Herdenmanagement

Um die Milcheinsatzleistungen und Besamungserfolge zu optimieren, ist ein fachlich angewandtes Herdenmanagement unabdingbar. Hierzu zählen eine engmaschige

Überwachung in der Transitphase zum frühzeitigen Erkennen von Krankheiten und später eine aufmerksame Tierbeobachtung zur Brunsterkennung. Zudem hat die Auswertung der regelmäßig und vorwiegend von Landeskontrollverbänden (LKV) durchgeführten Milchleistungsprüfungen (MLP) einen großen Stellenwert, um Leistungsverluste zu erkennen und diesen mithilfe verschiedener Maßnahmen entgegensteuern zu können. Hierbei werden im Besonderen die Milchinhaltsstoffe Eiweiß, Fett und Harnstoff sowie die somatischen Zellzahlen genutzt, um Aussagen über die Energieversorgung und den Stoffwechselstatus der Herde zu treffen. Die ermittelten Daten helfen des Weiteren bei der Überwachung von Leistungskriterien, Eutergesundheit, Abgangsursachen und Zuchtfortschritt (De Kruif et al., 2014; Innovationsteam Milch Hessen, 2005; LKV Bayern, 2017).

Die Auswertung von Fruchtbarkeitskennzahlen wie Besamungsaufwand und -index, Rast-, Zwischentrage- und Zwischenkalbezeit sind ebenfalls ein häufig genutztes Mittel, um die Herden- und Reproduktionsleistung beurteilen und optimieren zu können (Enevoldsen et al., 1996; LKV Bayern, 2017; Portal Rind, 2017).

Laktationskurven sind bisher eher von wissenschaftlichem Interesse und werden mithilfe mathematischer Modelle, zum Beispiel Gamma-Funktionen oder Polynom-Modelle, berechnet und ausgewertet. Am bekanntesten sind hierbei die Modelle von Ali und Schaeffer (1987), Wilmink (1987) und Wood (1967). Herdenmanager nutzen sie bisher eher weniger zur Abschätzung des Gesundheitszustandes ihres Bestandes und betrachten in der Regel vor allem die Peakleistungen (Koonawootrittriron et al., 2001; Macciotta et al., 2011; Rekik et al., 2003; Wood, 1967). Ein anderer Ansatz ist es, die täglichen mittleren Milchmengen aufgetrennt nach Laktationsnummern aufzutragen und auszuwerten. Herdenmanagementprogramme erstellen die Laktationskurven auf diese Weise meist automatisch (AgroMedia International Inc., 2017; Macciotta et al., 2011).

Ein tiermedizinischer Ansatz zur Betriebsoptimierung ist die Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung (ITB). Hierbei werden die Landwirte fachlich unterstützt und beraten im Hinblick auf Tiergesundheit und -leistung, Qualität der erzeugten landwirtschaftlichen Produkte, Betriebswirtschaftlichkeit und Verbraucherschutz. Die klassische Tierärztliche Bestandsbetreuung hingegen entspricht eher einem Gesundheitsmonitoring auf Einzeltierebene (De Kruif et al., 2014).

2.2.4. Trockenstellen

Einige Wochen vor dem erneuten Kalben werden laktierende Kühe meist erst vermindert und schließlich gar nicht mehr gemolken und somit trockengestellt (Michel, 1994). In diesem Zeitraum wird die Fütterung energetisch angepasst, üblicherweise wird eine zweiphasige Fütterung vorgenommen. Sowohl die Milchdrüse als auch der Verdauungstrakt haben Zeit,

sich vor der nächsten Laktation zu erholen und antikörperreiches Kolostrum kann gebildet werden (Losand, 2012).

Die optimale Trockenstehzeit beträgt 40 bis 60 Tage bzw. 6 bis 8 Wochen (Losand, 2012; O'Connor und Oltenacu, 1988). Weniger als 40 Tage bewirken zwar einen Mehrertrag der verlängerten aktuellen Laktation, aber auch eine geringere Milchleistung in der Folgelaktation (Coppock et al., 1974; Losand, 2012). Die Milchmengen der ersten 6 bis 8 Laktationswochen unterscheiden sich nicht bei verkürzt oder regulär trockengestellten Kühen. Allerdings fällt die folgende Laktationskurve bei verkürzter Trockenstehzeit steiler ab mit Einbußen von 2 bis 3 kg Milch pro Tier und Tag, bei Jungkühen sogar noch mehr (Losand, 2009). Kuhn et al. (2006) beschreiben Nettoeinbußen bis zu 5 % bei einer Trockenstehzeit von nur 30 Tagen. Allerdings gleichen sich die Milchverluste in der Regel durch eine längere Laktationsdauer bei verkürzter Trockenstehzeit aus. Die Milchmenge zwischen der ersten und zweiten Laktation ist bei 41 bis 45 Tagen Trockenstehzeit am höchsten. Hingegen brauchen Kühe zwischen der dritten und vierten und der vierten und fünften Laktation mindestens 55 Tage für die beste Milchleistung.

Eher kürzere Trockenstehzeiten bewirken eine längere Lebensleistung und eine bessere Fruchtbarkeit (Kuhn et al., 2006). So ist die Futterraufnahme bei verkürzt trockengestellten Kühen oft höher, folglich die NEB wesentlich geringer und die Zwischentragezeit kürzer (Losand, 2009). Diese positiven Effekte scheinen allerdings vor allem dann deutlich zu werden, wenn Fütterung, Haltung und Management im peripartalen Zeitraum nicht optimal sind, da die Kalbinnen bei üblicher Trockenstehzeit und hoher Milcheinsatzleistung wesentlich größerem Stoffwechselstress und seinen Folgen ausgesetzt sind (Losand, 2012).

Mehr als 60 Tage Trockenstehzeit sind aufgrund des Verlustes an produktiver Lebenszeit der Milchkühe unwirtschaftlich für den Landwirt (Wilton et al., 1967). Zudem scheint der optimale Zeitpunkt von weiteren Faktoren abzuhängen: dem Alter der Kuh zur Kalbung, der Zwischenkalbezeit und der täglichen Milchmenge an Tag 100 a.p. und ist somit bevorzugt individuell anzupassen (Bachman und Schairer, 2003).

2.2.5. Durchmelken

Kühe ohne Trockenstehphase geben weniger Milch als trockengestellte Tiere. Eine Ausnahme bilden multipare Milchkühe, die kontinuierlich mit rbST behandelt werden – hier bleibt die Milchmenge vergleichbar mit regelmäßig trockengestellten Kühen (Andersen et al., 2005; Collier et al., 2004). Der Einsatz des Hormons ist aber in Europa derzeit gesetzlich nicht möglich (Bundesministerium für Jugend; Familie und Gesundheit, 1977; Europäische Kommission, 2009; Europäisches Parlament und Rat, 2009) (siehe 2.2.10. *Einsatz von Hormonen*).

Außerdem gibt es weitere Probleme. Das Kolostrum von Kühen ohne Trockenstehphase hat eine wesentlich niedrigere Konzentration an IgG und somit eine schlechtere Qualität als das von Kühen mit mindestens 40 Tagen Trockenstehzeit. Somit ist es von ungenügender Qualität für das Verfüttern an Kälber (Baumrucker et al., 2014; Verweij et al., 2014). Das Anreichern des Kolostrums mit Antikörpern scheint ein Verbleiben des Sekretes in den Alveolen über mehrere Wochen zu erfordern. Beim Durchmelken kommt es somit nicht zu einer ausreichenden Verweildauer (Losand, 2012).

Einige positive Nebeneffekte hat das Durchmelken trotzdem. Die Futteraufnahme ist im peripartalen Zeitraum höher und somit das Entstehen schwerwiegender Stoffwechselerkrankungen seltener (Andersen et al., 2005).

2.2.6. Körperkondition und Vorbereitungsphase

Die Körperkondition beeinflusst die Milchleistung eher indirekt. Durch den hohen Energiebedarf des Kalbes kurz vor der Geburt, die meist verringerte Futteraufnahme der Kalbin in den ersten Tagen p.p. und die hohe Milcheinsatzleistung gleitet der Körper physiologischer Weise in eine negative Energiebilanz (NEB, *Abbildung 4*) ab. Zum Ausgleich dieser werden Energiereserven in Form von Fettdepots mobilisiert. Eine Überkonditionierung ist hierbei ein Risikofaktor für schwerwiegende Stoffwechselentgleisungen wie Hyperlipomobilisation, Ketose und Ketoazidose (Drackley, 1999; Roberts et al., 1981; Wood, 1967) und ebenso für Schweregeburten durch eine Verfettung des Geburtskanals (Chassagne et al., 1999).

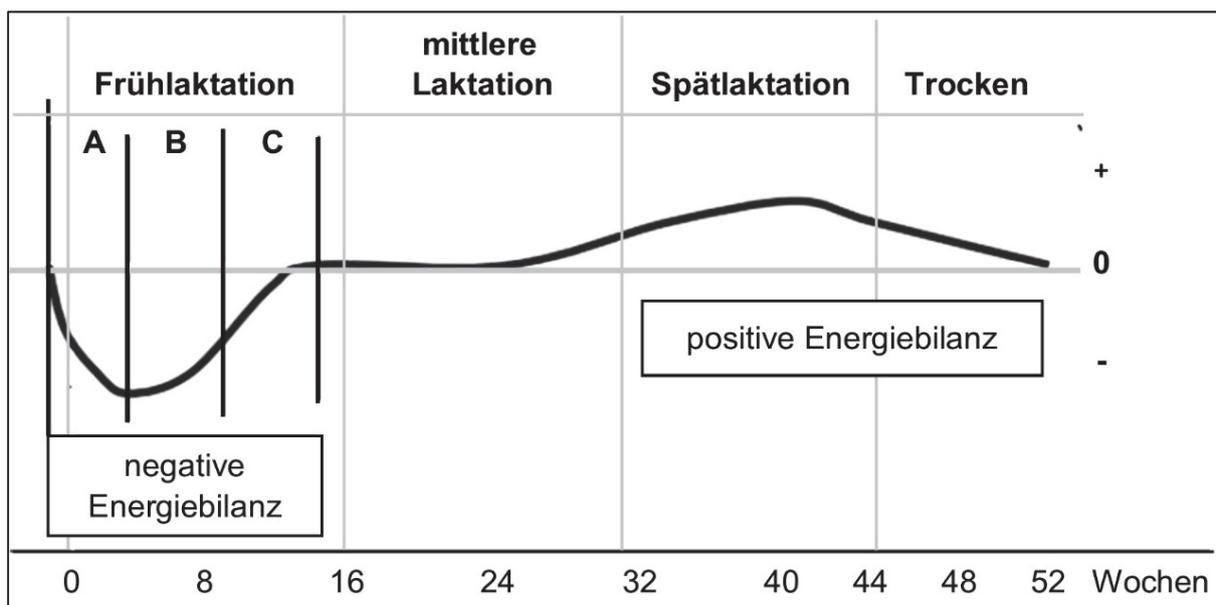


Abbildung 4: Nettoenergiebilanz einer Hochleistungskuh (schematisch). A = Initialphase, B = adaptierte oder Hauptphase, C = Endphase der Nettoenergiebilanz; modifiziert nach Rossow (2003)

Ein BCS von 3 bis 3,5 zur Kalbung bzw. eine Rückenfettdicke von 20 bis 25 mm haben sich als optimal erwiesen (Mahlkow-Nerge, 2003; Roche et al., 2009; Schröder und Staufenberg, 2006). Kühe mit einem geringeren BCS als 3 zur Kalbung haben wenig Körperfettreserven und somit ein geringeres Milchleistungspotenzial, da sie nur begrenzt Futter aufnehmen können. Kühe mit einem BCS über 3,5 geben postpartal weniger Milch, da sie in der ersten Zeit von ihren Fettreserven zehren, damit weniger Trockenmasse aufnehmen und bei einer hohen Milcheinsatzleistung schneller in ein größeres Energiedefizit abgleiten (Roche et al., 2009). Im Laufe der Laktation wird somit anfänglich erheblich an Körpermasse abgebaut und erst nach dem Laktationspeak langsam wieder mit abnehmender Milchproduktion aufgebaut (Brade, 2015) (Abbildung 5).

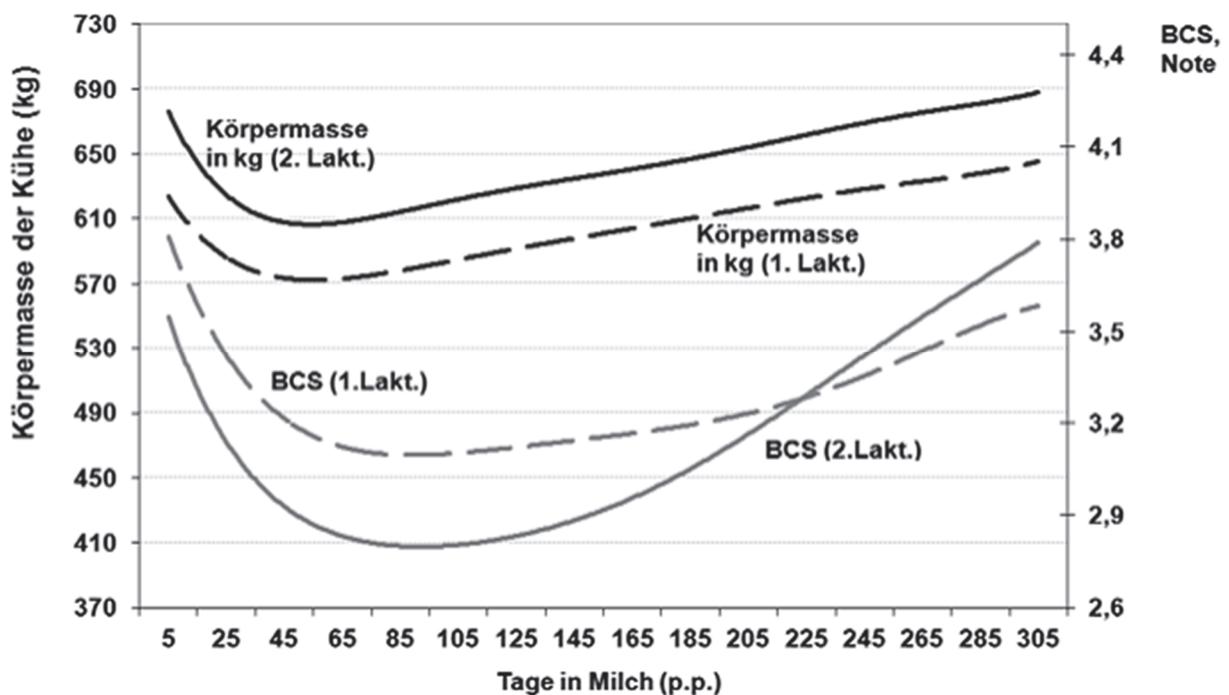


Abbildung 5: Körpermasse und Body-Condition-Scoring-Noten im Laktationsverlauf bei Holstein Kühen (Brade, 2015)

Um Stoffwechselstörungen vorzubeugen und die Milchkühe optimal auf die beginnende Laktation vorzubereiten, wird die Fütterung an die verschiedenen Leistungsphasen angepasst. In der Frühtrockenstehphase ist eine nährstoff-, energie-, kalzium- und kaliumarme Ration ausreichend und beugt einer Verfettung und diversen Erkrankungen p.p. vor. Etwa 2 bis 3 Wochen a.p. wird auf ein energiereicheres Vorbereiter- bzw. Starterfutter umgestellt, um die Pansenmikroorganismen und das Pansenepithel auf eine energiereiche Fütterung nach der Kalbung vorzubereiten und den Energiebedarf durch eine sinkende Futteraufnahme zu decken. Zudem sollen Stoffwechselstörungen wie Milchfieber vermieden und die Insulinwirkung gefördert werden. Auch wird die Kalbung durch eine optimale Körperkondition erleichtert (Drackley und Cardoso, 2014; Engelhard und Zarwel, 2013; Mahlkow-Nerge, 2003).

Ohne diese Vorbereitung geben Milchkühe nachweislich weniger Milch als sie potenziell könnten, werden häufiger krank und haben eine verringerte Fruchtbarkeit (Chapinal et al., 2012). Laut De Kruif et al. (2014) folgen bei Milchrindern auf eine fehlende Vorbereitungs fütterung vermehrt puerperale Störungen und eine geringere Milchleistung.

Limitierend für eine zweiphasige Fütterung während der Trockenstehzeit ist die Herdengröße. Nur ausreichend große Milchviehherden können im Gruppenfütterungsverfahren mit totalen Mischrationen (TMR) gefüttert werden. Bei kleineren Herden ist die zugeteilte angepasste Fütterung an Laktationsstadium und -leistung sehr viel aufwändiger umzusetzen. Denn optimalerweise sollte eine Unterteilung der Herde in Frischmelker, Hochleistungsgruppe und Altmelkergruppe mit angepassten TMR erfolgen, um eine größtmögliche Effizienz in der Milchproduktion und Gesunderhaltung der Milchkühe zu erreichen (Engelhard und Zarwel, 2013).

2.2.7. Laktationszahl und Alter

Mit der Entwicklung des Euters kommt es in den verschiedenen Laktationen erst zu einer Steigerung und später wieder zu einer Absenkung der Milchleistung. So ist das milchbildende Drüsengewebe bei Kühen in der ersten Laktation noch im Wachstum und vergrößert sich weiter in Vorbereitung auf die zweite und dritte Laktation. Die höchste Milchleistung wird durchschnittlich in der dritten und vierten Laktation erreicht und sinkt dann langsam wieder ab. Trotzdem übertrifft die Leistung bis zur 9. Laktation immer noch die Erstlaktationsleistung. Derzeit erreicht nur etwa ein Drittel aller Milchkühe in Deutschland die dritte oder spätere Laktationen (*Tabelle 2*) (Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung, 2019).

Tabelle 2: Durchschnittliche Milchleistungen in den einzelnen Laktationen der Rasse Holstein-Friesian in Deutschland für das Jahr 2018, aus dem Jahresbericht von Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung (2019)

LN ^a	n (%)	Melktage	Milch-kg	Fett-%	Fett-kg	Eiweiß-%	Eiweiß-kg
1	34,0	300	8.356	3,90	326	3,38	283
2	26,5	300	9.712	3,91	380	3,40	331
3	17,9	300	10.121	3,93	398	3,36	340
4	10,9	300	10.065	3,95	398	3,34	336
5	5,8	300	9.913	3,96	393	3,32	329
6	2,8	300	9.642	3,97	383	3,31	319
7	1,3	299	9.315	3,98	371	3,30	307
8	0,5	299	8.931	4,01	358	3,30	294
9	0,2	299	8.566	4,01	343	3,28	281
> 9	0,1	299	8.005	4,04	323	3,27	262
alle	100,0	300	9.358	3,92	367	3,37	315

^a Laktationsnummer

Auch die Milchezusammensetzung variiert mit der Laktationszahl. Mit steigendem Alter wird die Milch fetthaltiger, der Fettgehalt steigt auf über 4 % an. Der Gehalt an Milcheiweiß hingegen sinkt im Laufe der Laktationen nur minimal (*Tabelle 2*) (Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung, 2019).

Die Rolle des Lebensalters ist umstritten. Mehrere Autoren beschreiben eine leichte negative Korrelation von Milchleistung und Alter der ersten Kalbung (Bach et al., 2008; Losinger und Heinrichs, 1996). Witt et al. (1969) beschreiben hingegen eine positive Korrelation und Fuhrken (1958) kann keinen Einfluss des Erstkalbealters auf die Milchleistung nachweisen.

2.2.8. Melkfrequenz

Die Aufrechterhaltung der Laktation wird bestimmt durch den Bedarf an Milch, also die Häufigkeit und Vollständigkeit des Milchentzugs (Bruckmaier und Mammon, 2015). Demzufolge hat die tägliche Melkroutine einen bedeutenden Einfluss auf die produzierte Milchmenge. Vielfältige Studien zum Einfluss der Melkfrequenz auf die Milchleistung weisen eine positive Korrelation nach (*Tabelle 3*). Dieser Effekt tritt bereits in der Früh-laktation auf (Bar-Peled et al., 1995; Hale et al., 2003) und bewirkt einen langfristigen Anstieg sowie eine verbesserte Persistenz (Bernier-Dodier et al., 2010; Wall und McFadden, 2007). So scheint das Wachstum der Milchdrüse durch häufigeres Melken nachhaltig gesteigert zu werden (Capuco et al., 2003). Mit fortschreitender Laktation wird zudem offenbar die Involution des Drüsengewebes durch häufigeres Melken – ab dreimal täglich – unterdrückt (Quarrie et al., 1994; Sorensen et al., 2001).

Tabelle 3: Verschiedene Melkfrequenzen und ihr Einfluss auf die Milchleistung

Beginn MF ↑ ^a	Ende MF ↑	MF/d ^b	MF Ko-Gr./d ^c	↑ ML in kg/d ^d	Autor
Ganzes Euter					
Kalbung	2. Laktationsende	3x	2x	0,6-3,9	Barnes et al. (1990)
LT ^e 3	LW ^f 8	3x	2x	4,2	Andersen et al. (2004)
Kalbung	mind. 305 LT	4x	2x	4,6-8,8	Hale et al. (2003)
LW 1	LW 6	6x	3x	7,3	Bar-Peled et al. (1995)
Euterhälfen					
LW 9	LW 60	3x/2x ^g	2x	3,7	Sorensen et al. (2001)
Kalbung	LT 230	4x	1x	8-11	Alex et al. (2015)
LT 5	LT 19	4x	1x	6,1	Murney et al. (2015a)
Kalbung	LT 14	4x	2x	3,7	Wall und McFadden (2007)
LT 7	LT 21	4x	2x	2,9	Wall und McFadden (2007)

^a Beginn der erhöhten Melkfrequenz; ^b Melkfrequenz der Studiengruppe pro Tag; ^c Melkfrequenz der Kontrollgruppe pro Tag; ^d durchschnittliche Erhöhung der Milchmenge in kg/d im Vergleich zur Kontrollgruppe; ^e Laktationstag; ^f Laktationswoche; ^g 3x und 2x Melken pro Tag im Wechsel

Einige Autoren berichten von unterschiedlichen Melkfrequenzen innerhalb einer Laktation. So wird in der Früh-laktation nur zweimal täglich gemolken, um die Einsatzleistung bewusst zu drosseln und die anfängliche Stoffwechselbelastung zu verringern. Nach einigen Tagen oder Wochen wird dann die Melkfrequenz erhöht, um die Milchleistung weiter zu steigern (Hale et al., 2003; Sorensen et al., 2001). Eine verzögert erhöhte Melkfrequenz ist hierbei vergleichbar effizient wie eine hohe Melkfrequenz unmittelbar nach der Geburt (Hale et al., 2003). Die Höhe der Leistung am Laktationsbeginn scheint demnach keinen bzw. nur einen geringen Effekt auf die Gesamtlaktationsleistung zu haben. Eine verzögert gesteigerte Melkfrequenz und somit nicht auf das Maximum gesteigerte Milcheinsatzleistung scheint sinnvoll, um die Negativauswirkungen auf die Stoffwechselsituation und Gesundheit im Allgemeinen zu verringern.

Alex et al. (2015) und Murney et al. (2015a) beschreiben, dass sowohl die Milchmenge als auch die Anzahl der Mitochondrien im Drüsengewebe positiv mit der täglichen Melkfrequenz korrelieren. Die Proliferationsrate der mammären Epithelzellen nimmt mit steigender Melkfrequenz signifikant zu. Die Apoptoserate der mammären Epithelzellen bleibt hingegen unbeeinflusst. Die Bioverfügbarkeit von proliferationsförderndem IGF-I steigt mit zunehmender Melkfrequenz und die Menge der Prolactin-Rezeptoren nimmt mit steigender Melkfrequenz zu. Somit erhöht sich die hormonelle Sensitivität der Euterzellen (Bernier-Dodier et al., 2010; Murney et al., 2015b).

Die Veränderungen im Euter durch höherfrequentes Melken scheinen auch von lokalen, intramammären Faktoren beeinflusst zu werden. Bei Studien mit verschiedenen Melkfrequenzen an den Euterhälften derselben Kuh wurde ebenfalls ein Milchleistungsanstieg in der häufiger gemolkenen Hälfte nachgewiesen (*Tabelle 3*) (Sorensen et al., 2001; Stelwagen, 2001).

Die Milchleistungssteigerung kann bei bis zu sechsmaligem Melken täglich nachgewiesen werden (Bar-Peled et al., 1995). Allerdings sinken mit steigender Melkfrequenz die Konzentrationen verschiedener Milchinhaltsstoffe (Hale et al., 2003) und es muss eine Abwägung von Kosten und Nutzen erfolgen, da gerade für große Betriebe der personelle und zeitliche Aufwand nicht verhältnismäßig ist.

2.2.9. Supplementierung von nicht-essenziellen Futterzusatzstoffen

Es gibt viele Ansätze, die Milchleistung durch die Verabreichung von Futterzusatzstoffen zu erhöhen. Die Supplemente gehören zu keiner einheitlichen Gruppe und greifen an verschiedenen Stellen an. Zum einen wirken sie direkt auf das Euter und die Milchbildung ein, zum anderen werden die Futteraufnahme und -verwertung gesteigert oder indirekt der gesamte Stoffwechsel positiv beeinflusst (*Tabelle 4 bis Tabelle 6*).

Allerdings wird nicht in allen Studien deutlich, ob es sich um eine tatsächliche zusätzliche Aufnahme oder um den Ausgleich eventuell vorhandener Defizite handelt. Auch sind nicht alle Studienergebnisse reproduzierbar und eine positive Beeinflussung der Milchleistung abhängig von diversen weiteren Faktoren.

Tabelle 4: Zusatzstoffe mit Wirkung auf Euter und Milchbildung

Zusatzstoff	Zeitpunkt der Gabe	Verabreichungsform und -menge	↑ ML in kg/d ^a	Autor
Methionin	ab Kalbung bis LT ^b 120	oral; 16 g/d pansengeschütztes Methionin	4,4	Lara et al. (2006)
Vitamin E + Selen	d 21 a.p. + Kalbungstag	i.m.-Injektion; 150.00 mg α-Tocopherylacetat and 1.67 mg Dinatrium-Selenit	2,7	Bayril et al. (2015)
Histidin	2x 7 d in Früh-laktation	oral; 2,5 g/l Histidin (≅ 35 g/d postruminal)	1,7	Doelman et al. (2008)
Methionin + Lysin	über 5 Wo. in Hochlaktation	oral; 12,75 g/d Methionin + 5,13 g/d Lysin (beides pansengeschützt)	1,7	Awawdeh (2016)

^a durchschnittliche Erhöhung der Milchmenge in kg/d im Vergleich zur Kontrollgruppe;

^b Laktationstag

Tabelle 5: Zusatzstoffe mit Wirkung auf den Stoffwechsel allgemein

Zusatzstoff	Zeitpunkt der Gabe	Verabreichungsform und -menge	↑ ML in kg/d ^a	Autor
Natriumhydrogen-carbonat	über 3 Wo in Hochlaktation	oral; 1,2 % i.Tr. TMR ^b	4,6	Kennelly et al. (1999)
Niacin	ab d 1 a.p. über ges. Laktation	oral; 24 g/d	3,7 – 5,3	Loholter et al. (2013)
Propylenglycol, Natriumpropionat	ab Wo 2 a.p. bis LW ^c 5-8 Wo	oral; 500 g/d, Verhältnis 50:50	3 – 3,8	Klebaniuk et al. (2016)
Chrom-L-Methionin	21 d a.p. bis LT 21	oral; 8 mg/d Chrom-L-Methionin	2,8	Kafilzadeh et al. (2012)
konjugierte Linolsäuren	ab Wo 2 a.p. bis LW 14	oral; Lutrell® BASF, ca. 40 g/Kuh/Tag	2,1	Koch und Landfried (2008)
L-Carnitin	21 d a.p. bis LT 26	oral; 10 g/d pansengeschütztes L-Carnitin	1	Ahrens und Scholz (2013)

^a durchschnittliche Erhöhung der Milchmenge in kg/d im Vergleich zur Kontrollgruppe; ^b prozentualer Anteil an der Trockenmasse der totalen Mischration; ^c Laktationswoche

Tabelle 6: Zusatzstoffe mit Wirkung auf Futteraufnahme und -verwertung

Zusatzstoff	Zeitpunkt der Gabe	Verabreichungsform und -menge	↑ ML in kg/d ^a	Autor
Saccharomyces cerevisiae + Enterococcus faecium ssp.	ab 21 d a.p.	oral; jeweils mind. 5x10 ⁹ KbE ^b /d	1,6	Nocek et al. (2003)
Xylanase Plus	ab Frühlaktation über 70 d	oral; 1 ml/kg i.Tr. TMR	1,2	Romero et al. (2016)
Cellulase Plus + Xylanase Plus	ab Frühlaktation über 70 d	oral; 3,4 ml/kg i.Tr. TMR, Verhältnis 75:25	0,8	Romero et al. (2016)

^a durchschnittliche Erhöhung der Milchmenge in kg/d im Vergleich zur Kontrollgruppe;

^b koloniebildende Einheiten

2.2.10. Einsatz von Hormonen

In der EU und somit auch in Deutschland ist der medikamentöse Einsatz von Sexual- und Wachstumshormonen bei der Produktion von Lebensmitteln klar definiert, eng begrenzt und größtenteils verboten (Bundesministerium für Jugend; Familie und Gesundheit, 1977; Europäische Kommission, 2009; Europäisches Parlament und Rat, 2009).

In den USA hingegen werden Hormone zur Leistungssteigerung eingesetzt, z.B. bovines Somatotropin in rekombinanter Form (rbST) bei Milchrindern seit 1993 (U.S. Food and Drug Administration, 1993, 2016). Physiologischer Weise erhöht sich körpereigenes bST um den Zeitpunkt der Geburt und fällt dann kontinuierlich wieder ab (Grum et al., 1996). Das Wachstumshormon erhöht nach Capuco et al. (2001) die Proliferationsrate der mammären Zellen und bewirkt so eine Steigerung der Milchleistung (Tabelle 7).

Tabelle 7: Der Einfluss von rbST^a auf die Milchleistung

Zeitpunkt der Gabe	Verabreichungsform und -menge	↑ ML in kg/d ^b	Autor
alle 7 d ab d 21 a.p. bis LT ^c 21	s.c.-Injektion; 125 mg	3,1	Silva et al. (2017)
alle 14 d ab d 21 a.p. bis LT 42	s.c.-Injektion; 0,4 ml (= 10,2 mg/d rbST)	3,9	Gulay et al. (2004)
alle 14 d ab LT 60	s.c.-Injektion; 500 mg/14 d	3,6	Monsanto Company (1993)
1x tgl. ab LT 53-180 für 16 Wo.	s.c.-Injektion; 25 mg/d	6,1	Jordan et al. (1991)
ab LT 63	s.c.-Injektion; 500 mg/14 d	1,6	van Amburgh et al. (1997)

^a eingesetzt als Posilac®, sterile rbST-Zink-Suspension; ^b durchschnittliche Erhöhung der Milchmenge in kg/d im Vergleich zur Kontrollgruppe; ^c Laktationstag

Wichtige Voraussetzungen für einen erfolgreichen Einsatz sind eine gute körperliche Verfassung und die adäquat angepasste Fütterung. Auch sollten die Milchrinder bereits wieder tragend sein und ab der 12. Laktationswoche mit rbST behandelt werden. Die Milchleistung wird bei unveränderter Milchezusammensetzung über die gesamte Laktationszeit gesteigert (Akers, 2006; Collier und Bauman, 2014; Schams, 1994). Zudem verbessert sich die Persistenz durch die Substitution des Hormons (Bauman et al., 1999; van Amburgh et al., 1997).

Mittlerweile sinkt der Einsatz von rbST wieder, da sich die gesellschaftliche Akzeptanz verringert und einige große US-Handelsketten das Lebensmittel Milch als hormonfrei bewerben und verkaufen (Veauthier, 2008; Velasco, 2017). In den USA besteht keine Kennzeichnungspflicht für Milch, die von mit rbST behandelten Kühen stammt (Akers, 2006). Bisher konnten keinerlei negative Effekte durch den Einsatz des Hormons auf die menschliche Gesundheit nachgewiesen werden. In der EU und Kanada zum Beispiel ist rbST für den Einsatz bei Lebensmittel liefernden Tieren zwar nicht zugelassen, der Import von Produkten von mit rbST-behandelten Tieren hingegen erlaubt und nicht kennzeichnungspflichtig (Collier und Bauman, 2014).

Auch mit der Substitution des bST-freisetzenden Releasinghormons TRH wurden Studien durchgeführt, die eine Steigerung der Milchleistung bezeugen. Die Anwendung dieser Hormone befindet sich jedoch noch im Experimentierstadium bzw. wird nicht weiter verfolgt (Schams, 1972, 1994).

2.2.11. Einsatz von Medikamenten

Es gibt einige Ansätze, auch nach unkomplizierter Kalbung entzündungshemmende Substanzen einzusetzen, um die Milchleistung zu erhöhen (*Tabelle 8*). Hierbei muss bedacht werden, dass in Deutschland und der Europäischen Union Medikamente bei Nutztieren nur für die zugelassenen Indikationen eingesetzt werden dürfen. Eine Erhöhung der Milchleistung allein stellt weder eine Indikation noch einen Umwidmungsgrund dar. Zudem gibt es festgelegte Wartezeiten, die nach dem Einsatz der Medikamente eingehalten werden müssen. Die Milch ist aufgrund von möglichen Medikamentenrückständen in dieser Zeit nicht verkehrsfähig (Deutscher Bundestag, 2005; Europäische Kommission, 2009).

Tabelle 8: Milchleistungssteigernde Medikamente

Medikament	Zeitpunkt der Gabe	Verabreichungsform und -menge	↑ ML in kg/d ^a	Autor
Natrium-salicylat ¹	LT ^b 1-3	oral; 125 g/d Natriumsalicylat (≅ 185 mg/kg KM/d)	3,5	Carpenter et al. (2016)
	LT 1-7	oral; 123,3 ± 5,5 g/d Natriumsalicylat	2,5 (ab LN ^c 3)	Farney et al. (2013)
Meloxicam	LT 1-3	oral; 675 g/d Meloxicam (≅ 1 mg/kg KM/d)	4	Carpenter et al. (2016)
Flumethason ¹	ab LT 4 bis LT 305	oral; 5-10 µg Flumethason, gelöst in 30 ml Propylenglykol	4,3	Swanson und Lind (1976)

^a Durchschnittliche Erhöhung der Milchmenge in kg/d im Vergleich zur Kontrollgruppe;

^b Laktationstag; ^c Laktationsnummer

¹ Anmerkung: Die Anwendung ist bei Tieren, deren Milch für den menschlichen Verzehr bestimmt ist, in der EU verboten (Europäische Kommission, 2009).

2.2.12. Tageslichtlänge und klimatischer Einfluss

Die Tageslichtlänge hat einen Einfluss auf Wachstum, Reproduktion, Laktation und Gesundheit allgemein. So stimuliert eine längere Tageslichtlänge bei wachsenden Kälbern die Entwicklung der Euterdrüsenzellen und beschleunigt die Pubertätsphase durch erhöhte Prolactin- und IGF-I-Blutkonzentrationen. Auch während der Laktation wird so die Milchleistung erhöht (Dahl et al., 2012). Eine Verlängerung der Fotoperiode laktierender Kühe von 12 Stunden auf 16 bis 18 Stunden täglich bewirkt eine Zunahme der Milchmenge um durchschnittlich 2,5 kg/d je Kuh (Dahl et al., 1997).

Anders verhält es sich bei hochtragenden und trockenstehenden Kühen. Die Proliferationsrate der mammären Epithelzellen steigt und die Apoptoserate sinkt, wenn sie einer kürzeren Tageslichtlänge ausgesetzt sind. Sie geben dadurch mehr Milch in der Folgelaktation als Milchkühe, die einer längeren Tageslichtlänge in der Trockenstehzeit exponiert waren (Bentley et al., 2015; Dahl und Petitclerc, 2003; Dahl et al., 2012; Wall et al., 2005).

Auch das Klima wirkt sich auf die Milchleistung aus. Kühe sind Hitzestress gegenüber sehr empfindlich. Die Raufutteraufnahme und das Wiederkäuen nehmen ab, führen zu einem Energiemangel und einem Absinken des Pansen-pH und folglich sinkt die Milchleistung. Ebenfalls als Folge des verminderten Grundumsatzes werden einige für die Milchproduktion wichtige Hormone wie STH und Glukokortikoide vermindert produziert (Mielke, 1994). Deshalb wird empfohlen, die Ställe in wärmeren Klimazonen, zu denen auch Deutschland wegen der warmen Sommer gezählt werden kann, mit kühlenden Vorrichtungen wie Ventilatoren oder Sprinkleranlagen zu versehen (Calegari et al., 2014; Cook und Nordlund, 2004). Zudem gibt es Anstrengungen, hitzetolerante Rinderrassen in warmen Klimazonen zu züchten (Davis et al., 2017).

Auch das Klima zum Zeitpunkt der Geburt scheint einen Einfluss zu haben. In heißeren Monaten geborene Färsen haben eine erhöhte Insulinsensitivität zur ihrer Geburt und eine höhere Milchleistung in der ersten Laktation als Färsen, die in kälteren Monaten geboren werden (Van Eetvelde et al., 2017).

2.2.13. Kuhkomfort

Die wichtigsten Tagesbeschäftigungen von Kühen sind Futteraufnahme und Ruhen, um wiederzukäuen. Essenziell sind deshalb in jeder Milchviehhaltung das Angebot von qualitativ hochwertigem Futter in ausreichender Menge, jederzeit Zugang zu sauberem Trinkwasser sowie ausreichend große und weiche Liegeflächen und eine gute Boxenhygiene. Auch eine ausreichend große Lauffläche muss vorhanden sein. Bei Nichteinhalten dieser Grundvoraussetzungen ist eine optimale Milchleistung nicht möglich (Brade, 2015).

Stress hat einen hohen Einfluss auf das Wohlbefinden und somit auch indirekt auf die Milchleistung von Kühen. Unter diesem Gesichtspunkt gibt es viele weitere Einflussfaktoren neben Fütterung, Tränkung und Melkmanagement, die es sich lohnt, bei der Milchviehhaltung zu optimieren.

Ein Einflussfaktor ist sozialer Stress. Kühe leben in Herden mit einer Rangordnung, die sich jedes Mal neu bildet, wenn unbekannte Individuen zur Gruppe hinzukommen. Färsen zum Beispiel sind in der Regel rangniedriger als größere erwachsene Kühe (Cook und Nordlund, 2004). Die Unterteilung der Herde in Leistungsgruppen ist aus fütterungstechnischer Sicht vorteilhaft, bedeutet aber auch Stress bei jedem Wechsel in eine andere Gruppe. Die Milchleistung der einzeln umgestellten Tiere nimmt in den ersten Tagen nach dem Einstellen in eine andere Leistungsgruppe um durchschnittlich 2 bis 5 % ab (Brakel und Leis, 1976; Hasegawa et al., 1997). Dieser Effekt ist weniger deutlich, wenn man die Kühe nicht einzeln sondern in kleineren Gruppen umstellt, da so das soziale Gefüge innerhalb dieser erhalten bleibt (Takeda et al., 2000).

Eine Überbelegung des Stalls wirkt sich ebenso negativ auf die Milchleistung aus. Kühe zeigen ein allelomimetisches Verhalten, bei dem sie es vorziehen, Aktivitäten wie Fressen, Trinken oder Liegen gleichzeitig mit den anderen Individuen ihrer Gruppe vorzunehmen. Deshalb sollte jeder Stall so konzipiert sein, dass dieses Verhalten ermöglicht wird (Cook und Nordlund, 2004). Es korrelieren somit die Anzahl der Liegeboxen pro Tier und die Milchleistung positiv (Bach et al., 2008). Gesetzlich vorgeschrieben ist das Tier-Liegeplatz-Verhältnis derzeit in Deutschland noch nicht. Lediglich in Niedersachsen gibt es eine Tierschutzleitlinie für die Milchkuhhaltung, die ein Verhältnis von 1:1 empfiehlt, aber nicht rechtlich bindend ist (Niedersächsisches Ministerium für den ländlichen Raum; Ernährung; Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2017).

2.2.14. Kombination verschiedener Methoden

Viele der milchleistungssteigernden Methoden lassen sich kombinieren. So zeigt der Einsatz von rbST kombiniert mit einer erhöhten Melkfrequenz und einer verlängerten Fotoperiode einen additiven galaktopoetischen Effekt (Capuco et al., 2003).

Speicher et al. (1994) weisen bei dem Einsatz von rbST und dem gleichzeitigen Erhöhen der Melkfrequenz auf dreimal täglich eine Erhöhung der täglichen Milchmenge im Mittel um 4,4 kg je Kuh nach.

Die Kombination von rbST und einer verlängerten täglichen Fotoperiode erhöht die Milchleistung um durchschnittlich 6,5 kg/d je Kuh. Zudem erhöht sich hierbei die tägliche Futteraufnahmemenge (Miller et al., 1999).

2.3. Einfluss der Milchleistung auf die Gesundheit

2.3.1. Einleitung

Es wird seit Jahrzehnten kontrovers diskutiert, ob und in wie weit die fortschreitende Zucht von Milchrinderrassen auf immer höhere Milchleistung Konsequenzen für die Gesundheit der Tiere habe (Menn, 2017). So weisen einige Studien darauf hin, dass die zunehmende Milchleistung der Hochleistungskühe negative Auswirkungen auf Nutzungsdauer und Lebenseffektivität haben kann (Brade, 2008).

Viele aktuelle Arbeiten zeigen hingegen, dass unter optimalen Bedingungen das Gegenteil zutrifft. Bei einem funktionierenden betrieblichen Gesamtmanagement sind Hochleistung und lange Nutzung auf hohem Niveau kombinierbar und bringen beachtliche effektive Lebensleistungen hervor (Römer, 2011; Wangler und Harms, 2009). Entscheidende Voraussetzung hierfür scheint eine hohe Erstlaktationsleistung zu sein, da die Landwirte versuchen, diese Tiere länger im Bestand zu halten (Rudolphi, 2012b). Folsche und Staufenbiel (2014) konnten kürzlich belegen, dass höhere Herdenleistungen keine negative Auswirkung auf die Milchzellzahl und Remontierungsrate haben.

Durch die vor allem in den letzten Jahrzehnten stark betriebene genetische Selektion auf Milchleistung gerieten andere Körperfunktionen ins Hintertreffen. Dies betrifft unter anderem die Fortpflanzung, Leberstoffwechsel und Klauengesundheit (Martens, 2016). Die Hauptursache für eine schlechtere Gesundheit und Fruchtbarkeit von Hochleistungskühen gegenüber Kühen mit geringerer Milchleistung ist das meist stärker ausgeprägte Energiedefizit zum Laktationsbeginn. Mit einer weiteren Zucht auf Futteraufnahmevermögen, Futterverwertung und Stoffwechselstabilität sowie einer an die Leistung angepassten

Fütterung kann die NEB mit all ihren negativen Begleiterscheinungen verringert werden (Schwerin, 2009).

Die Sachlage, ob es eine direkte Korrelation von Milchleistung und Erkrankungshäufigkeiten gibt, ist nicht eindeutig. Einige Autoren beschreiben einen Zusammenhang zu gewissen Erkrankungen, andere erkennen keinen. So beschreiben Wangler und Sanftleben (2007) und Wangler und Harms (2009), dass es keinen Unterschied in der Behandlungshäufigkeit zwischen den Leistungsklassen gibt. Wichtig für eine hohe Milchleistung ist bei steigendem Leistungspotenzial die ständige Anpassung des Fütterungs- und Haltungsmanagements (Bauman und Currie, 1980; Rudolphi, 2012a; Simianer et al., 1991; Uribe et al., 1995).

Rudolphi (2012a) und Fleischer et al. (2001) berichten, dass die Erkrankungsrate der verschiedenen Krankheitskomplexe mit steigender Laktationszahl zunimmt. Auch der Zeitpunkt der ersten Erkrankung beeinflusst die Milchleistung signifikant. Je früher die Kuh post partum erkrankt, desto weniger Milch gibt sie im Laufe der Laktation. Erkranken die Tiere erst ab dem 100. Laktationstag, kommt es zu keinem Milchleistungsunterschied im Vergleich zu gesunden Kühen. Auch muss immer berücksichtigt werden, dass es viele subklinische Erkrankungen gibt. Diese verursachen unter Umständen einen Rückgang der Milchleistung, werden aber oft nicht erkannt (Ingvarsen, 2006).

Durchschnittlich treten die meisten Krankheiten innerhalb der ersten 30 Tage p.p. auf, was zum Großteil auf den Pathomechanismen ebendieser beruht. So treten vor allem Probleme auf, die den Reproduktionstrakt und den Stoffwechsel betreffen wie Nachgeburtsverhalten, Puerperalstörungen, Gebärparese, Ketose, Fettlebersyndrom und Labmagenverlagerung. Andere Erkrankungen treten hingegen erst in späteren Laktationsabschnitten auf oder über die gesamte Laktation hinweg wie Euter- und Klauenerkrankungen und Pansenfermentationsstörungen (Brade, 2015; Green et al., 2002; Rajala-Schultz et al., 1999; Rudolphi, 2012a; Sheldon et al., 2006; van Dorp et al., 1999). Die Anzahl der Erkrankungen pro Laktation wirkt sich ebenfalls auf die Milchleistung aus. Bei mehr als 3 Neuerkrankungen innerhalb einer Laktation tritt eine drastische Milchminderung auf (Rudolphi, 2012a).

Neuere Forschungsergebnisse auf dem Gebiet des Zellstoffwechsels belegen, dass die Konzentrationen an proinflammatorischen Zytokinen (PIC) wie Interleukin-1 β und Interleukin-6 ante partum einen Hinweis auf die Erkrankungswahrscheinlichkeit post partum geben. So leiden Kühe, bei denen ein deutlicher Anstieg an PIC a.p. zu verzeichnen ist, p.p. häufiger an klinischer Mastitis und anderen Erkrankungen und nehmen bis zu 2,2 kg Trockenmasse weniger pro Tag auf. Auch die Milchleistung ist signifikant niedriger um bis zu 5,7 kg Milch/Tag. Proinflammatorische Zytokine werden vom Körper vermehrt gebildet und ausgeschüttet, wenn sich Entzündungen jeglicher Art entwickeln. Dementsprechend scheint der Stoffwechsel in

hohem Maß negativ von antepartalen Entzündungsvorgängen beeinflusst zu werden (Trevisi et al., 2015).

2.3.2. Erkrankungen des Reproduktionstraktes

Dieser Krankheitskomplex umfasst vor allem Nachgeburtsverhaltungen, Endometritiden und Metritiden, aber auch weitere den Fortpflanzungsapparat betreffende Erkrankungen.

Unumstritten ist, dass die Reproduktionsleistung von Milchkühen durch ihr Leistungsniveau, Erkrankungen in der Früh-laktation und Totgeburten beeinflusst wird. Auch die Jahreszeit bzw. Tageslichtlänge haben Auswirkung auf die Fruchtbarkeit. So leiden Kühe, die im Herbst und Winter kalben, eher an Fruchtbarkeitsstörungen (Gröhn et al., 1990). Zusätzlich ist das individuelle betriebliche Fruchtbarkeitsmanagement entscheidend für gute Fruchtbarkeitskennzahlen der Herde (Rudolphi, 2012c).

Im Hinblick auf die Milchleistung sind die Meinungen in der Fachliteratur uneins. Hohe Milchleistungen begünstigen Fruchtbarkeitsstörungen möglicherweise aufgrund einer verminderten Verfügbarkeit von Stoffwechselenergie (Veerkamp et al., 2003). So stellen sie laut Gröhn et al. (1990) und Rudolphi (2012a) einen Risikofaktor für Nachgeburtsverhaltungen dar. Ingvarsen et al. (2003) hingegen sehen diesen Zusammenhang als eher unwahrscheinlich an. Nach Gundling et al. (2015) schützen Milcheinsatzleistungen über 30 kg täglich sogar vor Nachgeburtsverhalten.

Das Entstehen von Ovarialzysten und Entzündungen des Uterus scheint durch hohe Laktationsleistungen begünstigt zu werden (Fleischer et al., 2001; Gundling et al., 2015; Lyons et al., 1991; Van Dorp et al., 1998). Andere Autoren beschreiben, dass die Höhe der Milchleistung keinen Einfluss auf das Entstehen von Endometritiden und Metritiden hat (Fleischer et al., 2001; Ingvarsen et al., 2003).

Nach Butler (1998) scheinen hohe Milchleistungen mit einer generellen schlechteren Fruchtbarkeit einherzugehen. So haben die Fruchtbarkeitskennzahlen wie Rastzeit und Zwischenkalbezeit einen negativen Zusammenhang mit hohen Milchleistungen. Allerdings spielen weitere Umweltfaktoren hierbei eine große Rolle und wirken auf die Fruchtbarkeitsergebnisse ein (Folsche und Staufenbiel, 2014).

Auch Geburtsstörungen und die Milchleistung hängen zusammen. Rajala und Gröhn (1998) bewerten Geburtsstörungen als Ursache für Milchleistungseinbußen bei Kühen in der zweiten und dritten Laktation. Bei ihnen verursachen Schweregeburten vor allem in den ersten 14 Tagen p.p. Leistungsverluste. Andere Laktationsnummern scheinen keine Rolle zu spielen. Auch Dematawena und Berger (1997) beschreiben beträchtliche Milchrückgänge je nach Grad der Schweregeburt und unabhängig von der Laktationszahl. Andere Autoren hingegen sehen

keinen Zusammenhang zwischen Dystokien und Milchleistungsrückgang (Lucey et al., 1986). Die unterschiedlichen Studienergebnisse lassen sich wahrscheinlich auf verschiedene statistische Methoden und Abschätzungen der Milchverluste sowie Berücksichtigung anderer parallel auftretender Erkrankungen zurückführen (Rajala und Gröhn, 1998).

Dass hingegen hohe Milchleistungen in der Vorlaktation Dystokien begünstigen, wird von einigen Autoren verneint (Ingvarsen et al., 2003).

2.3.3. Klinische Mastitis

Klinische Mastitiden sind ein wichtiger ökonomischer Faktor. Sie senken die Herdenproduktivität, -wirtschaftlichkeit und -langlebigkeit durch Absinken von Milch- und Reproduktionsleistung, hohe Behandlungskosten und eine erhöhte Abgangsrate (Halasa et al., 2007).

Viele Studien zeigen, dass hohe Milchleistungen einen Risikofaktor für Mastitiden darstellen (Gröhn et al., 1995; Koeck et al., 2014; Lyons et al., 1991; Rudolphi, 2012a; Schukken et al., 1990; Simianer et al., 1991; Van Dorp et al., 1998). Ursächlich dafür sind möglicherweise hierbei häufiger auftretende undichte Zitzen oder Zitzenverletzungen (Schukken et al., 1990).

Im Gegensatz dazu beschreiben Folsche und Staufenbiel (2014), dass Herden mit höherer Milchleistung eine geringere Zellzahl in der Tankmilch und somit weniger Probleme mit Mastitiden aufweisen.

2.3.4. Klauenerkrankungen

Lahmheiten verursachen enorme wirtschaftliche Verluste in der Milchwirtschaft. Eine verminderte Futteraufnahme aufgrund von Bewegungseinschränkungen und Schmerzen senkt die Milchleistung, erhöht die Anfälligkeit für Stoffwechselerkrankungen und vermindert die Körperkondition. Daraus ergeben sich eine erhöhte Remontierungsrate, schlechte Fruchtbarkeit und hohe Behandlungskosten (Collard et al., 2000; De Kruif et al., 2014; Green et al., 2002; Kofler et al., 2017).

Umgekehrt ist die Kausalität schwieriger herzustellen. Einige Autoren beschreiben, dass die Milchleistung keinen Einfluss auf die Klauengesundheit hat (Römer, 2012; Rudolphi, 2012a). De Kruif et al. (2014) sehen eine gleichzeitige Zunahme der Lahmheiten mit steigender Milchleistung und Herdengröße in den letzten Jahrzehnten in Deutschland. Bauman und Currie (1980), Gundling et al. (2015) und Fleischer et al. (2001) beschreiben eine positive Korrelation. Auch Green et al. (2002) stellen fest, dass das Risiko, eine Klauenerkrankung zu entwickeln, zwischen dem 30. und 150. Laktationstag am höchsten ist. Somit scheinen hohe Milchleistungen ihr Entstehen zu begünstigen. Auch zeigen sich Milchleistungsverluste bereits

3 bis 4 Wochen vor einem klinischen Auftreten von Lahmheiten und halten noch Wochen nach Beendigung der Behandlungen an (Amory et al., 2008; Green et al., 2002; Rajala-Schultz et al., 1999; Reader et al., 2011).

2.3.5. Stoffwechselerkrankungen

In den ersten 30 Tagen p.p. treten bei Milchkühen 90 % aller Stoffwechselerkrankungen auf. Zu den häufigsten und wirtschaftlich bedeutendsten zählen Gebärparese, Ketose, Leberverfettung und Labmagenverlagerung (Anderson, 2009; Rudolphi, 2012c).

Nach Gröhn et al. (1995) besteht zwischen hoher Vorlaktationsleistung und linksseitiger Labmagenverlagerung keine Korrelation. Andere Autoren beschreiben einen positiven Zusammenhang zwischen der 305-Tage-Leistung und dem Auftreten von Labmagenverlagerungen (Gundling et al., 2015).

Das Auftreten von Gebärparese korreliert positiv mit einer hohen Milcheinsatzleistung (Fleischer et al., 2001; Gundling et al., 2015).

Uribe et al. (1995) beschreiben eine positive Korrelation von Milchleistung und dem Auftreten von Ketose. Andere Autoren können keinen Zusammenhang belegen (Gröhn et al., 1995).

Von der anderen Seite betrachtet korreliert das Auftreten von Ketose negativ mit der Milchleistung. Das Absinken der Milchmenge ist teilweise bereits bis zu 4 Wochen vor der klinischen Diagnose einer Ketose messbar und setzt sich noch Wochen nach der Behandlung fort. An Ketose erkrankte Kühe ab der 4. Laktation erholen sich meist nicht mehr von dem Milchrückgang und geben bis zum Ende der Laktation weniger Milch als gesunde Vergleichstiere. Im Allgemeinen erholen sich die Tiere aber von der Erkrankung und holen die verlorene Milchleistung in der restlichen Laktation wieder auf (Rajala-Schultz et al., 1999).

2.3.6. Verdauungsstörungen

Einen Zusammenhang zwischen der Höhe der Milchleistung und Verdauungsstörungen wie Indigestionen und Durchfälle thematisieren nur wenige Autoren. Diarrhoe wird zudem eher als Auslöser für Milchleistungsabfälle bewertet als umgekehrt. So tritt Durchfall oft im Zusammenhang mit nachweislichen Futterunverträglichkeiten, Stress, Infektionskrankheiten oder Stoffwechselstörungen wie Ketose auf (Bareille et al., 2003; Fourichon et al., 2005).

2.3.7. Abgänge und deren Ursachen

Hohe Remontierungsraten bedeuten einen großen finanziellen Verlust für milcherzeugende Betriebe. Daten der Milchkontrollverbände zeigen, dass die größte Milchleistung in der dritten und vierten Laktation erbracht wird. Viele Kühe erreichen dieses Alter nicht; bundesweit sind

es nur etwa ein Viertel aller Milchkühe (*Tabelle 9*). Die meisten Tiere werden vorher gemerzt, am häufigsten aufgrund von Stoffwechsel- und Eutererkrankungen sowie Fruchtbarkeitsstörungen (Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung, 2019).

Tabelle 9: Altersaufbau der milchleistungsgeprüften Kühe in der BRD, modifiziert nach Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung (2019)

Kontrolljahr	Anteil (%) in den Altersklassen				
	≤ 3,9 Jahre	4,0-5,9 Jahre	6,0-7,9 Jahre	8,0-9,9 Jahre	> 9,9 Jahre
2011/12	46,7	33,7	14,0	4,2	1,3
2012/13	46,4	34,0	14,0	4,3	1,3
2013/14	46,5	33,9	13,9	4,3	1,3
2014/15	45,9	34,1	14,3	4,4	1,3
2015/16	46,6	33,9	14,0	4,3	1,3
2016/17	46,7	33,7	14,0	4,3	1,3
2017/18	46,5	34,0	14,0	4,2	1,3

In den ersten 30 Tagen post partum ist die Wahrscheinlichkeit am größten, dass Kühe aufgrund von Stoffwechselerkrankungen und deren Folgen frühzeitig abgehen. Dies betrifft in hohem Maß Kühe in der ersten Laktation. Zudem sind im Mittel 10 % der Abgänge auf Klauen- oder Gliedmaßenkrankungen zurückzuführen (De Kruif et al., 2014). Mittlerweile sind deutschlandweit circa 50 % aller Milchkühe unter 4 Jahre alt (Losand, 2012; Römer, 2011; Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung, 2019).

Wangler und Harms (2009) merken an, dass die Merzungsentscheidungen oft zu früh vom Selektionsmanagement getroffen werden. Frühzeitig selektiert werden so häufig akut erkrankte, nach Trächtigkeitsuntersuchung nicht tragende oder akut leistungsdeprimierte Kühe. Dieser Trend ist aus ökonomischen und Tierschutzaspekten kritisch zu sehen und ihm sollte entgegengewirkt werden. Folsche und Staufienbiel (2014) bekräftigen dies, und sehen hohe Milchleistungen als Schutz vor dem Abgehen an. So mache ein gut funktionierendes Herdenmanagement hohe Leistungen überhaupt erst möglich.

3. Material und Methoden

3.1. Betriebsmanagement und Tierhaltung

3.1.1. Betrieb

Die ausgewerteten Daten stammen aus einem konventionellen Milchviehbetrieb in Sachsen-Anhalt, welcher Lehr- und Forschungszwecken dient. Sie wurden in den Zeiträumen vom 04.05.2015 bis zum 07.04.2016 und vom 12.04.2016 bis zum 21.11.2016 im Rahmen von Studien erhoben oder stammen aus der Datensicherung des Betriebes. Im Untersuchungszeitraum wurden im Betrieb durchschnittlich 419 Milchkühe der Rasse Holstein-Friesian gehalten. Das Melken erfolgte dreimal täglich um je 4:00, 12:00 und 20:00 Uhr mit Vordippen in einem Doppel-16er-Side-by-Side-Melkstand. Die durchschnittliche Milchleistung betrug 12.064 kg mit einem Fettgehalt von 3,73 % und einem Eiweißgehalt von 3,45 %. Erstlaktierende hatten eine mittlere 305-Tage-Leistung von 10.449 kg Milch. Ab der zweiten Laktation gaben die Kühe durchschnittlich 12.536 kg Milch jährlich.

Die Besamungen erfolgten ausschließlich künstlich durch den Besamungstechniker des Zuchtverbandes. Die Trächtigkeitsuntersuchungen wurden meist zwischen Tag 32 und 39 nach der Besamung ultrasonographisch durch den betreuenden Tierarzt durchgeführt.

3.1.2. Herde

Insgesamt wurden die Daten von 192 Kühen erfasst und ausgewertet, die aufgrund verschiedener Fütterungsstudien in drei Gruppen gehalten wurden. 20 Tiere waren Erstlaktierende. Das älteste Tier befand sich in der 10. Laktation (*Tabelle 10*).

Tabelle 10: Aufteilung der untersuchten Gruppen nach Laktationsnummern

Gruppe	n _{ges}	% _{ges}	LN ^a									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2015	109	56,8	-	27	25	17	14	9	9	6	2	-
2016-1	41	21,4	10	13	4	4	3	2	3	-	2	-
2016-2	42	21,9	10	10	6	5	5	3	1	-	1	1
gesamt	192	100	20	50	35	26	22	14	13	6	5	1

_{ges} Gesamtzahl; ^a Laktationsnummer

Durch die Datenerfassung in zwei aufeinander folgenden Jahren wurden 24 Kühe in zwei aufeinander folgenden Laktationen erfasst. Bei der Auswertung wurden sie als separate Individuen betrachtet. Aufgrund der niedrigen Fallzahlen zur besseren Auswertbarkeit der Daten wurden alle Kühe ab der 5. Laktation in die Gruppe „5+“ zusammengefasst. Sie enthält 61 Tiere, was 31,9 % der analysierten Kühe entspricht.

Die Kühe wurden je nach Laktationsabschnitt in unterschiedlichen Haltungssystemen gehalten. Trockensteher, Vorbereiter, frisch abgekalbte Kühe und stark lahm gehende Tiere wurden in einem Tiefstreulaufstall untergebracht. Der Hauptteil der laktierenden Kühe stand in einem großen Offenlaufstall mit Betonboden und fest installiertem Spaltenschieber zur Entmistung. Als Liegeflächen dienten Hochliegeboxen mit Gummimatten, die regelmäßig mit einem Kalk-Sägespäne-Gemisch bestreut wurden. Für erkrankte Tiere gab es ein separates Krankenabteil, welches dick mit Stroh ausgestreut war.

3.1.3. Fütterung

Die Fütterung erfolgte ad libitum. Da es sich um ein Versuchsgut handelt und parallel verschiedene Studien durchgeführt wurden, bekamen die ausgewerteten Gruppen in der Hochleistungsphase eine mengenmäßig leicht unterschiedlich zusammengesetzte TMR, die die üblichen Futtermittel für Milchkühe enthielt (*Tabelle 11*).

Tabelle 11: Rationszusammensetzung der Laktationsgruppen (Durchschnitt der Jahre 2015 und 2016)

Futterkomponenten	% der Trockenmasse der TMR ^a	
	von	bis
Maissilage	12,6	19,1
Grassilage (1. Schnitt), Luzernesilage	32,8	33,5
Luzerneheu	4,2	4,2
Futterstroh, gehäckselt	2,4	4,3
Pressschnittsilage	2,0	2,0
Trockenschnitzel, melassiert	4,4	5,5
Feuchtkornmais	10,7	13,0
Mischfutter Mais-Gerste-Roggen 1:1:1	6,5	13,0
Rapsextraktionsschrot	13,3	16,5
Rohglycerin	1,0	1,4
Mineralfuttermittel ohne Phosphor	0,7	0,8
Harnstoff	0,2	0,2
Konservierungsmittel für Silagen	0,4	0,5
Futterkalk	0,1	0,4
Pflanzliches Futterfett, pansenstabil	0,6	0,6

^a totale Mischration

Je nach Haltungsform wurde die TMR auf einem Futtertisch angeboten oder in automatischen Fress-Wiege-Trögen mit transpondergestützter Erfassung der täglichen Futteraufnahme. Das Futter wurde zweimal täglich vorgelegt.

Es wurden des Weiteren keine milchleistungsfördernden Futterzusatzstoffe verfüttert.

3.1.4. Transitphase

Das Trockenstellen der Kühe erfolgte im Mittel 7 Wochen vor dem errechneten Abkalbetermin mit einer Beurteilung des BCS nach Edmonson et al. (1989), der Messung der Rückenfettdicke nach Staufenbiel (1997) mit dem portablen Ultraschallgerät HS-120 (PHYSIA GmbH), dem Erfassen der Körpermasse, der Anwendung eines Zitzenversieglers und einer Klauenpflegebehandlung. Die Daten wurden von Mitarbeitern vor Ort erhoben.

Durchschnittlich 24 Tage vor der Kalbung erfolgte die Umstallung in die Vorbereitergruppe. Nach dem Abkalben wurden die Kühe in die Frischabkalbergruppe umgesetzt und nach fünf Tagen erfolgte die Zuordnung zu der Laktierendengruppe, wenn die Tiere klinisch gesund waren.

3.1.5. Datenmanagement

Die Herdendaten der beobachteten Tiere wie Tiernummer, Geburtsdatum, Laktationsnummer, Kalbedatum, Trächtigkeitsbefunde usw. stammen aus den jeweiligen Datenblättern des Managementprogrammes des Betriebes (Herde, DSP Agrosoft GmbH).

3.1.5.1. Milchmengen

Die ausgewerteten Daten basieren auf den als Tageswert für jedes Tier ausgegebenen Milchmengen in kg, die bei den dreimal täglichen Melkgängen automatisch erfasst wurden. Für die Berechnungen wurden die Milchmengen der Laktationstage 2 bis 100 verwendet, da die Erfassung am ersten Laktationstag sehr uneinheitlich und meist unvollständig war. Je nach Geburts- und Umstallzeitpunkt wurde anstelle von üblicherweise dreimal täglich nur ein- oder zweimal gemolken oder es erfolgte gar keine Datenerfassung. Auch fehlen aufgrund von Messfehlern gelegentlich einzelne Tageswerte im Laktationsverlauf. Deshalb wurde zur Berechnung der Milchmengen der verschiedenen Laktationszeiträume der Mittelwert der betrachteten Tage ermittelt und mit der Anzahl der Tage multipliziert (*Tabelle 12*). Die Werte, die den ersten Laktationstag mit einbeziehen, werden durch diese Rechenweise leicht überschätzt. Alle Milchmengenangaben haben die Einheit kg.

Da es in der vorliegenden Arbeit auch um die Beziehungen von verschiedenen Milchleistungen zueinander geht, wurden verschiedene Zeiträume festgelegt. Sie starten entweder mit Beginn der Laktation oder liegen weiter hinten in ihrem Verlauf und umfassen wenige Tage, einzelne Laktationswochen oder längere Zeiträume. Alle Zeiträume sind in *Tabelle 12* detailliert aufgezählt und beschrieben.

Tabelle 12: Definition der Milchmengen-Variablen

Milchmengen	Variablen	Berechnungsgrundlage	
Laktationstagesleistungen			
LT ^{a f}	LT 2, LT 3, LT 4, LT 5, LT 6, LT 7		Gesamttagemilchmenge an LT <i>f</i> , erfasst durch Melkvorrichtung bei dreimaligem täglichem Melken
LT 1- <i>g</i>	LT 1-2 LT 1-3 LT 1-4 LT 1-5 LT 1-6	LT 2*2 Mean (LT 2 to 3)*3 Mean (LT 2 to 4)*4 Mean (LT 2 to 5)*5 Mean (LT 2 to 6)*6	Mittelwert der erfassten Tagesmilchmengen von LT 2 bis <i>g</i> multipliziert mit der Anzahl der ausgewerteten LT
LW ^{b h} TMM ^c	LW 1 TMM LW 2 TMM LW 3 TMM LW 4 TMM LW 7 TMM LW 9 TMM LW 14 TMM	Mean (LT 2 to 7) Mean (LT 8 to 14) Mean (LT 15 to 21) Mean (LT 22 to 28) Mean (LT 43 to 49) Mean (LT 57 to 63) Mean (LT 92 to 98)	Durchschnittliche Tagesmilchmenge der jeweiligen LW <i>h</i> , gebildet aus dem Mittelwert der erfassten Tagesmilchmengen von LT <i>x</i> bis <i>y</i>
Laktationswochenleistungen			
LW <i>i</i>	LW 1 LW 2 LW 3 LW 4 LW 7 LW 9 LW 14	Mean (LT 2 to 7)*7 Mean (LT 8 to 14)*7 Mean (LT 15 to 21)*7 Mean (LT 22 to 28)*7 Mean (LT 43 to 49)*7 Mean (LT 57 to 63)*7 Mean (LT 92 to 98)*7	Gesamtwochenmilchmengen der LW <i>i</i> , gebildet aus dem Mittelwert der erfassten Tagesmilchmengen von LT <i>x</i> bis <i>y</i> multipliziert mit 7
LW 1- <i>j</i>	LW 1-2 LW 1-3 LW 1-4 LW 1-7 LW 1-9	Mean (LT 2 to 14)*14 Mean (LT 2 to 21)*21 Mean (LT 2 to 28)*28 Mean (LT 2 to 49)*49 Mean (LT 2 to 63)*63	Gesamtmilchmenge der verschiedenen Leistungszeiträume, gebildet aus dem Mittelwert der erfassten Tagesmilchmengen von LT 2 bis <i>j</i> multipliziert mit der Anzahl der ausgewerteten LT
Weitere Leistungsabschnitte			
<i>k</i> TL ^d	50 TL 100 TL 200 TL 305 TL 305 VL ^e	Mean (LT 2 to 50)*50	Gesamtmilchmenge von 50 LT, gebildet aus dem Mittelwert der erfassten Tagesmilchmengen von LT 2 bis 50 multipliziert mit 50 Gesamtmilchmengen der verschiedenen Leistungsabschnitte, berechnet aus den monatlich durchgeführten Milchkontrollen, bereitgestellt vom VIT Verden

^a Laktationstag; ^b Laktationswoche; ^c Tagesmilchmenge; ^d Tage-Leistung; ^e Vorlaktation
f-k Variablen für die zur Berechnung verwendeten LT/LW

Die meisten Autoren bezeichnen die ersten 50 oder 100 Laktationstage als Start- oder Einsatzleistung (Bachstein, 2016; Bergk und Swalve, 2011; Kennelly et al., 1999; Rossow,

2003), es gibt aber bisher keine allgemein gültige Definition für beide Begriffe (siehe 2.2.1. *Einleitung*). Deshalb wurde die Startleistung von der Autorin für die vorliegende Arbeit als Gesamtleistung der ersten Laktationswoche (LW 1) festgelegt. Als mögliche Einsatzleistung wurden die Gesamtleistungen verschiedener Laktationsabschnitte ausgewertet, und zwar die ersten 21 (LW 1-3), 50 (50 TL) und 100 Laktationstage (100 TL).

3.1.5.2. Laktationskurven

3.1.5.2.1. Kurvenverlauf

Die Milchleistungskurven wurden für die ersten 100 Laktationstage erstellt, indem die täglichen, bei den Melkvorgängen erfassten Milchmengen in kg gegen die Zeit in Tagen aufgetragen wurden. Die so erstellten Kurven wurden in Bezug auf ihren Verlauf bewertet.

Zu den ausgewerteten Kriterien gehörte, ob der Milchleistungsanstieg an den ersten Laktationstagen steil oder verzögert war. Hierzu wurde der Mittelwert der Laktationstage 2 und 3 durch den Mittelwert der Tage 4 und 5 geteilt. Lag der Quotient über 0,9 wurde der Anstieg als verzögert bewertet. Dieser Wert wurde von der Autorin festgelegt, da es bisher in der Literatur keine mathematische Definition für einen optimalen Milchanstieg in den ersten Tagen der Laktation gibt. Gesichert ist nur, dass die Milchleistung unabhängig von der absoluten Milchmenge von Tag zu Tag steigen und weder persistieren noch wieder zurückzugehen sollte (Dekkers et al., 1998; Gengler, 1996).

Die Laktationskurven wurden visuell beurteilt, ob sich deutliche vorübergehende Leistungsschwankungen zeigten. Dies war der Fall, wenn eine nach unten herausstechende Zacke sichtbar war, die auffällig vom üblichen, leicht schwankenden Kurvenverlauf abwich. Sie konnte sich über einen Tag oder mehrere Tage in Folge erstrecken, im Anschluss aber musste die Milchleistung wieder in etwa auf dem Niveau vor der Zacke liegen (*Abbildung 6*). Zudem wurde ausgewertet, in welchen Leistungszeiträumen sich diese Schwankungen zeigten. So konnten sie von LT 1-21, LT 22-50 und LT 51-100 sowie in allen drei Zeiträumen auftreten. Kurven ohne diese Schwankungen wurden als angestrebte Form bewertet.

3.1.5.2.2. Laktationspeak

Als Peakleistung wurde die höchste gemessene Tagesmilchleistung jeder Kuh in kg (Lean et al., 1989) im Verlauf der untersuchten ersten 100 Laktationstage bewertet.

Die Kurven wurden zudem auf weitere Peak-nahe Leistungen untersucht, also ob es im Verlauf mindestens einen weiteren Tag gab, an dem (annähernd) das Peakniveau (maximal -1 kg) erreicht wurde. Er musste mindestens 4 Tage vor oder nach dem eigentlichen Peak liegen, um nicht mit dem eigentlichen Peak assoziiert zu sein. Denn je nach Steilheit des Anstiegs, kann die Leistung um den Peaktag herum ähnlich hoch sein wie der Peak selbst (Gengler, 1996).

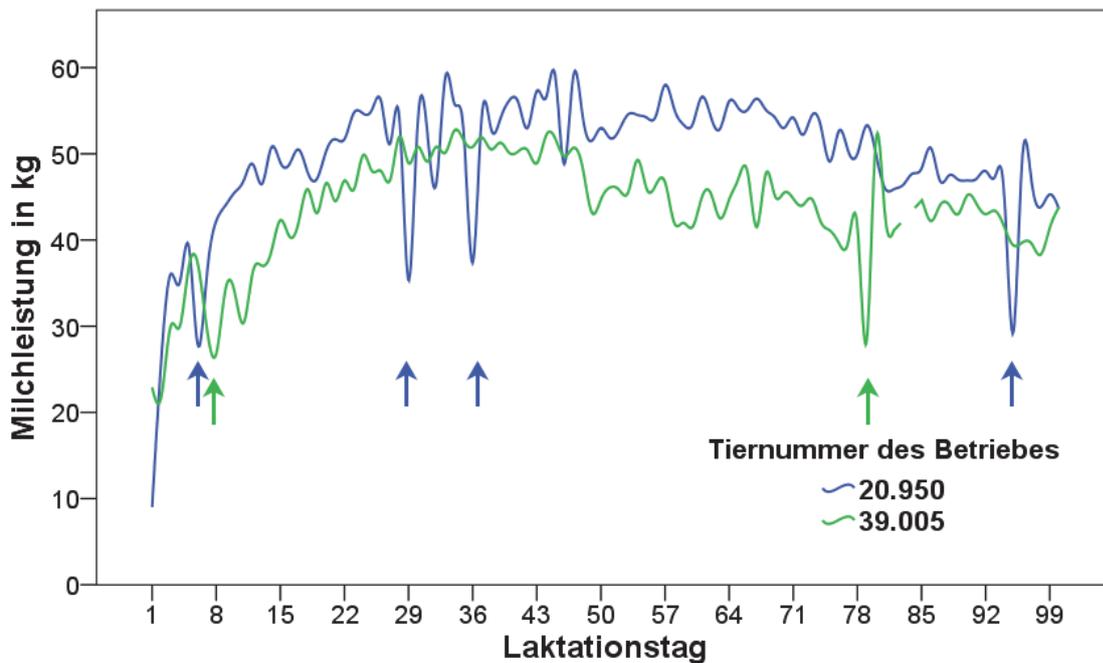


Abbildung 6: Beispiele für deutliche Leistungsschwankungen im Laktationsverlauf; Pfeile in der jeweiligen Farbe der Laktationskurve weisen auf die auffälligen Leistungsschwankungen

3.1.5.2.3. Persistenz

Zur Berechnung der Persistenz wurde folgende Formel von AgroMedia International Inc. (2017) genutzt:

$$\left[1 - \frac{(\text{Milch kg 1. Test} - \text{Milch kg 2. Test}) * \frac{30 \text{ Tage}}{\text{Anzahl Tage zwischen den Tests}}}{\text{Milch kg 1. Test}} \right] * 100$$

Sie gibt an, um wieviel Prozent sich die Milchleistung durchschnittlich alle 30 Tage im betrachteten Zeitraum verändert und berechnet so die Persistenz zwischen zwei beliebigen Punkten auf der Laktationskurve. Als erster Wert wurde die durchschnittliche Tagesmilchleistung in der 5. Laktationswoche gewählt, da hier häufig die Peakleistung liegt. Als zweiter Wert wurde die Durchschnittstagesleistung in der 14. Laktationswoche benutzt, da sie am Ende des Untersuchungszeitraumes dieser Arbeit liegt. Zwischen den Messtagen liegen 63 Tage. Anschließend wurden die Werte in 3 Kategorien eingeteilt und so die Persistenz als hoch, gut oder schlecht beurteilt (Tabelle 13).

Tabelle 13: Einteilung der Persistenz in Kategorien

Kategorie	Persistenz berechnet nach AgroMedia International Inc. (2017)
hoch	≥ 100 %
gut	95 - 100 %
schlecht	≤ 95 %

3.1.5.3. Tiergesundheit

Die Erfassung der Tiergesundheit erfolgte durch das Personal vor Ort (betreuende Tierärzte, Herdenmanager, Klauenpfleger, Melker und Tierpfleger) mit Schwankungen in der Beobachtungsdichte vor allem nach der Transitphase. So wurde bei allen Frischabkalbern in den ersten Tagen p.p. die Körpertemperatur gemessen. Gesundheitlich auffällige Tiere wurden durch den bestandsbetreuenden Tierarzt, Herdenmanager oder Melker untersucht und gegebenenfalls behandelt. Zudem wurden von jedem Tier im Zusammenhang mit den Milchkontrollen die Körperkondition und Pansenfüllung beurteilt sowie die Panseneffizienz anhand von Eiweiß- und Harnstoffgehalt der Milch überprüft.

Die Erkrankungsereignisse wurden nach den Kriterien in *Tabelle 14* erfasst und ausgewählt. Sie bilden klassische Erkrankungen aber auch Abweichungen der physiologischen Vitalparameter und Körperfunktionen ab und sind somit nicht per se als Krankheiten zu verstehen. So fallen beispielsweise auch Fieber, Diarrhoe oder Inappetenz ohne erkennbare Ursache darunter. Zur Auswertung wurden die Erkrankungsereignisse durch die Autorin in Kategorien zusammengefasst (*Tabelle 15*).

Tabelle 14: Definitionen der Erkrankungsfälle

Erkrankungsereignis	klinische Definition	Autor
Dermatitis digitalis	infektiöse, geschwürartige, schmerzhaft, umschriebene Entzündung der Oberhaut zwischen und über dem Weichballen, im Zwischenklauenspalt, über dem Saumband oder rund um die Afterklauen	⁴
eitrig-hohle Wand	eitrige Entzündung nach Hohlräumbildung infolge von Zusammenhangstrennung zwischen Lederhaut und innerster Hornschicht	⁴
Fieber unbekannter Genese	Rektaltemperatur > 39,5°C ohne Diagnosestellung einer auslösenden Erkrankung	¹
Gebärparese	peripartale Parese mit positivem Ansprechen auf Calcium-Therapie	²
Indigestion	Diarrhoe ohne Fieber, Pansenazidose, evtl. zusätzlich Inappetenz	¹
Ketose	sinkende Futterraufnahme und Milchleistung von LW ^b 1-8 mit positivem Ansprechen auf Propylenglycol-Therapie	²
Klauenrehe	Bildung minderwertigen Horns, Verbreiterung der weißen Linie, konkave Vorderwand mit divergierenden Ringen	⁴

¹ Bachstein (2016); ² Bareille et al. (2003); ³ Ingvarstsen (2006); ⁴ Kofler (2014); ⁵ Sheldon et al. (2006); ⁶ Tenhagen et al. (2007)

^a Laktationstag; ^b Laktationswoche

Fortsetzung von Tabelle 14

Erkrankungsereignis	klinische Definition	Autor
klinische Endometritis	Uterusausfluss ab LT 21 ohne klinische Symptome, entweder purulent (anteilig > 50 % Eiter) oder mucopurulent (Mucus und Eiter im Verhältnis 1 : 1)	5
klinische Mastitis	sichtbar veränderte Milch mit erhöhter Zellzahl und Fieber oder anderen klinischen Symptomen	2
Labmagenverlagerung	positive Perkussionsauskultation links oder rechts bei sinkender Milchleistung und anderen klinischen Symptomen	3
Lahmheit	Dolenz im Gliedmaßenbereich mit verändertem Gangbild, evtl. aufgekrümmter Rücken	1
Nachgeburtsverhaltung	Retention fetaler Membranen > 24 h p.p.	1
puerperale Metritis	rot-brauner, stinkender Lochialausfluss mit Fieber oder anderen klinischen Symptomen innerhalb der ersten 10 LT ^a	5
Schweregeburt	mechanischer Eingriff in den Geburtsverlauf bei Geburtsstillstand (schwerer Auszug durch zwei ziehende Personen oder Geburtshelfer mit Korrektur der Fehllage/-haltung/-stellung)	6
Sohlengeschwür	völliger Verlust des Sohlenhorns und umschriebene eitrig-entzündliche Entzündung der freiliegenden Sohlenlederhaut	4

¹ Bachstein (2016); ² Bareille et al. (2003); ³ Ingvarstsen (2006); ⁴ Kofler (2014); ⁵ Sheldon et al. (2006); ⁶ Tenhagen et al. (2007)

Tabelle 15: Zuordnung der aufgetretenen Krankheiten zu Erkrankungskomplexen

Erkrankungskomplex	zugeordnete Erkrankungen/Symptome
Erkrankungen des Reproduktionstraktes	Nachgeburtsverhaltung, klinische Endometritis, puerperale Metritis, Verletzungen an Vagina/Vulva durch Schweregeburt
Klauenerkrankungen	Sohlengeschwür, Dermatitis digitalis, eitrig-hohle Wand, Klauenrehe
sonstige Gliedmaßenerkrankungen	Lahmheit hinweisend auf Erkrankung proximal der Klaue, Zerrung
Stoffwechselerkrankungen	Gebärparese, Ketose, Leberverfettung, Labmagenverlagerung
Verdauungsstörungen	Indigestion

Abgänge sind definiert als Verlassen der Herde aufgrund diverser Umstände wie plötzliches Verenden oder Schlachtung.

3.1.5.4. Fruchtbarkeit

Die Fruchtbarkeitsparameter wurden durch das Personal vor Ort im Betrieb erfasst und die Fruchtbarkeitskennzahlen aus den erhobenen Daten abgeleitet. Hierbei wurden allgemeingültige Definitionen zugrunde gelegt (*Tabelle 16*).

Tabelle 16: Definition der Fruchtbarkeitskennzahlen

Fruchtbarkeitskennzahl	Definition	Autor
Rastzeit	Zeitraum zwischen Kalbung und erster darauffolgender Besamung	1; 2; 3
Zwischentragezeit	Synonym = Gützeit; Zeitraum zwischen Kalbung und erfolgreicher Besamung	1
Besamungsaufwand	Anzahl Besamungen je Trächtigkeit	1

¹ Portal Rind (2017); ² Methling et al. (2003); ³ Die fruchtbare Kuh (2018)

3.2. Statistische Auswertung

Die Datenauswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm IBM SPSS Statistics Version 22-26 und Microsoft Excel 2013. Mithilfe anerkannter Literatur über statistische Verfahren wurden die genutzten Tests ausgewählt und ausgewertet. Das Signifikanzniveau wurde für die Analysen auf $p < 0,05$ festgesetzt (Bühl, 2014; Fromm, 2012).

Aufgrund der Fragestellung dieser Arbeit wurden die Kühe, die bis zum 15. Tag post partum abgingen, nicht bei der Auswertung der Milchleistung berücksichtigt. Dies betrifft 6 Tiere. Bei ihnen ist davon auszugehen, dass die gesundheitlichen Probleme bereits vor der Kalbung auftraten bzw. ihre Ursache fanden, und nicht die Milchleistung der aktuellen Laktation ursächlich dafür ist.

3.2.1. Deskriptive Statistik

Stetige Variablen wie die erfassten Milchmengen wurden auf Normalverteilung getestet unter Einbeziehung von Kolmogorov-Smirnov-Normalverteilungstest und Shapiro-Wilk-Test sowie Histogramm und normalverteiltes Q-Q-Diagramm. Zudem wurden explorative Datenanalysen angefertigt und die Quartile sowie Minimum und Maximum ausgewertet.

3.2.2. Analytische Statistik

3.2.2.1. Spearman-Rho-Korrelation

Um die Zusammenhänge verschiedener Variablen zu ermitteln, wurde bei nicht normalverteilten Variablen der Spearman-Rho-Korrelationskoeffizient r berechnet. Liegt r zwischen $+1$ und > 0 besteht eine positive Korrelation, wenn r zwischen oder -1 und < 0 liegt eine negative. Je nach Größe des Wertes besteht ein geringerer oder größerer

Zusammenhang (Tabelle 17) (Bühl, 2014). Für ausgewählte Variablen wurden zur Verbildlichung Streudiagramme angefertigt. Angewendet wurde dieser Test zum Ermitteln der Zusammenhänge verschiedener Milchleistungen miteinander sowie Fütterungskennzahlen und Milchmengen.

Tabelle 17: Interpretation der Werte des Korrelationskoeffizienten r ; modifiziert nach Bühl (2014)

r	Korrelation
0,000 < r ≤ 0,200	sehr gering
0,200 < r ≤ 0,500	gering
0,500 < r ≤ 0,700	mittel
0,700 < r ≤ 0,900	hoch
0,900 < r ≤ 1,000	sehr hoch

3.2.2.2. Logistische Regression

Für die Beurteilung, ob ein statistischer Zusammenhang zu abhängigen diskreten Variablen besteht, wurden logistische Regression und Klassifikationstabellen benutzt. Wenn Odds Ratio < 1 ist, ist die verglichene Kovariate ein protektiver Faktor für das Eintreten der kategorialen Variable. Wenn das OR > 1 ist, ist sie ein Risikofaktor. Bei einem OR von 1 kann kein Effekt beobachtet werden. Verwendet wurde dieser Test zum Abgleichen von verschiedenen Milchleistungen mit Krankheits- und Abgangswahrscheinlichkeiten.

3.2.2.3. Kreuztabellen und Chi-Quadrat-Test

Für die Berechnung des Einflusses verschiedener kategorialer Variablen aufeinander wurden Kreuztests bzw. Chi-Quadrat-Tests durchgeführt. Wenn die erwartete Fallzahl unter 5 lag, wurde der exakte Test nach Fisher als Grundlage zur Bewertung der Signifikanz gewählt. Bei statistisch signifikanten Ergebnissen gibt das Odds Ratio die Größe und Richtung des Zusammenhangs der Variablen an. Benutzt wurde dieser Test zur Ermittlung der Zusammenhänge zwischen den verschiedenen auffälligen Laktationskurvenverläufen und Erkrankungen bzw. Abgängen.

3.2.2.4. ANOVA/Kruskal-Wallis-Test

Zur Varianzanalyse bei normalverteilten, unabhängigen und ungleich variierenden Variablen wurde der Kruskal-Wallis-Test angewendet. Er diente zum Ermitteln der Einflüsse auf die Milcheinsatzleistung.

4. Ergebnisse

4.1. Herdenleistungen

Die Milchleistung der beobachteten Herde war überdurchschnittlich hoch (*Tabelle 18*). Sie verdoppelte sich im Mittel von Laktationstag 100 bis 200. Die Spitzenleistungen erbrachten Kühe ab der fünften Laktation mit bis zu 5.920 kg (100 TL) bzw. 11.195 kg Milch (200 TL). Im Median waren die Milchmengen in der vierten Laktation am höchsten und lagen bei 4.725 kg (100 TL) respektive 9.027 kg (200 TL) Milch.

Tabelle 18: Mittlere kumulierte Milchleistungen für 100, 200 und 305 Laktationstage der aktuellen oder der Vorlaktation in kg, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer

	n	Perzentile			Min	Max	NV ^a	p ^b	
		25	Median	75					
100 TL^c	gesamt	174	3.923	4.489	4.920	2.763	5.920	ja	0,131
	LN 1	18	3.298	3.544	3.781	2.880	4.815	ja	0,103
	LN 2	48	3.826	4.300	4.783	2.763	5.409	ja	0,310
	LN 3	34	4.336	4.675	5.083	3.855	5.637	ja	0,533
	LN 4	23	4.202	4.725	5.258	3.515	5.665	ja	0,699
	LN 5+ ^d	51	3.952	4.560	4.984	2.798	5.920	ja	0,813
200 TL	gesamt	165	7.632	8.476	9.286	5.107	11.195	ja	0,213
	LN 1	18	6.277	6.977	7.622	5.410	9.297	ja	0,512
	LN 2	45	7.524	8.232	9.193	5.107	10.464	ja	0,370
	LN 3	33	8.389	8.763	9.497	7.292	10.568	ja	0,867
	LN 4	21	8.308	9.027	9.774	7.333	10.638	ja	0,523
	LN 5+	48	7.676	8.585	9.367	6.058	11.195	ja	0,961
305 VL^e	gesamt	165	10.356	11.728	12.969	7.575	15.698	ja	0,263
	LN 2	48	9.218	10.346	11.095	7.575	13.533	ja	0,835
	LN 3	35	11.387	12.260	12.962	9.061	15.698	ja	0,792
	LN 4	25	11.755	13.045	13.951	9.750	15.245	ja	0,335
	LN 5+	57	10.920	12.221	13.446	8.927	15.551	ja	0,592
305 TL	gesamt	141	10.805	12.018	13.106	6.230	15.767	nein	0,002
	LN 1	18	7.131	9.077	10.629	6.230	11.500	ja	0,213
	LN 2	35	11.060	12.310	13.219	7.895	15.184	ja	0,550
	LN 3	31	11.822	12.598	13.448	10.217	15.580	ja	0,792
	LN 4	20	11.847	12.795	13.856	10.640	14.808	ja	0,425
	LN 5+	37	10.659	11.930	12.999	8.927	15.767	ja	0,812

^a Normalverteilung; ^b Signifikanz (< 0,050 = signifikant; Kolmogorow-Smirnow-Test auf Normalverteilung); ^c Tage-Leistung (aktuelle Laktation); ^d Laktationsnummern 5 bis 10 zusammengefasst; ^e Vorlaktation

Bei den Milchleistungen bis 305 TL verhält es sich ähnlich. Sowohl in der aktuellen als auch in der Vorlaktation waren die Kühe in der vierten Laktation am leistungsstärksten mit 12.795 kg bzw. 13.045 kg Milch im Mittel. Erstlaktierende gaben im Durchschnitt circa 3.800 kg Milch weniger als Tiere in der vierten Laktation in derselben Zeit. In der Vorlaktation lag die Spitzen-305-Tage-Leistung bei 15.698 kg Milch (dritte Laktation) und in der aktuellen Laktation erreichte eine Kuh in der fünften Laktation eine Leistung von 15.767 kg Milch. Bis auf die Erstlaktierenden erreichten im Mittel alle Kühe eine 305-Tage-Milchleistung von über 11.000 kg Milch.

Die Milchmengen sind normal verteilt.

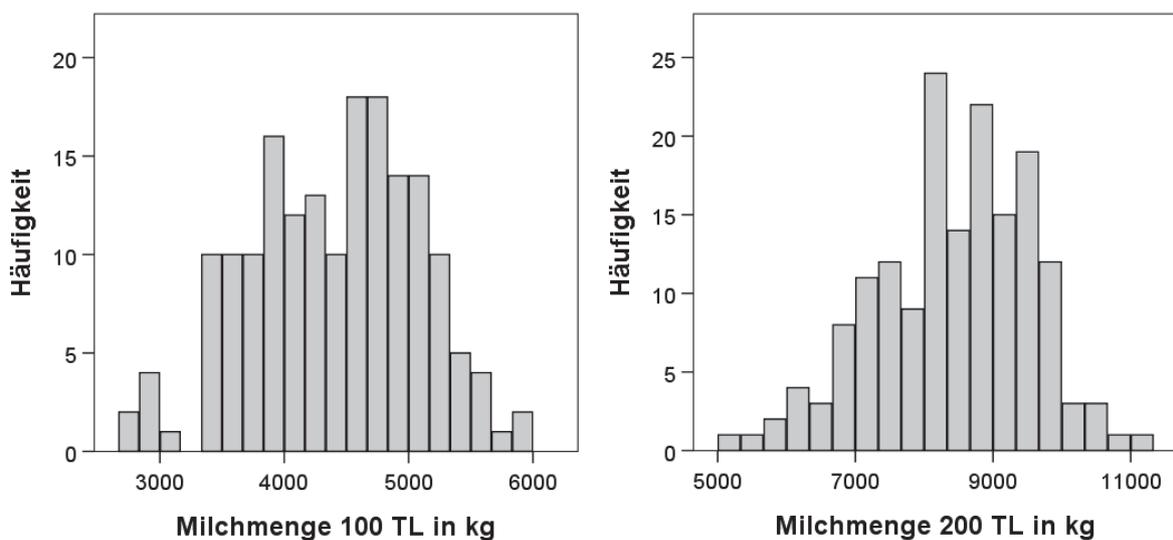


Abbildung 7: Histogramme der Verteilung der 100- und 200-Tage-Leistung aller Laktationsnummern

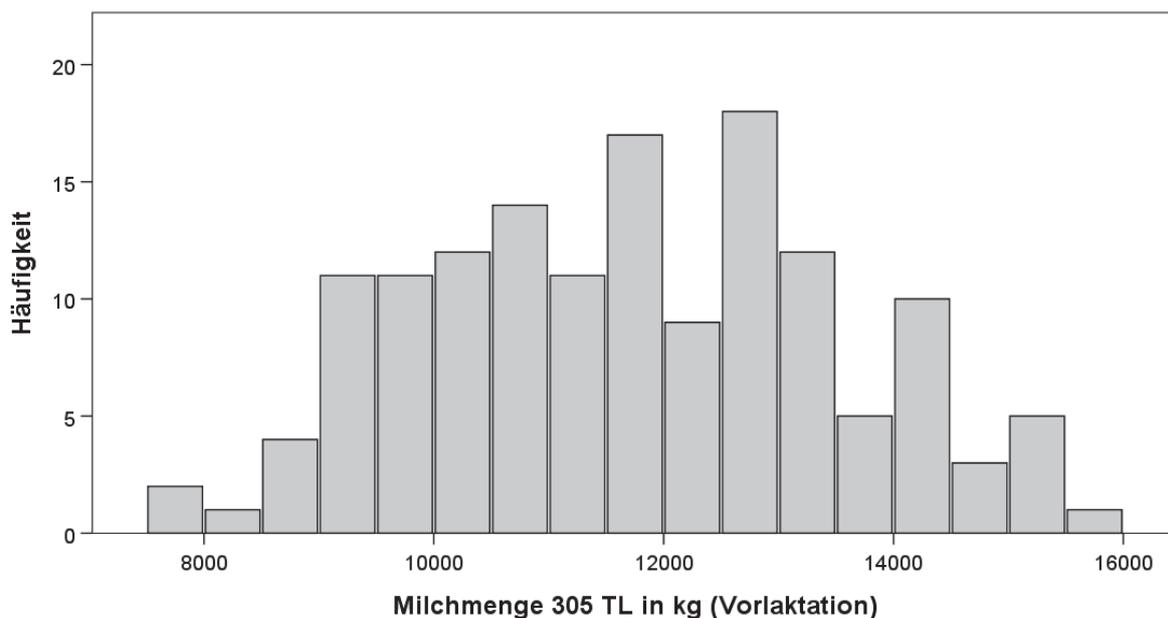


Abbildung 8: Histogramm der Verteilung der 305-Tage-Leistung der Vorlaktation aller Laktationsnummern

Die *Abbildung 7* und *Abbildung 9* zeigen die Verteilung der Gesamtmilchleistungen aller Laktationsnummern nach 100, 200 und 305 Laktationstagen. Die Spitzen liegen bei allen Histogrammen im Mittelfeld. Die Streubreite ist mit mehr als einer Verdoppelung zwischen Minimal- und Maximalwert bei allen Leistungsabschnitten relativ groß.

Die 305-Tage-Milchleistung der aktuellen Laktation ist im Vergleich zur Vorlaktation leicht linksschief. So liegt die Milchmenge der meisten Kühen in der aktuellen Laktation zwischen 11.000 und 14.000 kg Milch (*Abbildung 9*). In der Vorlaktation sind die verschiedenen Leistungen breiter verteilt (*Abbildung 8*).

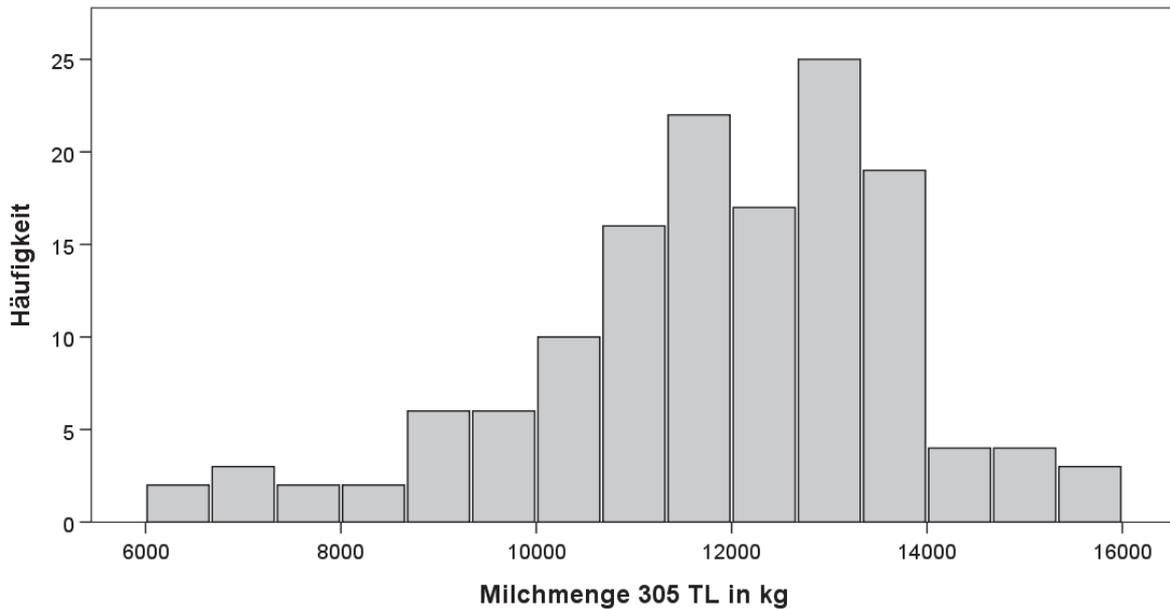


Abbildung 9: Histogramm der Verteilung der 305-Tage-Leistung aller Laktationsnummern

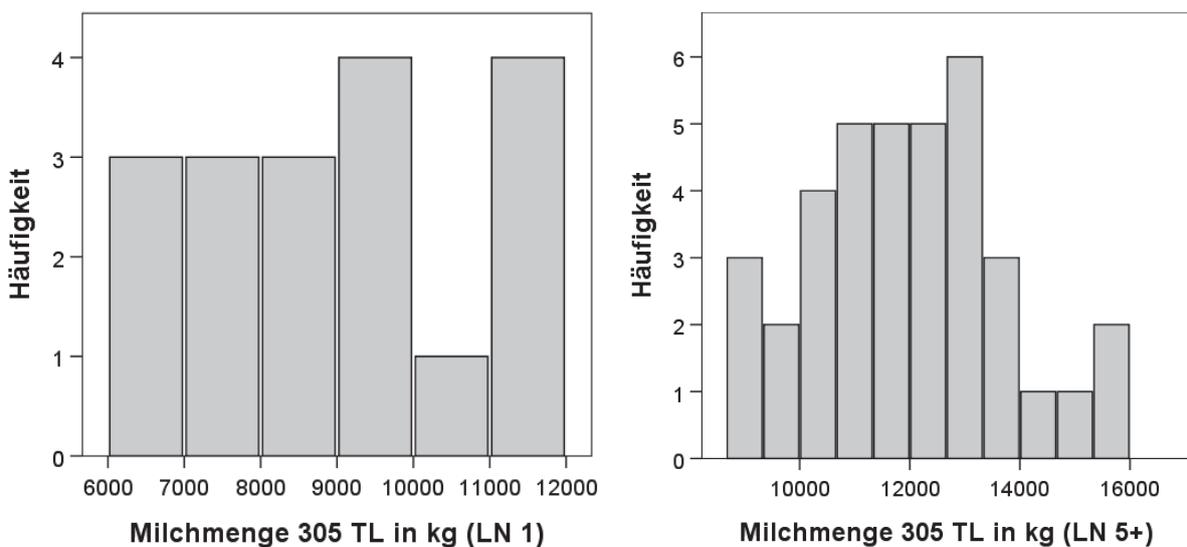


Abbildung 10: Histogramme der Verteilung der 305-Tage-Leistung der Laktationsnummern 1 und 5+

Auch in den Histogrammen wird der Unterschied zwischen den Laktationsnummern deutlich (*Abbildung 10*). So geben Kühe in der ersten Laktation weniger Milch als die Altmelker und bei ihnen sind keine wirklichen Spitzen erkennbar. Bei der Gruppe LN 5+ hingegen ist eine Spitze im Mittelfeld bei etwa 13.000 kg Milch zu erkennen. Die Streubreite ist bei beiden Gruppen ähnlich groß mit einer Verdoppelung zwischen kleinstem und größtem Wert.

4.2. Fütterung

4.2.1. Deskriptive Statistik

Im Laufe der Untersuchungen wurden Futteranalysen der eingesetzten Ration durchgeführt. Die individuelle Futteraufnahme wurde täglich erfasst. Wie *Tabelle 19* bis *Tabelle 22* zeigen, waren die Grundkennwerte von 2015 und 2016 auf gleichem Niveau. Auch das Nährstoffangebot war in beiden Jahren sehr ähnlich.

Im Laufe der Laktation stiegen die täglich aufgenommenen Rations- und Energiemengen bis zur 14. Laktationswoche an. Ein starker Sprung lag bei allen Gruppen zwischen LW 1 und 4 mit einem Anstieg der Futteraufnahme um ca. 50 %. Die Trockensubstanzaufnahme lag bei Spitzenwerten von bis zu 31 kg täglich. Die maximale Energieaufnahme betrug 220,9 MJ NEL pro Tag.

Der energetische Gehalt der Rationen unterschied sich wenig und lag im Mittel bei 7,10 MJ NEL/kg. Der Rohfaser- und Zuckergehalt der Ration stiegen bis zur LW 14 an. Der Energie- und Rohproteingehalt blieben im Untersuchungszeitraum in etwa gleich und der Stärkegehalt und die ruminale Stickstoffbilanz nahmen ab.

Der Rohproteingehalt war mit durchschnittlich 163-168 g/kg TM bei den Fütterungsgruppen etwa gleich. Der Rohfasergehalt der TMR unterschied sich hingegen zwischen den Gruppen. Mit 172-176 g/kg enthielt das Futter im Jahr 2015 am meisten strukturreiche Rohfaser. Die Gruppe 2 von 2016 mit 152-161 g/kg TM erhielt vergleichend am wenigsten Rohfaser.

Tabelle 19: Wöchentliche Futteraufnahme in der Frisch- und Früh-laktation 2015 und 2016

	n ^a	Perzentile			Min	Max
		25	Median	75		
Fütterungsgruppe 2015						
Frischmasseaufnahme in kg/Tag						
LW^b 1	102	28,4	32,6	36,1	12,4	44,2
LW 4	96	42,2	45,1	47,8	27,8	60,2
LW 9	95	47,4	51,5	54,7	28,4	64,7
LW 14	52	49,8	53,8	55,4	38,1	61,4

^a Anzahl der Kühe; ^b Laktationswoche

Fortsetzung von Tabelle 19

	n ^a	Perzentile			Min	Max
		25	Median	75		
Trockensubstanzaufnahme in kg/Tag						
LW ^b 1	102	14,2	16,2	17,6	6,3	21,9
LW 4	96	21,5	22,9	24,1	14,4	30,2
LW 9	95	24,2	26,1	27,7	14,5	31,1
LW 14	52	25,0	26,9	27,8	18,9	31,0
Energieaufnahme in MJ NEL^c/Tag						
LW 1	102	100,6	115,1	125,4	44,4	155,3
LW 4	96	152,4	162,7	171,9	102,3	213,3
LW 9	95	172,4	186,22	197,0	103,1	220,9
LW 14	52	25,0	26,9	27,8	133,8	220,2
Fütterungsgruppe 1, 2016						
Frischmasseaufnahme in kg/Tag						
LW 1	30	27,9	34,1	38,4	16,7	41,9
LW 4	39	38,7	42,2	44,7	31,5	51,2
LW 9	39	42,7	46,9	51,8	30,9	57,1
LW 14	38	44,8	48,6	52,0	33,6	59,5
Trockensubstanzaufnahme in kg/Tag						
LW 1	30	14,4	17,6	19,7	8,5	21,3
LW 4	39	19,7	21,7	24,2	16,7	26,2
LW 9	39	20,6	23,2	24,8	16,3	28,5
LW 14	38	21,4	23,4	25,0	16,2	28,5
Energieaufnahme in MJ NEL/Tag						
LW 1	30	101,2	123,4	138,3	60,6	149,6
LW 4	39	138,3	152,5	167,1	117,0	183,4
LW 9	39	144,4	162,2	173,7	113,3	200,3
LW 14	38	150,1	163,8	174,8	113,5	200,7
Fütterungsgruppe 2, 2016						
Frischmasseaufnahme in kg/Tag						
LW 1	22	29,2	32,1	37,1	10,6	43,7
LW 4	38	38,6	41,7	43,8	31,8	52,2
LW 9	39	43,2	47,6	50,0	37,3	56,1
LW 14	39	46,1	49,8	51,9	39,1	55,3
Trockensubstanzaufnahme in kg/Tag						
LW 1	22	14,9	17,2	19,2	6,0	23,7
LW 4	38	20,4	21,4	22,7	17,1	27,0
LW 9	39	21,9	24,0	25,5	19,4	29,0
LW 14	39	22,5	24,1	25,5	19,2	27,7
Energieaufnahme in MJ NEL/Tag						
LW 1	22	106,7	124,0	138,1	42,6	170,5
LW 4	38	146,3	153,4	163,5	122,5	195,1
LW 9	39	156,4	171,6	182,1	137,3	207,5
LW 14	39	159,7	171,4	181,3	137,2	196,6

^a Anzahl der Kühe; ^b Laktationswoche; ^c Netto-Energie-Laktation

Tabelle 20: Mittlere Energie-, Rohfaser- und Nährstoffgehalte der analysierten Futterrationen für die Frisch- und Früh-laktation 2015

	n ^a	Perzentile			Min	Max
		25	Median	75		
Energiegehalt in MJ NEL^b/kg TM^c						
LW ^d 1	102	7,10	7,11	7,13	7,06	7,18
LW 4	96	7,08	7,11	7,12	7,05	7,18
LW 9	95	7,10	7,11	7,12	7,05	7,18
LW 14	52	7,10	7,11	7,15	7,07	7,18
Rohfasergehalt in g/kg TM						
LW 1	102	170	172	173	164	178
LW 4	96	171	173	175	164	180
LW 9	95	172	176	177	169	180
LW 14	52	174	176	178	172	179
Rohproteingehalt in g/kg TM						
LW 1	102	162	164	166	157	170
LW 4	96	162	163	165	157	170
LW 9	95	162	163	164	157	166
LW 14	52	162	162	163	158	165
Ruminale Stickstoff-Bilanz in g/kg TM						
LW 1	102	0,92	1,20	1,34	0,13	1,71
LW 4	96	0,78	1,11	1,22	0,11	1,58
LW 9	95	0,63	0,76	1,05	0,13	1,30
LW 14	52	0,61	0,69	0,77	0,13	1,21
Stärkegehalt in g/kg TM						
LW 1	102	203	209	213	194	219
LW 4	96	201	206	214	189	219
LW 9	95	194	198	212	184	220
LW 14	52	191	195	199	185	212
Zuckergehalt in g/kg TM						
LW 1	102	32,5	37,1	39,0	31,0	49,5
LW 4	96	37,1	38,0	49,08	31,2	54,3
LW 9	95	38,0	51,8	53,4	36,5	54,3
LW 14	52	51,8	53,2	53,4	37,6	54,0

^a Anzahl der Kühe; ^b Netto-Energie-Laktation; ^c Trockenmasse; ^d Laktationswoche

Tabelle 21: Mittlere Energie-, Rohfaser- und Nährstoffgehalte der analysierten Futterrationen für die Frisch- und Früh-laktation 2016, Fütterungsgruppe 1

	n ^a	Perzentile			Min	Max
		25	Median	75		
Energiegehalt in MJ NEL^b/kg TM^c						
LW ^d 1	29	7,00	7,01	7,06	6,94	7,10
LW 4	29	6,98	7,00	7,02	6,92	7,06
LW 9	29	6,96	6,99	7,02	6,94	7,06
LW 14	29	6,98	7,01	7,03	6,96	7,08

^a Anzahl der Kühe; ^b Netto-Energie-Laktation; ^c Trockenmasse; ^d Laktationswoche

Fortsetzung von Tabelle 21

	n ^a	Perzentile			Min	Max
		25	Median	75		
Rohfasergehalt in g/kg TM^b						
LW ^c 1	29	166	168	169	165	172
LW 4	29	167	168	168	165	172
LW 9	29	168	169	171	165	174
LW 14	29	171	173	175	167	178
Rohproteingehalt in g/kg TM						
LW 1	29	163	169	171	158	172
LW 4	29	168	169	170	162	172
LW 9	29	165	166	170	163	175
LW 14	29	166	167	169	164	173
Ruminale Stickstoff-Bilanz in g/kg TM						
LW 1	29	0,53	1,41	1,59	0,03	1,75
LW 4	29	1,17	1,42	1,52	0,49	1,83
LW 9	29	0,70	0,92	1,57	0,58	2,03
LW 14	29	0,75	1,21	1,49	0,64	1,74
Stärkegehalt in g/kg TM						
LW 1	29	187	191	202	182	206
LW 4	29	188	191	195	178	198
LW 9	29	184	185	188	169	200
LW 14	29	172	176	183	165	190
Zuckergehalt in g/kg TM						
LW 1	29	34,2	34,5	44,2	32,4	46,3
LW 4	29	34,3	45,5	45,7	34,0	46,3
LW 9	29	40,6	41,5	45,8	39,6	46,4
LW 14	29	40,7	41,6	42,0	40,3	43,6

^a Anzahl der Kühe; ^b Trockenmasse; ^c Laktationswoche

Tabelle 22: Mittlere Energie-, Rohfaser- und Nährstoffgehalte der analysierten Futterrationen für die Frisch- und Früh-laktation 2016, Fütterungsgruppe 2

	n ^a	Perzentile			Min	Max
		25	Median	75		
Energiegehalt in MJ NEL^b/kg TM^c						
LW ^d 1	21	7,19	7,21	7,24	7,14	7,26
LW 4	21	7,13	7,16	7,22	7,12	7,24
LW 9	21	7,12	7,14	7,15	7,09	7,17
LW 14	21	7,12	7,15	7,16	7,10	7,17
Rohfasergehalt in g/kg TM						
LW 1	21	150	152	153	148	157
LW 4	21	152	153	155	151	156
LW 9	21	155	158	161	150	161
LW 14	21	160	161	163	157	165

^a Anzahl der Kühe; ^b Netto-Energie-Laktation; ^c Trockenmasse; ^d Laktationswoche

Fortsetzung von Tabelle 22

	n ^a	Perzentile			Min	Max
		25	Median	75		
Rohproteingehalt in g/kg TM^b						
LW ^c 1	21	165	169	170	162	171
LW 4	21	169	170	170	163	170
LW 9	21	165	165	170	164	171
LW 14	21	165	166	169	165	171
Ruminale Stickstoff-Bilanz in g/kg TM						
LW 1	21	0,23	0,99	1,18	- 0,11	1,42
LW 4	21	0,93	1,19	1,30	0,04	1,36
LW 9	21	0,55	0,74	1,21	0,49	1,47
LW 14	21	0,67	0,79	1,17	0,55	1,43
Stärkegehalt in g/kg TM						
LW 1	21	236	241	244	229	253
LW 4	21	233	235	241	227	248
LW 9	21	218	224	232	217	248
LW 14	21	214	216	219	209	228
Zuckergehalt in g/kg TM						
LW 1	21	32,5	33,3	41,2	32,0	41,6
LW 4	21	33,6	41,4	42,0	32,5	42,5
LW 9	21	37,9	38,3	41,5	37,3	42,9
LW 14	21	38,0	38,3	38,4	37,4	42,8

^a Anzahl der Kühe; ^b Trockenmasse; ^c Laktationswoche

4.2.2. Analytische Statistik

Die Auswertung zeigt, dass eine höhere Futter- und Energieaufnahme mit einer höheren Milchleistung korrelieren (*Tabelle 23* und *Tabelle 24*). Alle berechneten Korrelationen sind statistisch signifikant. Es handelt sich ausschließlich um positive Korrelationen. So wird der am Laktationsbeginn noch lockerere Zusammenhang im Verlauf der Laktation mit steigender Milchleistung immer enger.

Die Futter- und Energieaufnahme nach dem Kalben haben einen Einfluss von etwa 13 % auf die durchschnittliche Tagesmilchmenge in der 1. Laktationswoche. Die Milchleistung in LW 14 hingegen wird nur zu 3 % und die 305-Tage-Leistung zu 8 % von der Futteraufnahme in LW 1 bestimmt. Die höchste Korrelation besteht zwischen beiden Fütterungskennzahlen und der Tagesmilchleistung in Woche 14 mit einem Bestimmtheitsmaß von etwa 45 %.

Tabelle 23: Korrelation von Trockensubstanzaufnahme und verschiedenen Milchleistungen

		LW ^a 1	LW 4	LW 9	LW 14	100	200	305
		TMM ^b	TMM	TMM	TMM	TL ^c	TL	TL
TS^d LW 1	r ^e	0,367	0,442	0,275	0,173	0,295	0,287	0,288
	p ^f	< 0,001	< 0,001	0,001	0,043	< 0,001	0,001	0,001
	n	154	153	150	138	149	141	124
TS LW 4	r	0,241	0,499	0,324	0,356	0,362	0,351	0,388
	p	0,001	< 0,001					
	n	173	173	171	158	168	159	135
TS LW 9	r	0,365	0,486	0,630	0,574	0,590	0,560	0,499
	p	< 0,001						
	n	173	173	173	161	170	162	137
TS LW 14	r	0,463	0,538	0,587	0,677	0,604	0,623	0,582
	p	< 0,001						
	n	129	129	129	129	128	121	99

^a Laktationswoche; ^b Tagesmilchmenge; ^c Tage-Leistung; ^d Trockensubstanzaufnahme; ^e Spearman-Korrelationskoeffizient; ^f Signifikanz (< 0,050 = signifikant)

Tabelle 24: Korrelation von Energieaufnahme und verschiedenen Milchleistungen

		LW ^a 1	LW 4	LW 9	LW 14	100	200	305
		TMM ^b	TMM	TMM	TMM	TL ^c	TL	TL
NEL^d LW 1	r ^e	0,374	0,455	0,293	0,188	0,312	0,300	0,294
	p ^f	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,027	< 0,001	< 0,001	0,001
	n	154	153	150	138	149	141	124
NEL LW 4	r	0,250	0,511	0,344	0,366	0,381	0,363	0,393
	p	0,001	< 0,001					
	n	173	173	171	158	168	159	135
NEL LW 9	r	0,362	0,482	0,633	0,574	0,593	0,564	0,497
	p	< 0,001						
	n	173	173	173	161	170	162	137
NEL LW 14	r	0,451	0,523	0,582	0,665	0,598	0,616	0,564
	p	< 0,001						
	n	129	129	129	129	128	121	99

^a Laktationswoche; ^b Tagesmilchmenge; ^c Tage-Leistung; ^d Netto-Energie-Laktation; ^e Spearman-Korrelationskoeffizient; ^f Signifikanz (< 0,050 = signifikant)

Die Streudiagramme in *Abbildung 11* und *Abbildung 12* verdeutlichen die recht lockere, aber tendenziell positive Beziehung zwischen den Fütterungs- und Milchdaten. So ist erkennbar, dass auch Tiere mit einer geringen Futter- bzw. Energieaufnahme eine hohe Milchleistung erreichen konnten und umgekehrt.

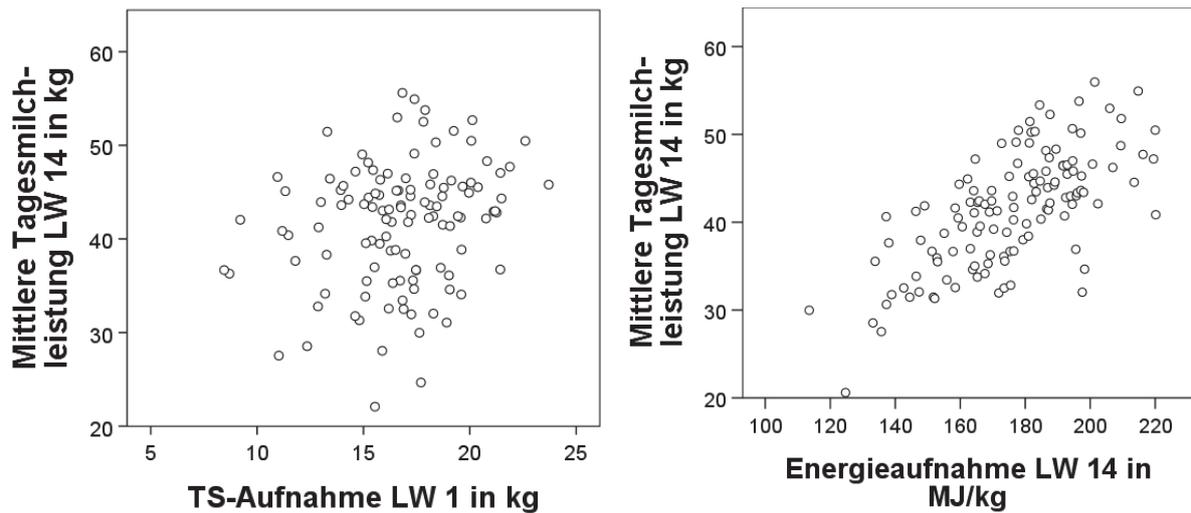


Abbildung 11: Streudiagramme zum Zusammenhang von mittlerer Tagesleistung in LW 14 und Trockensubstanzaufnahme in LW 1 bzw. Energieaufnahme in LW 14

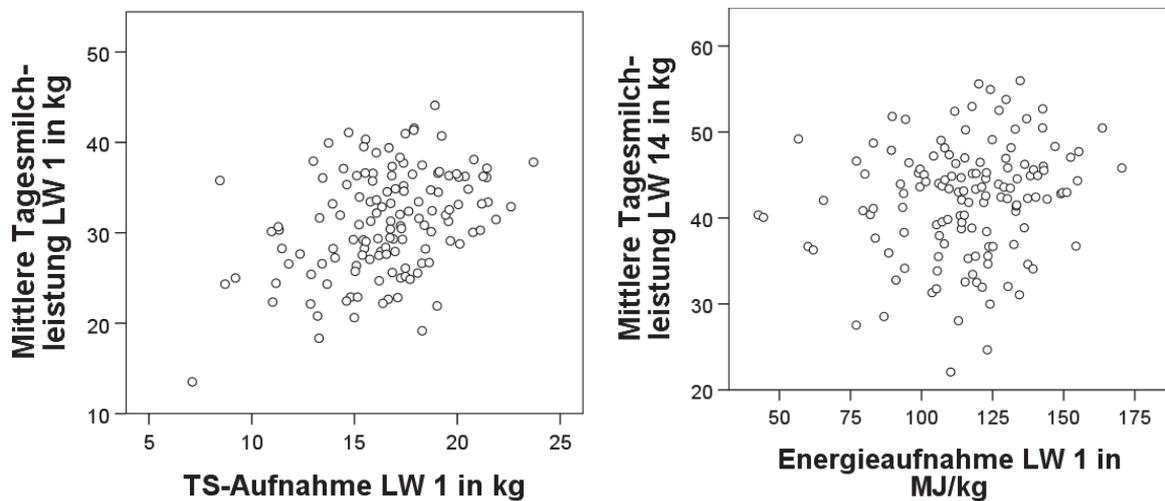


Abbildung 12: Streudiagramme zum Zusammenhang von mittlerer Tagesmilchmenge in LW 1 und Trockensubstanzaufnahme in LW 1 sowie mittlerer Tagesleistung in LW 14 und Energieaufnahme in LW 1

4.3. Laktationskurven

4.3.1. Kurvenverlauf

Beim Auswerten der Kurvenverläufe fielen einige Besonderheiten auf. Wie *Tabelle 25* darstellt, verlief der Kurvenanstieg am Laktationsbeginn bei 22,2 % der Kühe verzögert. Zudem traten bei fast 40 % der Kurven im Verlauf der ersten 100 Laktationstage mehrere Leistungen auf dem Peakniveau auf.

Tabelle 25: Kategoriale Einordnung von Laktationskurven

	n ^a	ja		nein	
		absolut	%	absolut	%
allgemeine Form					
verzögerter Anstieg in den ersten LT ^b	183	60	32,8	123	67,2
mehrere Leistungen auf Peakniveau	186	74	39,8	112	60,2
auffälliger Leistungsrückgang					
mindestens einmal im Kurvenverlauf	186	175	94,1	11	5,9
an nur einem LT	186	138	74,2	48	25,8
über mehrere LT in Folge	186	137	73,7	49	26,3
LT 1-21	186	86	46,2	100	53,8
LT 22-50	184	124	67,4	60	32,6
LT 51-100	177	137	77,4	40	22,6
in allen drei Abschnitten	177	51	28,8	126	71,2

^a Anzahl ausgewerteter Laktationskurven; ^b Laktationstag

Die wenigsten Kurven verliefen stabil und ohne auffällige Leistungsschwankungen (lediglich 5,9 %, *Abbildung 13*). Ein Großteil der Milchleistungskurven zeigte plötzliche Leistungsrückgänge über einen oder mehrere aufeinander folgende Laktationstage, wobei häufig beides im Laufe einer Laktation auftrat. Die meisten Leistungsrückgänge waren im Zeitraum von LT 51-100 zu verzeichnen. Hier waren bis zu 77,4 % der Kühe betroffen. Bei über einem Viertel der Tiere traten die auffälligen Schwankungen sogar wiederholt in allen drei untersuchten Leistungszeiträumen auf.

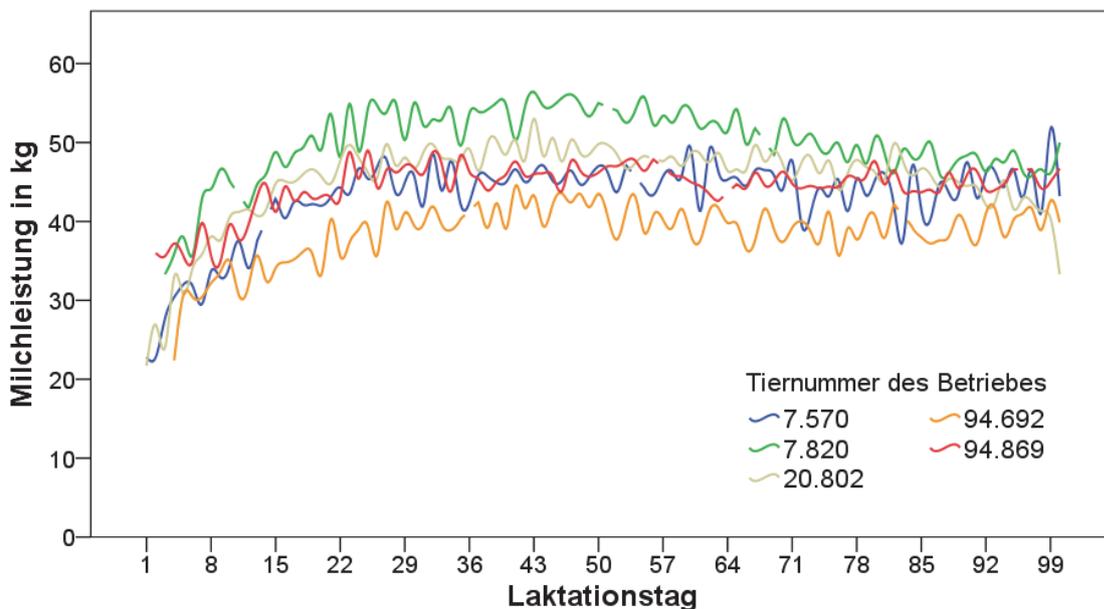


Abbildung 13: Laktationskurven mit angestrebter Form

4.3.2. Persistenz

Mehr als zwei Drittel der ausgewerteten Laktationskurven aus dem Untersuchungszeitraum von 100 Tagen wiesen eine gute oder hohe Persistenz auf (Tabelle 26, Abbildung 14), der Rest zeigte eine schlechte Persistenz mit einer stark abfallenden Kurve (Abbildung 15).

Tabelle 26: Persistenz der Milchleistungen, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer

	n	schlecht		gut		hoch	
		absolut	%	absolut	%	absolut	%
gesamt	164	54	32,9	80	48,8	30	18,3
LN 1	19	4	21,1	8	42,1	7	36,8
LN 2	45	16	35,6	23	51,1	6	13,3
LN 3	31	10	32,3	16	51,6	5	16,1
LN 4	22	9	40,9	9	40,9	4	18,2
LN 5+ ^a	47	15	31,9	24	51,1	8	17,0

^a Laktationsnummern 5 bis 10 zusammengefasst

Die Gruppe der Erstlaktierenden hatte mit 36,8 % den höchsten Anteil an den Kurven mit hoher Persistenz. Die größte Anzahl an schlechten Persistenzen betraf Kühe in der vierten Laktation (40,9 %), die wenigsten die Erstlaktierenden (21,1 %).

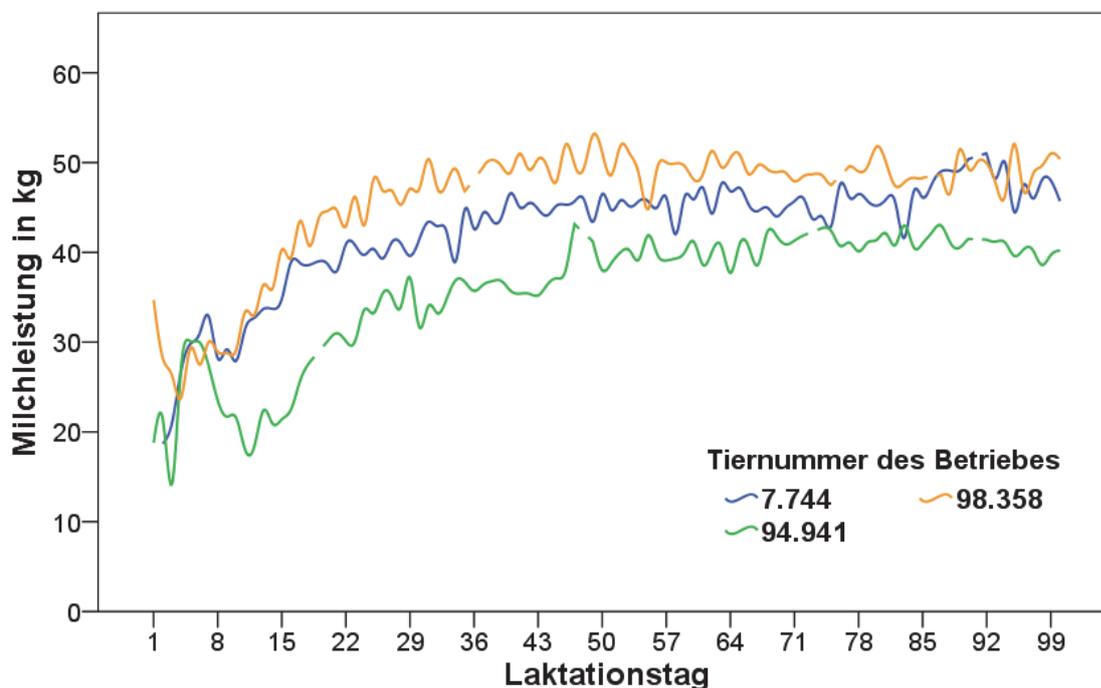


Abbildung 14: Laktationskurven mit hoher Persistenz

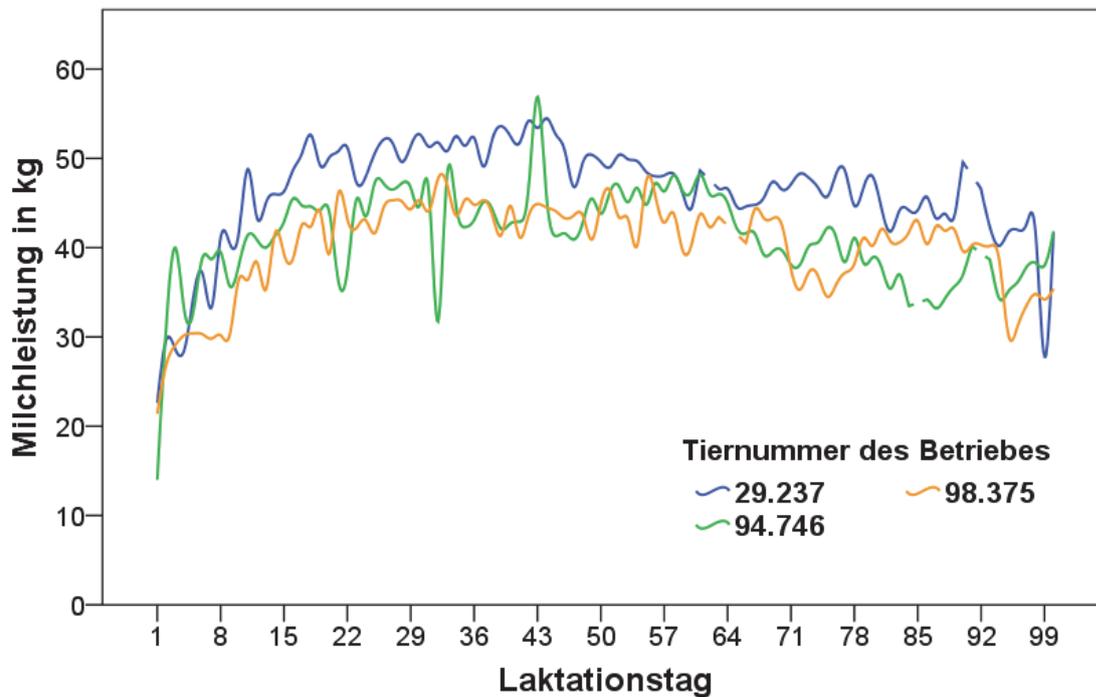


Abbildung 15: Laktationskurven mit schlechter Persistenz

4.4. Milchtagesleistungen

4.4.1. Deskriptive Statistik

Innerhalb der ersten Laktationswoche stieg die Milchleistung kontinuierlich an (*Tabelle 27*). Am 2. Laktationstag betrug sie im Mittel 24 kg und an LT 7 33 kg Milch. Die Spitzenleistung bei den Erstlaktierenden lag in diesem Zeitraum bei 35 kg. Kühe ab der vierten Laktation gaben bis zu 50 kg Milch täglich in der ersten Laktationswoche. Die kumulierten Tagesmilchleistungen der ersten Laktationswoche bilden diese Mengenverhältnisse und Altersverteilungen ebenso ab (*Tabelle 28*).

Der überwiegende Teil der Milchleistungen in der ersten Laktationswoche ist normalverteilt.

Tabelle 27: Mittlere Tagesmilchleistungen der ersten Laktationstage in kg, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer

	n	Perzentile			Min	Max	NV ^a	p ^b	
		25	Median	75					
LT^c 2	gesamt	164	24,0	28,8	37,2	1,4	46,0	ja	0,886
	LN 1	19	10,4	16,0	20,9	8,1	28,0	ja	0,392
	LN 2	44	18,6	23,7	27,8	5,3	39,4	ja	0,940
	LN 3	29	24,0	27,5	32,0	38,9	39,9	ja	0,969
	LN 4	22	22,9	26,0	31,5	16,2	37,9	ja	0,523
	LN 5+ ^d	50	17,8	24,6	29,4	1,4	46,0	ja	0,963
LT 3	gesamt	182	22,5	27,7	32,6	38,5	43,7	ja	0,061
	LN 1	20	17,1	20,0	23,1	10,8	27,0	ja	0,781
	LN 2	47	23,6	26,8	31,0	10,4	39,2	ja	0,298
	LN 3	34	25,6	30,1	35,0	9,3	38,5	nein	0,007
	LN 4	25	24,9	29,9	34,6	10,7	43,7	ja	0,935
	LN 5+	56	22,5	27,9	34,1	10,7	40,5	ja	0,095
LT 4	gesamt	183	24,6	30,1	35,0	9,1	45,0	nein	0,027
	LN 1	20	18,8	22,6	25,7	10,9	29,5	ja	0,666
	LN 2	48	25,9	30,2	33,8	12,4	41,7	ja	0,073
	LN 3	34	29,1	33,4	37,1	14,4	45,0	ja	0,342
	LN 4	25	28,2	31,1	35,4	13,2	40,9	ja	0,081
	LN 5+	56	23,9	30,3	35,4	9,1	41,3	ja	0,172
LT 5	gesamt	185	26,7	30,9	35,2	13,0	45,3	ja	0,385
	LN 1	20	20,5	24,2	25,2	18,0	33,2	ja	0,349
	LN 2	49	26,3	30,4	34,3	14,3	43,1	ja	0,812
	LN 3	35	28,8	33,9	37,7	17,0	44,4	ja	0,592
	LN 4	25	29,9	34,6	36,7	18,8	44,4	ja	0,622
	LN 5+	56	27,2	31,2	34,6	13,0	45,3	ja	0,666
LT 6	gesamt	184	27,4	31,8	37,1	9,9	49,3	ja	0,257
	LN 1	20	21,6	23,4	28,8	16,1	34,7	ja	0,410
	LN 2	49	29,5	31,9	34,9	14,5	41,9	nein	0,042
	LN 3	34	29,9	35,0	40,0	19,4	46,2	ja	0,888
	LN 4	24	30,4	36,1	39,1	20,0	47,7	ja	0,807
	LN 5+	57	25,0	30,6	38,2	9,9	49,3	ja	0,260
LT 7	gesamt	184	28,1	33,4	38,6	12,4	50,0	ja	0,827
	LN 1	20	23,9	27,4	30,2	20,5	33,0	ja	0,746
	LN 2	47	28,6	34,4	36,7	16,9	44,4	ja	0,210
	LN 3	35	31,5	34,8	42,2	12,4	46,2	ja	0,050
	LN 4	25	33,5	37,1	42,9	24,1	49,7	ja	0,439
	LN 5+	57	27,0	32,0	38,1	14,1	50,0	ja	0,993

^a Normalverteilung; ^b Signifikanz (< 0,050 = signifikant; Kolmogorow-Smirnow-Test auf Normalverteilung); ^c Laktationstag; ^d Laktationsnummern 5 bis 10 zusammengefasst

Tabelle 28: Mittlere kumulierte Tagesmilchleistungen der ersten 7 Laktationstage in kg, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer

	n	Perzentile			Min	Max	NV ^a	p ^b	
		25	Median	75					
LT^c 1-2	gesamt	164	37,4	47,9	57,6	2,8	92,0	ja	0,886
	LN 1	19	20,8	32,0	41,8	16,2	56,0	ja	0,392
	LN 2	44	37,2	47,4	55,6	10,6	78,8	ja	0,940
	LN 3	29	47,9	55,0	64,0	32,4	79,8	ja	0,969
	LN 4	22	45,9	51,9	63,0	32,4	75,8	ja	0,523
	LN 5+ ^d	50	35,6	49,1	58,8	2,8	92,0	ja	0,963
LT 1-3	gesamt	183	61	78	92	24	129	ja	0,262
	LN 1	20	42	57	65	28	53	ja	0,599
	LN 2	48	60	77	88	24	113	ja	0,331
	LN 3	34	68	89	100	28	114	ja	0,166
	LN 4	25	75	85	99	40	128	ja	0,997
	LN 5+	56	61	78	97	30	129	ja	0,558
LT 1-4	gesamt	186	89	110	129	40	168	nein	0,040
	LN 1	20	62	81	89	40	111	ja	0,614
	LN 2	49	89	110	123	42	156	ja	0,279
	LN 3	35	100	123	138	47	156	ja	0,121
	LN 4	25	105	120	134	53	163	ja	0,740
	LN 5+	57	88	108	132	50	168	ja	0,266
LT 1-5	gesamt	186	118	142	166	60	207	nein	0,020
	LN 1	20	83	107	120	61	146	ja	0,611
	LN 2	49	120	143	159	60	200	ja	0,152
	LN 3	35	133	163	179	68	199	ja	0,070
	LN 4	25	133	150	169	74	207	ja	0,364
	LN 5+	57	116	141	170	66	204	ja	0,280
LT 1-6	gesamt	186	146	175	202	77	256	ja	0,054
	LN 1	20	108	130	146	85	182	ja	0,876
	LN 2	49	150	174	193	77	243	ja	0,126
	LN 3	35	165	193	216	90	246	ja	0,225
	LN 4	25	166	187	212	97	256	ja	0,600
	LN 5+	57	141	170	209	88	245	ja	0,200

^a Normalverteilung; ^b Signifikanz (< 0,050 = signifikant; Kolmogorow-Smirnow-Test auf Normalverteilung); ^c Laktationstag; ^d Laktationsnummern 5 bis 10 zusammengefasst

4.4.2. Analytische Statistik

Generell kann man feststellen, dass die Korrelation umso enger ist, je näher die verglichenen Tagesleistungen beieinander liegen. Die Tagesmilchleistungen der ersten Laktationswoche zeigen eine mittlere bis hohe Korrelation (*Tabelle 29*). Der höchste statistische Zusammenhang besteht zwischen den Milchmengen an Laktationstag 3 und 4 (0,856; *Abbildung 16*). Hier zeigt sich eine linear positive Beziehung.

Tabelle 29: Korrelation von verschiedenen Tagesmilchleistungen der ersten Laktationswoche und kumulierten Milchleistungen

		LT ^a 2	LT 3	LT 4	LT 5	LT 6	LT 7
LT 3	r ^b	0,810					
	p ^c	< 0,001					
	n	163					
LT 4	r	0,782	0,856				
	p	< 0,001	< 0,001				
	n	162	180				
LT 5	r	0,738	0,780	0,840			
	p	< 0,001	< 0,001	< 0,001			
	n	163	181	182			
LT 6	r	0,669	0,749	0,797	0,776		
	p	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001		
	n	163	180	181	183		
LT 7	r	0,638	0,730	0,797	0,770	0,770	
	p	< 0,001					
	n	162	180	181	183	182	
100 TL ^d	r	0,472	0,511	0,602	0,585	0,597	0,621
	p	< 0,001					
	n	153	171	172	174	172	172
200 TL	r	0,419	0,452	0,545	0,522	0,519	0,578
	p	< 0,001					
	n	144	162	163	164	163	164
305 TL	r	0,357	0,451	0,536	0,516	0,468	0,535
	p	< 0,001					
	n	121	138	139	140	139	140

^a Laktationstag; ^b Spearman-Korrelationskoeffizient; ^c Signifikanz (< 0,050 = signifikant); ^d Tagesleistung

Die Milchmengen der ersten Laktationstage korrelieren vergleichsweise weniger eng mit den kumulierten Milchmengen 100, 200 und 305 TL. Der geringste Zusammenhang besteht hierbei zwischen LT 2 und 305 TL (*Abbildung 16*) mit einem Bestimmtheitsmaß von 13 %. Im Unterschied dazu können 36 % bzw. 29 % der Leistungen an Tag 100 bzw. 305 anhand der Milchmenge an LT 4 vorhergesagt werden (*Abbildung 17*).

Somit scheint es einen gewissen Einfluss der Milchmenge zum Laktationsbeginn auf die kumulierten Milchmengen zu geben. Jedoch scheint hier nicht die absolute Milchmenge entscheidend, sondern das Erreichen einer guten und nicht übermäßigen Startleistung.

Alle Ergebnisse dieser Tabelle sind signifikant.

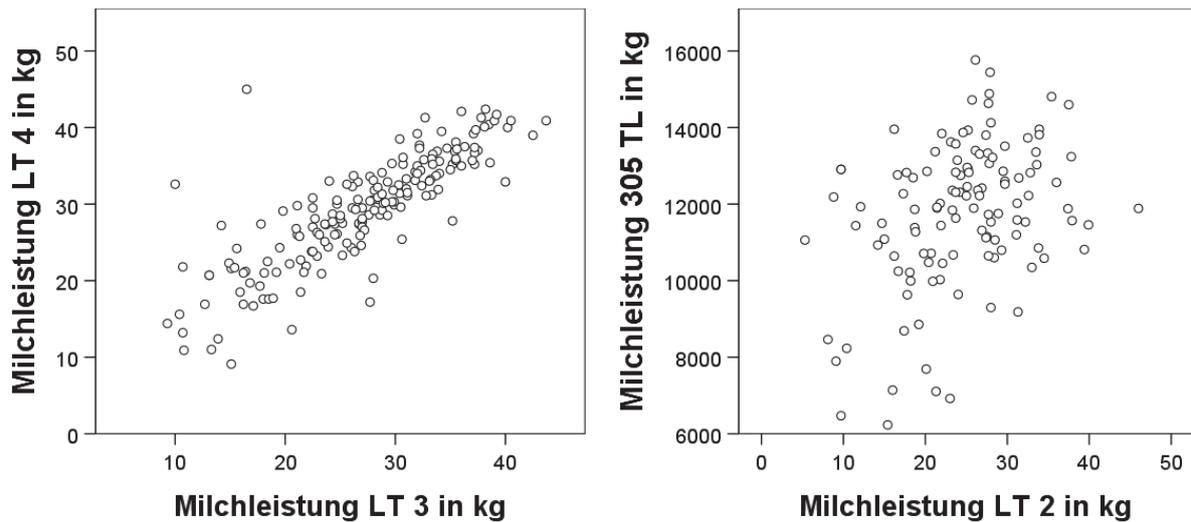


Abbildung 16: Streudiagramme zum Zusammenhang von Tagesmilchmengen 3 und 4 sowie Tagesmilchmenge LT 2 und 305-Tage-Leistung

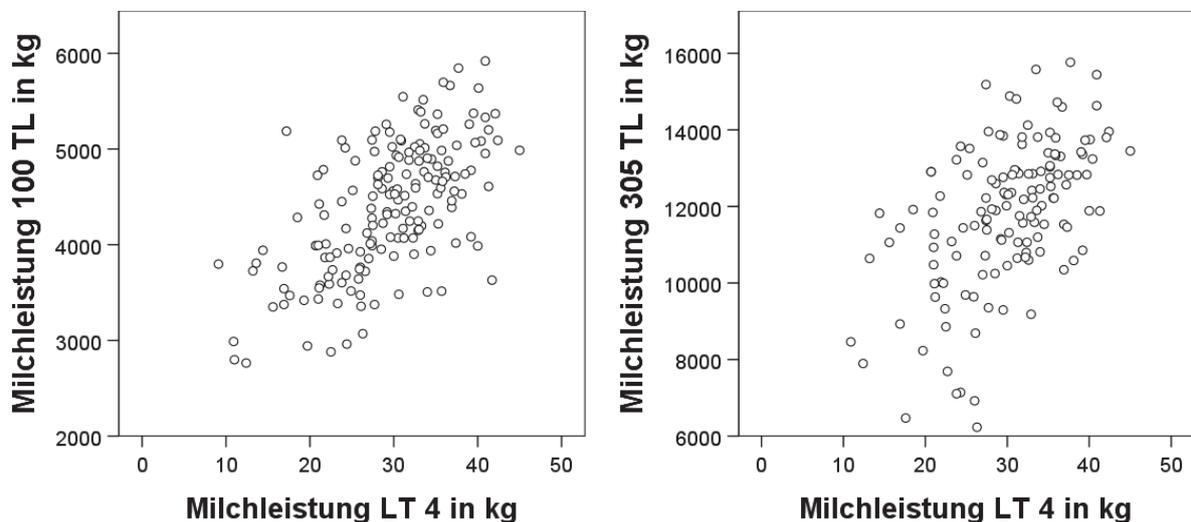


Abbildung 17: Streudiagramme zum Zusammenhang von Tagesmilchmenge LT 4 und 100- sowie 305-Tage-Leistung

Auch die kumulierten Tagesmilchleistungen der ersten Laktationswoche zeigen eine enge bis sehr enge Korrelation (*Tabelle 30*). Je näher die ausgewerteten Zeiträume beieinanderliegen, desto höher ist der statistische Zusammenhang. Zu den großen kumulierten Milchmengen 100, 200 und 305 TL besteht nur eine mittlere bis geringe Korrelation.

Am höchsten und deutlich linear positiv ist der Zusammenhang zwischen LW 1 und LT 1-6 (*Abbildung 18*) mit einem Bestimmtheitsmaß von 98 %. Am geringsten korrelieren LT 1-2 und 305 TL (13 %, *Abbildung 18*). Der Einfluss der Startleistung (LW 1) auf die Gesamtleistungen von 100, 200 und 305 Laktationstagen bewegt sich zwischen 29 % und 39 % (*Abbildung 19*).

Alle Ergebnisse dieser Tabelle sind signifikant.

Tabelle 30: Korrelation von verschiedenen Gesamtleistungen in der ersten Laktationswoche und kumulierten Milchleistungen

		LT ^a 1-2	LT 1-3	LT 1-4	LT 1-5	LT 1-6	LW ^b 1
LT 1-3	r ^c	0,944					
	p ^d	< 0,001					
	n	164					
LT 1-4	r	0,917	0,973				
	p	< 0,001	< 0,001				
	n	164	183				
LT 1-5	r	0,899	0,952	0,988			
	p	< 0,001	< 0,001	< 0,001			
	n	164	183	186			
LT 1-6	r	0,878	0,936	0,974	0,989		
	p	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001		
	n	164	183	186	186		
LW 1	r	0,858	0,919	0,965	0,980	0,992	
	p	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
	n	164	183	186	186	186	
100 TL ^e	r	0,472	0,512	0,570	0,590	0,604	0,621
	p	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	n	153	171	174	174	174	174
200 TL	r	0,419	0,450	0,511	0,524	0,536	0,558
	p	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	n	144	162	165	165	165	165
305 TL	r	0,357	0,428	0,499	0,516	0,518	0,536
	p	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	n	121	138	141	141	141	141

^a Laktationstag; ^b Laktationswoche; ^c Spearman-Korrelationskoeffizient; ^d Signifikanz (< 0,050 = signifikant); ^e Tage-Leistung

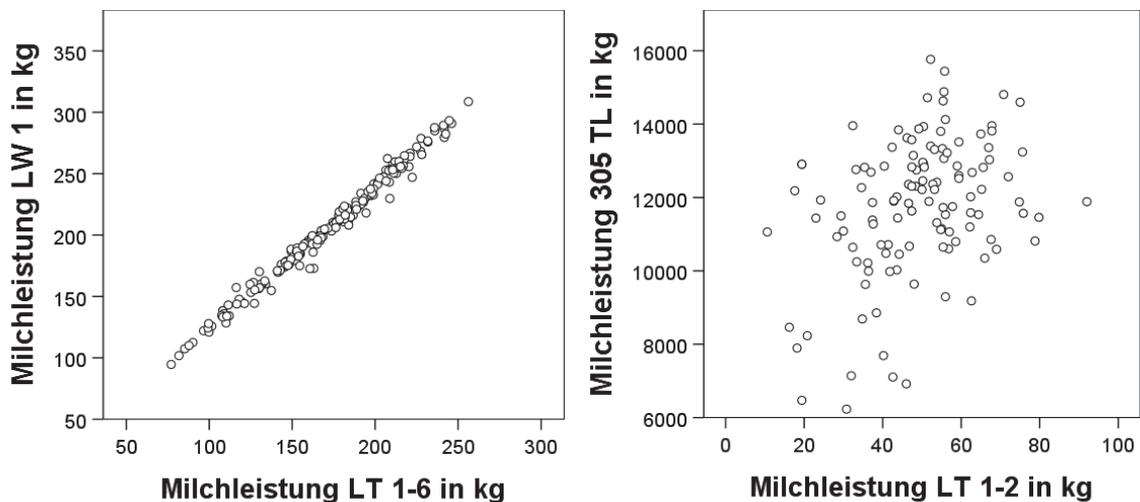


Abbildung 18: Streudiagramme zum Zusammenhang von Gesamtmilchmenge LT 1-6 und LW 1 sowie LT 1-2 und 305-Tage-Leistung

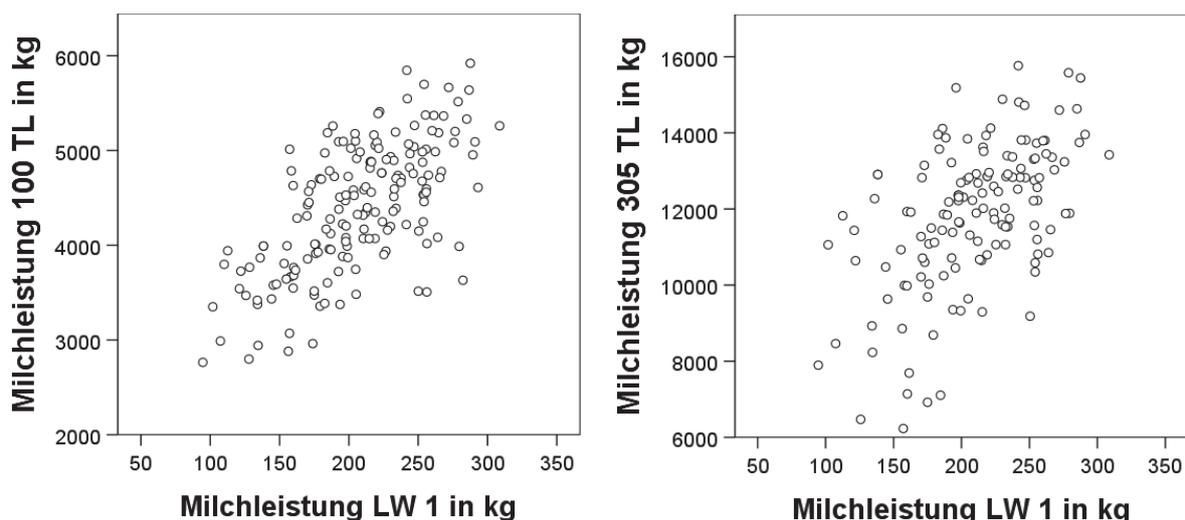


Abbildung 19: Streudiagramme zum Zusammenhang von Gesamtmilchmenge in LW 1 und 100- sowie 305-Tage-Leistung

4.5. Milchwochenleistungen

4.5.1. Deskriptive Statistik

Die mittleren und kumulierten Wochenleistungen (*Tabelle 31* und *Tabelle 32*) entwickelten sich analog zu den Tagesmilchmengen. Auch hier lagen die Spitzenwerte in der dritten und vierten Laktation. Die mittleren Wochenleistungen stiegen bis zur siebenten Laktationswoche auf 323 kg Milch an und sanken dann wieder. Den höchsten Wert unter den Multipara erreichten die Kühe in der vierten Laktation. Sie gaben 443 kg Milch in der neunten Laktationswoche. Bei den Erstlaktierenden lag der Höchstwert bei 327 kg in der 14. Woche p.p.

Bis auf wenige Werte sind alle mittleren Wochenmilchmengen normal verteilt. Die kumulierten Werte sind in den ersten Laktationswochen überwiegend normal verteilt. In den Wochen 3 und 4 sind sie überwiegend nicht normal verteilt.

Tabelle 31: Mittlere Wochenmilchleistungen in kg, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer

	n	Perzentile			Min	Max	NV ^a	p ^b
		25	Median	75				
LW^c 1								
gesamt	186	175	207	242	95	309	ja	0,173
LN 1	20	134	159	177	107	215	ja	0,900
LN 2	49	181	206	232	95	282	ja	0,164
LN 3	35	198	228	261	113	291	ja	0,227
LN 4	25	201	224	253	122	309	ja	0,617
LN 5+ ^d	57	171	203	249	110	293	ja	0,201

^a Normalverteilung; ^b Signifikanz (< 0,050 = signifikant; Kolmogorow-Smirnow-Test auf Normalverteilung); ^c Laktationswoche; ^d Laktationsnummern 5 bis 10 zusammengefasst

Fortsetzung von Tabelle 31

	n	Perzentile			Min	Max	NV ^a	p ^b	
		25	Median	75					
LW^c 2	gesamt	186	220	254	289	75	373	ja	0,203
	LN 1	20	178	201	216	157	245	ja	0,695
	LN 2	49	238	260	281	133	325	ja	0,077
	LN 3	35	252	275	309	139	351	ja	0,140
	LN 4	25	241	276	314	175	373	ja	0,803
	LN 5+ ^d	57	219	252	288	75	341	ja	0,071
LW 3	gesamt	186	253	293	320	34	406	nein	< 0,001
	LN 1	20	213	227	239	182	293	ja	0,597
	LN 2	49	275	297	316	139	345	nein	< 0,001
	LN 3	35	277	314	343	108	390	nein	0,011
	LN 4	25	278	307	348	166	388	ja	0,183
	LN 5+	57	248	290	317	34	406	nein	0,002
LW 4	gesamt	184	274	314	343	108	411	nein	0,006
	LN 1	20	229	240	255	185	305	ja	0,804
	LN 2	49	289	318	334	172	378	nein	0,006
	LN 3	35	307	332	366	108	406	nein	< 0,001
	LN 4	25	285	324	354	180	411	ja	0,573
	LN 5+	55	269	308	345	200	399	ja	0,673
LW 7	gesamt	178	292	323	355	205	433	ja	0,531
	LN 1	20	240	254	277	205	322	ja	0,876
	LN 2	48	299	320	347	241	387	ja	0,684
	LN 3	34	317	348	373	273	428	ja	0,693
	LN 4	23	314	351	390	285	433	ja	0,519
	LN 5+	53	290	330	359	241	429	ja	0,715
LW 9	gesamt	177	286	319	350	134	443	ja	0,213
	LN 1	19	241	255	286	229	313	ja	0,224
	LN 2	48	284	314	339	134	384	nein	0,002
	LN 3	34	316	334	372	265	404	ja	0,465
	LN 4	23	315	342	372	210	443	ja	0,431
	LN 5+	53	287	321	357	217	424	ja	0,899
LW 14	gesamt	164	259	297	324	144	392	ja	0,056
	LN 1	19	220	237	275	193	327	ja	0,324
	LN 2	45	257	295	317	155	355	ja	0,072
	LN 3	31	297	316	334	243	392	ja	0,456
	LN 4	22	291	312	330	196	385	ja	0,077
	LN 5+	47	254	294	325	144	373	ja	0,275

^a Normalverteilung; ^b Signifikanz (< 0,050 = signifikant; Kolmogorow-Smirnow-Test auf Normalverteilung); ^c Laktationswoche; ^d Laktationsnummern 5 bis 10 zusammengefasst

Tabelle 32: Mittlere Gesamtwochenmilchleistungen in kg, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer

	n	Perzentile			Min	Max	NV ^a	p ^b	
		25	Median	75					
LW^c 1-2	gesamt	186	401	466	535	214	693	ja	0,380
	LN 1	20	310	363	402	279	462	ja	0,464
	LN 2	49	422	471	511	230	584	ja	0,164
	LN 3	35	455	500	576	291	647	ja	0,496
	LN 4	25	449	497	572	301	693	ja	0,981
	LN 5+ ^d	57	398	459	532	214	633	ja	0,202
LW 1-3	gesamt	186	651	764	855	269	1.085	ja	0,123
	LN 1	20	522	597	636	482	758	ja	0,478
	LN 2	49	701	775	824	371	914	nein	0,039
	LN 3	35	740	825	925	466	1.040	ja	0,486
	LN 4	25	744	796	904	516	1.085	ja	0,646
	LN 5+	57	638	756	858	269	1.043	ja	0,180
LW 1-4	gesamt	186	923	1.087	1.179	359	1.485	nein	0,018
	LN 1	20	749	847	876	669	1.065	ja	0,800
	LN 2	49	1.003	1.096	1.164	544	1.294	nein	0,003
	LN 3	35	1.057	1.140	1.303	572	1.431	ja	0,072
	LN 4	25	1.053	1.121	1.269	730	1.485	ja	0,444
	LN 5+	57	895	1.074	1.160	359	1.438	ja	0,082
LW 1-7	gesamt	186	1.816	2.073	2.240	629	2.762	nein	0,003
	LN 1	20	1.512	1.583	1.686	1.286	2.015	ja	0,801
	LN 2	49	1.886	2.082	2.203	1.075	2.403	nein	0,003
	LN 3	35	2.004	2.155	2.399	973	2.669	nein	0,004
	LN 4	25	1.948	2.163	2.398	1.172	2.762	ja	0,382
	LN 5+	57	1.760	2.010	2.222	629	2.673	nein	0,019
LW 1-9	gesamt	186	2.364	2.687	2.937	808	3.630	nein	0,001
	LN 1	20	2.002	2.105	2.228	1.658	2.656	ja	0,742
	LN 2	49	2.462	2.687	2.884	1.382	3.163	nein	0,003
	LN 3	35	2.639	2.810	3.130	1.251	3.448	nein	0,001
	LN 4	25	2.585	2.863	3.152	1.507	3.630	ja	0,343
	LN 5+	57	2.335	2.651	2.928	808	3.539	nein	0,015
LW 1-14	gesamt	186	3.660	4.229	4.632	1.257	5.498	nein	< 0,001
	LN 1	20	3.150	3.332	3.591	2.579	4.255	ja	0,934
	LN 2	49	3.810	4.194	4.521	2.150	4.982	nein	0,003
	LN 3	35	4.155	4.421	4.843	1.947	5.418	nein	0,001
	LN 4	25	4.189	4.394	4.872	2.344	5.430	ja	0,068
	LN 5+	57	3.616	4.209	4.649	1.257	5.498	nein	0,014

^a Normalverteilung; ^b Signifikanz (< 0,050 = signifikant; Kolmogorow-Smirnow-Test auf Normalverteilung); ^c Laktationswoche; ^d Laktationsnummern 5 bis 10 zusammengefasst

4.5.2. Analytische Statistik

Alle Wochen- und Gesamtmilchleistungen korrelieren signifikant positiv (*Tabelle 33*). Und auch hier steigt der Grad der Korrelation an, je näher die Leistungszeiträume beieinander liegen. Der geringste Zusammenhang besteht zwischen Woche 1 und 14 (0,426; *Abbildung 20*) und die höchste zwischen der zweiten und dritten Laktationswoche (0,936; *Abbildung 20*).

Tabelle 33: Korrelation von verschiedenen Wochen- und kumulierten Milchleistungen

		LW ^a 1	LW 2	LW 3	LW 4	LW 7	LW 9	LW 14
LW 2	r ^b	0,838						
	p ^c	< 0,001						
	n	186						
LW 3	r	0,791	0,936					
	p	< 0,001	< 0,001					
	n	186	186					
LW 4	r	0,689	0,855	0,909				
	p	< 0,001	< 0,001	< 0,001				
	n	184	184	184				
LW 7	r	0,655	0,768	0,822	0,879			
	p	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001			
	n	178	178	178	178			
LW 9	r	0,577	0,704	0,765	0,831	0,919		
	p	< 0,001						
	n	177	177	177	177	177		
LW 14	r	0,426	0,520	0,609	0,682	0,749	0,794	
	p	< 0,001						
	n	164	164	164	164	164	164	
100 TL ^d	r	0,624	0,755	0,821	0,843	0,900	0,904	0,821
	p	< 0,001						
	n	174	174	174	174	173	173	162
200 TL	r	0,557	0,693	0,754	0,814	0,872	0,867	0,881
	p	< 0,001						
	n	165	165	165	165	164	164	153
305 TL	r	0,522	0,641	0,691	0,728	0,798	0,798	0,807
	p	< 0,001						
	n	141	141	141	141	139	139	128

^a Laktationswoche; ^b Spearman-Korrelationskoeffizient; ^c Signifikanz (< 0,050 = signifikant); ^d Tageleistung

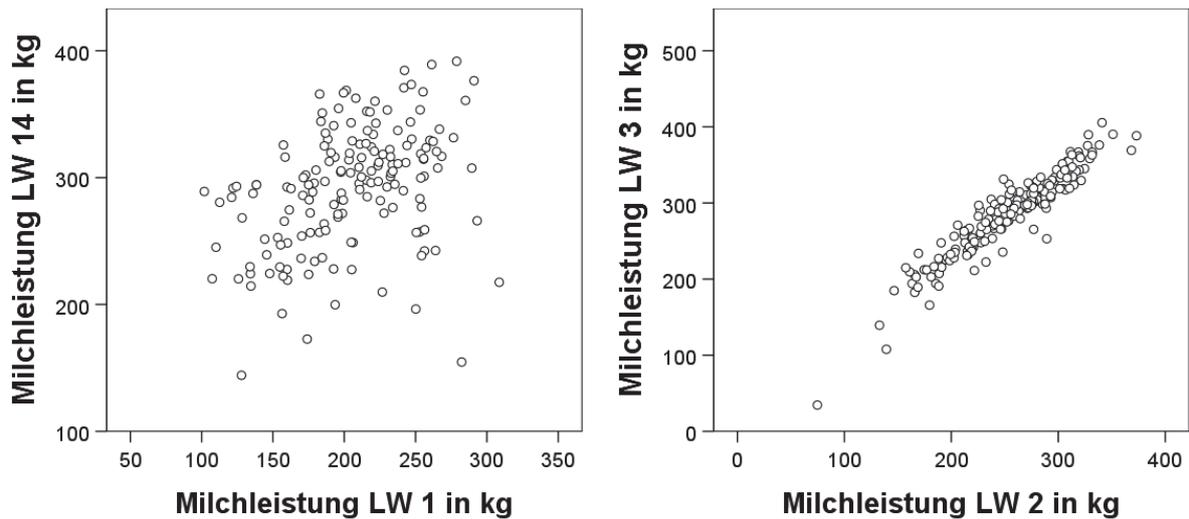


Abbildung 20: Streudiagramme zum Zusammenhang von Wochenleistung LW 1 und 14 sowie LW 2 und 3

In Bezug auf die Vorhersage des Besamungszeitpunktes aufgrund von Gesamtmilchleistungen ist die LW 7 bedeutend (Portal Rind, 2017). 81 % bzw. 64 % der Milchleistung nach 100 bzw. 305 Laktationstagen können mit der Milchleistung in LW 7 vorhergesagt werden (Abbildung 21). Spätere Milchleistungszeiträume zeigen keine engere Korrelation und sind somit nicht besser geeignet.

Die Startleistung in LW 1 hingegen beeinflusst die Gesamtmilchleistungen der 100- und 305-Tage-Leistung nur zu etwa 39 % bzw. 27 % und hat somit einen relativ geringen Einfluss. Ab der LW 3 wird die Korrelation enger mit Bestimmtheitsmaßen von 67 % bzw. 48 %.

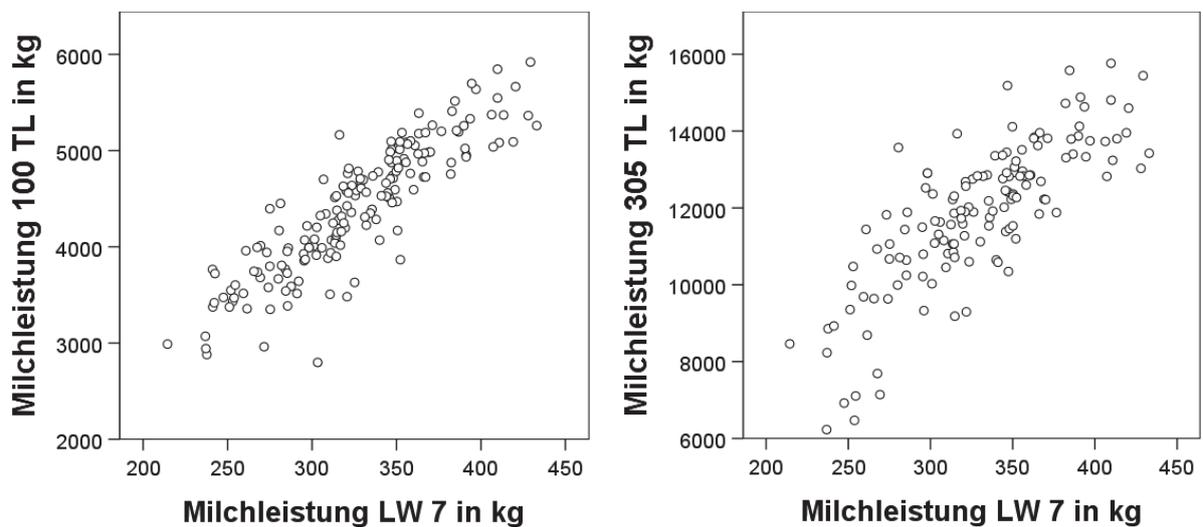


Abbildung 21: Streudiagramme zum Zusammenhang von Wochenleistung LW 7 und 100-Tage-Leistung sowie Wochenleistung LW 7 und 305-Tage-Leistung

Die Milchmengen der größeren Leistungszeiträume zeigen eine hohe bis sehr hohe positive Korrelation (*Tabelle 34*).

Tabelle 34: Korrelation der 100-, 200- und 305-Tage-Milchleistung

		100 TL ^a	200 TL
200 TL	r ^b	0,938	
	p ^c	< 0,001	
	n	164	
305 TL	r	0,814	0,916
	p	< 0,001	< 0,001
	n	139	140

^a Tage-Leistung; ^b Spearman-Korrelationskoeffizient; ^c Signifikanz (< 0,050 = signifikant)

4.6. Peakleistungen

Die höchste tägliche Einzelpeakleistung lag bei 73,7 kg Milch in der fünften Laktation (*Tabelle 35*). Die mittleren Peakleistungen waren in der dritten und vierten Laktation am höchsten (53,6 kg bzw. 56,1 kg Milch). In der ersten Laktation betrug die höchste Einzelleistung 60,3 kg und die mittlere Peakleistung 41,7 kg Milch.

Innerhalb der untersuchten 100 Laktationstage variiert der Zeitpunkt der Peakleistung individuell sehr. Er lag zwischen Tag 3 und 99 mit der größten Varianz ab der fünften Laktation. Im Mittel befand sich die Peakleistung zwischen Tag 40 und 50 (*Tabelle 35*).

Tabelle 35: Peakleistung in kg und Peaklaktationstag, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer

		n	Perzentile			Min	Max	NV ^a	p ^b
			25	Median	75				
Peakleistung	gesamt	186	46,5	51,8	56,5	28,0	73,7	ja	0,510
	LN 1	20	39,2	41,7	46,9	35,5	60,3	ja	0,061
	LN 2	49	46,6	52,2	54,1	30,5	60,3	nein	0,020
	LN 3	35	50,9	53,6	60,6	37,5	65,6	ja	0,147
	LN 4	25	50,3	56,1	60,5	33,8	68,1	ja	0,571
	LN 5+ ^c	57	46,8	51,2	56,7	28,0	73,7	ja	0,596
Peaktag	gesamt	186	36	47	62	3	99	nein	< 0,001
	LN 1	20	43	56	74	13	95	ja	0,465
	LN 2	49	35	43	54	19	90	nein	0,014
	LN 3	35	38	44	64	3	98	nein	0,046
	LN 4	25	34	46	59	15	94	ja	0,066
	LN 5+	57	34	49	65	3	99	ja	0,937

^a Normalverteilung; ^b Signifikanz (< 0,050 = signifikant; Kolmogorow-Smirnow-Test auf Normalverteilung); ^c Laktationsnummern 5 bis 10 zusammengefasst

Bei der Analyse der Laktationskurven fiel auf, dass einige Kühe zwei oder mehr Milchleistungen aufwiesen, die nahezu auf dem gleichen Niveau lagen wie die Peakleistung selbst (Peak-nahe Leistungen). Diese traten bei insgesamt 39,8 % der Tiere auf (*Tabelle 36, Abbildung 22*) und konnten sowohl vor als auch nach dem eigentlichen Peak liegen.

Tabelle 36: Mindestens eine Peak-nahe Leistung im Verlauf der ersten 100 Laktationstage

n	ja		nein	
	absolut	%	absolut	%
186	74	39,8	112	60,2

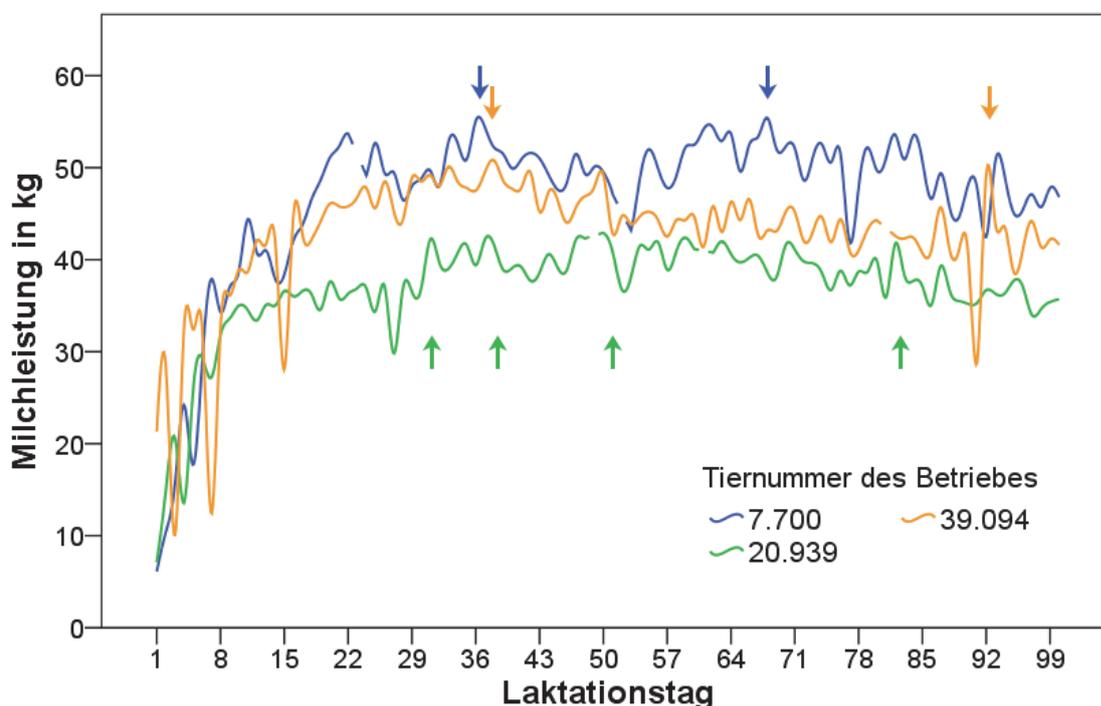


Abbildung 22: Laktationskurven mit mehreren Leistungen auf Peakniveau; Pfeile in der jeweiligen Farbe der Laktationskurve weisen auf die eigentlichen Peakleistungen und Peak-nahen Leistungen hin

4.7. Einflüsse auf die Einsatzleistung

4.7.1. Deskriptive Statistik

Die verschiedenen Leistungen der ersten 7, 21, 50 oder 100 Laktationstage spiegeln ein einheitliches Bild wider (*Tabelle 37*). Die Leistungen der Erstlaktierenden lagen deutlich unter denen der Multipara. Die höchsten Milchleistungen erbrachten Tiere ab der vierten Laktation mit bis zu 2.821 kg Milch in 50 Laktationstagen und 5.610 kg in 100 LT. Die niedrigsten Werte stammen überwiegend von Kühen ab der fünften Laktation.

Als mögliche Einflüsse auf die Start- und Einsatzleistung wurden unter anderem die Trockenstehzeit und die Rückenfettdicke ausgewertet (*Tabelle 38*). Im Mittel wurden die Kühe

52 Tage a.p. trocken gestellt. Die Trockenstehzeit lag insgesamt zwischen 37 und 76 Tagen, wobei nur wenige Tiere mehr als 55 Tage a.p. keine Milch gaben.

Tabelle 37: Mittlere Milcheinsatzleistungen in kg, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer

		n	Perzentile			Min	Max
			25	Median	75		
LW^a 1	LN 1	20	134	159	177	107	215
	LN 2	49	179	206	230	95	282
	LN 3	35	198	228	261	113	291
	LN 4	25	204	224	253	122	309
	LN 5+ ^b	57	171	203	247	110	293
LW 1-3	LN 1	20	523	597	636	482	758
	LN 2	49	697	773	823	371	914
	LN 3	35	740	825	925	466	1.040
	LN 4	25	752	796	903	516	1.085
	LN 5+	57	642	756	854	269	1.043
50 TL^c	LN 1	20	1.551	1.618	1.723	1.316	2.064
	LN 2	49	1.918	2.129	2.239	1.097	2.456
	LN 3	35	2.052	2.206	2.455	993	2.724
	LN 4	25	2.033	2.208	2.416	1.196	2.821
	LN 5+	57	1.808	2.056	2.261	641	2.734
100 TL	LN 1	20	3.215	3.401	3.670	2.632	4.349
	LN 2	49	3.928	4.245	4.587	2.194	5.082
	LN 3	35	4.237	4.506	4.944	1.986	5.529
	LN 4	25	4.319	4.468	4.915	2.392	5.541
	LN 5+	57	3.722	4.285	4.727	1.283	5.610

^a Laktationswoche; ^b Laktationsnummern 5 bis 10 zusammengefasst; ^c Tage-Leistung

Die Rückenfettdicke der Herde zum Zeitpunkt des Trockenstellens lag im Mittel bei 16 mm. Die Werte differieren bei allen Laktationsnummern stark und liegen zwischen 6 und 35 mm, wobei beide Extremwerte bei älteren Tieren ab der fünften Laktation gemessen wurden. Die RFD ist insgesamt nicht normalverteilt.

Die Rastzeit in der Vorlaktation lag zwischen 60 und 137 Tagen (*Tabelle 38*). Im Mittel betrug sie 91 Tage, wobei sie bei Kühen ab der fünften Laktation im Altersvergleich am höchsten und bei Tieren in der zweiten Laktation am geringsten war.

Die Zwischentragezeit der Vorlaktation befand sich zwischen 65 und 589 Tagen mit einem Median von 357 Tagen. Sie war im Mittel am kürzesten bei Zweitlaktierenden und am längsten bei Tieren in der vierten Laktation.

Die Rast- und Zwischentragezeiten sind nicht normalverteilt.

Tabelle 38: Mögliche Einflussfaktoren auf die Start- und Einsatzleistung, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer

		n	Perzentile			Min	Max	NV ^a	p ^b
			25	Median	75				
Trockenstehzeit	gesamt	62	48	52	55	37	76	nein	0,004
	LN 2	24	49	52	55	41	61	ja	0,161
	LN 3	10	48	54	63	41	76	ja	0,362
	LN 4	8	48	52	55	45	65	ja	0,282
	LN 5+ ^c	20	46	51	56	37	62	ja	0,961
RFD während TSZ^d	gesamt	162	13	16	21	6	35	nein	0,009
	LN 2	46	12	16	19	8	26	ja	0,063
	LN 3	35	13	16	22	8	27	nein	0,042
	LN 4	25	13	18	22	8	29	ja	0,398
	LN 5+	56	13	16	21	6	35	ja	0,060
Rastzeit VL^e	gesamt	166	74	83	91	60	137	nein	< 0,001
	LN 2	49	67	75	85	60	120	nein	< 0,001
	LN 3	35	75	81	95	66	122	nein	0,005
	LN 4	25	75	85	93	68	133	nein	0,015
	LN 5+	57	81	85	93	65	137	nein	< 0,001
Zwischentragezeit VL	gesamt	166	119	357	401	65	589	nein	< 0,001
	LN 2	49	89	336	365	65	468	nein	< 0,001
	LN 3	35	234	371	406	80	471	nein	< 0,001
	LN 4	25	187	379	438	78	589	nein	0,012
	LN 5+	57	157	364	431	70	531	nein	< 0,001

^a Normalverteilung; ^b Signifikanz (< 0,050 = signifikant; Kolmogorow-Smirnow-Test auf Normalverteilung); ^c Laktationsnummern 5 bis 10 zusammengefasst; ^d Rückenfettdicke, gemessen in der Trockenstehzeit; ^e Vorlaktation

4.7.2. Analytische Statistik

Die Höhen der angenommenen Milcheinsatzleistungen unterscheiden sich zwischen den Laktationsnummern 2 bis 5+ statistisch nicht. Nur die Milchleistung in der ersten Laktation hat hiervon abweichend geringere Werte (Tabelle 39; Abbildung 23).

Tabelle 39: Mediane in kg Milch mit Abhängigkeiten von der Höhe verschiedener Einsatzleistungen und Laktationsnummern

SL ^c / EL ^d	LN ^e 1	LN 2	LN 3	LN 4	LN 5+ ^f
LW^g 1	159 _a	206 _b	228 _b	224 _b	203 _b
LW 1-3	597 _a	773 _b	825 _b	796 _b	756 _b
50 TL^h	1.618 _a	2.129 _b	2.206 _b	2.208 _b	2.056 _b
100 TL	3.401 _a	4.245 _b	4.506 _b	4.468 _b	4.285 _b

^{a, b} Unterschiede < 0,050 = signifikant; ^c Startleistung; ^d Einsatzleistung; ^e Laktationsnummer; ^f Laktationsnummern 5 bis 10 zusammengefasst; ^g Laktationswoche; ^h Tage-Leistung

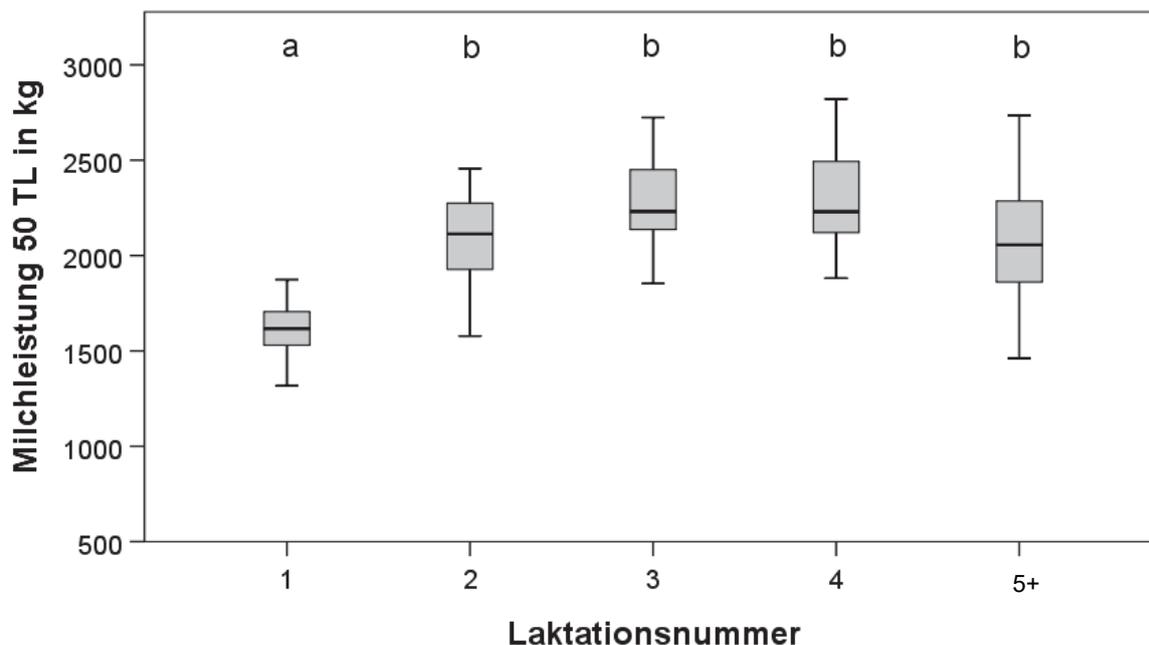


Abbildung 23: Höhe der 50-Tage-Leistung in Abhängigkeit der Laktationsnummern; 5+ = ab Laktation 5

Die möglichen Einflussfaktoren aus der Vorlaktation und die Start- und Einsatzleistungen zeigen nur teilweise signifikante Zusammenhänge, welche sehr schwach bis schwach mit Bestimmtheitsmaßen von 2 % bis zu 21 % ausfallen (Tabelle 40, Abbildung 24). So korreliert die Rückenfettdicke negativ, Trockensteh- und Zwischentragezeit korrelieren positiv.

Tabelle 40: Einflussfaktoren der Vorlaktation auf die Start- und Einsatzleistung

		LW ^a 1	LW 1-3	50 TL ^b	100 TL
Trockenstehzeit	r ^c	0,458	0,346	0,230	0,149
	p ^d	< 0,001	0,006	0,072	0,247
	n	62	62	62	62
RFD^e Trockenstehzeit	r	-0,187	-0,179	-0,225	-0,138
	p	0,017	0,023	0,004	0,080
	n	162	162	162	162
Rastzeit VL^f	r	0,113	0,089	0,099	0,131
	p	0,146	0,255	0,206	0,092
	n	166	166	166	166
Zwischentragezeit VL	r	0,217	0,104	0,058	0,094
	p	0,005	0,182	0,459	0,226
	n	166	166	166	166
305 VL	r	0,331	0,361	0,408	0,441
	p	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	n	165	165	165	165

^a Laktationswoche; ^b Tage-Leistung; ^c Spearman-Korrelationskoeffizient; ^d Signifikanz (< 0,050 = signifikant); ^e Rückenfettdicke; ^f Vorlaktation

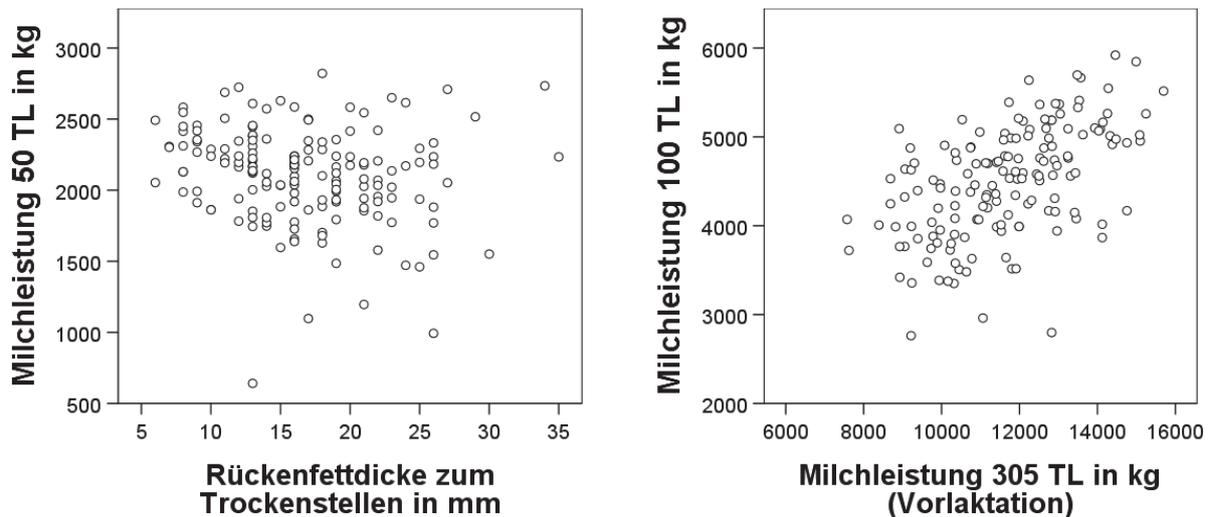


Abbildung 24: Streudiagramme zum Zusammenhang von Rückenfettdicke zum Trockenstellen und 50-Tage-Leistung sowie 305-Tage-Vorlaktationsleistung und 100-Tage-Leistung

Die 305-Tage-Leistung der Vorlaktation korreliert signifikant positiv mit den Start- und Einsatzleistungen, dies aber nur schwach. So beeinflusst 305 VL lediglich 19 % der 100-Tage-Leistung der Folgelaktation (Abbildung 24).

4.8. Reproduktionsleistung

4.8.1. Deskriptive Statistik

Zum Ende der Untersuchungen waren von den 186 Kühen 134 tragend und 12 nicht tragend (Tabelle 41). Von 13 Tieren fehlte das Ergebnis. 27 Tiere gingen vor einer positiven Trächtigkeitsuntersuchung ab.

Tabelle 41: Positive Trächtigkeitsuntersuchung, aufgeteilt nach Laktationsabschnitten

n	bis LT ^a 100		LT 101 bis 200		ab LT 201	
	absolut	%	absolut	%	absolut	%
134	52	38,8	66	49,3	16	11,9

^a Laktationstag

Die Kühe wurden für eine positive Trächtigkeitsuntersuchung bis zu elfmal besamt, wobei über zwei Drittel nur ein- oder zweimal besamt werden mussten (Tabelle 42). Der Besamungsaufwand der Herde betrug 2,23. Er wurde aus der Gesamtzahl der Besamungen aller tragenden Tiere geteilt durch die Anzahl tragender Tiere berechnet.

Nach der ersten Besamung waren 52 Tiere tragend, dies entspricht 35,9 % (Tabelle 43). Kühe in der fünften oder höheren Laktation waren hierbei am häufigsten tragend. Die Mehrheit der Tiere wurde zwischen den Tagen 101 und 200 p.p. als tragend erkannt, welche in der Regel nach der Peakleistung mit sinkenden Milchmengen liegen (Tabelle 41).

Tabelle 42: Besamungsaufwand (Anzahl der Besamungen tragender Tiere in der aktuellen Laktation)

	1	2	3	4	5	6	7	8	11	gesamt
n	55	35	19	11	3	5	1	2	2	133
%	41,4	26,3	14,3	8,3	2,3	3,8	0,8	1,5	1,5	100

Tabelle 43: Ergebnis der Trächtigkeitsuntersuchung nach erster Besamung, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer

	n	positiv		negativ	
		absolut	%	absolut	%
gesamt	145	52	35,9	93	64,1
LN 1	17	5	29,4	12	70,6
LN 2	45	14	31,1	31	68,9
LN 3	29	7	24,1	22	75,9
LN 4	19	9	47,4	10	52,6
LN 5+ ^a	35	17	48,6	18	51,4

^a Laktationsnummern 5 bis 10 zusammengefasst

Die Rastzeit der Herde lag zwischen 60 und 205 Tagen (Tabelle 44) mit einem Mittel zwischen 80 und 90 Tagen. Sie war mit 93 Tagen bei Tieren in der vierten Laktation am längsten und mit 81 Tagen in der ersten Laktation am kürzesten.

Bei der Zwischentragezeit verhielt es sich ähnlich. Sie lag zwischen 64 und 461 Tagen. Am geringsten war sie im Mittel bei Erstlaktierenden und am längsten bei Kühen in der dritten Laktation.

Die Rast- und Zwischentragezeiten sind nicht normalverteilt.

Tabelle 44: Fruchtbarkeitskennzahlen, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer

	n	Perzentile			Min	Max	NV ^a	p ^b	
		25	Median	75					
Rastzeit	gesamt	157	77	86	96	60	205	nein	< 0,001
	LN 1	19	72	81	88	60	123	nein	0,016
	LN 2	43	77	86	93	64	125	nein	0,025
	LN 3	30	76	85	99	64	151	nein	0,002
	LN 4	22	83	93	113	70	205	nein	< 0,001
LN 5+ ^c	43	80	87	98	69	118	nein	0,053	
Zwischen- tragezeit	gesamt	153	88	111	159	64	461	nein	< 0,001
	LN 1	18	79	95	128	71	213	nein	0,005
	LN 2	42	91	116	162	68	280	nein	< 0,001
	LN 3	29	87	118	154	64	312	nein	< 0,001
	LN 4	21	97	114	181	70	299	nein	0,023
LN 5+	45	85	105	187	69	461	nein	< 0,001	

^a Normalverteilung; ^b Signifikanz (< 0,050 = signifikant; Kolmogorow-Smirnow-Test auf Normalverteilung); ^c Laktationsnummern 5 bis 10 zusammengefasst

4.8.2. Analytische Statistik

Es sind nur vereinzelt signifikante Zusammenhänge zwischen den Milchleistungen zu verschiedenen Laktationszeitpunkten und den Fruchtbarkeitsparametern erkennbar (Tabelle 45). Hierbei zeigt sich, dass eine höhere Milchleistung mit einer leicht schlechteren Fruchtbarkeit einhergeht. So sinkt die Wahrscheinlichkeit für eine positive Trächtigkeitsuntersuchung bis zum 100. Laktationstag mit dem Anstieg der verschiedenen Milchleistungen um 1 kg Milch auf 99%.

Eine Ausnahme stellt lediglich die 305-Tage-Leistung in Bezug auf eine positive TU zwischen LT 101 und 200 dar, wenn auch mit einem sehr schwachen Signifikanzniveau von 0,049. Mit einem Anstieg um 1000 kg Milch steigt die Wahrscheinlichkeit hierfür auf 122 %.

Tabelle 45: Einfluss verschiedener Milchleistungen auf die Reproduktionsleistung während der aktuellen Laktation

	tragend nach erster Besamung				TU ^a pos. bis LT ^b 100			
	β ^c	SE ^d	p ^e	Exp(B) ^f	β	SE	p	Exp(B)
LT 2	-0,008	0,023	0,739	0,992	-0,019	0,023	0,403	0,981
LT 3	-0,016	0,022	0,457	0,984	-0,021	0,022	0,327	0,979
LT 4	-0,013	0,023	0,557	0,987	-0,017	0,023	0,459	0,983
LT 5	-0,022	0,025	0,373	0,978	-0,032	0,025	0,209	0,969
LT 6	-0,026	0,023	0,251	0,974	-0,031	0,023	0,178	0,970
LT 7	-0,030	0,024	0,210	0,971	-0,041	0,024	0,088	0,960
LT 1-2	-0,004	0,012	0,739	0,996	-0,010	0,012	0,403	0,990
LT 1-3	-0,003	0,008	0,653	0,997	-0,008	0,008	0,317	0,992
LT 1-4	-0,004	0,006	0,473	0,996	-0,007	0,006	0,258	0,993
LT 1-5	-0,004	0,005	0,435	0,996	-0,006	0,005	0,227	0,994
LT 1-6	-0,004	0,004	0,368	0,996	-0,005	0,004	0,197	0,995
LW ^g 1	-0,004	0,004	0,322	0,996	-0,005	0,004	0,158	0,995
LW 2	-0,003	0,004	0,342	0,997	-0,005	0,004	0,134	0,995
LW 3	-0,005	0,003	0,146	0,995	-0,008	0,004	0,019	0,992
LW 4	-0,004	0,004	0,224	0,996	-0,007	0,004	0,041	0,993
LW 7	-0,003	0,004	0,387	0,997	-0,008	0,004	0,029	0,992
LW 9	-0,001	0,003	0,877	0,999	-0,004	0,004	0,229	0,996
LW 14	0,002	0,004	0,511	1,002	0,194*	0,004	0,958	1,001
LW 1-2	-0,002	0,002	0,315	0,998	-0,003	0,002	0,124	0,997
LW 1-3	-0,001	0,001	0,232	0,999	-0,002	0,001	0,061	0,998
LW 1-4	-0,001	0,001	0,215	0,999	-0,002	0,001	0,048	0,998
LW 1-7	-0,001	0,001	0,243	0,999	-0,001	0,001	0,039	0,999
LW 1-9	-0,430*	0,424*	0,311*	0,651*	-0,864*	0,433*	0,046*	0,421*
100 TL ^h	-0,094*	0,249*	0,706*	0,910*	-0,352*	0,252*	0,162	0,999
200 TL	-0,147*	0,146*	0,315*	0,863*	-0,287*	0,149*	0,054	0,999
305 TL	-0,144*	0,095*	0,129*	0,866*	-0,262*	0,100*	0,009	0,999

^a Trächtigkeitsuntersuchung; ^b Laktationstag; ^c log. Regressions-Koeffizient; ^d Standardfehler;

^e Signifikanz (< 0,050 = signifikant); ^f Odds Ratio; ^g Laktationswoche; ^h Tage-Leistung

* bei Veränderung um 1000 Einheiten

Fortsetzung von Tabelle 45

	TU ^a pos. LT ^b 101-200				TU pos. bis LT 200			
	β ^c	SE ^d	p ^e	Exp(B) ^f	β	SE	p	Exp(B)
LT 2	0,011	0,023	0,635	1,011	-0,014	0,031	0,642	0,986
LT 3	0,012	0,021	0,588	1,012	-0,015	0,028	0,594	0,985
LT 4	0,021	0,023	0,361	1,021	0,007	0,028	0,809	1,007
LT 5	0,024	0,024	0,332	1,024	-0,010	0,031	0,744	0,990
LT 6	0,008	0,022	0,726	1,008	-0,036	0,029	0,214	0,964
LT 7	0,023	0,023	0,319	1,023	-0,025	0,029	0,386	0,975
LT 1-2	0,005	0,011	0,635	1,005	-0,007	0,016	0,642	0,993
LT 1-3	0,005	0,008	0,535	1,005	-0,004	0,010	0,647	0,996
LT 1-4	0,005	0,006	0,438	1,005	-0,003	0,007	0,675	0,997
LT 1-5	0,004	0,005	0,435	1,004	-0,003	0,006	0,609	0,997
LT 1-6	0,003	0,004	0,507	1,003	-0,004	0,005	0,446	0,996
LW ^g 1	0,003	0,004	0,464	1,003	-0,004	0,005	0,408	0,996
LW 2	0,002	0,003	0,488	1,002	-0,004	0,004	0,324	0,996
LW 3	0,005	0,003	0,150	1,005	-0,005	0,004	0,262	0,995
LW 4	0,004	0,003	0,262	1,004	-0,005	0,005	0,259	0,995
LW 7	0,005	0,003	0,170	1,005	-0,004	0,004	0,326	0,996
LW 9	0,004	0,003	0,206	1,004	0,495*	4,298*	0,908*	1,640*
LW 14	0,004	0,004	0,319	1,004	0,006	0,005	0,186	1,006
LW 1-2	0,001	0,002	0,474	1,001	-0,002	0,002	0,314	0,998
LW 1-3	0,001	0,001	0,332	1,001	-0,002	0,002	0,268	0,998
LW 1-4	0,001	0,001	0,306	1,001	-0,001	0,001	0,245	0,999
LW 1-7	0,001	0,001	0,285	1,001	-0,001	0,001	0,224	0,999
LW 1-9	0,494*	0,417*	0,235*	1,639*	-0,524*	0,532*	0,324*	0,592*
100 TL ^h	0,153*	0,244*	0,531*	1,165*	-0,302*	0,318*	0,343*	0,739*
200 TL	0,126*	0,144*	0,382*	1,134*	-0,298*	0,209*	0,154*	0,742*
305 TL	0,195*	0,099*	0,049*	1,215*	-0,121*	0,134*	0,365*	0,886*

	TU pos. ab LT 201			
	β	SE	p	Exp(B)
LT 2	0,017	0,041	0,673	1,018
LT 3	0,004	0,034	0,894	1,004
LT 4	-0,001	0,035	0,973	0,999
LT 5	0,002	0,037	0,948	1,002
LT 6	0,035	0,036	0,336	1,035
LT 7	0,019	0,035	0,590	1,019
LT 1-2	0,009	0,021	0,673	1,009
LT 1-3	0,001	0,012	0,929	1,001
LT 1-4	0,003	0,009	0,747	1,003
LT 1-5	0,003	0,008	0,689	1,003
LT 1-6	0,004	0,006	0,524	1,004

^a Trächtigkeitsuntersuchung; ^b Laktationstag; ^c log. Regressions-Koeffizient; ^d Standardfehler;^e Signifikanz (< 0,050 = signifikant); ^f Odds Ratio; ^g Laktationswoche; ^h Tage-Leistung

* bei Veränderung um 1000 Einheiten

Fortsetzung von Tabelle 45

	TU ^a pos. ab LT ^b 201			
	β ^c	SE ^d	p ^e	Exp(B) ^f
LW^g 1	0,004	0,006	0,480	1,004
LW 2	0,005	0,005	0,388	1,005
LW 3	0,008	0,005	0,146	1,008
LW 4	0,008	0,006	0,170	1,008
LW 7	0,005	0,005	0,379	1,005
LW 9	0,004	0,005	0,484	1,004
LW 14	-0,001	0,006	0,926	0,999
LW 1-2	0,003	0,003	0,347	1,003
LW 1-3	0,002	0,002	0,243	1,002
LW 1-4	0,002	0,001	0,202	1,002
LW 1-7	0,001	0,001	0,225	1,001
LW 1-9	0,705*	0,657*	0,284*	2,024*
100 TL^h	0,577*	0,399*	0,148*	1,781*
200 TL	0,149*	0,223*	0,504*	1,161*
305 TL	0,043*	0,141*	0,759*	1,044*

^a Trächtigkeitsuntersuchung; ^b Laktationstag; ^c log. Regressions-Koeffizient; ^d Standardfehler;

^e Signifikanz (< 0,050 = signifikant); ^f Odds Ratio; ^g Laktationswoche; ^h Tage-Leistung

* bei Veränderung um 1000 Einheiten

Es gibt keine statistisch signifikanten Korrelationen zwischen den untersuchten Fruchtbarkeitskennzahlen Rastzeit, Zwischentragezeit und Besamungsnummer und den Milchleistungen innerhalb der ersten Laktationswoche (Tabelle 46). Ab der zweiten Laktationswoche gehen höhere Milchmengen mit größeren Rast- und Zwischentragezeiten sowie Besamungsnummern einher, allerdings fallen die Korrelationen gering bis sehr gering aus. Die engste Korrelation der untersuchten Werte besteht zwischen der Zwischentragezeit und 305 TL mit einem Bestimmungsmaß von 8 %.

Tabelle 46: Korrelation von verschiedenen Milchleistungen und Reproduktionsparametern der aktuellen Laktation

	Rastzeit			Zwischentragezeit			Besamungsnummer		
	r ^a	p ^b	n	r	p	n	r	p	n
LT^c 2	0,158	0,065	137	0,092	0,292	133	0,044	0,612	137
LT 3	0,077	0,345	154	0,076	0,353	150	0,039	0,628	154
LT 4	0,110	0,172	155	0,092	0,262	151	0,045	0,575	155
LT 5	0,112	0,163	156	0,133	0,103	152	0,093	0,246	156
LT 6	0,070	0,390	155	0,134	0,101	151	0,109	0,176	155
LT 7	0,101	0,208	156	0,155	0,056	152	0,112	0,165	156
LT 1-2	0,158	0,065	137	0,092	0,292	133	0,044	0,612	137
LT 1-3	0,108	0,181	154	0,075	0,364	150	0,027	0,744	154
LT 1-4	0,111	0,168	157	0,103	0,207	153	0,054	0,500	157

^a Spearman-Korrelationskoeffizient; ^b Signifikanz (< 0,050 = signifikant); ^c Laktationstag

Fortsetzung von Tabelle 46

	Rastzeit			Zwischentragezeit			Besamungsnummer		
	r ^a	p ^b	n	r	p	n	r	p	n
LT ^c 1-5	0,128	0,109	157	0,124	0,126	153	0,073	0,367	157
LT 1-6	0,111	0,166	157	0,132	0,105	153	0,089	0,267	157
LW ^d 1	0,113	0,160	157	0,140	0,085	153	0,097	0,226	157
LW 2	0,162	0,042	157	0,159	0,050	153	0,104	0,193	157
LW 3	0,218	0,006	157	0,215	0,008	153	0,146	0,068	157
LW 4	0,220	0,006	157	0,177	0,029	153	0,127	0,112	157
LW 7	0,233	0,003	157	0,200	0,013	153	0,143	0,075	157
LW 9	0,224	0,005	157	0,138	0,090	153	0,065	0,420	157
LW 14	0,128	0,118	151	0,036	0,663	148	0,035	0,667	152
LW 1-2	0,136	0,090	157	0,150	0,064	153	0,107	0,182	157
LW 1-3	0,164	0,040	157	0,176	0,030	153	0,123	0,125	157
LW 1-4	0,181	0,023	157	0,179	0,027	153	0,126	0,117	157
LW 1-7	0,199	0,012	157	0,177	0,029	153	0,126	0,117	157
LW 1-9	0,212	0,008	157	0,177	0,028	153	0,120	0,135	157
100 TL ^e	0,179	0,026	155	0,151	0,063	152	0,109	0,176	155
200 TL	0,156	0,053	155	0,144	0,075	153	0,125	0,123	155
305 TL	0,242	0,005	132	0,274	0,002	130	0,221	0,011	132

^a Spearman-Korrelationskoeffizient; ^b Signifikanz (< 0,050 = signifikant); ^c Laktationstag;

^d Laktationswoche; ^e Tage-Leistung

4.9. Erkrankungen

4.9.1. Deskriptive Statistik

4.9.1.1. Übersicht

Im beobachteten Betrieb erkrankte der überwiegende Teil der erfassten Tiere während der Laktation mindestens einmal. So waren insgesamt 93,2 % der Kühe betroffen (Tabelle 47). Teilt man die Daten nach Laktationsnummern auf wird deutlich, dass bei allen Erstlaktierenden mindestens eine Erkrankung registriert wurde. Kühe in der dritten Laktation erkrankten mit 84,8 % vergleichsmäßig am wenigsten.

Wenn man die ausschließlich von Klauenerkrankungen betroffenen Tiere ausklammert, waren insgesamt 72,3 % der Kühe von anderen Erkrankungen betroffen. Die Erstlaktierenden erkrankten hierbei am wenigsten mit 55,6 %. Bis zur vierten Laktation stieg der Anteil auf einen Höchstwert von 87,5 % an und sank dann wieder leicht ab.

Tabelle 47: Häufigkeiten auftretender Erkrankungen im Untersuchungszeitraum, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer

		n	ja		nein	
			absolut	%	absolut	%
erkrankt	gesamt	177	165	93,2	12	6,8
inkl. Klauen	LN 1	18	18	100	0	0
	LN 2	47	43	91,5	4	8,5
	LN 3	33	28	84,8	5	15,2
	LN 4	24	23	95,8	1	4,2
	LN 5+ ^a	55	53	96,4	2	3,6
erkrankt	gesamt	177	128	72,3	49	27,7
ohne Klauen	LN 1	18	10	55,6	8	44,4
	LN 2	47	28	59,6	19	40,4
	LN 3	33	24	72,7	9	27,3
	LN 4	24	21	87,5	3	12,5
	LN 5+	55	45	81,8	10	18,2

^a Laktationsnummern 5 bis 10 zusammengefasst

4.9.1.2. Klauenerkrankungen

Etwa ein Drittel der erfassten Kühe war ante partum klauenerkrank (*Tabelle 48*). Post partum stieg die Erkrankungsrate auf fast zwei Drittel innerhalb der ersten 100 Laktationstage an, wobei Kühe in der ersten Laktation am meisten betroffen waren (77,8 %). Etwa die Hälfte der Tiere erkrankte einmalig an den Klauen, ein Viertel erkrankte zweifach.

Tabelle 48: Häufigkeiten auftretender Klauenerkrankungen im Untersuchungszeitraum

		n	ja		nein	
			absolut	%	absolut	%
insgesamt a.p.		167	57	34,1	110	65,9
insgesamt p.p.	gesamt	177	116	65,5	67	34,5
	LN 1	18	14	77,8	4	22,2
	LN 2	47	31	66,0	16	34,0
	LN 3	33	16	48,5	17	51,5
	LN 4	24	17	70,8	7	29,2
	LN 5+ ^a	55	40	72,7	15	27,3
Mehrfacherkr. ^b	1x	186	66	35,5	120	64,5
	2x	186	27	14,5	159	85,5
	≥ 3x	186	23	12,4	163	87,6
Sohlungeschwür		177	55	31,1	122	68,9
sonstige		177	52	29,4	125	70,6
Dermatitis digitalis		177	48	27,1	129	72,9
eitrig-hohle Wand		177	30	16,9	147	83,1
Rehe		177	17	9,6	160	90,4

^a Laktationsnummern 5 bis 10 zusammengefasst; ^b Auftreten von mehreren Klauenerkrankungen in den ersten 100 LT

Die restlichen Kühe wiesen mehr als drei verschiedene Klauenprobleme innerhalb des Beobachtungszeitraumes auf. Hauptsächlich betraf es Tiere in der ersten Laktation und ab der vierten Laktation. Es traten vor allem Sohlengeschwüre, Dermatitis digitalis und Weiße-Linie-Defekte auf.

4.9.1.3. Weitere Erkrankungen

Das Auftreten weiterer Erkrankungen bzw. Erkrankungskomplexe ist sehr variabel (*Tabelle 49*). Am häufigsten wurde ein gestörtes Allgemeinbefinden respektive Fieber unbekannter Genese verzeichnet (37,3 %), danach folgten Erkrankungen des Reproduktionstraktes (34,5 %). Verdauungsstörungen und Stoffwechselerkrankungen traten jeweils bei etwa einem Viertel der Kühe auf. An klinischen Mastitiden erkrankten nur 7,9 % der Tiere. Als Einzelerkrankungen traten am häufigsten Nachgeburtshaltung und Ketose auf.

Tabelle 49: Häufigkeiten auftretender Allgemeinerkrankungen im Untersuchungszeitraum

	n	ja		nein		
		absolut	%	absolut	%	
weitere Krankheitskomplexe post partum						
Fieber ^a	177	66	37,3	111	62,7	
Erkrankungen des Reproduktionstraktes	177	61	34,5	116	65,5	
Verdauungsstörungen	177	47	26,6	130	73,4	
Stoffwechselerkrankungen	177	39	22,0	138	78,0	
sonstige Gliedmaßenkrankungen	177	17	9,6	160	90,4	
klinische Mastitis	177	14	7,9	163	92,1	
Anzahl Erkrankungsereignisse in den ersten 100 LT	1x	186	52	28,0	134	72,0
	2x	186	52	28,0	134	72,0
	≥ 3x	186	21	11,3	165	88,7
ausgewählte Krankheiten post partum						
Nachgeburtshaltung	186	24	12,9	162	87,1	
Ketose	186	13	7,0	173	93,0	
Gebärparese	186	4	2,2	182	97,8	
Labmagenverlagerung	186	2	1,1	185	98,9	

^a gestörtes Allgemeinbefinden/ Fieber unbekannter Genese

4.9.2. Analytische Statistik

Bei dem Auftreten der meisten Erkrankungskomplexe sind nur wenige statistische Zusammenhänge zu den verschiedenen Laktationsleistungen zu verzeichnen (*Tabelle 50* und *Tabelle 51*). Allerdings sind hierbei Ursache und Wirkung nicht eindeutig erkennbar.

Vereinzelt zeigen die Auswertungen, dass eine Erhöhung der Milchleistung um ein bzw. 1000 kg die Wahrscheinlichkeit für das Entstehen verschiedener Erkrankungen auf bis zu 197 % erhöht. Hierbei sind vor allem die Berechnungen mit den Milchmengen ab Laktationswoche 7 und die kumulierten Mengen statistisch signifikant.

Im Unterschied dazu sind die Zusammenhänge zwischen nahezu allen Milchmengen und dem Vorliegen einer klinischen Mastitis statistisch signifikant. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Erhöhung der Milchleistung protektiv auf das Entstehen wirkt. So sinkt die Wahrscheinlichkeit der Entstehung einer klinischen Mastitis bei der Erhöhung der 100-Tage-Milchleistung um 1000 kg auf bis zu 30 % ab. Bei dem Erkrankungskomplex Klauenerkrankungen gibt es ein ähnlich enges Verhältnis, allerdings nur mit den Milchmengen ab 100 TL.

Tabelle 50: Einfluss verschiedener Tages- und Wochenmilchleistungen auf das Entstehen von Erkrankungen in der Gesamtlaktation

	erkrankt inkl. Klauenerkrankungen				erkrankt ohne Klauenerkrankungen			
	β^a	SE ^b	p ^c	Exp(B) ^d	β	SE	p	Exp(B)
LT ^e 2	-0,010	0,038	0,798	0,990	0,016	0,022	0,470	1,016
LT 3	0,007	0,039	0,860	1,007	0,019	0,022	0,387	1,019
LT 4	-0,017	0,042	0,691	0,983	0,005	0,023	0,812	1,005
LT 5	-0,016	0,045	0,727	0,984	-0,012	0,025	0,634	0,988
LT 6	-0,005	0,041	0,906	0,995	-0,002	0,023	0,932	0,998
LT 7	-0,033	0,045	0,464	0,968	0,006	0,023	0,796	1,006
LT 1-2	-0,005	0,019	0,798	0,995	0,008	0,011	0,470	1,008
LT 1-3	0,321*	13,508*	0,981*	1,379*	0,007	0,008	0,327	1,007
LT 1-4	-0,001	0,011	0,947	0,999	0,005	0,006	0,376	1,005
LT 1-5	-0,001	0,009	0,903	0,999	0,003	0,005	0,537	1,003
LT 1-6	-0,001	0,008	0,912	0,999	0,002	0,004	0,601	1,002
LW ^f 1	-0,001	0,007	0,885	0,999	0,002	0,004	0,586	1,002
LW 2	-0,002	0,006	0,806	0,999	-0,001	0,003	0,669	0,999
LW 3	-0,004	0,006	0,547	0,996	-0,292*	3,071*	0,924*	0,747*
LW 4	-0,002	0,006	0,714	0,998	0,002	0,003	0,567	1,002
LW 7	-0,001	0,006	0,851	0,999	0,008	0,004	0,026	1,008
LW 9	-0,001	0,006	0,867	0,999	0,007	0,004	0,055	1,007
LW 14	-0,007	0,007	0,341	0,993	0,008	0,004	0,032	1,008
LW 1-2	-0,001	0,003	0,839	0,999	0,069*	1,830*	0,970*	1,071*
LW 1-3	-0,001	0,002	0,713	0,999	-0,001*	1,175*	0,999*	0,999*
LW 1-4	-0,001	0,002	0,696	0,999	0,090*	0,871*	0,918*	1,094*
LW 1-7	-0,427*	0,896*	0,634*	0,652*	0,206*	0,478*	0,666*	1,229*
LW 1-9	-0,359*	0,699*	0,608*	0,698*	0,190*	0,369*	0,606*	1,209*
100 TL ^g	-0,097*	0,448*	0,829*	0,908*	0,678*	0,261*	0,009*	1,970*
200 TL	-0,128*	0,278*	0,645*	0,880*	0,467*	0,159*	0,003*	1,595*
305 TL	-0,108*	0,195*	0,580*	0,898*	0,295*	0,108*	0,006*	1,343*

^a log. Regressions-Koeffizient; ^b Standardfehler; ^c Signifikanz (< 0,050 = signifikant); ^d Odds Ratio;

^e Laktationstag; ^f Laktationswoche; ^g Tage-Leistung

* bei Veränderung um 1000 Einheiten

Tabelle 51: Einfluss verschiedener Tages- und Wochenmilchleistungen auf das Entstehen von Erkrankungskomplexen in der Gesamtlaktation

	Erkrank. des Reproduktionstraktes				klinische Mastitis			
	β^a	SE ^b	p ^c	Exp(B) ^d	β	SE	p	Exp(B)
LT ^e 2	0,008	0,022	0,708	1,008	-0,130	0,042	0,002	0,878
LT 3	0,021	0,022	0,337	1,021	-0,076	0,038	0,048	0,927
LT 4	0,006	0,022	0,791	1,006	-0,120	0,039	0,002	0,887
LT 5	-0,014	0,024	0,557	0,986	-0,079	0,042	0,061	0,924
LT 6	-0,006	0,022	0,785	0,994	-0,046	0,038	0,225	0,955
LT 7	0,011	0,022	0,601	1,011	-0,069	0,038	0,072	0,933
LT 1-2	0,004	0,011	0,708	1,004	-0,065	0,021	0,002	0,937
LT 1-3	0,005	0,007	0,513	1,005	-0,036	0,014	0,009	0,964
LT 1-4	0,002	0,006	0,691	1,002	-0,031	0,011	0,004	0,970
LT 1-5	0,001	0,005	0,853	1,001	-0,023	0,009	0,007	0,977
LT 1-6	0,383*	4,013*	0,924*	1,467*	-0,018	0,007	0,014	0,982
LW ^f 1	0,001	0,003	0,848	1,001	-0,016	0,006	0,016	0,985
LW 2	-0,457*	3,211*	0,887*	0,633*	-0,014	0,006	0,010	0,986
LW 3	0,424*	2,922*	0,885*	1,528*	-0,010	0,005	0,027	0,990
LW 4	0,001	0,003	0,847	1,001	-0,015	0,005	0,005	0,985
LW 7	0,004	0,004	0,274	1,004	-0,019	0,007	0,006	0,981
LW 9	0,005	0,004	0,174	1,005	-0,012	0,006	0,044	0,988
LW 14	0,005	0,004	0,186	1,005	-0,018	0,006	0,004	0,982
LW 1-2	-0,032*	1,741*	0,985*	0,969*	-0,008	0,003	0,009	0,992
LW 1-3	0,064*	1,118*	0,954*	1,066*	-0,005	0,002	0,011	0,995
LW 1-4	0,184*	0,832*	0,825*	1,202*	-0,004	0,001	0,007	0,996
LW 1-7	0,133*	0,460*	0,773*	1,142*	-0,002	0,001	0,007	0,998
LW 1-9	0,175*	0,359*	0,625*	1,191*	-0,002	0,001	0,008	0,998
100 TL ^g	0,415*	0,256*	0,104*	1,514*	-1,216*	0,472*	0,010*	0,296*
200 TL	0,301*	0,157*	0,054*	1,351*	-0,737*	0,273*	0,007*	0,479*
305 TL	0,155*	0,102*	0,130*	1,168*	-0,539*	0,180*	0,003*	0,583*
	Stoffwechselstörungen				Verdauungsstörungen			
	β	SE	p	Exp(B)	β	SE	p	Exp(B)
LT 2	0,019	0,025	0,448	1,020	-0,008	0,24	0,742	0,992
LT 3	0,008	0,024	0,743	1,008	0,018	0,023	0,441	1,018
LT 4	0,006	0,026	0,815	1,006	0,027	0,025	0,273	1,027
LT 5	-0,025	0,027	0,356	0,975	0,041	0,027	0,126	1,042
LT 6	0,002	0,025	0,939	1,002	-0,006	0,024	0,787	0,994
LT 7	-0,020	0,025	0,413	0,980	0,019	0,023	0,407	1,019
LT 1-2	0,010	0,013	0,448	1,010	-0,004	0,012	0,742	0,996
LT 1-3	0,006	0,008	0,460	1,006	0,004	0,008	0,634	1,004
LT 1-4	0,003	0,006	0,643	1,003	0,004	0,006	0,499	1,004
LT 1-5	0,001	0,005	0,892	1,001	0,005	0,005	0,320	1,005
LT 1-6	0,001	0,005	0,894	1,001	0,003	0,004	0,431	1,003

^a log. Regressions-Koeffizient; ^b Standardfehler; ^c Signifikanz (< 0,050 = signifikant); ^d Odds Ratio;

^e Laktationstag; ^f Laktationswoche; ^g Tage-Leistung

* bei Veränderung um 1000 Einheiten

Fortsetzung von Tabelle 51

	Stoffwechselstörungen				Verdauungsstörungen			
	β^a	SE ^b	p ^c	Exp(B) ^d	β	SE	p	Exp(B)
LW ^e 1	-0,148*	3,951*	0,970*	0,862*	0,003	0,004	0,396	1,003
LW 2	-0,005	0,004	0,157	0,995	0,005	0,004	0,192	1,005
LW 3	-0,005	0,003	0,136	0,995	0,004	0,003	0,273	1,004
LW 4	-0,006	0,004	0,087	0,994	0,005	0,004	0,193	1,005
LW 7	0,002	0,004	0,659	1,002	0,009	0,004	0,030	1,009
LW 9	0,001	0,004	0,870	1,001	0,010	0,004	0,017	1,010
LW 14	0,009	0,005	0,053	1,009	0,010	0,004	0,020	1,010
LW 1-2	-0,002	0,002	0,439	0,998	0,002	0,002	0,233	1,002
LW 1-3	-0,001	0,001	0,279	0,999	0,001	0,001	0,238	1,001
LW 1-4	-0,001	0,001	0,222	0,999	0,001	0,001	0,209	1,001
LW 1-7	-0,001	0,001	0,260	0,999	0,001	0,001	0,151	1,001
LW 1-9	-0,441*	0,396*	0,265*	0,643*	0,604*	0,405*	0,135*	1,829*
100 TL ^f	0,169*	0,292*	0,563*	1,184*	0,576*	0,279*	0,039*	1,779*
200 TL	0,158*	0,178*	0,377*	1,171*	0,227*	0,160*	0,157*	1,255*
305 TL	0,151*	0,122*	0,214*	1,163*	0,142*	0,104*	0,173*	1,153*

	Fieber ^g				Klauenerkrankungen			
	β	SE	p	Exp(B)	β	SE	p	Exp(B)
LT ^h 2	0,028	0,022	0,195	1,029	-0,013	0,022	0,555	0,987
LT 3	0,047	0,022	0,034	1,048	-0,010	0,022	0,641	0,990
LT 4	0,032	0,022	0,150	1,033	-0,028	0,023	0,210	0,972
LT 5	0,015	0,024	0,538	1,015	-0,018	0,024	0,458	0,982
LT 6	0,012	0,022	0,564	1,013	-0,004	0,022	0,868	0,996
LT 7	0,030	0,022	0,158	1,031	-0,031	0,022	0,168	0,970
LT 1-2	0,014	0,011	0,195	1,014	-0,007	0,011	0,555	0,993
LT 1-3	0,014	0,007	0,052	1,014	-0,003	0,007	0,640	0,997
LT 1-4	0,010	0,006	0,073	1,010	-0,006	0,006	0,270	0,994
LT 1-5	0,007	0,005	0,118	1,007	-0,005	0,005	0,292	0,995
LT 1-6	0,006	0,004	0,158	1,006	-0,004	0,004	0,351	0,996
LW 1	0,005	0,003	0,142	1,005	-0,004	0,004	0,292	0,996
LW 2	0,003	0,003	0,344	1,003	-0,001	0,003	0,710	0,999
LW 3	0,003	0,003	0,325	1,003	-0,001	0,003	0,769	0,999
LW 4	0,004	0,003	0,220	1,004	-0,005	0,003	0,163	0,995
LW 7	0,008	0,004	0,026	1,008	-0,004	0,004	0,262	0,996
LW 9	0,008	0,004	0,022	1,008	-0,004	0,004	0,270	0,996
LW 14	0,008	0,004	0,039	1,008	-0,010	0,004	0,010	0,990
LW 1-2	0,002	0,002	0,225	1,002	-0,001	0,002	0,467	0,999
LW 1-3	0,001	0,001	0,243	1,001	-0,001	0,001	0,541	0,999
LW 1-4	0,001	0,001	0,305	1,001	-0,001	0,001	0,521	0,999
LW 1-7	0,378*	0,458*	0,409*	1,459*	-0,295*	0,467*	0,527*	0,745*

^a log. Regressions-Koeffizient; ^b Standardfehler; ^c Signifikanz (< 0,050 = signifikant); ^d Odds Ratio;^e Laktationswoche; ^f Tage-Leistung; ^g Allgemeinstörungen/Fieber unbekannter Genese;^h Laktationstag

* bei Veränderung um 1000 Einheiten

Fortsetzung von Tabelle 51

	Fieber ^a				Klauenerkrankungen			
	β ^b	SE ^c	p ^d	Exp(B) ^e	β	SE	p	Exp(B)
LW^f 1-9	0,308*	0,355*	0,385*	1,361*	-0,198*	0,361*	0,584*	0,820*
100 TL^g	0,608*	0,257*	0,018*	1,837*	-0,736*	0,268*	0,006*	0,479*
200 TL	0,361*	0,156*	0,021*	1,435*	-0,457*	0,165*	0,006*	0,633*
305 TL	0,241*	0,105*	0,022*	1,273*	-0,258*	0,111*	0,020*	0,773*

^a Allgemeinstörungen/Fieber unbekannter Genese; ^b log. Regressions-Koeffizient; ^c Standardfehler;

^d Signifikanz (< 0,050 = signifikant); ^e Odds Ratio; ^f Laktationswoche; ^g Tage-Leistung

* bei Veränderung um 1000 Einheiten

Auch zwischen dem Verlauf der Milchleistungskurven und der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Erkrankungen sind nur sehr wenige signifikante Zusammenhänge ohne einen Hinweis auf Kausalität erkennbar (Tabelle 52). Auch gibt es einige Zelhäufigkeiten, die unter 5 liegen, was eine Ungenauigkeit der Ergebnisse bedingen kann und somit den Einsatz des exakten Tests nach Fisher erfordert. Die verschiedenen Kurvenverläufe wirken hierbei auf das generelle Auftreten von Erkrankungen entweder als protektiver Faktor oder auch als Risikofaktor. Beispielsweise erhöhen mehrere Leistungen auf Peakniveau das Krankheitsrisiko um mehr als das Achtfache (OR = 8,516). Ein Leistungsrückgang in den ersten 21 Laktationstagen hingegen verringert die Wahrscheinlichkeit hierfür um mehr als vier Fünftel (OR = 0,155).

Tabelle 52: Einfluss der aktuellen Milchleistungskurve auf das Entstehen von Erkrankungen

		erkrankt inkl. Klauenerkr.			erkrankt ohne Klauenerkr.		
		nein	ja	p ^a	nein	ja	p
mehrere Peak-nahe Leistungen	nein	11 (10,6 %)	93 (89,4 %)	0,016₁ OR^b = 8,516	31 (29,8 %)	73 (70,2 %)	0,582
	ja	1 (1,4 %)	72 (98,6 %)		19 (26,0 %)	54 (74,0 %)	
schlechte Persistenz	nein	9 (8,6 %)	96 (91,4 %)	0,505 ₁	28 (26,7 %)	77 (73,3 %)	0,055
	ja	3 (5,4 %)	53 (94,6 %)		21 (42,0 %)	29 (58,0 %)	
verzögerter Anstieg in ersten LT ^c	nein	9 (7,6 %)	109 (92,4 %)	0,754 ₁	40 (33,9 %)	78 (66,2 %)	0,029 OR = 2,359
	ja	3 (7,5 %)	37 (92,5 %)		15 (37,5 %)	25 (62,5 %)	
gestörter Kurvenverlauf	nein	1 (9,1 %)	10 (90,9 %)	0,549 ₁	2 (18,2 %)	9 (81,8 %)	0,730 ₁
	ja	11 (6,6 %)	155 (93,4 %)		48 (28,9 %)	118 (71,1 %)	

^a Signifikanz (< 0,050 = signifikant; Chi-Quadrat-Test); ^b Odds Ratio; ^c Laktationstag

₁ exakter Test nach Fisher

Fortsetzung von Tabelle 52

		erkrankt inkl. Klauenerkr.			erkrankt ohne Klauenerkr.		
		nein	ja	p ^a	nein	ja	p
Leistungs- rückgang an mehreren Folgetagen	nein	3 (6,4 %)	44 (93,6 %)	1,000 ₁	8 (17,0 %)	39 (83,0 %)	0,057
	ja	9 (6,9 %)	121 (93,1 %)		41 (31,5 %)	89 (68,5 %)	
Leistungs- rückgang an einem LT^b	nein	1 (2,1 %)	46 (97,9 %)	0,187 ₁	15 (31,9%)	32 (68,1%)	0,449
	ja	11 (8,5 %)	119 (91,5 %)		34 (26,2%)	96 (73,8%)	
Leistungs- rückgang an LT 1-21	nein	2 (2,1 %)	93 (97,9 %)	0,008 OR^c = 0,155	26 (27,4 %)	69 (72,6 %)	0,780
	ja	10 (12,2 %)	72 (87,8 %)		24 (29,3 %)	58 (70,7 %)	
Leistungs- rückgang an LT 22-50	nein	5 (8,5 %)	54 (91,5 %)	0,542 ₁	18 (30,5 %)	41 (69,5 %)	0,686
	ja	7 (6,0%)	109 (94,0%)		32 (27,6 %)	84 (72,4 %)	
Leistungs- rückgang an LT 51-100	nein	1 (2,6 %)	37 (97,4 %)	0,302 ₁	9 (23,7 %)	29 (76,3 %)	0,352
	ja	11 (8,5 %)	119 (91,5 %)		41 (31,5 %)	89 (68,5 %)	
Leistungs- rückgang in allen 3 Abschnitten	nein	5 (4,2 %)	115 (95,8 %)	0,040₁ OR = 0,255	35 (29,2 %)	85 (70,8 %)	0,790
	ja	7 (14,6 %)	41 (85,4 %)		15 (31,3 %)	33 (68,8 %)	

^a Signifikanz (< 0,050 = signifikant; Chi-Quadrat-Test); ^b Laktationstag; ^c Odds Ratio
₁ exakter Test nach Fisher

Bei den einzelnen Krankheitskomplexen ergibt sich ein ähnliches Bild mit nur vereinzelt Zusammenhängen und fraglicher Kausalität (*Tabelle 53*). Hierbei erscheinen die Veränderungen im Verlauf der Laktationskurve fast ausschließlich als protektiver Faktor für das Auftreten der verschiedenen Erkrankungen. Nur ein verzögerter Leistungsanstieg am Laktationsbeginn verdoppelt in etwa das Risiko für das Auftreten von Stoffwechselstörungen.

Tabelle 53: Einfluss der aktuellen Milchleistungskurve auf das Entstehen von Erkrankungskomplexen während der aktuellen Laktation

		Erkr. des Reproduktionstraktes			klinische Mastitis		
		nein	ja	p ^a	nein	ja	p
mehrere Peak-nahe Leistungen	nein	69 (66,3 %)	35 (33,7 %)	0,935	96 (92,3 %)	8 (7,7 %)	0,898
	ja	48 (65,8 %)	25 (34,2 %)		67 (91,8 %)	6 (8,2 %)	
schlechte Persistenz	nein	68 (64,8 %)	37 (35,2 %)	0,028 OR^b = 0,403	99 (94,3 %)	6 (5,7 %)	0,171
	ja	41 (82,0 %)	9 (18,0 %)		44 (88,0 %)	6 (12,0 %)	
verzögerter Anstieg in ersten LT^c	nein	79 (66,9 %)	39 (33,1 %)	0,729	107 (90,7 %)	11 (9,3 %)	0,228 ₁
	ja	36 (64,3 %)	20 (35,7 %)		54 (96,4 %)	2 (3,6 %)	
gestörter Kurvenverlauf	nein	4 (36,4 %)	7 (63,6 %)	0,046₁ OR = 0,268	10 (90,9 %)	1 (9,1 %)	1,000 ₁
	ja	113 (68,1 %)	53 (31,9 %)		153 (92,2 %)	13 (7,8 %)	
Leistungsrückgang an mehreren Folgetagen	nein	29 (61,7 %)	18 (38,3 %)	0,519	42 (89,4 %)	5 (10,6 %)	0,528
	ja	87 (66,9 %)	43 (33,1 %)		121 (93,1 %)	9 (6,9 %)	
Leistungsrückgang an einem LT	nein	27 (57,4 %)	20 (42,6 %)	0,173	46 (97,9 %)	1 (2,1 %)	0,117 ₁
	ja	89 (68,5 %)	41 (31,5 %)		117 (90,0 %)	13 (10,0 %)	
Leistungsrückgang an LT 1-21	nein	64 (67,4 %)	31 (32,6 %)	0,702	90 (94,7 %)	5 (5,3 %)	0,160
	ja	53 (64,6 %)	29 (35,4 %)		73 (89,0 %)	9 (11,0 %)	
Leistungsrückgang an LT 22-50	nein	37 (62,7 %)	22 (37,3 %)	0,551	55 (93,2 %)	4 (6,8 %)	1,000 ₁
	ja	78 (76,2 %)	38 (32,8 %)		107 (92,2 %)	9 (7,8 %)	
Leistungsrückgang an LT 51-100	nein	21 (55,3 %)	17 (44,7 %)	0,090	35 (92,1 %)	3 (7,9 %)	0,735 ₁
	ja	91 (70,0 %)	39 (30,0 %)		121 (93,1 %)	9 (6,9 %)	
Leistungsrückgang in allen 3 Abschnitten	nein	80 (66,7 %)	40 (33,3 %)	1,000	113 (94,2 %)	7 (5,8 %)	0,327
	ja	32 (66,7 %)	16 (33,3 %)		43 (89,6 %)	5 (10,4 %)	

^a Signifikanz (< 0,050 = significant; Chi-Quadrat-Test); ^b Odds Ratio; ^c Laktationstag₁ exakter Test nach Fisher

Fortsetzung von Tabelle 53

		Stoffwechselstörung			Verdauungsstörungen		
		nein	ja	p ^a	nein	ja	p
mehrere Peak-nahe Leistungen	nein	81 (77,9 %)	23 (22,1 %)	0,975	81 (77,9 %)	23 (22,1 %)	0,111
	ja	57 (78,1 %)	16 (21,9 %)		49 (67,1 %)	24 (32,9 %)	
schlechte Persistenz	nein	80 (76,2 %)	25 (23,8 %)	0,158	74 (70,5 %)	31 (29,5 %)	0,325
	ja	43 (86,0 %)	7 (14,0 %)		39 (78,0 %)	11 (22,0 %)	
verzögerter Anstieg in ersten LT^b	nein	97 (82,2 %)	21 (17,8 %)	0,034 OR^c = 2,188	86 (72,9 %)	32 (27,1 %)	0,767
	ja	38 (67,9 %)	18 (32,1 %)		42 (75,0 %)	14 (25,0 %)	
gestörter Kurvenverlauf	nein	10 (90,9 %)	1 (9,1 %)	0,460 ₁	5 (45,5 %)	6 (54,5 %)	0,070
	ja	128 (77,1 %)	38 (22,9 %)		125 (75,3 %)	41 (24,7 %)	
Leistungsrückgang an mehreren Folgetagen	nein	35 (74,5 %)	12 (25,5 %)	0,500	26 (55,3 %)	21 (44,7 %)	0,001 OR = 0,310
	ja	103 (79,2 %)	27 (20,8 %)		104 (80,0 %)	26 (20,0 %)	
Leistungsrückgang an einem LT	nein	38 (80,9 %)	9 (19,1 %)	0,578	34 (72,3 %)	13 (27,7 %)	0,841
	ja	100 (76,9 %)	30 (23,1 %)		96 (73,8 %)	34 (26,2 %)	
Leistungsrückgang an LT 1-21	nein	78 (82,1 %)	17 (17,9 %)	0,153	71 (74,7 %)	24 (25,3 %)	0,676
	ja	60 (73,2 %)	22 (26,8 %)		59 (72,0 %)	23 (28,0 %)	
Leistungsrückgang an LT 22-50	nein	49 (83,1 %)	10 (16,9 %)	0,226	40 (67,8 %)	19 (32,2 %)	0,205
	ja	87 (75,0 %)	29 (25,0 %)		89 (76,7 %)	27 (23,3 %)	
Leistungsrückgang an LT 51-100	nein	29 (76,3 %)	9 (23,7 %)	0,623	24 (63,2 %)	14 (36,8 %)	0,071
	ja	104 (80,0 %)	26 (20,0 %)		101 (77,7 %)	29 (22,3 %)	
Leistungsrückgang in allen 3 Abschnitten	nein	98 (73,7 %)	22 (18,3 %)	0,207	88 (73,3 %)	32 (26,7 %)	0,615
	ja	35 (72,9 %)	13 (27,1 %)		37 (77,1 %)	11 (22,9 %)	

^a Signifikanz (< 0,050 = signifikant; Chi-Quadrat-Test); ^b Laktationstag; ^c Odds Ratio

₁ exakter Test nach Fisher

Fortsetzung von Tabelle 53

		Fieber ^a			Klauenerkrankungen		
		nein	ja	p ^b	nein	ja	p
mehrere Peak-nahe Leistungen	nein	65 (62,5 %)	39 (37,5 %)	0,798	40 (38,5 %)	64 (61,5 %)	0,084
	ja	47 (64,4 %)	26 (35,6 %)		19 (26,0 %)	54 (74,0 %)	
schlechte Persistenz	nein	64 (61,0 %)	41 (39,0 %)	0,036 OR ^c = 0,440	36 (34,3 %)	69 (65,7 %)	0,434
	ja	39 (78,0 %)	11 (22,0 %)		14 (28,0 %)	36 (72,0 %)	
verzögerter Anstieg in ersten LT ^d	nein	81 (68,6 %)	37 (31,4 %)	0,053	37 (31,4 %)	81 (68,6 %)	0,567
	ja	30 (53,6 %)	26 (46,4 %)		20 (35,7 %)	36 (64,3 %)	
gestörter Kurvenverlauf	nein	6 (54,5 %)	5 (45,5 %)	0,535	3 (27,3 %)	8 (72,7 %)	0,754 ₁
	ja	106 (63,9 %)	60 (36,1 %)		56 (33,7 %)	110 (66,3 %)	
Leistungsrückgang an mehreren Folgetagen	nein	27 (57,4 %)	20 (42,6 %)	0,384	19 (40,4 %)	28 (59,6 %)	0,229
	ja	84 (64,6 %)	46 (35,4 %)		40 (30,8 %)	90 (69,2 %)	
Leistungsrückgang an einem LT	nein	30 (63,8 %)	17 (36,2 %)	0,853	11 (23,4 %)	36 (76,6 %)	0,092
	ja	81 (62,3 %)	49 (37,7 %)		48 (36,9 %)	82 (63,1 %)	
Leistungsrückgang an LT 1-21	nein	54 (56,8 %)	41 (43,2 %)	0,056	28 (29,5 %)	67 (70,5 %)	0,241
	ja	58 (70,7 %)	24 (29,3 %)		31 (37,8 %)	51 (62,2 %)	
Leistungsrückgang an LT 22-50	nein	39 (66,1 %)	20 (33,9 %)	0,680	22 (37,3 %)	37 (62,7 %)	0,342
	ja	73 (62,9 %)	43 (37,1 %)		35 (30,2 %)	81 (69,8 %)	
Leistungsrückgang an LT 51-100	nein	24 (63,2 %)	14 (36,8 %)	0,733	13 (34,2 %)	25 (65,8 %)	0,826
	ja	86 (66,2 %)	44 (33,8 %)		42 (32,3 %)	88 (67,7 %)	
Leistungsrückgang in allen 3 Abschnitten	nein	73 (60,8 %)	47 (39,2 %)	0,045 OR = 0,462	39 (32,5 %)	81 (67,5 %)	0,917
	ja	37 (77,1 %)	11 (22,9 %)		16 (33,3 %)	32 (66,7 %)	

^a gestörtes Allgemeinbefinden/ Fieber unbekannter Genese; ^b Signifikanz (< 0,050 = signifikant, Chi-Quadrat-Test); ^c Odds Ratio; ^d Laktationstag

₁ exakter Test nach Fisher

4.10. Abgänge

4.10.1. Deskriptive Statistik

Die Herdenabgangsrate betrug mit 27 Tieren insgesamt 14,5 % (*Tabelle 54*). Etwa zwei Drittel der Abgänge fanden bis Tag 100 p.p. statt, der Rest danach bis LT 200. Die Gruppe der Tiere ab der fünften Laktation war mit 24,6 % am häufigsten betroffen. Die Abgangsursachen waren hauptsächlich Eutererkrankungen und zu geringe Milchleistung gefolgt von Lahmheiten (*Tabelle 55*).

Tabelle 54: Abgangsraten, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer

		n	ja		nein	
			absolut	%	absolut	%
gesamte Laktation	gesamt	186	27	14,5	159	85,5
	LN 1	20	2	10,0	18	90,0
	LN 2	49	5	10,2	44	89,8
	LN 3	35	2	5,7	33	94,3
	LN 4	25	4	16,0	21	84,0
	LN 5+ ^a	57	14	24,6	43	75,4
bis LT ^b 100	gesamt	186	17	9,1	169	90,9
	LN 1	20	1	5,0	19	95,0
	LN 2	49	3	6,1	46	93,9
	LN 3	35	2	5,7	33	94,3
	LN 4	25	2	8,0	23	92,0
	LN 5+	57	9	15,8	48	84,2
LT 101 bis 200	gesamt	169	10	5,4	159	85,5
	LN 1	19	1	5,3	18	94,7
	LN 2	46	2	4,3	44	95,7
	LN 3	33	0	0	33	100
	LN 4	23	2	8,7	21	91,3
	LN 5+	48	5	10,4	43	89,6

^a Laktationsnummern 5 bis 10 zusammengefasst; ^b Laktationstag

Tabelle 55: Abgangsursachen

	n	ja		nein	
		absolut	%	absolut	%
sonstige (Verenden, unbekannt)	27	12	44,4	15	55,6
Euterprobleme/geringe Milchleistung	27	8	29,6	19	70,4
Lahmheiten	27	5	18,5	22	81,5
Fruchtbarkeitsprobleme	27	1	3,7	26	96,3
Stoffwechselerkrankungen	27	1	3,7	26	96,3

4.10.2. Analytische Statistik

Bei der Wahrscheinlichkeit des Abgehens aus der Herde, gibt es nur vereinzelt signifikante Zusammenhänge zu den Milchmengen (*Tabelle 56*). So scheinen hohe Milchleistungen ein geringer protektiver Faktor für das Abgehen zu sein. Beim Anstieg der Milchmengen um ein kg, erniedrigt sich die Wahrscheinlichkeit abzugehen auf bis zu 98 %.

Tabelle 56: Einfluss verschiedener Tages- und Wochenmilchleistungen auf das Abgehen in der aktuellen Laktation

	Abgang gesamt				bis LT ^a 100			
	β ^b	SE ^c	p ^d	Exp(B) ^e	β	SE	p	Exp(B)
LT 2	0,007	0,029	0,797	1,007	0,018	0,034	0,604	1,018
LT 3	0,007	0,028	0,815	1,007	0,067	0,039	0,081	1,070
LT 4	0,012	0,030	0,690	1,012	0,012	0,037	0,751	1,012
LT 5	-0,006	0,031	0,849	0,994	-0,030	0,038	0,429	0,970
LT 6	-0,010	0,028	0,732	0,990	-0,027	0,034	0,430	0,973
LT 7	-0,026	0,029	0,372	0,975	-0,041	0,035	0,239	0,960
LT 1-2	0,004	0,014	0,797	1,004	0,009	0,017	0,604	1,009
LT 1-3	-0,139*	9,452*	0,988*	0,870*	0,014	0,012	0,235	1,014
LT 1-4	0,319*	7,407*	0,966*	1,376*	0,007	0,009	0,463	1,007
LT 1-5	0,032*	6,193*	0,996*	1,033*	0,003	0,008	0,729	1,003
LT 1-6	-0,324*	5,268*	0,951*	0,723*	0,001	0,006	0,928	1,001
LW ^f 1	-0,001	0,005	0,827	0,999	-0,001	0,006	0,895	0,999
LW 2	0,027*	4,235*	0,995*	1,027*	-0,012	0,005	0,021	0,988
LW 3	-0,133*	3,852*	0,973*	0,875*	-0,012	0,004	0,005	0,988
LW 4	0,001	0,004	0,734	1,001	-0,017	0,005	0,001	0,983
LW 7	0,003	0,005	0,452	1,003	-0,006	0,007	0,391	0,994
LW 9	0,004	0,005	0,427	1,004	-0,004*	7,617*	1,000*	0,996*
LW 14	-0,001	0,005	0,776	0,999	-	-	-	-
LW 1-2	-0,204*	2,290*	0,929*	0,815*	-0,004	0,003	0,142	0,996
LW 1-3	-0,074*	1,473*	0,960*	0,929*	-0,004	0,002	0,038	0,996
LW 1-4	0,131*	1,100*	0,905*	1,140*	-0,004	0,001	0,006	0,996
LW 1-7	0,210*	0,615*	0,732*	1,234*	-0,003	0,001	< 0,001	0,997
LW 1-9	0,170*	0,477*	0,721*	1,185*	-0,002	0,001	< 0,001	0,998
100 TL ^g	0,175*	0,326*	0,591*	1,191*	0,009*	0,001	0,988	1,000
200 TL	0,013*	0,197*	0,949*	1,013*	-0,259*	0,326*	0,428	1,000
305 TL	-0,065*	0,122*	0,594*	0,937*	0,037*	0,189*	0,846	1,000

^a Laktationstag; ^b log. Regressions-Koeffizient; ^c Standardfehler; ^d Signifikanz (< 0,050 = signifikant);

^e Odds Ratio; ^f Laktationswoche; ^g Tage-Leistung

* bei Veränderung um 1000 Einheiten

Fortsetzung von Tabelle 56

	LT ^a 101-200			
	β ^b	SE ^c	p ^d	Exp(B) ^e
LT 2	-0,034	0,046	0,460	0,967
LT 3	-0,020	0,043	0,636	0,980
LT 4	-0,050	0,044	0,256	0,951
LT 5	-0,016	0,050	0,745	0,984
LT 6	-0,065	0,045	0,148	0,937
LT 7	-0,093	0,049	0,057	0,911
LT 1-2	-0,017	0,023	0,460	0,983
LT 1-3	-0,010	0,015	0,529	0,990
LT 1-4	-0,011	0,012	0,369	0,990
LT 1-5	-0,008	0,010	0,439	0,992
LT 1-6	-0,008	0,008	0,327	0,992
LW ^f 1	-0,009	0,007	0,235	0,991
LW 2	-0,011	0,007	0,147	0,989
LW 3	-0,015	0,007	0,038	0,985
LW 4	-0,015	0,007	0,043	0,985
LW 7	-0,018	0,008	0,026	0,982
LW 9	-0,015	0,007	0,025	0,985
LW 14	-0,035	0,009	<0,001	0,965
LW 1-2	-0,005	0,004	0,166	0,995
LW 1-3	-0,004	0,003	0,095	0,996
LW 1-4	-0,003	0,002	0,071	0,997
LW 1-7	-0,002	0,001	0,054	0,998
LW 1-9	-0,002	0,001	0,036	0,998
100 TL ^g	-0,002	0,001	0,001	0,998
200 TL	-0,001	0,001	0,144	0,999
305 TL	-0,480	0,444	0,279	0,619

^a Laktationstag; ^b log. Regressions-Koeffizient; ^c Standardfehler; ^d Signifikanz (< 0,050 = signifikant);

^e Odds Ratio; ^f Laktationswoche; ^g Tage-Leistung

* bei Veränderung um 1000 Einheiten

Zwischen dem Verlauf der Milchleistungskurve und der Wahrscheinlichkeit des Abgehens in der aktuellen Laktation gibt es mehr auffällige Zusammenhänge als bei den Erkrankungen (Tabelle 57). Jedoch ist die Auswertung auch hier genauso fraglich bezüglich Ursache und Wirkung. Zudem liegen einige Zellhäufigkeiten unter 5, was die Ergebnisse nur eingeschränkt auswertbar macht.

Die verschiedenen Kurvenverläufe wirken ausschließlich als Risikofaktor auf das Abgehen. Vor allem die generelle Abgangswahrscheinlichkeit erhöht sich beispielsweise durch einen drastischen Leistungsrückgang in den verschiedenen Laktationsabschnitten um das 2,7- bis 4,1-fache. Eine schlechte Persistenz führt sogar zu einer 5,3-fachen Erhöhung der Eintrittswahrscheinlichkeit des Abgehens zwischen Laktationstag 101-200.

Tabelle 57: Einfluss der aktuellen Milchleistungskurve auf die Abgangswahrscheinlichkeit während der aktuellen Laktation

		Abgang in aktueller Laktation			Abgang bis LT 100		
		nein	ja	p ^a	nein	ja	p
mehrere Peak-nahe Leistungen	nein	97 (86,6 %)	15 (13,4 %)	0,286	98 (87,5 %)	14 (12,5 %)	0,068 ₁
	ja	62 (83,8 %)	12 (16,2 %)		71 (95,9 %)	3 (4,1 %)	
schlechte Persistenz	nein	95 (86,4 %)	15 (13,6 %)	0,649	110 (100 %)	-	-
	ja	48 (88,9 %)	6 (11,1 %)		54 (100 %)	-	
verzögerter Anstieg in ersten LT^b	nein	101 (82,1 %)	22 (17,9 %)	0,087	114 (92,7 %)	9 (7,3 %)	0,118
	ja	55 (91,7 %)	5 (8,3 %)		52 (86,7 %)	8 (13,3 %)	
gestörter Kurvenverlauf	nein	10 (90,9 %)	1 (9,1 %)	1,000 ₁	10 (90,9 %)	1 (9,1 %)	1,000 ₁
	ja	149 (85,1 %)	26 (14,9 %)		159 (90,9 %)	16 (9,1 %)	
Leistungs-rückgang an mehreren Folgetagen	nein	45 (91,8 %)	4 (8,2 %)	0,141	45 (91,8 %)	4 (8,2 %)	1,000 ₁
	ja	114 (83,2 %)	23 (16,8 %)		124 (90,5 %)	13 (9,5 %)	
Leistungs-rückgang an einem LT	nein	39 (81,3 %)	9 (18,8 %)	0,334	41 (85,4 %)	7 (14,6 %)	0,149 ₁
	ja	120 (87,0 %)	18 (13,0 %)		128 (92,8 %)	10 (7,2 %)	
Leistungs-rückgang an LT 1-21	nein	91 (91,0 %)	9 (9,0 %)	0,021 OR^c = 2,676	94 (94,0 %)	6 (6,0 %)	0,109
	ja	68 (79,1 %)	18 (20,9 %)		75 (87,2 %)	11 (12,8 %)	
Leistungs-rückgang an LT 22-50	nein	57 (95,0 %)	3 (5,0 %)	0,018₁ OR = 4,098	58 (96,7 %)	2 (3,3 %)	0,149 ₁
	ja	102 (82,3 %)	22 (17,7 %)		111 (89,5 %)	13 (10,5 %)	
Leistungs-rückgang an LT 51-100	nein	36 (90,0 %)	4 (10,0 %)	1,000 ₁	36 (90,0 %)	4 (10,0 %)	0,079 ₁
	ja	123 (89,8 %)	14 (10,2 %)		133 (97,1 %)	4 (2,9 %)	
Leistungs-rückgang in allen 3 Abschnitten	nein	117 (92,9 %)	9 (7,1 %)	0,036 OR = 2,786	121 (96,0 %)	5 (4,0 %)	0,691 ₁
	ja	42 (82,4 %)	9 (17,6 %)		48 (94,1 %)	3 (5,9 %)	

^a Signifikanz (< 0,050 = signifikant; Chi-Quadrat-Test); ^b Laktationstag; ^c Odds Ratio
₁ exakter Test nach Fisher

Fortsetzung von Tabelle 57

		Abgang LT 101-200		
		nein	ja	p ^a
mehrere Peak-nahe Leistungen	nein	92 (93,9 %)	6 (6,1 %)	1,000 ₁
	ja	67 (94,4 %)	4 (5,6 %)	
schlechte Persistenz	nein	107 (97,3 %)	3 (2,7 %)	0,015₁ OR^b = 5,312
	ja	47 (87,0 %)	7 (13,0 %)	
verzögerter Anstieg in ersten LT^c	nein	106 (93,0 %)	8 (7,0 %)	0,726 ₁
	ja	50 (96,2 %)	2 (3,8 %)	
gestörter Kurvenverlauf	nein	10 (100 %)	0 (0 %)	1,000 ₁
	ja	149 (93,7 %)	10 (6,3 %)	
Leistungs-rückgang an mehreren Folgetagen	nein	45 (100 %)	0 (0 %)	0,064 ₁
	ja	114 (91,9 %)	10 (8,1 %)	
Leistungs-rückgang an einem LT	nein	39 (95,1 %)	2 (4,9 %)	1,000 ₁
	ja	120 (93,8 %)	8 (6,3 %)	
Leistungs-rückgang an LT 1-21	nein	91 (96,8 %)	3 (3,2 %)	0,111 ₁
	ja	68 (90,7 %)	7 (9,3 %)	
Leistungs-rückgang an LT 22-50	nein	57 (98,3 %)	1 (1,7 %)	0,167 ₁
	ja	102 (91,9 %)	9 (8,1 %)	
Leistungs-rückgang an LT 51-100	nein	36 (100 %)	0 (0 %)	0,122 ₁
	ja	123 (92,5 %)	10 (7,5 %)	
Leistungs-rückgang in allen 3 Abschnitten	nein	117 (96,7 %)	4 (3,3 %)	0,032₁ OR = 4,179
	ja	42 (87,5 %)	6 (12,5 %)	

^a Signifikanz (< 0,050 = signifikant; Chi-Quadrat-Test); ^b Odds Ratio; ^c Laktationstag
₁ exakter Test nach Fisher

5. Diskussion

5.1. Material und Methoden

Die ausgewerteten Daten stammen aus einem Milchviehbetrieb mit einer sehr hohen Herdenleistung. Sie sind daher gut geeignet für die Bearbeitung der Frage nach dem Zusammenhang von Milchleistung und Tiergesundheit. Es gibt allerdings einige Besonderheiten des untersuchten Betriebes, die ihn nur eingeschränkt zum Vertreter des Durchschnitts der deutschen Milchviehhaltungen machen. So ist der Altersdurchschnitt der untersuchten Herde deutlich höher, da sich über 30 % der Tiere in der 5. oder einer späteren Laktation befinden und somit über 7 Jahre alt sind. Im Bundesdurchschnitt liegt der Anteil dieser Altersgruppe bei lediglich etwa 20 % (Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung, 2019). Zudem ist die Zahl der untersuchten Tiere mit 192 Kühen relativ gering.

Die Milchmengen für bestimmte Zeiträume sind leicht ungenau, da aufgrund verschiedener Ursachen einzelne Werte nicht erfasst wurden und somit ein Durchschnittswert als Grundlage für die Berechnungen angenommen wurde. Insbesondere betrifft das Milchmengen, die den ersten Laktationstag einschließen, da die Erfassung der Milchmenge an diesem Tag je nach Uhrzeit der Kalbung weniger als die üblichen drei Male oder gar nicht erfolgte.

5.2. Herdenleistung allgemein

5.2.1. Fütterung

Die Fütterung ist der wichtigste Faktor für eine maximale und effiziente Milchleistung, denn die Trockensubstanzaufnahme muss ergänzend zu den Fettreserven den aktuellen Energiebedarf für die Milchproduktion decken (Rossow, 2003). So bestätigt die Auswertung der vorliegenden Fütterungsdaten, dass eine höhere Futterraufnahme bzw. größere Energiedichte des Futters mit einer höheren Milchleistung zusammenhängt (Flachowsky, 2002; Rossow, 2003; Wangler und Harms, 2009).

Allerdings ist hierbei auch erkennbar, dass der Einfluss der Futter- und Energieaufnahme in der ersten Laktationswoche auf alle untersuchten Leistungszeiträume inklusive der 305-Tage-Leistung nur gering ist. Es zeigt sich, dass die Kühe in der ersten Laktationswoche noch vergleichsweise wenig fressen. Eine Hauptursache ist das Zehren von überwiegend körpereigenen Energiereserven zur Milchsynthese in dieser Phase (Rossow, 2003). Mit fortschreitender Laktation wird im Untersuchungszeitraum von 14 Wochen die Beziehung von Futterraufnahme und Laktationsleistung immer enger, wenn auch nur mit einem maximalen Bestimmtheitsmaß von 46 %. Umgekehrt lässt die Milchmengenleistung zum Laktationsbeginn

keinen Rückschluss auf die Futterraufnahme zu. Es sind sowohl Kühe mit einer hohen Leistung und geringen Futterraufnahme als auch umgekehrt unter den beobachteten Tieren. Erst ab der vierten Laktationswoche steigt die absolute Futterraufnahme auf ein hohes Niveau.

Somit belegen die vorliegenden Daten, dass die Kühe auch trotz anfänglicher zurückhaltender Futterraufnahme zu Spitzenleistungen fähig sind. Trotzdem ist es grundlegend wichtig, die Futter- und Energieaufnahme im Rahmen des Möglichen zu maximieren. Denn am Laktationsbeginn verwenden die Kühe verhältnismäßig mehr gespeicherte Körperreserven zur Milchproduktion als Energie aus dem Futter. Ist die Nachgeburtphase mit negativer Energiebilanz und Erkrankungen des Reproduktionstraktes wie Nachgeburtverhalten überwunden, nehmen die Kühe mehr Futter und somit ausreichend Energie auf (Brade, 2015).

5.2.2. Milchleistung

5.2.2.1. Gesamtmilchleistung

Das Ziel eines milcherzeugenden Betriebes ist die ökonomisch rentable Erzeugung von Milch. Die 305-Tage-Herdenleistung des untersuchten Betriebes liegt mit 12.018 kg weit über dem derzeitigen deutschen Durchschnitt von 9.533 kg (Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung, 2019) und ist somit als sehr erfolgreich zu bewerten.

Im Altersvergleich haben die Erstlaktierenden im Mittel die geringste Milchleistung und Kühe in der dritten und vierten Laktation die höchste. Viele Autoren beschreiben dies ebenso, oft ist hier auch die fünfte Laktation sehr leistungsstark (Bachstein, 2016; Ray et al., 1992; Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung, 2019; Witt et al., 1969). Diese wurde in den vorliegenden Untersuchungen von der Autorin mit den höheren Laktationsnummern zusammengefasst und konnte deshalb nicht alleinstehend bewertet werden. Physiologisch ist dies dadurch erklärbar, dass bei den Jungkühen das Euter noch nicht vollständig entwickelt ist. Dies geschieht erst im Laufe der ersten Trächtigkeit und Laktation durch Epithelzellvermehrung und -aktivierung. In der Trockenstehphase vor der zweiten Laktation wird dann durch die Progesteronwirkung der bestehenden Trächtigkeit ein Großteil des Euterepithels erneuert, ohne dass es zu einem großen Zellverlust kommt. Somit besitzt das Euter bereits am Beginn der Folgelaktation ein höheres Leistungspotenzial (Capuco und Ellis, 2013). Des Weiteren befinden sich die Kühe in der ersten Laktation noch im Wachstum. Hierfür wird ein größerer Teil der aufgenommenen Energie verbraucht und kann somit nicht wie bei ausgewachsenen Kühen in die Milchproduktion fließen (Rossow, 2003). Bei älteren Kühen hingegen treten häufiger gesundheitliche Problemen wie Mastitis und Klauenerkrankungen auf, was die Leistung sinken lässt (Rudolphi, 2012a).

5.2.2.2. Startleistung

In der vorliegenden Arbeit wurde auch analysiert, ob und wie die Milchmengen verschiedener Leistungszeiträume zusammenhängen. Hierbei zeigt sich, dass die Korrelation umso enger ist, je näher die verglichenen Zeiträume beieinander liegen. Entfernen sie sich weiter voneinander, wird der Zusammenhang kleiner. So gibt es nur einen geringen Zusammenhang zwischen der Höhe der Startleistung und der Gesamtleistung. Nur etwa 31 % der 200-Tage-Leistung und 27 % der 305-Tage-Leistung werden von der Milchmenge der ersten Laktationswoche bestimmt. So scheint es einen gewissen Spielraum zu geben, um die gewünschte Milchleistung im Laktationsverlauf trotz einer moderaten Startleistung zu erreichen. Die Kühe scheinen offenbar in der Lage zu sein, auch nach der ersten Laktationswoche durch Optimierung der Umwelt die Milchleistung mithilfe von lokalen Regulationsmechanismen nach oben anzupassen (Weaver und Hernandez, 2016).

Trotzdem sollte die Startleistung nicht zu niedrig sein. Dies zeugt meist von im Kalbungszeitraum vorliegenden Erkrankungen wie Puerperal-, Stoffwechsel- und Verdauungsstörungen, akuter Mastitis sowie Lahmheiten (Rossow, 2003).

Als Fazit für das Herdenmanagement ist es damit nicht notwendig, die Milchleistung am Laktationsbeginn mit allen verfügbaren Mitteln auf ein Maximum zu steigern und das Risiko für Stoffwechsellentgleisungen und Folgeerkrankungen zu erhöhen. Das Gegenteil ist der Fall. Eine absichtlich gedrosselte Milcheinsatzleistung, zum Beispiel durch verhalteneres Vorbereiten oder nur zweimal tägliches Melken in den ersten Tagen bis Wochen p.p., kann sich positiv auf die Gesundheit und langfristig auf Milchmenge und Persistenz auswirken. So zeigen bereits verschiedene Studien, dass auch bei einer um einige Tage verzögert erhöhten Melkfrequenz ein leistungssteigernder Effekt erzielt wird (Murney et al., 2015a; Wall und McFadden, 2007). Zudem scheint es weitere positive Effekte bei diesem Vorgehen zu geben. Kawashima et al. (2007) beschreiben, dass Kühe mit einer niedrigeren Startleistung wahrscheinlich aufgrund der geringeren negativen Energiebilanz einen früher einsetzenden Brunstzyklus haben als Höchstleistende.

Spätestens ab der dritten Laktationswoche dann sollten die Kühe eine starke Leistung zeigen, denn der Zusammenhang zur Gesamtleistung wird größer. Die Leistung von LW 3 bestimmt bereits zu 67 % die 100- und zu 48 % die 305-Tage-Leistung. Je weiter die Laktation fortschreitet, umso größer wird das Bestimmtheitsmaß.

5.2.2.3. Einsatzleistung

Im Verlauf der untersuchten ersten 100 Laktationstage steigt die mittlere erhobene Milchleistung bis zur neunten Laktationswoche an und sinkt dann langsam ab. Auch diese Beobachtung ist bekannt und schon häufig beschrieben worden, wobei der Leistungspeak

häufiger auch schon früher auftritt (Dekkers et al., 1998; Hostens et al., 2012; Piccardi et al., 2017; Rossow, 2003). Die Autorin empfiehlt deshalb, die Leistung der ersten 50 Tage p.p. als Einsatzleistung zu definieren, so wie Bachstein (2016). In dieser Phase wird der Grundstein für eine erfolgreiche Laktation gesetzt und es treten überdurchschnittlich häufig Ereignisse auf, die einen Einbruch der Milchleistung hervorrufen. Ihre Ursache und Länge bestimmen über den weiteren Nutzen der Kühe.

Die Einsatzleistung ist auch im Hinblick auf das Fruchtbarkeitsmanagement von Bedeutung. Die Kühe werden in der Regel nach 60 bis 80 Laktationstagen (Portal Rind, 2017) das erste Mal besamt. Hierdurch wird bei erfolgreicher Konzeption der Trockenstellzeitpunkt nach etwa 300 bis 320 Laktationstagen (Losand, 2012) vorbestimmt. Um höchstleistende Kühe später zu besamen und so ihr Leistungspotenzial länger nutzen zu können, ist eine Vorhersage der Laktationsleistung notwendig. Bei der Analyse zeigte sich, dass eine enge Korrelation der Milchleistung in der siebenten Laktationswoche mit der 100-, 200- und 305-Tage-Leistung besteht. So können die Gesamtlaktationsleistungen mit einer Wahrscheinlichkeit von bis zu 81 % vorhergesagt werden. Spätere Leistungen zeigen keine näheren Werte und müssen deshalb nicht abgewartet werden. Demnach ist die Milchleistung in LW 7 ein sicherer, nutzbarer Parameter zur Bestimmung der freiwilligen Wartezeit bzw. Rastzeit.

5.2.3. Reproduktionsleistung

Das Besamungsmanagement im untersuchten Betrieb unterscheidet sich etwas vom üblichen Vorgehen. So wurden über 19 % der Kühe viermal oder öfter besamt, auch ältere Kühe mit chronischen gesundheitlichen Problemen. Der Besamungsaufwand von 2,23 Portionen je tragender Kuh liegt über dem empfohlenen Wert von 1,8 (Die fruchtbare Kuh, 2018; Portal Rind, 2017). Aus wirtschaftlichen Gründen werden Kühe in vielen Betrieben bei ausbleibender Konzeption nicht so häufig nachbesamt und wesentlich früher gemerzt (Wangler et al., 2009). Im untersuchten Betrieb liegt der Fokus auf Langlebigkeit und Lebensleistung, weshalb mehr in die Besamungen investiert wird und auch Merzungsentscheidungen seltener getroffen werden.

Durch das Fruchtbarkeitsmanagement des Betriebes ergeben sich teilweise sehr lange Zwischentragezeiten von 100 oder mehr Tagen mit einem Spitzenwert bei 461 Tagen. Hierbei haben die Kühe in der ersten und ab der fünften Laktation die kürzesten Zwischentragezeiten. Diese Werte liegen bei allen Altersgruppen im Mittel über den traditionell anzustrebenden 85 Tagen (De Kruif et al., 2014; Methling et al., 2003). Ob die bisher angenommene optimale Rastzeit von circa 60 bis 85 Tagen (Krostitz, 2011; Portal Rind, 2017) allerdings wirklich sinnvoll ist, steht derzeit verstärkt im Fokus von Diskussionen. Denn die Kühe erreichen im Durchschnitt in der sechsten Laktationswoche ihre Peakleistung. Damit sind sie großem

körperlichem Stress ausgesetzt, haben meist noch eine negative Energiebilanz und sind anfälliger für produktionsbedingte Erkrankungen. Zudem liegen in der Früh lactation oft noch Probleme des Reproduktionstraktes vor, die eine erfolgreiche Besamung erschweren. Deshalb sollte die Rastzeit und somit auch Zwischenkalbezeit laut einiger Autoren verlängert werden. Versuche zu einer freiwilligen Wartezeit von 120 und 180 Tagen zeigen eine verbesserte Fruchtbarkeit und Persistenz sowie eine ebenso hohe Leistung im Vergleich zu den Kühen mit kürzerer Rast- bzw. Zwischenkalbezeit (Kaske et al., 2019).

Die Reproduktionsleistung der untersuchten Kühe ist somit im Vergleich zu den bisher empfohlenen Kennzahlen als unzureichend anzusehen. Im Hinblick auf die neueren Ansätze von Kaske et al. (2019) allerdings sind die Reproduktionszahlen weniger dramatisch. Am Ende der Untersuchung waren zwar etwa 82 % der Herde tragend, dies aber teilweise unter beträchtlichem Aufwand.

Des Weiteren zeigten die Auswertungen, dass Kühe mit höherer Milchleistung etwas schlechter bis zum 100. Laktationstag tragend werden. Ursächlich hierfür können unter anderem eine höhere und länger andauernde, negative Energiebilanz, undeutlichere Brunstanzeichen und ein verspäteter Zyklusbeginn sein (Rudolphi, 2012c). So benötigen Kühe mit höchster Leistung anscheinend auch mehr Ruhe- und Regenerationszeit bevor sie wieder tragend werden können. Aus diesem Grund ist bei ihnen das Auslassen der ersten und vielleicht auch der zweiten termingerechten Besamung in Erwägung zu ziehen, da deren Gelingen relativ unwahrscheinlich ist. Dies spart Besamungskosten und gibt den Kühen eine längere Erholungszeit (Rudolphi, 2012c).

5.2.4. Gesundheit

Bei der Auswertung der Erkrankungsereignisse werden vor allem Probleme mit der Klauengesundheit deutlich, wobei es keine klare Gewichtung auf eine bestimmte Erkrankung gibt. So sind etwa zwei Drittel der Herde p.p. betroffen. Da klauenkranke Kühe aufgrund der Bewegungsschmerzen häufiger Liegen und somit weniger zum Futterplatz gehen, ist hier das Leistungspotenzial noch nicht vollständig ausgeschöpft und besonders am Laktationsbeginn das Risiko einer ausgeprägten negativen Energiebilanz erhöht (Collard et al., 2000). Ursächlich für das erhöhte Auftreten von Klauenerkrankungen im untersuchten Betrieb könnte die unregelmäßige Klauenpflege sein, die auch zu Lehrzwecken teilweise von ungeübtem Personal durchgeführt wird. Auch die Bodenbeschaffenheit in Kombination mit häufig auftretenden Durchfällen könnte hierbei eine Rolle spielen sowie der hohe Anteil an älteren Tieren in der Herde. Zudem ist die Herde im Mittel mäßig konditioniert bzw. leicht unterkonditioniert, was Lahmheiten durch ein dünneres Klauensohlenpolster begünstigt (Green et al., 2014).

Die weiteren Krankheitskomplexe traten ebenfalls nicht eindeutig gewichtet auf. Fieber unbekannter Genese konnte bei über einem Drittel festgestellt werden, aber auch andere Gesundheitsprobleme wie Verdauungsstörungen und Stoffwechselerkrankungen wurden ähnlich häufig registriert. Als häufigste Einzelerkrankung trat Nachgeburtverhalten bei circa 13 % der Kühe auf. An klinischer Mastitis erkrankten nur 7,9 %.

Im untersuchten Betrieb erkrankten insgesamt betrachtet nahezu alle Kühe im Laufe einer Laktation mindestens einmal. Bei der Betrachtung der Erkrankungshäufigkeit muss allerdings berücksichtigt werden, dass nicht nur klassische Krankheiten, sondern eben auch kurzfristige Abweichungen der physiologischen Körperfunktionen wie Fieber unbekannter Genese, Diarrhoe oder Schweregeburten als Erkrankungsereignis gezählt wurden. Diese sind teilweise stark von äußeren Einflüssen wie der Umgebungstemperatur (Kadzere et al., 2002), Futterzusammensetzung oder Stress abhängig und nicht automatisch Ausdruck einer inneren Erkrankung (Gieseler und Schütze, 2017). Ein Großteil der tatsächlichen Erkrankungen scheint zudem fütterungs- und managementbedingt zu sein und somit behandelbar bzw. vermeidbar und wenig ursächlich für Abgänge.

5.2.5. Abgänge

Die Abgangsrate des Betriebes liegt deutlich unter dem Bundesdurchschnitt von etwa 30 % jährlich (Liste, 2016; Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung, 2018). Nur 14,5 % der Tiere verließen die untersuchte Herde vorzeitig. Als Ursache ist ein gutes Herdenmanagement in puncto Fütterung und Gesundheit zu nennen. Auch hat der Herdenmanager das Bestreben, die Kühe möglichst lange zu nutzen und eine hohe Lebensleistung zu erzielen, was auch der vergleichsmäßig hohe Altersdurchschnitt der Herde mit 3,7 Laktationen widerspiegelt. Circa 25 % der abgegangenen Tiere waren in der 5. oder einer späteren Laktation. Nur so kann eine hohe Lebensleistung erbracht werden. Auch werden die Kosten für die Aufzucht der Jungkühe erst durch eine Mindestnutzungsdauer von 3,5 Laktation mit einer Gesamtmilchleistung von wenigstens 30.000 kg amortisiert (Lührmann, 2005; Römer, 2011). Ist in einem Betrieb ein hoher Anteil an gemerzten Tieren jünger, sollte das Herdenmanagement analysiert und verbessert werden.

Etwa zwei Drittel der Abgänge aus der untersuchten Herde fanden in den ersten 100 Laktationstagen statt. Die häufigsten Gründe hierfür waren Euterprobleme bzw. drastischer Milchrückgang und Lahmheiten bzw. irreparable Klauenschäden. Auch dies deckt sich mit anderen Studien (Anacker et al., 2006; Lührmann, 2005; Römer, 2011). Entscheidend für den Abgangszeitpunkt ist hierbei die Ursache. So werden beispielsweise häufig euter- oder stoffwechselkranke Kühe früher und unfruchtbare Kühe später im Laktationsverlauf gemerzt (Anacker et al., 2006).

5.3. Einflüsse auf die Einsatzleistung

5.3.1. Laktationsnummer

Die Milchmengen der verschiedenen angenommenen Einsatzzeiträume von 7, 21, 50 und 100 Tagen zeigen statistisch keinen Unterschied bei den verschiedenen Laktationsnummern. Es wird lediglich deutlich, dass die Milchleistung in der ersten Laktation geringer ist als in späteren Laktationen. Diese Ergebnisse sind bereits häufig in Bezug auf die gesamte Laktationsleistung beschrieben worden (Ray et al., 1992; Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung, 2018; Witt et al., 1969).

5.3.2. Vorlaktationsparameter

Die Trockenstehzeit in der Vorlaktation beträgt im Herdenmittel 52 Tage und liegt somit in der empfohlenen Zeitspanne von 40 bis 60 Tagen (Losand, 2012; O'Connor und Oltenacu, 1988). Die Rückenfettdicke in der Trockenstehzeit befindet sich mit durchschnittlich 16 mm etwas unter der empfohlenen Dicke von 20 bis 24 mm (Staufenbiel und Schröder, 2004).

Die mittlere Rastzeit in der Vorlaktation liegt mit 91 Tagen knapp über der für wirtschaftliche Rentabilität empfohlenen Zeitspanne von 70 bis 90 Tagen (Die fruchtbare Kuh, 2018). Andere Autoren empfehlen sogar eine Rastzeit von nur 50 bis 70 Tagen (Methling et al., 2003). Die vorangehende Zwischentragezeit beträgt im Durchschnitt 357 Tage und ist somit deutlich höher als die anzustrebenden 125 Tagen bei Kühen mit einer Leistung ab 10.000 kg Milch (Portal Rind, 2017). Mögliche Ursachen könnten hier eine ungenügende Brunstbeobachtung bzw. brunsterkennungserschwerendes Verhalten durch Klauenerkrankungen sein. Auch die hohe Milchleistung der Herde (Methling et al., 2003; Rudolphi, 2012c), bestehende Erkrankungen wie Stoffwechselstörungen oder Ovarialzysten (Kofler et al., 2017; Krostitz, 2011; Rudolphi, 2012c) sowie der hohe Altersdurchschnitt der Herde spielen wahrscheinlich mit hinein. Zudem ist der Herdenmanager bestrebt, die Kühe längst möglich zu nutzen.

Es bestehen nur vereinzelte und dazu sehr geringe Korrelationen zwischen den verschiedenen angenommenen Milcheinsatzleistungen und der Trockenstehzeit, Rückenfettdicke zur Trockenstehzeit und Zwischenkalbezeit der Vorlaktation. Die Rastzeit der Vorlaktation zeigt keinerlei statistisch signifikante Korrelationen zur Milcheinsatzleistung. Somit sind diese Parameter nicht für eine Vorhersage zur Höhe der Milcheinsatzleistung geeignet.

Lediglich die 305-Tage-Vorlaktationsmilchleistung korreliert durchweg positiv mit den Einsatzleistungen. Allerdings werden nur etwa 19 % der Laktationsleistung durch die 305-Tage-Leistung der Vorlaktation bestimmt. Dies beweist einmal mehr, dass die

Milchleistung multifaktoriell beeinflusst wird und das Management eine große Rolle in der Leistungsoptimierung spielt (Deming et al., 2013; Rossow, 2003).

5.3.3. Herdenmanagement

Weitere Managementmaßnahmen, die ebenso die Milcheinsatzleistung in verschiedenen Graden beeinflussen, wurden in der vorliegenden Arbeit nicht statistisch ausgewertet, da der Fokus auf der Auswertung der Laktationskurven lag.

Hierzu gehören u.a. folgende Kategorien und aufgezählte Maßnahmen:

Genetik:

- ausschließliche Haltung der derzeit weltweit leistungsstärksten Milchviehrasse Holstein-Friesian
- gezielte Zucht auf hohe Leistung und gesundheitlich stabile Tiere

Trockenstellen

- im Mittel 7 Wochen vor errechnetem Abkalbetermin unter Anwendung von Zitzenversiegler
- Umstellung auf Vorbereiterfutter für die kommende Laktation

Körperkondition

- Beurteilung von BCS und Messung der Rückenfettdicke zum Trockenstellen sowie regelmäßig im Zusammenhang mit der Milchkontrolle

Melkfrequenz

- dreimal täglich mit Vordippen

Kuhkomfort

- Anbieten von Kuhbürsten
- Offenlaufstall: Hochliegeboxen mit Gummimatten zum Ablegen für die Zeit der Früh- und Hauptlaktation
- Tiefstreulaufstall: für Trockensteher und Abkalber
- Krankenabteil: mit Stroheinstreu

Auch eine engmaschige Gesundheitsüberwachung sowohl klinisch als auch mithilfe der Milchinhaltsstoffe wurde vor allem im ersten Laktationsabschnitt durchgeführt. Dies geschah visuell durch die Erhebung verschiedener Gesundheitsparameter (z.B. Körperkondition, Pansenfüllung, Körpertemperatur) und durch regelmäßige Milchkontrollen und leistungs-

prüfungen. Der Zweck war das frühzeitige Erkennen und Beheben eventuell auftretender gesundheitlicher Probleme. Auch wurden vorsorglich regelmäßig Klauenbehandlungen und -bäder durchgeführt.

5.4. Milchleistung und Gesundheit

Die oft gehörte Annahme, Hochleistungskühe werden häufiger krank, kann nicht bestätigt werden. Andere Autoren wie Römer (2011) und Wangler und Harms (2006) konnten dies bereits zeigen. Wenn auch die Erkrankungsrate im untersuchten Betrieb mit 93,2 % sehr hoch ist, bezieht sich diese Zahl vor allem auf Klauenerkrankungen und kurzzeitige, vorübergehende gesundheitliche Probleme wie Fieber. Trotz allem ist die Milchleistung der Herde überdurchschnittlich hoch.

Römer (2011) erklärt die ähnlichen Erkrankungsraten verschiedener Leistungsklassen damit, dass die Gesundheit der Milchkühe mehr von Management und genetischem Leistungspotenzial abhängig zu sein scheint. Denn unter optimalen tier- und leistungsgerechten Haltungs-, Fütterungs- und Managementbedingungen können die Kühe Höchstleistungen erbringen, ohne gesundheitlich darunter zu leiden. Generell liegt das größte Erkrankungsrisiko am Laktationsbeginn. So ist eine gesundheitliche Überwachung während und nach der Kalbung von großer Bedeutung.

Zwischen dem Auftreten von Krankheiten allgemein und der Höhe der Milchleistung gibt es nur sehr wenige signifikante Zusammenhänge. Im Speziellen zeigt sich rechnerisch, dass hohe Milchleistungen protektiv auf das Entstehen von klinischer Mastitis und Klauenerkrankungen wirken, was den Ergebnissen vieler Autoren widerspricht (Bauman und Currie, 1980; Fleischer et al., 2001; Gröhn et al., 1995; Gundling et al., 2015; Koeck et al., 2014; Lyons et al., 1991; Rudolphi, 2012a; Schukken et al., 1990; Simianer et al., 1991; Van Dorp et al., 1998). Fölsche (2013) aber konnte ebenso zeigen, dass Kühe mit höherer Leistung geringere Zellzahlen in der Milch und weniger Probleme mit Mastitiden und auch mit Klauen- und Gliedmaßenkrankungen haben. Generell ist diese Beobachtung jedoch nicht logisch erklärbar und die Kausalität eher umgekehrt. Mastitiden und Klauenerkrankungen bedingen eine geringere Milchleistung (Amory et al., 2008; Bareille et al., 2003). Zudem scheint es eine gewisse Verzerrung der Daten durch Selektion zu geben. Höherleistende Tiere werden weniger häufig aufgrund von Erkrankungen der Herde entnommen als jene mit geringerer Milchleistung (Gröhn et al., 1995).

5.5. Laktationskurve als Tool für das Herdenmanagement

5.5.1. Milchleistung

Der Verlauf der Milchleistungskurve ist in der vorliegenden Arbeit bei vielen Tieren durch vorübergehende auffällige Schwankungen innerhalb der ersten 100 Laktationstage gekennzeichnet. Diese weisen aber keine Korrelation zu der Gesamtlaktationsleistung auf und können durch viele Faktoren bedingt sein. Hierzu gehören hormonelle Einflüsse vor allem durch die Brunst, klimatische Bedingungen, Schwankungen der Futterzusammensetzung und Melkablauf (Rekik et al., 2003; Stelwagen, 2001). Obwohl über 94 % der Kühe hiervon betroffen sind, ist die Gesamtherdenleistung außerordentlich hoch. Die Voraussetzung für eine im Anschluss weiterhin hohe Milchmenge ist, dass der Leistungsrückgang nur über einen kurzen Zeitraum erfolgt und der Milchentzug aufrechterhalten bleibt (Bruckmaier und Mammon, 2015).

Im Vergleich zu den individuellen Ergebnissen der untersuchten Herde zeigt beispielsweise auch die Gesamtablieferungsmilch des Betriebes aus dem Jahr 2016, dass Schwankungen der Milchleistung häufig sind und trotzdem insgesamt ein sehr gutes Ergebnis erzielt wird (*Abbildung 25*). Da die Leistung multifaktoriell beeinflusst wird, unter anderem durch Brunst, Trächtigkeit, Fütterungsschwankungen, Mischungenauigkeit der TMR, saisonales Klima, Tageslichtlänge, Wasserversorgung, Körperkondition, Erkrankungen und weitere Stressfaktoren ist dies zu erwarten und erklärbar (Deming et al., 2013; Rossow, 2003).

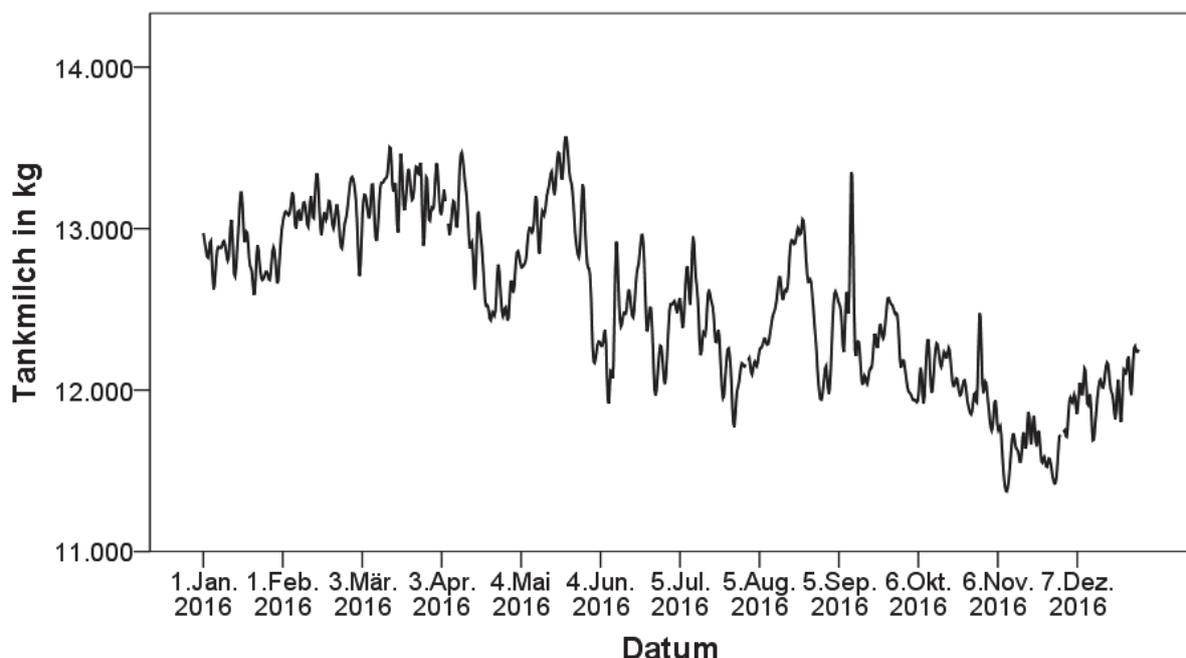


Abbildung 25: Gesamtablieferungsmilch des untersuchten Betriebes im Jahr 2016

Laut Rossow (2003) schwanken die Kurven von Einzeltieren mehr als Gruppenkurven. Dies trifft auf das vorliegende Beispiel nicht zu. Hier sind die Schwankungen sogar sehr stark ausgeprägt. Im Durchschnitt schwankt die Tankmilchmenge um 140 kg täglich. Die höchsten Schwankungen von einem auf den anderen Tag sind Anfang September zu verzeichnen und folgen direkt aufeinander: der höchste Anstieg um 849 kg und darauf der höchste Rückgang um -979 kg.

5.5.2. Erkrankungen

Im Hinblick auf die allgemeine Erkrankungswahrscheinlichkeit hat eine leicht verzögert ansteigende Leistung am Laktationsbeginn keinen Einfluss. Deshalb ist es nicht ratsam, Kühe mit stärker schwankenden Milchleistungen während der ersten Tage der Laktation aus wirtschaftlichen Gründen frühzeitig aus der Herde zu entfernen, da sich die Probleme im Verlauf der ersten Wochen meist geben und eine hohe und andauernde Leistung erreicht wird. Generell ist dies aber eher ein untergeordnetes Problem, da die meisten Kühe im späteren Verlauf der Laktation aufgrund von Krankheiten des Euters und Unfruchtbarkeit abgehen (Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung, 2019; Wangler et al., 2009).

Außerdem unterstützen diese Daten die Empfehlung aus 5.2.2.2. *Startleistung*. Es scheint sowohl in Bezug auf die Milchleistung insgesamt als auch auf die Erkrankungswahrscheinlichkeit nicht nötig zu sein, die Startleistung der ersten Laktationswoche auf ein Maximum zu heben. Auch wenn die Kühe etwas verzögert Höchstleistungen erbringen, werden sie nicht häufiger krank. So kann insbesondere in der ersten Laktationswoche der Fokus auf der Tiergesundheit mit Vermeidung von Nachgeburts- und Stoffwechselstörungen liegen (Grum et al., 1996; Sheldon et al., 2006).

Bei der Betrachtung der einzelnen Erkrankungskomplexe ergab sich eine signifikante, aber geringe Korrelation von verzögert ansteigender Leistung am Laktationsstart und dem Auftreten von Stoffwechselstörungen. Dieser Kurvenverlauf tritt allerdings in aller Regel auf, wenn bereits vor der Kalbung Gesundheitsstörungen vorgelegen haben (Bareille et al., 2003; Halasa et al., 2007). Er kann somit nicht als Vorhersage benutzt werden, da die geringe Milchleistung durch die vorliegende Erkrankung bedingt ist.

Die weiteren Merkmale nicht optimal verlaufender Laktationskurven scheinen ebenso wenig als Managementtool verwendbar zu sein. Bei der Auswertung zeigen sich wenige, nur geringe Zusammenhänge. Hierbei erscheint es sogar, dass negative Abweichungen der Kurve, wie frühzeitig auftretende Leistungsabfälle oder eine herausstechende Peakleistung, überwiegend protektiv auf das Auftreten von Erkrankungen wirken. Diese mathematischen Ergebnisse widersprechen jeglichen pathophysiologischen Grundsätzen, wie auch bereits im Zusammenhang mit den Milchmengen unter 5.4. *Milchleistung und Gesundheit* erläutert.

Extreme Schwankungen der Laktationskurve sprechen in der Regel für ein bereits aufgetretenes gesundheitliches Problem, meist im Zusammenhang mit verringerter Futteraufnahme oder Stoffwechsellentgleisungen. So wird die Milchleistung durch die Erkrankung beeinflusst und nicht umgekehrt (Foster, 2009).

In der Literatur finden sich nur wenige Versuche, die Laktationskurvenverläufe diesbezüglich auszuwerten, was ein Vergleich mit anderen Studien schwierig macht. Meist werden Rechenmodelle benutzt, um optimierte Kurvenverläufe zu erstellen und Peakleistung sowie Persistenz auszuwerten (AgroMedia International Inc., 2017; Koonawootrittriron et al., 2001). Die Aussagekraft der unbearbeiteten Laktationskurvenverläufe im Hinblick auf Erkrankungswahrscheinlichkeiten ist aber trotzdem fraglich, denn sie stellen das Abbild der multifaktoriell beeinflussten Milchleistung dar (AgroMedia International Inc., 2017). So liegt das auslösende Moment für den Milchrückgang in der Regel zeitlich vor der sichtbaren Änderung des Kurvenverlaufs (Rudolphi, 2012a).

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit können zudem nur eingeschränkt verallgemeinert werden, da der ausgewertete Betrieb in mehreren Aspekten wie Milchleistung und Altersstruktur wesentlich besser als der Bundesdurchschnitt ist, bei den Erkrankungsraten und Fruchtbarkeitskennzahlen hingegen schlechter.

5.5.3. Abgänge

Der Laktationskurvenverlauf der ersten 100 Tage in Milch scheint im Hinblick auf die Abgangswahrscheinlichkeit aussagekräftiger zu sein. Allerdings sind auch hier die Ergebnisse nur vereinzelt signifikant.

Hohe Milcheinsatzleistungen im Allgemeinen bewahren die Tiere vor dem Abgehen, auch wenn Krankheitsereignisse auftreten. So lange diese vorübergehend sind und zu keinem drastischen Rückgang der Milchleistung führen, scheinen sie unproblematisch zu sein.

Im Hinblick auf den Kurvenverlauf zeigt sich, dass einige von der Autorin definierte Abweichungen der Normkurve ein Risiko für ein verfrühtes Abgehen der Tiere darstellen. Eine schlechte Persistenz wirkt sich hierbei am stärksten auf ein frühes Abgehen aus. Auch drastische Einbrüche der Milchleistung in den verschiedenen Laktationsabschnitten erhöhen die Abgangswahrscheinlichkeit, vor allem wenn sie häufiger innerhalb einer Laktation auftreten. Wiederholende Ereignisse derart sprechen für eine generelle Häufung von Erkrankungsfällen und für eine gesundheitliche Instabilität, die letzten Endes zur Entscheidung führen, die betroffenen Kühe aus der Herde zu nehmen (Anacker et al., 2006; Römer, 2011). Die meisten gesundheitlichen Probleme treten innerhalb der ersten 100 Tage p.p. auf, was sich auch in den Abgangszahlen widerspiegelt. Etwa zwei Drittel der Abgänge erfolgten in

diesem kritischen Zeitraum, der das Leistungsniveau und den weiteren Verlauf der Milchkurve bestimmt.

5.6. Ausblick

Die Ergebnisse zur Start- und Einsatzleistung sind vielversprechend. Sie können praktisch für das Herdenmanagement genutzt werden, um die Rastzeit höchstleistender Kühe zu verlängern und somit ihr Leistungspotenzial besser auszuschöpfen. Außerdem wird empfohlen, das Melken in der ersten Laktationswoche auf zweimal täglich zu beschränken und erst danach auf dreimal täglich anzuheben. So werden die Frischabkalber vor allem vor Stoffwechsellentgleisungen geschützt, ohne etwas von ihrem Leistungspotenzial einzubüßen. Zu dieser Praktik werden mehr Berichte aus der Milchwirtschaft erwartet.

Im Hinblick auf den Nutzen der Laktationskurve in Beziehung zu Eintrittswahrscheinlichkeiten für Erkrankungsereignisse und Abgänge sind die ausgewerteten Daten nur ein Anfang. Da die Milchmengen heutzutage routinemäßig bei jedem Melken erfasst werden und als Daten zur Verfügung stehen, sollte der Ansatz, diese als Hilfsmittel zur Optimierung der Herdengesundheit und -leistungsfähigkeit zu verwenden, weiter untersucht und ausgewertet werden. Das Ableiten von Vorhersagewahrscheinlichkeiten für Erkrankungen und Abgänge aus dem Verlauf der Kurve muss hierbei weiter hinterfragt werden. Bisher zeigte sich, dass die Laktationskurve eher ein Abbild der Leistungseinbrüche ist, denen Erkrankungen zugrunde liegen. Möglicherweise lassen sich aber noch andere Indikatoren in ihrem Verlauf finden, die eine Vorhersage für verschiedene Ereignisse möglich machen.

Die hier ausgewerteten Daten umfassen zudem nur eine kleine Gruppe und einen überdurchschnittlich ertragreichen Betrieb. So sollten weitere Auswertungen anderer Milchkuhhaltungen mit mehr Tieren durchgeführt werden, um höhere Signifikanzen ausfindig zu machen.

6. Schlussfolgerungen

6.1. Milchstart- und -einsatzleistung sowie Gesamtmilchleistung

- die 305-Tage-Laktationsleistung des untersuchten Betriebs liegt mit 12.018 kg weit über dem Bundesdurchschnitt (ca. 2.500 kg mehr)
- die Startleistung korreliert nur gering mit der 305-Tage-Leistung und muss somit nicht auf ein Maximum erhöht werden – sie sollte sogar gezielt gedrosselt werden, um das Erkrankungsrisiko am Laktationsbeginn zu reduzieren
- es wird empfohlen, die Leistung der ersten 50 Tage p.p. als Einsatzleistung zu definieren, da in dieser Phase der Grundstein für eine erfolgreiche Laktation gesetzt wird und im Mittel bis zum 50. Laktationstag die Peakleistung erreicht wird
- mit der Milchleistung der 7. Laktationswoche kann die 305-Tage-Leistung vorhergesagt werden, um höchstleistende Kühe zu identifizieren und später zu besamen
- die Vorlaktationsparameter Trockenstehzeit, Rückenfettdicke, Zwischenkalbezeit und Rastzeit sind nicht zur Vorhersage der Milcheinsatzleistung geeignet
- die Milcheinsatz- und Gesamtmilchmengen sind in der ersten Laktation signifikant geringer als in den folgenden Laktationen
- vorübergehende Leistungsschwankungen wirken sich nicht auf die Gesamtleistung aus
- die Höhe der Laktationsleistung bleibt in den Folgelaktationen tendenziell erhalten
- viele unterschiedliche Faktoren beeinflussen die Höhe der Einsatzleistung, u.a. Fütterung, Fruchtbarkeitsmanagement, Melkvorgang, Gesundheitsüberwachung, Klima

6.2. Milchleistung und Gesundheit

- die Futteraufnahme am Laktationsbeginn hat einen geringen Einfluss auf die Gesamtleistung
- mit fortschreitender Laktation wird die Beziehung von Futteraufnahme und Laktationsleistung immer enger
- trotzdem sollten die Futter- und Energieaufnahme während der gesamten Laktation maximiert werden, da beide positiv mit der Milchleistung korrelieren und so Stoffwechselerkrankungen vermieden werden
- in der ersten Laktationswoche sollte der Fokus auf der Tiergesundheit mit Vermeidung von Nachgeburts- und Stoffwechselstörungen liegen und nicht auf der Maximierung der Milchleistung

- die aufgetretenen Erkrankungen umfassen überwiegend fütterungs- sowie managementbedingte Probleme (v.a. Klauenerkrankungen) und sind somit in der Regel behandelbar beziehungsweise kann ihnen zukünftig vorgebeugt werden
- alle Leistungs- und Altersgruppen werden gleich häufig krank
- es gibt keinen statistischen Zusammenhang zwischen hoher Milchleistung und erhöhter Erkrankungshäufigkeit

6.3. Laktationskurve als Tool für das Herdenmanagement

- für die grafisch dargestellte Leistungskurve der ersten 100 Laktationstage, aufgetragen als ermolzene Milchmenge in kg pro Laktationstag, konnte keine über die im Rahmen des Gesundheitsmanagements übliche Praxis hinausgehende Anwendungsmöglichkeit ermittelt werden
- eine leicht verzögert ansteigende Leistung am Laktationsbeginn hat keinen Einfluss auf die allgemeine Erkrankungswahrscheinlichkeit, deshalb sollten Kühe mit einer stärker schwankenden Startleistung nicht frühzeitig aus der Herde entfernt werden
- zur Vorhersage des Eintritts von spezifischen Erkrankungen ist der Laktationskurvenverlauf nicht geeignet, da die Milchleistung von der Erkrankung beeinflusst und somit Ausdruck der vor dem sichtbaren Abfall der Leistung auftretenden pathophysiologischen Vorgänge ist
- eine schlechte Persistenz sowie drastische Einbrüche der Milchleistung erhöhen das Abgangsrisiko signifikant, da häufig schwerwiegende Erkrankungen zugrunde liegen
- der Großteil der Abgänge erfolgte innerhalb der ersten 100 Laktationstage
- weitere Untersuchungen mit größeren Tierzahlen werden empfohlen

7. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit dient dazu, 1.) die Begriffe Start- und Einsatzleistung zu definieren, 2.) Zusammenhänge zwischen verschiedenen Milchleistungen aufzudecken und diese als Managementtool nutzbar zu machen und 3.) zu ergründen, ob höchstleistende Milchkühe häufiger krank werden als weniger leistungsstarke Tiere. Hierzu wurden von Mai 2015 bis November 2016 Daten von 192 Holstein-Friesian Kühen mit einer durchschnittlichen Jahresleistung von 12.018 kg erfasst. Im Einzelnen wurden die Gesamttagesleistungen der ersten 100 Laktationstage sowie Gesundheits- und Reproduktionsdaten für diesen Zeitraum aufgezeichnet. Zusätzlich wurden die mithilfe der Milchkontrollen ermittelten kumulierten 100-, 200- und 305-Tage-Leistungen verwendet. Für die analytische Statistik wurden Spearman-Rho-Korrelation, logistische Regression, Kreuztabellen, Chi-Quadrat-Test sowie ANOVA/Kruskal-Wallis-Test angewendet.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Futter- und Energieaufnahme während der gesamten Laktation maximiert werden sollten, da beide positiv mit der Milchleistung korrelieren.

Als Definition für die Startleistung wird die Gesamtmilchleistung der ersten Laktationswoche vorgeschlagen. Ihr Einfluss auf die 305-Tage-Leistung ist gering, weshalb es nicht nötig ist, die Leistung am Laktationsbeginn auf ein Maximum zu steigern. Somit können die Frischabkalber zum Beispiel durch nur zweimal tägliches Melken im Hinblick auf Nachgeburtsphase und Stoffwechselbelastung geschont werden. Spätestens ab der dritten Laktationswoche ist für das Erbringen von Spitzenleistungen eine Steigerung der Melkfrequenz empfehlenswert.

Für die Einsatzleistung wird die Gesamtmilchleistung der ersten 50 Laktationstage als Definition vorgeschlagen. In diesem Zeitraum erreichen die meisten Kühe ihre Peakleistung und die Erkrankungswahrscheinlichkeit im Verlauf der Laktation ist am höchsten. Die Vorlaktationsparameter Trockenstehzeit, Rückenfettdicke, Zwischenkalbezeit und Rastzeit sind nicht zur Vorhersage der Milcheinsatzleistung geeignet. Die Einsatzleistung ist multifaktoriell beeinflussbar und sollte durch die Kombination verschiedener Faktoren optimiert werden. Hierzu zählen unter anderem Fütterung, Fruchtbarkeitsmanagement, Melkvorgang und Gesundheitsüberwachung.

Die Milchleistung der 7. Laktationswoche korreliert stark mit der 305-Tage-Leistung. Diese kann mit einer Wahrscheinlichkeit von bis zu 64 % anhand der Gesamtmilchleistung in LW 7 vorhergesagt werden. Im Hinblick auf die Ausnutzung des Leistungspotenzials und schlechtere Fruchtbarkeit am Laktationsbeginn kann somit von höchstleistenden Kühen die freiwillige Wartezeit kalkuliert und die Rastzeit verlängert werden.

Des Weiteren konnte kein statistischer Zusammenhang zwischen hoher Milchleistung und Erkrankungshäufigkeit aufgezeigt werden – alle Leistungs- und Altersgruppen werden gleich häufig krank. Als Werkzeug für das Gesundheitsmanagement ist die Einsatzleistungskurve aufgetragen als ermolkene Milchmenge in kg pro Laktationstag nur eingeschränkt nutzbar. Eine leicht verzögert ansteigende Leistung am Laktationsbeginn hat keinen Einfluss auf die allgemeine Erkrankungswahrscheinlichkeit, deshalb sollten Kühe mit einer stärker schwankenden Startleistung nicht frühzeitig aus der Herde entfernt werden. Zudem zeigte sich, dass sich vorübergehende, kurzfristige Leistungsschwankungen nicht auf die Gesamtleistung auswirken, solange der Milchentzug aufrecht erhalten wird. Sie treten aufgrund diverser Umstände auf. Hierzu zählen hormonelle Einflüsse, klimatische Bedingungen, Schwankungen der Zusammensetzung des Futters und Melkablauf (Rekik et al., 2003; Stelwagen, 2001). Zur Vorhersage des Eintritts von spezifischen Erkrankungen ist der Laktationskurvenverlauf nicht geeignet. Die Milchleistung wird von der Erkrankung beeinflusst und ist somit Ausdruck der vor dem sichtbaren Abfall der Leistung auftretenden pathophysiologischen Vorgänge.

Um Abgangswahrscheinlichkeiten vorauszusagen, ist die Laktationskurve ebenfalls nur eingeschränkt nutzbar. Es wurde nachgewiesen, dass eine schlechte Persistenz sowie drastische Rückgänge der Milchleistung das Abgangsrisiko signifikant erhöhen. Häufig liegen hier schwerwiegende Erkrankungen zugrunde. Weitere Untersuchungen mit größeren Tierzahlen werden empfohlen.

8. Summary

Correlation between early lactation milk yield and animal health of Holstein dairy cows

The present study serves 1st) to define the terms start milk yield and early lactation milk yield, 2nd) to reveal associations between different milk yields to utilize them as a tool for the herd management and 3rd) to explore if dairy cows with a very high milk yield tend to be more prone to disease than individuals with a lower milk yield. Therefore the data of 192 Holstein dairy cows with an average yearly milk yield of 12.018 kg were collected between May 2015 and November 2016. The aggregate daily milk yield of the first 100 days in milk as well as health and reproduction data were registered in detail for this period. In addition the author used the cumulated 100-, 200- and 305-day milk yield originating from the milk control tests. Spearman's rank correlation, logistic regression, crosstabs, chi-squared test and ANOVA/Kruskal-Wallis test were used for analytical statistics.

The results show that feed and energy intake should be maximised throughout the whole lactation period because both correlate positively with the milk yield.

The author suggests as definition for the start milk yield the total yield of the first seven days in milk. The influence of the start yield on the 305-day yield is low. Therefore it is not necessary to increase the milk yield to a maximum during the onset of lactation. For example, milking only twice daily at the start of lactation aids recovery during the puerperal period and reduces metabolic stress. For a top performance an increase of the milking frequency is suggested from the third week of lactation at the latest.

As definition for the early lactation milk yield the total yield of the first 50 days in milk is proposed. During that period most of the cows reach their peak milk yield and the odds for developing diseases are highest. The parameters dry period length, backfat thickness, interval between calving and calving to first service interval of the previous lactation are not adequate to predict the early lactation milk yield. It is influenced by many factors and should be optimized by combining several of them. Some of these factors are feeding, reproductive management, milking and health surveillance.

The yield of the seventh week in milk correlates strongly with the 305-day yield, which can be predicted with a likelihood of up to 64 % by means of the total milk yield in lactation week 7. In regards to the utilizing the milk yield potential and the lower fertility in early lactation, the voluntary waiting period can be calculated and the calving to first service interval can be extended.

Furthermore no statistical correlation could be found between high milk yield and rate of diseases. All different performance and age groups showed the same rate of illness. The early lactation curve (original milk yield in kg per lactation day) is not recommended as a tool for health management. A delayed increase of the milk yield at the onset of lactation has no effect on the general likelihood of diseases. Therefore cows with a more volatile start milk yield should not be removed early from the herd. The data also show that a temporary volatility of the milk yield within the first 100 days of lactation has no effect on the overall performance of the whole lactation as long as milking is performed. The volatility is caused by several factors such as hormonal influences, climatic conditions, variations of the food composition and milking process (Rekik et al., 2003; Stelwagen, 2001). The early lactation curve is not suitable to predict the occurrence of specific disorders. The height of the milk yield is affected by the disease and mirrors the pathophysiologic processes that occur before the decline of the milk yield.

In addition the lactation curve has only limited use to predict the likelihood of culling. It could be shown that a low persistence and a drastic decline of the milk yield increase this risk significantly. In that case severe disorders are often the underlying cause. Further studies with higher numbers of subjects are suggested.

9. Literaturverzeichnis

AgroMedia International Inc., 2017:
Lactation curves.

http://www.agromedia.ca/ADM_Articles/content/DHI_lactcrv.pdf (accessed 17.10. 2019).

Ahrens, A., Scholz, H., 2013:

Ergebnisse des Einsatzes von geschütztem L-Carnitin bei Milchkühen im Zeitraum 21 Tage a.p. und 60 Tage p.p.,

In: Labordiagnostik in der Bestandsbetreuung, Medizinische Tierklinik, Veterinärmedizinische Fakultät Leipzig, pages 21 - 22.

Akers, R.M., 1990:

Lactation physiology - A ruminant animal perspective.

Protoplasma 159, pages 96-111.

Akers, R.M., 2006:

Major advances associated with hormone and growth factor regulation of mammary growth and lactation in dairy cows.

J. Dairy Sci. 89, pages 1222-1234.

Alex, A.P., Collier, J.L., Hadsell, D.L., Collier, R.J., 2015:

Milk yield differences between 1x and 4x milking are associated with changes in mammary mitochondrial number and milk protein gene expression, but not mammary cell apoptosis or SOCS gene expression.

J. Dairy Sci. 98, pages 4439-4448.

Ali, T.E., Schaeffer, L.R., 1987:

Accounting for covariances among test day milk yields in dairy cows.

Can. J. Anim. Sci. 67, pages 637-644.

Amory, J.R., Barker, Z.E., Wright, J.L., Mason, S.A., Blowey, R.W., Green, L.E., 2008:

Associations between sole ulcer, white line disease and digital dermatitis and the milk yield of 1824 dairy cows on 30 dairy cow farms in England and Wales from February 2003- November 2004.

Prev. Vet. Med. 83, pages 381-391.

Anacker, G., Gräfe, E., Breitschuh, G., Strümpfel, J., 2006:

Verbesserung der Tiergesundheit, Fruchtbarkeit und Nutzungsdauer in den Milchkuhbeständen Thüringens.

Forschungsbericht der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft.

Andersen, J.B., Friggens, N.C., Larsen, T., Vestergaard, M., Ingvarsen, K.L., 2004:

Effect of energy density in the diet and milking frequency on plasma metabolites and hormones in early lactation dairy cows.

J. Vet. Med. A. Physiol. Pathol. Clin. Med. 51, pages 52-57.

Andersen, J.B., Madsen, T.G., Larsen, T., Ingvarsen, K.L., Nielsen, M.O., 2005:

The effects of dry period versus continuous lactation on metabolic status and performance in periparturient cows.

J. Dairy Sci. 88, pages 3530-3541.

- Anderson, D.E., 2009:
Fatty Liver in Dairy Cattle,
In: Food Animal Practice.
5. Auflage. W.B. Saunders, Saint Louis, pages 146-149.
- Anthes, M., Verheyen, E., 2015:
Billige Milch - kranke Kühe: Das Leiden in Deutschlands Hochleistungsställen.
In: Report Mainz. SWR.
- Arbinger, S., 2014:
Die ungesunde Seite der Milch - So krank sind unsere Milchkühe.
In: tz, <https://www.tz.de/welt/so-krank-sind-unsere-milchkuehe-ungesunde-seite-milch-tz-3518821.html>.
- Awawdeh, M.S., 2016:
Rumen-protected methionine and lysine: effects on milk production and plasma amino acids of dairy cows with reference to metabolisable protein status.
J. Dairy Res. 83, pages 151-155.
- Bach, A., Valls, N., Solans, A., Torrent, T., 2008:
Associations between nondietary factors and dairy herd performance.
J. Dairy Sci. 91, pages 3259-3267.
- Bachman, K.C., Hayen, M.J., Morse, D., Wilcox, C.J., 1988:
Effect of Pregnancy, Milk Yield, and Somatic Cell Count on Bovine Milk Fat Hydrolysis.
J. Dairy Sci. 71, pages 925-931.
- Bachman, K.C., Schairer, M.L., 2003:
Invited review: bovine studies on optimal lengths of dry periods.
J. Dairy Sci. 86, pages 3027-3037.
- Bachstein, J. 2016:
Untersuchung von Einflussfaktoren auf die Höhe der Einsatzleistung von Holstein-Friesian-Kühen und deren Beziehung zur Milchleistung in der Folgelaktation.
Diss., Dr., Freie Universität Berlin.
- Bar-Peled, U., Maltz, E., Bruckental, I., Folman, Y., Kali, Y., Gacitua, H., Lehrer, A.R., Knight, C.H., Robinzon, B., Voet, H., et al., 1995:
Relationship between frequent milking or suckling in early lactation and milk production of high producing dairy cows.
J. Dairy Sci. 78, pages 2726-2736.
- Bareille, N., Beaudeau, F., Billon, S., Robert, A., Faverdin, P., 2003:
Effects of health disorders on feed intake and milk production in dairy cows.
Livest. Prod. Sci. 83, pages 53-62.
- Barnes, M.A., Pearson, R.E., Lukeswilson, A.J., 1990:
Effects of milking frequency and selection for milk-yield on productive efficiency of Holstein cows.
J. Dairy Sci. 73, pages 1603-1611.
- Bauman, D.E., Currie, W.B., 1980:
Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis.
J. Dairy Sci. 63, pages 1514-1529.

- Bauman, D.E., Everett, R.W., Weiland, W.H., Collier, R.J., 1999:
Production responses to bovine somatotropin in northeast dairy herds.
J. Dairy Sci. 82, pages 2564-2573.
- Baumrucker, C.R., Zbinden, R.S., van Dorland, H.A., Remmelink, G.J., Kemp, B., van
Knegsel, A.T., Bruckmaier, R.M., 2014:
Continuous milking of dairy cows disrupts timing of peak IgG concentration appearance in
mammary secretions.
J. Dairy Res. 81, pages 403-409.
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2017:
Zuchtwert Persistenz.
<http://www.lfl.bayern.de/itz/rind/026864/> (accessed 17.10.2019 2019).
- Bayril, T., Yildiz, A.S., Akdemir, F., Yalcin, C., Kose, M., Yilmaz, O., 2015:
The technical and financial effects of parenteral supplementation with selenium and vitamin e
during late pregnancy and the early lactation period on the productivity of dairy cattle.
Asian-Australas. J. Anim. Sci. 28, pages 1133-1139.
- Bell, A.W., 1995:
Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early
lactation.
J. Anim. Sci. 73, pages 2804-2819.
- Bentley, P.A., Wall, E.H., Dahl, G.E., McFadden, T.B., 2015:
Responses of the mammary transcriptome of dairy cows to altered photoperiod during late
gestation.
Physiol. Genomics 47, pages 488-499.
- Bergk, N., Swalve, H.H., 2011:
Der Fett-Eiweiß-Quotient in der Früh-laktation als Indikator für den Verbleib von Erstkalbinnen
in der Milchkuhherde.
Züchtungskunde 83, pages 89-103.
- Bernier-Dodier, P., Delbecchi, L., Wagner, G.F., Talbot, B.G., Lacasse, P., 2010:
Effect of milking frequency on lactation persistency and mammary gland remodeling in mid-
lactation cows.
J. Dairy Sci. 93, pages 555-564.
- Bertolini, M., Wallace, C.R., Anderson, G.B., 2006:
Expression profile and protein levels of placental products as indirect measures of placental
function in in vitro-derived bovine pregnancies.
Reproduction 131, pages 163-173.
- Boldt, A., Martin, G., 2012:
Einflussfaktoren auf den Beginn der Zyklusaktivität von Hochleistungskühen post partum.
Beiträge zur Milchproduktion, page 42.
- Borena, B.M., Bussche, L., Burvenich, C., Duchateau, L., Van de Walle, G.R., 2013:
Mammary stem cell research in veterinary science: an update.
Stem Cells Dev. 22, pages 1743-1751.
- Brade, E., Brade W., 2008:
Gibt es Verhaltensänderungen bei Hochleistungskühen?
Prakt. Tierarzt 89, pages 220 - 229.

- Brade, W., Brade E., 2015:
Vor- und Nachteile einer sehr intensiven Milcherzeugung aus der Blickrichtung des Krafftuttereinsatzes und der Tiergesundheit.
Berichte über Landwirtschaft, Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft 93.
- Brakel, W.J., Leis, R.A., 1976:
Impact of social disorganization on behavior, milk yield, and body weight of dairy cows.
J. Dairy Sci. 59, pages 716-721.
- Breves, G., Rodehutschord, M., 2000:
Gibt es Grenzen in der Zucht auf Milchleistung?,
In: 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung BAL Gumpenstein, A-8952 Irdning, pages 1-4.
- Brockman, R.P., Laarveld, B., 1986:
Hormonal regulation of metabolism in ruminants; a review.
Livest. Prod. Sci. 14, pages 313-334.
- Bruckmaier, R., Mammon, H., 2015:
Laktation,
In: Physiologie der Haustiere.
5. Auflage. Enke Verlag, Stuttgart.
- Bruckmaier, R.M., Blum, J.W., 1996:
Simultaneous recording of oxytocin release, milk ejection and milk flow during milking of dairy cows with and without prestimulation.
J Dairy Res 63, pages 201-208.
- Budras, K.-D., Wünsche, A., 2002:
Das Euter (Uber),
In: Atlas der Anatomie des Rindes.
1. Auflage. Schlütersche GmbH & Co. KG, Hannover, pages 88 - 91.
- Bühl, A., 2014:
SPSS 22: Einführung in die moderne Datenanalyse
Pearson Studium - Scientific Tools.
- Bundesministerium für Jugend; Familie und Gesundheit, 1977:
Verordnung über Stoffe mit pharmakologischer Wirkung.
- Busse, T., 2015:
Wie der Milchmarkt Kühe krank macht.
In: Süddeutsche Zeitung, <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/geschaeft-mit-der-milch-wie-der-milchmarkt-kuehe-krank-macht-1.2614808-0#seite-2>.
- Butler, W.R., 1998:
Review: effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle.
J Dairy Sci 81, pages 2533-2539.
- Calegari, F., Calamari, L., Frazzi, E., 2014:
Fan cooling of the resting area in a free stalls dairy barn.
Int. J. Biometeorol. 58, pages 1225-1236.
- Capuco, A., Smith, J., Waldo, D., Rexroad Jr, C., 1995:
Influence of prepubertal dietary regimen on mammary growth of Holstein heifers.
J. Dairy Sci. 78, pages 2709-2725.

- Capuco, A.V., Akers, M., 2011:
Galactopoiesis, effects of hormones and growth factors,
In: Encyclopedia of Dairy Science Academic Press, London.
- Capuco, A.V., Akers, R.M., 1999:
Mammary involution in dairy animals.
J. Mammary Gland Biol. Neoplasia 4, pages 137-144.
- Capuco, A.V., Akers, R.M., Smith, J.J., 1997:
Mammary growth in Holstein cows during the dry period: quantification of nucleic acids and histology.
J. Dairy Sci. 80, pages 477-487.
- Capuco, A.V., Choudhary, R.K., Daniels, K.M., Li, R.W., Evock-Clover, C.M., 2012:
Bovine mammary stem cells: cell biology meets production agriculture.
Animal 6, pages 382-393.
- Capuco, A.V., Ellis, S., Wood, D.L., Akers, R.M., Garrett, W., 2002:
Postnatal mammary ductal growth: three-dimensional imaging of cell proliferation, effects of estrogen treatment, and expression of steroid receptors in prepubertal calves.
Tissue Cell 34, pages 143-154.
- Capuco, A.V., Ellis, S.E., 2013:
Comparative aspects of mammary gland development and homeostasis,
In: Annual Review of Animal Biosciences, Vol 1.
1. Annual Reviews, Palo Alto, pages 179-202.
- Capuco, A.V., Ellis, S.E., Hale, S.A., Long, E., Erdman, R.A., Zhao, X., Paape, M.J., 2003:
Lactation persistency: insights from mammary cell proliferation studies.
J. Anim. Sci. 81, pages 18-31.
- Capuco, A.V., Evock-Clover, C.M., Minuti, A., Wood, D.L., 2009:
In vivo expansion of the mammary stem/ progenitor cell population by xanthosine infusion.
Exp. Biol. Med. (Maywood) 234, pages 475-482.
- Capuco, A.V., Wood, D.L., Baldwin, R., McLeod, K., Paape, M.J., 2001:
Mammary cell number, proliferation, and apoptosis during a bovine lactation: relation to milk production and effect of bST.
J. Dairy Sci. 84, pages 2177-2187.
- Carpenter, A.J., Ylloja, C.M., Vargas, C.F., Mamedova, L.K., Mendonca, L.G., Coetzee, J.F., Hollis, L.C., Gehring, R., Bradford, B.J., 2016:
Hot topic: Early postpartum treatment of commercial dairy cows with nonsteroidal antiinflammatory drugs increases whole-lactation milk yield.
J. Dairy Sci. 99, pages 672-679.
- Cattle Genome Sequencing International Consortium, 2019:
Btau_5.0.1. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/assembly/GCA_000003205.6#/def.
- Chapinal, N., Leblanc, S.J., Carson, M.E., Leslie, K.E., Godden, S., Capel, M., Santos, J.E., Overton, M.W., Duffield, T.F., 2012:
Herd-level association of serum metabolites in the transition period with disease, milk production, and early lactation reproductive performance.
J. Dairy Sci. 95, pages 5676-5682.

- Chassagne, M., Barnouin, J., Chacornac, J., 1999:
Risk factors for stillbirth in Holstein heifers under field conditions in France: a prospective survey.
Theriogenology 51, pages 1477-1488.
- Choudhary, R.K., Capuco, A.V., 2012:
In vitro expansion of the mammary stem/progenitor cell population by xanthosine treatment.
BMC Cell Biol. 13, page 14.
- Collard, B.L., Boettcher, P.J., Dekkers, J.C., Petitclerc, D., Schaeffer, L.R., 2000:
Relationships between energy balance and health traits of dairy cattle in early lactation.
J. Dairy Sci. 83, pages 2683-2690.
- Collier, R.J., Annen, E.L., Fitzgerald, A.C., 2004:
Prospects for zero days dry.
Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 20, pages 687-701.
- Collier, R.J., Bauman, D.E., 2014:
Update on human health concerns of recombinant bovine somatotropin use in dairy cows.
J. Anim. Sci. 92, pages 1800-1807.
- Collier, R.J., McGrath, M.F., Byatt, J.C., Zurfluh, L.L., 1993:
Regulation of bovine mammary growth by peptide hormones: involvement of receptors, growth factors and binding proteins.
Livest. Prod. Sci. 35, pages 21-33.
- Cook, N.B., Nordlund, K.V., 2004:
Behavioral needs of the transition cow and considerations for special needs facility design.
Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 20, pages 495-520.
- Coppock, C.E., Everett, R.W., Natzke, R.P., Ainslie, H.R., 1974:
Effect of dry period length on Holstein milk production and selected disorders at parturition.
J. Dairy Sci. 57, pages 712-718.
- Cravero, D., Martignani, E., Miretti, S., Macchi, E., Accornero, P., Baratta, M., 2014:
Bovine mammary epithelial cells retain stem-like phenotype in long-term cultures.
Res. Vet. Sci. 97, pages 367-375.
- Dado-Senn, B., Skibieli, A.L., Fabris, T.F., Dahl, G.E., Laporta, J., 2019:
Dry period heat stress induces microstructural changes in the lactating mammary gland.
PLoS ONE 14, page e0222120.
- Dado-Senn, B., Skibieli, A.L., Fabris, T.F., Zhang, Y., Dahl, G.E., Peñagaricano, F., Laporta, J., 2018:
RNA-Seq reveals novel genes and pathways involved in bovine mammary involution during the dry period and under environmental heat stress.
Scientific reports 8, page 11096.
- Dahl, G.E., Elsasser, T.H., Capuco, A.V., Erdman, R.A., Peters, R.R., 1997:
Effects of a long daily photoperiod on milk yield and circulating concentrations of insulin-like growth factor-1.
J. Dairy Sci. 80, pages 2784-2789.
- Dahl, G.E., Petitclerc, D., 2003:
Management of photoperiod in the dairy herd for improved production and health.
J. Anim. Sci. 81 Suppl 3, pages 11-17.

- Dahl, G.E., Tao, S., Thompson, I.M., 2012:
Lactation Biology Symposium: effects of photoperiod on mammary gland development and lactation.
J. Anim. Sci. 90, pages 755-760.
- Daniel, C.W., Robinson, S., Silberstein, G.B., 1996:
The role of TGF-beta in patterning and growth of the mammary ductal tree.
J. Mammary Gland Biol. Neoplasia 1, pages 331-341.
- Davis, S.R., Spelman, R.J., Littlejohn, M.D., 2017:
Breeding and genetics symposium: Breeding heat tolerant dairy cattle: the case for introgression of the "slick" prolactin receptor variant into dairy breeds.
J. Anim. Sci. 95, pages 1788-1800.
- De Kruif, A., Mansfeld, R., Hoedemaker, M., 2014:
Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind,
3., überarbeitete Auflage. Enke Verlag, Stuttgart.
- De Vries, L.D., Dover, H., Casey, T., VandeHaar, M.J., Plaut, K., 2010:
Characterization of mammary stromal remodeling during the dry period.
J. Dairy Sci. 93, pages 2433-2443.
- Deeg, C., Maierl, J., 2016:
Anatomische, physiologische und biochemische Grundlagen der Laktation,
In: Milchkunde und Milchhygiene. UTB GmbH, Stuttgart.
- Dekkers, J.C.M., Ten Hag, J.H., Weersink, A., 1998:
Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle.
Livest. Prod. Sci. 53, pages 237-252.
- Delouis, C., Djiane, J., Houdebine, L.M., Terqui, M., 1980:
Relation between hormones and mammary-gland function.
J. Dairy Sci. 63, pages 1492-1513.
- Dematawena, C.M.B., Berger, P.J., 1997:
Effect of dystocia on yield, fertility, and cow losses and an economic evaluation of dystocia scores for Holsteins.
J. Dairy Sci. 80, pages 754-761.
- Deming, J.A., Bergeron, R., Leslie, K.E., DeVries, T.J., 2013:
Associations of housing, management, milking activity, and standing and lying behavior of dairy cows milked in automatic systems.
J. Dairy Sci. 96, pages 344-351.
- Deutscher Bundestag, 2005:
Gesetz über den Verkehr mit Arzneimitteln.
- Die fruchtbare Kuh, 2018:
Fruchtbarkeitskennzahlen.
<http://www.die-fruchtbare-kuh.ch/Fruchtbarkeitskennzahlen.207.0.html?&L=0> (accessed 8.5.18 2018).
- Doelman, J., Purdie, N.G., Osborne, V.R., Cant, J.P., 2008:
Short communication: the effects of histidine-supplemented drinking water on the performance of lactating dairy cows.
J. Dairy Sci. 91, pages 3998-4001.

- Drackley, J.K., 1999:
Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier?
J. Dairy Sci. 82, pages 2259-2273.
- Drackley, J.K., Cardoso, F.C., 2014:
Prepartum and postpartum nutritional management to optimize fertility in high-yielding dairy cows in confined TMR systems.
Animal 8, pages 5-14.
- Duan, C., 2002:
Specifying the cellular responses to IGF signals: roles of IGF-binding proteins.
J. Endocrinol. 175, pages 41-54.
- Duarte, D.C., Nicolau, A., Teixeira, J.A., Rodrigues, L.R., 2011:
The effect of bovine milk lactoferrin on human breast cancer cell lines.
J Dairy Sci 94, pages 66-76.
- Edmonson, A.J., Lean, I.J., Weaver, L.D., Farver, T., Webster, G., 1989:
A body condition scoring chart for Holstein dairy cows.
J. Dairy Sci. 72, pages 68-78.
- Eley, R.M., Thatcher, W.W., Bazer, F.W., 1979:
Hormonal and physical changes associated with bovine conceptus development.
J Reprod Fertil 55, pages 181-190.
- Enevoldsen, C., Hindhede, J., Kristensen, T., 1996:
Dairy herd management types assessed from indicators of health, reproduction, replacement, and milk production.
J. Dairy Sci. 79, pages 1221-1236.
- Engelhard, T., Zarwel, H., 2013:
Fütterungsmanagement und Fütterungscontrolling in einer Milchviehherde mit hoher Lebensleistung - Schwerpunkt Stoffwechselstabilität,
In: Labordiagnostik in der Bestandsbetreuung, Medizinische Tierklinik, Veterinärmedizinische Fakultät Leipzig, pages 12 - 14.
- Europäische Kommission, 2006:
Verordnung (EG) Nr. 1662/2006.
- Europäische Kommission, 2009:
Verordnung (EU) Nr. 37/2010
Europäisches Parlament und Rat, 2009:
Verordnung (EG) Nr. 470/2009.
- Farney, J.K., Mamedova, L.K., Coetzee, J.F., Minton, J.E., Hollis, L.C., Bradford, B.J., 2013:
Sodium salicylate treatment in early lactation increases whole-lactation milk and milk fat yield in mature dairy cows.
J. Dairy Sci. 96, pages 7709-7718.
- Flachowsky, G., Lebzien, P., Meyer, U., 2002:
Steigende Milchleistungen: Kann die Tierernährung Schritt halten?
Landbauforschung Völkenrode, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig Sonderheft 242, pages 43-52.

- Fleischer, P., Metzner, M., Beyerbach, M., Hoedemaker, M., Klee, W., 2001:
The relationship between milk yield and the incidence of some diseases in dairy cows.
J. Dairy Sci. 84, pages 2025-2035.
- Fölsche, C. 2013:
Milchleistung als ein Faktor der Tiergesundheit und Fruchtbarkeit.
Diss., Dr., Freie Universität Berlin.
- Folsche, C., Staufenbiel, R., 2014:
Milk yield and environmental factors: Multiple regression analysis of the association between
milk yield and udder health, fertility data and replacement rate.
Tierarztl. Prax. Ausg. G Grosstiere Nutztiere 42, pages 69-78.
- Foster, R.A., 2009:
Weibliche Geschlechtsorgane und Milchdrüse,
In: Pathologie der Haustiere. Elsevier GmbH, München, pages 1133-1182.
- Fourichon, C., Beaudeau, F., Bareille, N., Seegers, H., 2005:
Quantification of economic losses consecutive to infection of a dairy herd with bovine viral
diarrhoea virus.
Prev. Vet. Med. 72, pages 177-181.
- Fromm, S., 2012:
Datenanalyse mit SPSS für Fortgeschrittene 2 Multivariate Verfahren für Querschnittsdaten,
2. Auflage.
- Fuhrken, E., 1958:
Untersuchungen über den Verlauf der Laktationskurve bei schwarzbunten Rindern.
Z. Tierzucht. Zuchtungsbiol. 72, pages 330-348.
- Gardner, R., Smith, L., Park, R., 1988:
Feeding and management of dairy heifers for optimal lifetime productivity.
J. Dairy Sci. 71, pages 996-999.
- Gengler, N., 1996:
Persistency of lactation yields: A review.
Interbull Bulletin, pages 87-96.
- Gieseler, C., Schütze, M., 2017:
Fütterungsfehler bei Kühen am Kot erkennen.
<https://blog.fodjan.de/fuetterungsfehler-bei-kuehen-am-kot-erkennen/> (accessed 14.03.2021
2021).
- Green, L.E., Hedges, V.J., Schukken, Y.H., Blowey, R.W., Packington, A.J., 2002:
The Impact of Clinical Lameness on the Milk Yield of Dairy Cows.
J. Dairy Sci. 85, pages 2250-2256.
- Green, L.E., Huxley, J.N., Banks, C., Green, M.J., 2014:
Temporal associations between low body condition, lameness and milk yield in a UK dairy
herd.
Prev. Vet. Med. 113, pages 63-71.
- Gröhn, Y.T., Eicker, S.W., Hertl, J.A., 1995:
The association between previous 305-day milk yield and disease in New York State dairy
cows.
J. Dairy Sci. 78, pages 1693-1702.

- Gröhn, Y.T., Erb, H.N., McCulloch, C.E., Saloniemi, H.S., 1990:
Epidemiology of reproductive disorders in dairy cattle: associations among host characteristics, disease and production.
Prev. Vet. Med. 8, pages 25-39.
- Grum, D.E., Drackley, J.K., Younker, R.S., LaCount, D.W., Veenhuizen, J.J., 1996:
Nutrition during the dry period and hepatic lipid metabolism of periparturient dairy cows.
J. Dairy Sci. 79, pages 1850-1864.
- Gulay, M.S., Hayen, M.J., Liboni, M., Belloso, T.I., Wilcox, C.J., Head, H.H., 2004:
Low doses of bovine somatotropin during the transition period and early lactation improves milk yield, efficiency of production, and other physiological responses of Holstein cows.
J. Dairy Sci. 87, pages 948-960.
- Gundling, N., Ruddat, I., Prien, K., Hellerich, B., Hoedemaker, M., 2015:
Lactational incidences of common diseases in dairy herds in Schleswig-Holstein (Germany): effect of first test-day milk yield, herd milk yield and number of lactation.
Berl. Munch. Tierarztl. Wochenschr. 128, pages 225-232.
- Halasa, T., Huijps, K., Osteras, O., Hogeveen, H., 2007:
Economic effects of bovine mastitis and mastitis management: a review.
Vet. Q. 29, pages 18-31.
- Hale, S.A., Capuco, A.V., Erdman, R.A., 2003:
Milk yield and mammary growth effects due to increased milking frequency during early lactation.
J. Dairy Sci. 86, pages 2061-2071.
- Harrison, R.D., Reynolds, I.P., Little, W., 1983:
A quantitative analysis of mammary glands of dairy heifers reared at different rates of live weight gain.
J. Dairy Res. 50, pages 405-412.
- Hasegawa, N., Nishiwaki, A., Sugawara, K., Ito, I., 1997:
The effects of social exchange between two groups of lactating primiparous heifers on milk production, dominance order, behavior and adrenocortical response.
Appl. Anim. Behav. Sci. 51, pages 15-27.
- Heidari, M., Azari, M.A., Hasani, S., Khanahmadi, A., Zerehdaran, S., 2012:
Effect of polymorphic variants of GH, Pit-1, and beta-LG genes on milk production of Holstein cows.
Genetika 48, pages 503-507.
- Hostens, M., Ehrlich, J., Van Ranst, B., Opsomer, G., 2012:
On-farm evaluation of the effect of metabolic diseases on the shape of the lactation curve in dairy cows through the MilkBot lactation model.
J. Dairy Sci. 95, pages 2988-3007.
- Hovey, R.C., McFadden, T.B., Akers, R.M., 1999:
Regulation of Mammary Gland Growth and Morphogenesis by the Mammary Fat Pad: A Species Comparison.
J. Mammary Gland Biol. Neoplasia 4, pages 53-68.
- Hurley, W.L., 1989:
Mammary gland function during involution.
J. Dairy Sci. 72, pages 1637-1646.

- Imagawa, W., Pedchenko, V.K., Helber, J., Zhang, H., 2002:
Hormone/growth factor interactions mediating epithelial/stromal communication in mammary gland development and carcinogenesis.
J. Steroid Biochem. Mol. Biol. 80, pages 213-230.
- Ingvartsen, K.L., 2006:
Feeding- and management-related diseases in the transition cow - Physiological adaptations around calving and strategies to reduce feeding-related diseases.
Anim. Feed Sci. Technol. 126, pages 175-213.
- Ingvartsen, K.L., Dewhurst, R.J., Friggens, N.C., 2003:
On the relationship between lactational performance and health: is it yield or metabolic imbalance that cause production diseases in dairy cattle? A position paper.
Livest. Prod. Sci. 83, pages 277-308.
- Ingvartsen, K.L., Moyes, K., 2013:
Nutrition, immune function and health of dairy cattle.
Animal 7 Suppl 1, pages 112-122.
- Innovationsteam Milch Hessen, 2005:
MLP-Daten nutzen!
https://www.vrs-nf.de/user/download/MLP_Daten_nutzen_.pdf (accessed 17.10.2019 2019).
- Isaksson, O.G., Eden, S., Jansson, J.O., 1985:
Mode of action of pituitary growth hormone on target cells.
Annu. Rev. Physiol. 47, pages 483-499.
- Jordan, D.C., Aguilar, A.A., Olson, J.D., Bailey, C., Hartnell, G.F., Madsen, K.S., 1991:
Effects of recombinant methionyl bovine somatotropin (somatotribove) in high producing cows milked three times daily.
J. Dairy Sci. 74, pages 220-226.
- Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove, N., Maltz, E., 2002:
Heat stress in lactating dairy cows: a review.
Livest. Prod. Sci. 77, pages 59-91.
- Kafilzadeh, F., Shabankareh, H.K., Targhibi, M.R., 2012:
Effect of chromium supplementation on productive and reproductive performances and some metabolic parameters in late gestation and early lactation of dairy cows.
Biol. Trace. Elem. Res. 149, pages 42-49.
- Kainz, L., 2020:
Die Schattenseiten der Milchindustrie.
In: news.at, <https://www.news.at/a/milchindustrie-schattenseiten-11700927>.
- Kaske, M., Niozas, G., Georgios, T., Römer, A., Wiedemann, S., Steinhöfel, I., Bollwein, H., 2019:
Nur alle 500 Tage ein Kalb?
top agrar 5/2019, pages 12-14.
- Kawashima, C., Amaya Montoya, C., Masuda, Y., Kaneko, E., Matsui, M., Shimizu, T., Matsunaga, N., Kida, K., Miyake, Y.I., Suzuki, M., Miyamoto, A., 2007:
Short communication: A positive relationship between the first ovulation postpartum and the increasing ratio of milk yield in the first part of lactation in dairy cows.
J Dairy Sci 90, pages 2279-2282.

- Kennelly, J.J., Robinson, B., Khorasani, G.R., 1999:
Influence of carbohydrate source and buffer on rumen fermentation characteristics, milk yield, and milk composition in early-lactation Holstein cows.
J. Dairy Sci. 82, pages 2486-2496.
- Klebaniuk, R., Kochman, G., Kowalczyk-Vasilev, E., Grela, E.R., Bakowski, M., Olcha, M., Dunster, F., 2016:
Energy efficiency of diet for periparturient dairy cows supplemented with free fatty acids or glucogenic additives.
Med. Weter. 72, pages 760-767.
- Knight, C.H., Peaker, M., 1982:
Development of the mammary gland.
J. Reprod. Fertil. 65, pages 521-536.
- Koch, C., Landfried, K., 2008:
Konjugierte Linolsäuren in der Milchviehfütterung. Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung.
- Koch, T., 1956:
Die Milchdrüse (Glandula lactifera, Mamma) des Rindes.
Monatshefte Vet.-Med. 11, pages 527-532.
- Koeck, A., Loker, S., Miglior, F., Kelton, D.F., Jamrozik, J., Schenkel, F.S., 2014:
Genetic relationships of clinical mastitis, cystic ovaries, and lameness with milk yield and somatic cell score in first-lactation Canadian Holsteins.
J. Dairy Sci. 97, pages 5806-5813.
- Kofler, J., 2014:
Diagnoseschlüssel zu Klauenerkrankungen für Klauenpfleger & Tierärzte.
- Kofler, J., Fürst-Waltl, B., Burgstaller, J., Steininger, F., Guggenbichler, S., Dourakas, M., Egger-Danner, C., 2017:
Auswirkungen von Lahmheit auf die Fruchtbarkeit und Milchleistung von Milchkühen,
In: ZAR-SeminAR, page 31.
- Koonawootrittriron, S., A Elzo, M., Tumwasorn, S., Sintala, W., 2001:
Lactation curves and prediction of daily and accumulated milk yields in a multibreed dairy herd in Thailand using all daily records.
Thai J. Agric. Sci. 34, pages 123-139.
- Krostitz, S.N., Ulrike; Fischer, Dr. Ralf; Steinhöfel, Dr. Ilka; Walther, Simone; Berger, Hartmut; Pache, Dr. Steffen; Ullrich, Dr. Evelin 2011:
Erarbeitung von Managementhilfen zur Früherkennung von Fruchtbarkeitsstörungen und Eutererkrankungen beim Milchrind.
In: Schriftenreihe des LfULG. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG).
- Kuhn, M.T., Hutchison, J.L., Norman, H.D., 2006:
Dry period length to maximize production across adjacent lactations and lifetime production.
J. Dairy Sci. 89, pages 1713-1722.
- Lamote, I., Meyer, E., Massart-Leen, A.M., Burvenich, C., 2004:
Sex steroids and growth factors in the regulation of mammary gland proliferation, differentiation, and involution.
Steroids 69, pages 145-159.

Lara, A., Mendoza, G.D., Landois, L., Barcena, R., Sanchez-Torres, M.T., Rojo, R., Ayala, J., Vega, S., 2006:

Milk production in Holstein cows supplemented with different levels of ruminally protected methionine.

Livest. Sci. 105, pages 105-108.

Lean, I.J., Galland, J.C., Scott, J.L., 1989:

Relationships between fertility, peak milk yields and lactational persistency in dairy cows.

Theriogenology 31, pages 1093-1103.

Liste, P., 2016:

Nutzungsdauer und Lebensleistung steigt.

<https://www.topagrar.com/news/Rind-Rindernews-Nutzungsdauer-und-Lebensleistung-steigt-5152451.html> (accessed 17.10.2019 2019).

LKV Bayern, 2017:

Herdenmanagement.

<http://www.lkv.bayern.de/mlp/herdenmanagement.html> (accessed 17.10.2019 2019).

Loholter, M., Meyer, U., Rauls, C., Rehage, J., Danicke, S., 2013:

Effects of niacin supplementation and dietary concentrate proportion on body temperature, ruminal pH and milk performance of primiparous dairy cows.

Arch. Anim. Nutr. 67, pages 202-218.

Lomander, H., Gustafsson, H., Frossling, J., Ingvarsten, K., Larsen, T., Svensson, C., 2012:

Effect of supplemental feeding with glycerol or propylene glycol in early lactation on the fertility of Swedish dairy cows.

Reprod. Domest. Anim. 47, pages 988-994.

Losand, B., 2012:

Verkürzt trocken stellen ist keine Allzweckwaffe für Milchkühe.

In: Beiträge zur Tierproduktion. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg Vorpommern, pages 18 - 24.

Losand, B.H., J.; Hammon, H., 2009:

Auswirkungen verkürzten Trockenstellens auf Milchleistung, Gesundheit und Fruchtbarkeit von Hochleistungskühen.

In: Beiträge zur Tierproduktion. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow, pages 9 - 15.

Losinger, W.C., Heinrichs, A.J., 1996:

Dairy operation management practices and herd milk production.

J. Dairy Sci. 79, pages 506-514.

Lucey, S., Rowlands, G.J., Russell, A.M., 1986:

Short-term associations between disease and milk yield of dairy cows.

J. Dairy Res. 53, pages 7-15.

Lührmann, B., 2005:

Viele verschwinden zu früh.

DLZ 11, pages 118-120.

Lyons, D.T., Freeman, A.E., Kuck, A.L., 1991:

Genetics of health traits in Holstein cattle.

J. Dairy Sci. 74, pages 1092-1100.

- Macciotta, N.P., Dimauro, C., Rasso, S.P., Steri, R., Pulina, G., 2011:
The mathematical description of lactation curves in dairy cattle.
Ital. J. Anim. Sci. 10, page e51.
- Mahlkow-Nerge, K., 2003:
Gesunderhaltung der Hochleistungskuh durch gezielte Fütterungsmaßnahmen.
Großtierpraxis 4, pages 17 - 27.
- Martens, H., 2016:
Leistung und Gesundheit von Milchkühen: Bedeutung von Genetik (Ursache) und
Management (Wirkung).
Tierarztl. Prax. Ausg. G Grosstiere Nutztiere 44, pages 253-258.
- Martignani, E., Cravero, D., Miretti, S., Accornero, P., Baratta, M., 2014:
Bovine mammary stem cells: new perspective for dairy science.
Vet. Q. 34, pages 52-58.
- Martignani, E., Eirew, P., Eaves, C., Baratta, M., 2009:
Functional identification of bovine mammary epithelial stem/progenitor cells.
Vet. Res. Commun. 33 Suppl 1, pages 101-103.
- Menn, F., 2017:
Primat der Milchleistung - Können Tierernährung und Tiergesundheit noch mithalten?,
In: 44. Viehwirtschaftliche Fachtagung.
- Methling, W., Busch, W., Amselgruber, W., 2003:
Tiergesundheits- und Tierkrankheitslehre. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- Michel, G., 1994:
Anatomie der Milchdrüse,
In: Euter- und Gesäugekrankheiten. Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart, page 531.
- Mielke, H., 1994:
Physiologie der Laktation,
In: Euter- und Gesäugekrankheiten. Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart, page 531.
- Milchindustrieverband, 2016:
Strukturwandel in der Milcherzeugung.
http://milchindustrie.de/uploads/tx_news/Milchkuhhalter_Kuhbestand_Leistung_Milchmenge_ab_1950_01.pdf (accessed 10.07.17 2017).
- Milchindustrieverband, 2019a:
Milchkuhbestände in Deutschland.
https://milchindustrie.de/wp-content/uploads/2018/11/Milchkuhbest%C3%A4nde-Haltungen_DE-2000-2018_Homepage.pdf (accessed 27.05.19 2019).
- Milchindustrieverband, 2019b:
Milchwirtschaft im Überblick.
<https://milchindustrie.de/wp-content/uploads/2018/12/Milchwirtschaft-im-%C3%9Cberblick.pdf> (accessed 27.05.19 2019).
- Miller, A.R., Stanisiewski, E.P., Erdman, R.A., Douglass, L.W., Dahl, G.E., 1999:
Effects of long daily photoperiod and bovine somatotropin (Trobrest) on milk yield in cows.
J. Dairy Sci. 82, pages 1716-1722.

- Mitz, C.A., Vilorio-Petit, A.M., 2019:
TGF-beta signalling in bovine mammary gland involution and a comparative assessment of MAC-T and BME-UV1 cells as in vitro models for its study.
PeerJ 6, page e6210.
- Molee, A., Poompramun, C., Mernkrathoke, P., 2015:
Effect of casein genes - beta-LGB, DGAT1, GH, and LHR - on milk production and milk composition traits in crossbred Holsteins.
Genet. Mol. Res. 14, pages 2561-2571.
- Monsanto Company, 1993:
Freedom of information summary: 1. Posilac.
- Motyl, T., Gajkowska, B., Zarzyńska, J., Gajewska, M., Lamparska-Przybysz, M., 2006:
Apoptosis and autophagy in mammary gland remodeling and breast cancer chemotherapy.
J Physiol Pharmacol 57 Suppl 7, pages 17-32.
- Murney, R., Stelwagen, K., Wheeler, T.T., Margerison, J.K., Singh, K., 2015a:
The effects of milking frequency in early lactation on milk yield, mammary cell turnover, and secretory activity in grazing dairy cows.
J. Dairy Sci. 98, pages 305-311.
- Murney, R., Stelwagen, K., Wheeler, T.T., Margerison, J.K., Singh, K., 2015b:
The effects of milking frequency on insulin-like growth factor I signaling within the mammary gland of dairy cows.
J. Dairy Sci. 98, pages 5422-5428.
- Nakajima, K., Itoh, F., Nakamura, M., Kawamura, A., Yamazaki, T., Kozakai, T., Takusari, N., Ishisaki, A., 2015:
Short communication: opposing effects of lactoferrin on the proliferation of fibroblasts and epithelial cells from bovine mammary gland.
J. Dairy Sci. 98, pages 1069-1077.
- Neville, M.C., McFadden, T.B., Forsyth, I., 2002:
Hormonal regulation of mammary differentiation and milk secretion.
J. Mammary Gland Biol. Neoplasia 7, pages 49-66.
- Niedersächsisches Ministerium für den ländlichen Raum; Ernährung; Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2017:
Tierschutzleitlinien für die Milchkuhhaltung.
- Nocek, J.E., Kautz, W.P., Leedle, J.A., Block, E., 2003:
Direct-fed microbial supplementation on the performance of dairy cattle during the transition period.
J Dairy Sci 86, pages 331-335.
- Nydegger, F., Schick, M., Ammann, H., 2004:
Milchviehfütterung – Konventionelle Ration oder Totalmischration (TMR) vorlegen?
FAT-Berichte 624.
- O'Connor, J.J., Oltenacu, P.A., 1988:
Determination of Optimum Drying Off Time for Dairy Cows Using Decision Analysis and Computer Simulation.
J. Dairy Sci. 71, pages 3080-3091.

- Parodi, P.W., 2005:
Dairy product consumption and the risk of breast cancer.
J Am Coll Nutr 24, pages 556s-568s.
- Piccardi, M., Macchiavelli, R., Funes, A.C., Bo, G.A., Balzarini, M., 2017:
Fitting milk production curves through nonlinear mixed models.
J. Dairy Res., pages 1-8.
- Plath-Gabler, A., Gabler, C., Sinowatz, F., Berisha, B., Schams, D., 2001:
The expression of the IGF family and GH receptor in the bovine mammary gland.
J. Endocrinol. 168, pages 39-48.
- Plath, A., Einspanier, R., Gabler, C., Peters, F., Sinowatz, F., Gospodarowicz, D., Schams, D., 1998:
Expression and localization of members of the fibroblast growth factor family in the bovine mammary gland.
J. Dairy Sci. 81, pages 2604-2613.
- Plaut, K., Maple, R.L., 1995:
Characterization of binding of transforming growth factor- β 1 to bovine mammary membranes.
J. Dairy Sci. 78, pages 1463-1469.
- Portal Rind, 2017:
Definition der Kennziffern der Besamung und Fruchtbarkeit.
<https://www.dsp-agrosoft.de/glossar/portal-rind/besamung-und-fruchtbarkeit/> (accessed 23.10.2020 2020).
- Purup, S., Sandowski, Y., Sejrsen, K., 1995:
Endocrine effect of IGF-I on mammary growth in prepubertal heifers,
In: Intercellular Signalling in the Mammary Gland. Springer US, Boston, MA, pages 93-94.
- Quarrie, L.H., Addey, C.V., Wilde, C.J., 1994:
Local regulation of mammary apoptosis in the lactating goat.
Biochem. Soc. Trans. 22, page 178s.
- Rabot, A., Sinowatz, F., Berisha, B., Meyer, H.H.D., Schams, D., 2007:
Expression and localization of extracellular matrix-degrading proteinases and their inhibitors in the bovine mammary gland during development, function, and involution.
J. Dairy Sci. 90, pages 740-748.
- Rajala-Schultz, P.J., Grohn, Y.T., McCulloch, C.E., 1999:
Effects of milk fever, ketosis, and lameness on milk yield in dairy cows.
J. Dairy Sci. 82, pages 288-294.
- Rajala, P.J., Gröhn, Y.T., 1998:
Effects of Dystocia, Retained Placenta, and Metritis on Milk Yield in Dairy Cows.
J. Dairy Sci. 81, pages 3172-3181.
- Ray, D., Halbach, T., Armstrong, D., 1992:
Season and lactation number effects on milk production and reproduction of dairy cattle in Arizona.
J. Dairy Sci. 75, pages 2976-2983.

- Reader, J.D., Green, M.J., Kaler, J., Mason, S.A., Green, L.E., 2011:
Effect of mobility score on milk yield and activity in dairy cattle.
J. Dairy Sci. 94, pages 5045-5052.
- Rekik, B., Ben Gara, A., Ben Hamouda, M., Hammami, H., 2003:
Fitting lactation curves of dairy cattle in different types of herds in Tunisia.
Livest. Prod. Sci. 83, pages 309-315.
- Ren, W.B., Xia, X.J., Huang, J., Guo, W.F., Che, Y.Y., Huang, T.H., Lei, L.C., 2019:
Interferon- γ regulates cell malignant growth via the c-Abl/HDAC2 signaling pathway in mammary epithelial cells.
J Zhejiang Univ Sci B 20, pages 39-48.
- Riley, L.G., Williamson, P., Wynn, P.C., Sheeh, P.A., 2008a:
Lactoferrin decreases primary bovine mammary epithelial cell viability and casein expression.
J. Dairy Res. 75, pages 135-141.
- Riley, L.G., Wynn, P.C., Williamson, P., Sheehy, P.A., 2008b:
The role of native bovine alpha-lactalbumin in bovine mammary epithelial cell apoptosis and casein expression.
J. Dairy Res. 75, pages 319-325.
- Roberts, C.J., Reid, I.M., Rowlands, G.J., Patterson, A., 1981:
A fat mobilisation syndrome in dairy cows in early lactation.
Vet. Rec. 108, pages 7-9.
- Robertson, H.A., King, G.J., 1979:
Conjugated and unconjugated oestrogens in fetal and maternal fluids of the cow throughout pregnancy.
J Reprod Fertil 55, pages 463-470.
- Roche, J.R., Friggens, N.C., Kay, J.K., Fisher, M.W., Stafford, K.J., Berry, D.P., 2009:
Invited review: body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare.
J. Dairy Sci. 92, pages 5769-5801.
- Römer, A., 2011:
Untersuchungen zur Nutzungsdauer bei Deutschen Holstein Kühen.
Züchtungskunde 1/2011, pages 8 - 20.
- Römer, A., 2012:
Einflussfaktoren auf die Klauengesundheit von Milchrindern.
In: Forschungsbericht: Beiträge zur Milchproduktion. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow, pages 54 - 58.
- Romero, J.J., Macias, E.G., Ma, Z.X., Martins, R.M., Staples, C.R., Beauchemin, K.A., Adesogan, A.T., 2016:
Improving the performance of dairy cattle with a xylanase-rich exogenous enzyme preparation.
J. Dairy Sci. 99, pages 3486-3496.
- Rossow, N., 2003:
Die Energiebilanzsituation der Milchkuh in der Früh lactation.
Data Service Paretz GmbH.

Rudolphi, B., 2012a:

Analyse der Erkrankungen von Deutschen Holsteins, Auswirkungen von Erkrankungen auf die Milchleistung und Einfluss des Milchleistungsniveaus auf die Erkrankungsraten.
In: Forschungsbericht: Beiträge zur Milchproduktion. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow, pages 29 - 41.

Rudolphi, B., 2012b:

Hochleistung und lange Nutzung von Milchkühen – Widerspruch oder Realität?
In: Forschungsbericht: Beiträge zur Milchproduktion. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow, pages 25 - 28.

Rudolphi, B., 2012c:

Mangelnde Fruchtbarkeit bei Milchkühen: Sind auch Erkrankungen schuld?
In: Forschungsbericht: Beiträge zur Milchproduktion. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow, pages 48 - 53.

Sanftleben, P., 2009:

Tiergerechte Haltung von Milchrindern.
In: Beiträge zur Tierproduktion. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei, Mecklenburg Vorpommern, pages 42-52.

Schams, D., 1972:

Prolactin releasing effects of TRH in the bovine and their depression by a prolactin inhibitor.
Horm. Metab. Res. 4, page 405.

Schams, D., 1994:

Endokrinologie der Laktation,
In: Veterinärmedizinische Endokrinologie.
3. Auflage. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

Schröder, U.J., Staufenbiel, R., 2006:

Invited review: Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness.
J. Dairy Sci. 89, pages 1-14.

Schukken, Y.H., Grommers, F.J., Van de Geer, D., Erb, H.N., Brand, A., 1990:

Risk factors for clinical mastitis in herds with a low bulk milk somatic cell count. 1. Data and risk factors for all cases.
J. Dairy Sci. 73, pages 3463-3471.

Schwerin, M., 2009:

Die Zucht hochleistender und gesunder Milchkühe - nur ein Traum?
Züchtungskunde 81, pages 389 - 396.

Sejrsen, K., 1994:

Relationships between nutrition, puberty and mammary development in cattle.
Proc. Nutr. Soc. 53, pages 103-111.

Sejrsen, K., Huber, J.T., Tucker, H.A., Akers, R.M., 1982:

Influence of Nutrition on Mammary Development in Pre- and Postpubertal Heifers 1.
J. Dairy Sci. 65, pages 793-800.

Sejrsen, K., Purup, S., 1997:

Influence of prepubertal feeding level on milk yield potential of dairy heifers: a review.
J. Anim. Sci. 75, pages 828-835.

- Sejrsen, K., Purup, S., Vestergaard, M., Foldager, J., 2000:
High body weight gain and reduced bovine mammary growth: physiological basis and implications for milk yield potential.
Domest. Anim. Endocrinol. 19, pages 93-104.
- Sheldon, I.M., Lewis, G.S., LeBlanc, S., Gilbert, R.O., 2006:
Defining postpartum uterine disease in cattle.
Theriogenology 65, pages 1516-1530.
- Silva, P.R., Soares, H.F., Braz, W.D., Bombardelli, G.D., Clapper, J.A., Keisler, D.H., Chebel, R.C., 2017:
Effects of treatment of periparturient dairy cows with recombinant bovine somatotropin on health and productive and reproductive parameters.
J. Dairy Sci. 100, pages 3126-3142.
- Simianer, H., Solbu, H., Schaeffer, L.R., 1991:
Estimated genetic correlations between disease and yield traits in dairy cattle.
J. Dairy Sci. 74, pages 4358-4365.
- Sinha, Y.N., Tucker, H.A., 1969:
Mammary development and pituitary prolactin level of heifers from birth through puberty and during the estrous cycle.
J. Dairy Sci. 52, pages 507-512.
- Sinowatz, F., Schams, D., Habermann, F., Berisha, B., Vermehren, M., 2006:
Localization of fibroblast growth factor I (acid fibroblast growth factor) and its mRNA in the bovine mammary gland during mammogenesis, lactation and involution.
Anat. Histol. Embryol. 35, pages 202-207.
- Sinowatz, F., Schams, D., Kolle, S., Plath, A., Lincoln, D., Waters, M.J., 2000:
Cellular localisation of GH receptor in the bovine mammary gland during mammogenesis, lactation and involution.
J. Endocrinol. 166, pages 503-510.
- Sölkner, J., Fuchs, W., 1987:
A comparison of different measures of persistency with special respect to variation of test-day milk yields.
Livest. Prod. Sci. 16, pages 305-319.
- Sordillo, L.M., Nickerson, S.C., 1988:
Morphologic changes in the bovine mammary gland during involution and lactogenesis.
Am. J. Vet. Res. 49, pages 1112-1120.
- Sorensen, B.A., Muir, D.D., Knight, C.H., 2001:
Thrice-daily milking throughout lactation maintains epithelial integrity and thereby improves milk protein quality.
J. Dairy Res. 68, pages 15-25.
- Speicher, J.A., Tucker, H.A., Ashley, R.W., Stanisiewski, E.P., Boucher, J.F., Sniffen, C.J., 1994:
Production responses of cows to recombinantly derived bovine somatotropin and to frequency of milking.
J. Dairy Sci. 77, pages 2509-2517.

- Staufenbiel, R., 1997:
Konditionsbeurteilung von Milchkühen mit Hilfe der sonographischen Rückenfettdickenmessung.
Prakt. Tierarzt 78, pages 87-92.
- Staufenbiel, R., Schröder, U., 2004:
Körperkonditionsbeurteilung durch Ultraschallmessung der Rückenfettdicke.
Veterinärspiegel 14, pages 149-155.
- Stelwagen, K., 2001:
Effect of milking frequency on mammary functioning and shape of the lactation curve.
J. Dairy Sci. 84, pages E204-E211.
- Suzuki, Y., Haga, S., Katoh, D., So, K.H., Choi, K.C., Jung, U.S., Lee, H.G., Katoh, K., Roh, S.G., 2015:
Chemerin is a novel regulator of lactogenesis in bovine mammary epithelial cells.
Biochem. Biophys. Res. Commun. 466, pages 283-288.
- Swanson, L.V., Lind, R.E., 1976:
Lactational response of dairy cows to oral administration of a synthetic glucocorticoid.
J. Dairy Sci. 59, pages 614-619.
- Takeda, K.-i., Sato, S., Sugawara, K., 2000:
The number of farm mates influences social and maintenance behaviours of Japanese Black cows in a communal pasture.
Appl. Anim. Behav. Sci. 67, pages 181-192.
- Tenhagen, B.A., Helmbold, A., Heuwieser, W., 2007:
Effect of various degrees of dystocia in dairy cattle on calf viability, milk production, fertility and culling.
J. Vet. Med. A. Physiol. Pathol. Clin. Med. 54, pages 98-102.
- The Bovine Genome Sequencing and Analysis Consortium, Elsik, C.G., Tellam, R.L., Worley, K.C., 2009:
The genome sequence of taurine cattle: a window to ruminant biology and evolution.
Science 324, pages 522-528.
- Tho Seeth, M., Hoedemaker, M., Krömker, V., 2015:
Die physiologischen Vorgänge im Eutergewebe der Milchkuh während der Trockenstehperiode.
Berl. Munch. Tierarztl. Wochenschr. 128, pages 76-83.
- Trevisi, E., Jahan, N., Bertoni, G., Ferrari, A., Minuti, A., 2015:
Pro-inflammatory cytokine profile in dairy cows: consequences for new lactation.
Ital. J. Anim. Sci. 14, page 3862.
- Tucker, H.A., 1981:
Physiological control of mammary growth, lactogenesis, and lactation.
J. Dairy Sci. 64, pages 1403-1421.
- U.S. Department of Health and Human Services, 2016:
Stem cell information - stem cell basics.
<https://stemcells.nih.gov/info/basics/1.htm> (accessed 17.10.2019 2019).
- U.S. Food and Drug Administration, 1993:
Freedom of information summary - 1. Posilac.

- U.S. Food and Drug Administration, 2016:
Bovine somatotropin (BST).
<http://www.fda.gov/AnimalVeterinary/SafetyHealth/ProductSafetyInformation/ucm055435.htm>
(accessed 17.10.2019 2019).
- Uribe, H.A., Kennedy, B.W., Martin, S.W., Kelton, D.F., 1995:
Genetic parameters for common health disorders of Holstein cows.
J. Dairy Sci. 78, pages 421-430.
- Van Amburgh, M., Galton, D., Bauman, D., Everett, R., Fox, D., Chase, L., Erb, H., 1998:
Effects of three prepubertal body growth rates on performance of Holstein heifers during first lactation.
J. Dairy Sci. 81, pages 527-538.
- van Amburgh, M.E., Galton, D.M., Bauman, D.E., Everett, R.W., 1997:
Management and economics of extended calving intervals with use of bovine somatotropin.
Livest. Prod. Sci. 50, pages 15-28.
- van Dorp, R.T., Martin, S.W., Shoukri, M.M., Noordhuizen, J.P., Dekkers, J.C., 1999:
An epidemiologic study of disease in 32 registered Holstein dairy herds in British Columbia.
Can. J. Vet. Res. 63, pages 185-192.
- Van Dorp, T.E., Dekkers, J.C.M., Martin, S.W., Noordhuizen, J.P.T.M., 1998:
Genetic parameters of health disorders, and relationships with 305-day milk yield and conformation traits of registered Holstein cows.
J. Dairy Sci. 81, pages 2264-2270.
- Van Eetvelde, M., Kamal, M.M., Vandaele, L., Opsomer, G., 2017:
Season of birth is associated with first-lactation milk yield in Holstein Friesian cattle.
Animal, pages 1-8.
- Veauthier, G., 2008:
BST auf dem Rückzug.
In: Elite. Langwirtschaftsverlag GmbH, page 53.
- Veerkamp, R.F., Beerda, B., van der Lende, T., 2003:
Effects of genetic selection for milk yield on energy balance, levels of hormones, and metabolites in lactating cattle, and possible links to reduced fertility.
Livest. Prod. Sci. 83, pages 257-275.
- Velasco, M., 2017:
IDFA position on bovine somatotropin (bST or bGH).
<http://www.idfa.org/key-issues/labeling-standards/rbst> (accessed 01.03.2017 2017).
- Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung, 2018:
VIT-Jahresbericht 2017.
- Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung, 2019:
VIT-Jahresbericht 2018.
- Verweij, J.J., Koets, A.P., Eisenberg, S.W., 2014:
Effect of continuous milking on immunoglobulin concentrations in bovine colostrum.
Vet. Immunol. Immunopathol. 160, pages 225-229.

von Patow, C.F., 1930:

Weitere Studien über die Vererbung der Milchleistung beim Rinde.

Z. Tierzucht. Zuchtungsbiol. 17, pages 3-159.

Wall, E.H., Auchtung, T.L., Dahl, G.E., Ellis, S.E., McFadden, T.B., 2005:

Exposure to short day photoperiod during the dry period enhances mammary growth in dairy cows.

J. Dairy Sci. 88, pages 1994-2003.

Wall, E.H., McFadden, T.B., 2007:

Optimal timing and duration of unilateral frequent milking during early lactation of dairy cows.

J. Dairy Sci. 90, pages 5042-5048.

Wangler, A., Blum, E., Böttcher, I., P., S., 2009:

Lebensleistung und Nutzungsdauer von Milchkühen aus der Sicht einer effizienten Milchproduktion.

Züchtungskunde 81, pages 341-360.

Wangler, A., Harms, J., 2006:

Werden Hochleistungskühe häufiger krank?

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg Vorpommern.

Wangler, A., Harms, J., 2009:

Lebensleistung, Nutzungsdauer und Gesundheit von Milchkühen in Abhängigkeit vom Leistungsniveau.

In: Beiträge zur Tierproduktion. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg Vorpommern, pages 16 - 24.

Wangler, A., Sanftleben, P., 2007:

Behandlungshäufigkeit bei Milchkühen in Praxisbetrieben in Abhängigkeit von der Milchleistung.

Tierarztl. Prax. Ausg. G Grosstiere Nutztiere 35, pages 408-413.

Weaver, S.R., Hernandez, L.L., 2016:

Autocrine-paracrine regulation of the mammary gland.

J. Dairy Sci. 99, pages 842-853.

Weber, W.J., Wallace, C.R., Hansen, L.B., Chester-Jones, H., Crooker, B.A., 2007:

Effects of genetic selection for milk yield on somatotropin, insulin-like growth factor-I, and placental lactogen in Holstein cows.

J. Dairy Sci. 90, pages 3314-3325.

Wilde, C.J., Addey, C.V., Li, P., Fernig, D.G., 1997:

Programmed cell death in bovine mammary tissue during lactation and involution.

Exp. Physiol. 82, pages 943-953.

Wilde, C.J., Calvert, D.T., Daly, A., Peaker, M., 1987:

The effect of goat milk fractions on synthesis of milk constituents by rabbit mammary explants and on milk yield in vivo. Evidence for autocrine control of milk secretion.

Biochem. J. 242, pages 285-288.

Wilde, C.J., Knight, C.H., 1989:

Metabolic adaptations in mammary gland during the declining phase of lactation.

J. Dairy Sci. 72, pages 1679-1692.

- Wilde, C.J., Knight, C.H., Flint, D.J., 1999:
Control of milk secretion and apoptosis during mammary involution.
J. Mammary Gland Biol. Neoplasia 4, pages 129-136.
- Wilmink, J.B.M., 1987:
Adjustment of test-day milk, fat and protein yield for age, season and stage of lactation.
Livest. Prod. Sci. 16, pages 335-348.
- Wilton, J.W., Burnside, E.B., Rennie, J.C., 1967:
Effects of days dry and days open on milk and butterfat production of Holstein-friesian cattle.
Can. J. Anim. Sci. 47, pages 85-&.
- Wiseman, B.S., Werb, Z., 2002:
Development - Stromal effects on mammary gland development and breast cancer.
Science 296, pages 1046-1049.
- Witt, M., Flock, D.D., Pfeleiderer, U.E., 1969:
Untersuchungen über den Verlauf von Laktationskurven auf der Grundlage täglicher Milch-
und Fettkontrollen.
Z. Tierzucht. Zuechtungsbiol. 86, pages 1-29.
- Wood, P.D.P., 1967:
Algebraic model of the lactation curve in cattle.
Nature 216, pages 164-165.
- Xia, X., Che, Y., Gao, Y., Zhao, S., Ao, C., Yang, H., Liu, J., Liu, G., Han, W., Wang, Y., Lei, L., 2016:
Arginine Supplementation Recovered the IFN- γ -Mediated Decrease in Milk Protein and Fat Synthesis by Inhibiting the GCN2/eIF2 α Pathway, Which Induces Autophagy in Primary Bovine Mammary Epithelial Cells.
Mol Cells 39, pages 410-417.
- Yart, L., Lollivier, V., Marnet, P.G., Dessauge, F., 2014:
Role of ovarian secretions in mammary gland development and function in ruminants.
Animal 8, pages 72-85.
- Zarzyńska, J., Gajewska, M., Motyl, T., 2005:
Effects of hormones and growth factors on TGF- β 1 expression in bovine mammary epithelial cells.
J. Dairy Res. 72, pages 39-48.
- Zhao, C., Meng, L., Hu, H., Wang, X., Shi, F., Wang, Y., Li, Q., Lin, A., 2010:
Spontaneously immortalised bovine mammary epithelial cells exhibit a distinct gene expression pattern from the breast cancer cells.
BMC Cell Biol 11, page 82.
- Zur Hausen, H., De Villiers, E.M., 2015:
Dairy cattle serum and milk factors contributing to the risk of colon and breast cancers.
Int J Cancer 137, pages 959-967.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung der angenommenen Hierarchie mammärer Epithelzellen der bovinen Milchdrüse. Modifiziert nach Borena et al. (2013) und Rauner and Barash (2012).....	4
Abbildung 2: Referenzlaktationskurve für Laktation 1 (dünne Linien) und Laktation 3 (dicke Linien) mit niedriger, mittlerer und hoher Persistenz; modifiziert nach Dekkers et al. (1998).....	13
Abbildung 3: Strukturwandel in der Milcherzeugung (Milchindustrieverband, 2016).....	18
Abbildung 4: Nettoenergiebilanz einer Hochleistungskuh (schematisch). A = Initialphase, B = adaptierte oder Hauptphase, C = Endphase der Nettoenergiebilanz; modifiziert nach Rossow (2003).....	21
Abbildung 5: Körpermasse und Body-Condition-Scoring-Noten im Laktationsverlauf bei Holstein Kühen (Brade, 2015).....	22
Abbildung 6: Beispiele für deutliche Leistungsschwankungen im Laktationsverlauf; Pfeile in der jeweiligen Farbe der Laktationskurve weisen auf die auffälligen Leistungsschwankungen.....	42
Abbildung 7: Histogramme der Verteilung der 100- und 200-Tage-Leistung aller Laktationsnummern.....	48
Abbildung 8: Histogramm der Verteilung der 305-Tage-Leistung der Vorlaktation aller Laktationsnummern.....	48
Abbildung 9: Histogramm der Verteilung der 305-Tage-Leistung aller Laktationsnummern ..	49
Abbildung 10: Histogramme der Verteilung der 305-Tage-Leistung der Laktationsnummern 1 und 5+	49
Abbildung 11: Streudiagramme zum Zusammenhang von mittlerer Tagesleistung in LW 14 und Trockensubstanzaufnahme in LW 1 bzw. Energieaufnahme in LW 14.....	56
Abbildung 12: Streudiagramme zum Zusammenhang von mittlerer Tagesmilchmenge in LW 1 und Trockensubstanzaufnahme in LW 1 sowie mittlerer Tagesleistung in LW 14 und Energieaufnahme in LW 1	56
Abbildung 13: Laktationskurven mit angestrebter Form.....	57
Abbildung 14: Laktationskurven mit hoher Persistenz	58
Abbildung 15: Laktationskurven mit schlechter Persistenz	59

Abbildung 16: Streudiagramme zum Zusammenhang von Tagesmilchmengen 3 und 4 sowie Tagesmilchmenge LT 2 und 305-Tage-Leistung	63
Abbildung 17: Streudiagramme zum Zusammenhang von Tagesmilchmenge LT 4 und 100- sowie 305-Tage-Leistung.....	63
Abbildung 18: Streudiagramme zum Zusammenhang von Gesamtmilchmenge LT 1-6 und LW 1 sowie LT 1-2 und 305-Tage-Leistung	64
Abbildung 19: Streudiagramme zum Zusammenhang von Gesamtmilchmenge in LW 1 und 100- sowie 305-Tage-Leistung.....	65
Abbildung 20: Streudiagramme zum Zusammenhang von Wochenleistung LW 1 und 14 sowie LW 2 und 3.....	69
Abbildung 21: Streudiagramme zum Zusammenhang von Wochenleistung LW 7 und 100-Tage-Leistung sowie Wochenleistung LW 7 und 305-Tage-Leistung.....	69
Abbildung 22: Laktationskurven mit mehreren Leistungen auf Peakniveau; Pfeile in der jeweiligen Farbe der Laktationskurve weisen auf die eigentlichen Peakleistungen und Peak-nahen Leistungen hin	71
Abbildung 23: Höhe der 50-Tage-Leistung in Abhängigkeit der Laktationsnummern; 5+ = ab Laktation 5	74
Abbildung 24: Streudiagramme zum Zusammenhang von Rückenfettdicke zum Trockenstellen und 50-Tage-Leistung sowie 305-Tage-Vorlaktationsleistung und 100-Tage-Leistung	75
Abbildung 25: Gesamtablieferungsmilch des untersuchten Betriebes im Jahr 2016	106

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Prozentuale Gewebezusammensetzung der bovinen Milchdrüse in verschiedenen Entwicklungsstadien	6
Tabelle 2: Durchschnittliche Milchleistungen in den einzelnen Laktationen der Rasse Holstein-Friesian in Deutschland für das Jahr 2018, aus dem Jahresbericht von Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung (2019)	23
Tabelle 3: Verschiedene Melkfrequenzen und ihr Einfluss auf die Milchleistung	24
Tabelle 4: Zusatzstoffe mit Wirkung auf Euter und Milchbildung	26
Tabelle 5: Zusatzstoffe mit Wirkung auf den Stoffwechsel allgemein	26
Tabelle 6: Zusatzstoffe mit Wirkung auf Futteraufnahme und -verwertung	27
Tabelle 7: Der Einfluss von rbST ^a auf die Milchleistung	27
Tabelle 8: Milchleistungssteigernde Medikamente	29
Tabelle 9: Altersaufbau der milchleistungsgeprüften Kühe in der BRD, modifiziert nach Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung (2019)	36
Tabelle 10: Aufteilung der untersuchten Gruppen nach Laktationsnummern	37
Tabelle 11: Rationszusammensetzung der Laktationsgruppen (Durchschnitt der Jahre 2015 und 2016)	38
Tabelle 12: Definition der Milchmengen-Variablen	40
Tabelle 13: Einteilung der Persistenz in Kategorien	42
Tabelle 14: Definitionen der Erkrankungsfälle	43
Tabelle 15: Zuordnung der aufgetretenen Krankheiten zu Erkrankungskomplexen	44
Tabelle 16: Definition der Fruchtbarkeitskennzahlen	45
Tabelle 17: Interpretation der Werte des Korrelationskoeffizienten r; modifiziert nach Bühl (2014)	46
Tabelle 18: Mittlere kumulierte Milchleistungen für 100, 200 und 305 Laktationstage der aktuellen oder der Vorlaktation in kg, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer	47
Tabelle 19: Wöchentliche Futteraufnahme in der Frisch- und Früh-laktation 2015 und 2016	50
Tabelle 20: Mittlere Energie-, Rohfaser- und Nährstoffgehalte der analysierten Futterrationen für die Frisch- und Früh-laktation 2015	52

Tabelle 21: Mittlere Energie-, Rohfaser- und Nährstoffgehalte der analysierten Futterrationen für die Frisch- und Früh lactation 2016, Fütterungsgruppe 1.....	52
Tabelle 22: Mittlere Energie-, Rohfaser- und Nährstoffgehalte der analysierten Futterrationen für die Frisch- und Früh lactation 2016, Fütterungsgruppe 2.....	53
Tabelle 23: Korrelation von Trockensubstanzaufnahme und verschiedenen Milchleistungen	55
Tabelle 24: Korrelation von Energieaufnahme und verschiedenen Milchleistungen	55
Tabelle 25: Kategoriale Einordnung von Laktationskurven	57
Tabelle 26: Persistenz der Milchleistungen, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer.....	58
Tabelle 27: Mittlere Tagesmilchleistungen der ersten Laktationstage in kg, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer	60
Tabelle 28: Mittlere kumulierte Tagesmilchleistungen der ersten 7 Laktationstage in kg, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer.....	61
Tabelle 29: Korrelation von verschiedenen Tagesmilchleistungen der ersten Laktationswoche und kumulierten Milchleistungen	62
Tabelle 30: Korrelation von verschiedenen Gesamtleistungen in der ersten Laktationswoche und kumulierten Milchleistungen	64
Tabelle 31: Mittlere Wochenmilchleistungen in kg, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer	65
Tabelle 32: Mittlere Gesamtwochenmilchleistungen in kg, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer	67
Tabelle 33: Korrelation von verschiedenen Wochen- und kumulierten Milchleistungen	68
Tabelle 34: Korrelation der 100-, 200- und 305-Tage-Milchleistung	70
Tabelle 35: Peakleistung in kg und Peak lactationstag, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer	70
Tabelle 36: Mindestens eine Peak-nahe Leistung im Verlauf der ersten 100 Laktationstage	71
Tabelle 37: Mittlere Milcheinsatzleistungen in kg, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer.	72
Tabelle 38: Mögliche Einflussfaktoren auf die Start- und Einsatzleistung, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer	73
Tabelle 39: Mediane in kg Milch mit Abhängigkeiten von der Höhe verschiedener Einsatzleistungen und Laktationsnummern	73

Tabelle 40: Einflussfaktoren der Vorlaktation auf die Start- und Einsatzleistung	74
Tabelle 41: Positive Trächtigkeitsuntersuchung, aufgeteilt nach Laktationsabschnitten.....	75
Tabelle 42: Besamungsaufwand (Anzahl der Besamungen tragender Tiere in der aktuellen Laktation).....	76
Tabelle 43: Ergebnis der Trächtigkeitsuntersuchung nach erster Besamung, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer	76
Tabelle 44: Fruchtbarkeitskennzahlen, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer	76
Tabelle 45: Einfluss verschiedener Milchleistungen auf die Reproduktionsleistung während der aktuellen Laktation.....	77
Tabelle 46: Korrelation von verschiedenen Milchleistungen und Reproduktionsparametern der aktuellen Laktation.....	79
Tabelle 47: Häufigkeiten auftretender Erkrankungen im Untersuchungszeitraum, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer.....	81
Tabelle 48: Häufigkeiten auftretender Klauenerkrankungen im Untersuchungszeitraum	81
Tabelle 49: Häufigkeiten auftretender Allgemeinerkrankungen im Untersuchungszeitraum..	82
Tabelle 50: Einfluss verschiedener Tages- und Wochenmilchleistungen auf das Entstehen von Erkrankungen in der Gesamtlaktation.....	83
Tabelle 51: Einfluss verschiedener Tages- und Wochenmilchleistungen auf das Entstehen von Erkrankungskomplexen in der Gesamtlaktation	84
Tabelle 52: Einfluss der aktuellen Milchleistungskurve auf das Entstehen von Erkrankungen	86
Tabelle 53: Einfluss der aktuellen Milchleistungskurve auf das Entstehen von Erkrankungskomplexen während der aktuellen Laktation	88
Tabelle 54: Abgangsraten, aufgeschlüsselt nach Laktationsnummer	91
Tabelle 55: Abgangsursachen.....	91
Tabelle 56: Einfluss verschiedener Tages- und Wochenmilchleistungen auf das Abgehen in der aktuellen Laktation.....	92
Tabelle 57: Einfluss der aktuellen Milchleistungskurve auf die Abgangswahrscheinlichkeit während der aktuellen Laktation.....	94

Danksagung

Vielen Dank an Professor Dr. Rudolf Staufenbiel für die Betreuung der Dissertation.

Zudem gilt mein Dank allen, die mir bei der Verwirklichung dieses Projektes durch fachliche und technische Unterstützung sowie Inspiration geholfen haben:

Jaqueline Baeumer

Thomas Engelhard

Lisa Fiene

Andreas Forkmann

Dr. Horst Hilmert

Theresa Ihrke

Kilian Peisker

Dr. Laura Pieper

Franziska Reister

Dr. Tobias Ripp

Dr. Andrea Roder

Anja West

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt habe.
Ich versichere, dass ich ausschließlich die angegebenen Quellen und Hilfen in Anspruch
genommen habe.

Berlin, den 19.05.2021

Franka Pauly



9 783967 291155

mbvberlin mensch und buch verlag

49,90 Euro | ISBN: 978-3-96729-115-5