

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

**Vergleich der ultrasonographischen Messung der
Rückenfettdicke mit der kombinierten Messung
der Rückenfett- und Muskeldicke als Maß zur
Körperkonditionsbeurteilung von Milchkühen**

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

**vorgelegt von
Tobias Grottendieck
Tierarzt aus Bramsche**

**Berlin 2022
Journal-Nr.: 4363**

Aus der Klinik für Klautiere
des Fachbereichs Veterinärmedizin der
Freien Universität Berlin

**Vergleich der ultrasonographischen Messung der Rückenfettdicke mit der
kombinierten Messung der Rückenfett- und Muskeldicke als Maß zur
Körperkonditionsbeurteilung von Milchkühen**

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

vorgelegt von

Tobias Grottendieck

Tierarzt aus Bramsche

Berlin 2022

Journal-Nr.: 4363

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Uwe Rösler
Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Rudolf Staufenbiel
Zweiter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Johannes Handler
Dritter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Diana Meemken

Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):

dairy cows; backfat; ultrasonography; body condition; calving; milk yield; fertility;
lactation number; animal production

Tag der Promotion: 11.10.2022

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: 978-3-96729-185-8

Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2022

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 2022 Choriner Str. 85 - 10119 Berlin
verlag@menschundbuch.de – www.menschundbuch.de

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Literaturübersicht	3
2.1	Energiezyklus und Fettstoffwechsel der Milchkuh während der Laktation	3
2.1.1	Subkutanes und intramuskuläres Fett	5
2.1.2	Hormonelle Regulation und Metabolitenverteilung.....	6
2.1.3	Muskel- und Proteinstoffwechsel.....	7
2.2	Methoden zur Beurteilung der Körperkondition	9
2.2.1	Body Condition Scoring	9
2.2.2	Lebendmasse	9
2.2.3	Rückenfettdickenmessung	10
2.3	Körperkondition im peripartalen Zeitraum.....	12
2.3.1	Optimale Körperkondition und ihre Entwicklung in der Trockensteh- und Vorbereitungsperiode	12
2.3.2	Körperkondition zum Zeitpunkt der Kalbung	14
2.3.3	Körperkondition zu Beginn der Laktation	15
2.4	Einfluss der Körperkondition auf ausgewählte Parameter.....	17
2.4.1	Milchleistung.....	17
2.4.2	Fruchtbarkeit.....	18
2.4.3	Tiergesundheit.....	20
3	Material und Methoden	27
3.1	Untersuchungszeitraum.....	27
3.2	Beschreibung des untersuchten Betriebes	27
3.3	Fütterung	28
3.4	Reproduktionsmanagement.....	29
3.5	Untersuchungsstiere.....	29

3.6	Einteilung der Untersuchungen	30
3.6.1	Untersuchung 1	30
3.6.2	Untersuchung 2	31
3.7	Messtechnik	31
3.8	Datensatz	32
3.9	Datenerfassung zur Milchmengenleistung und Fruchtbarkeit	33
3.10	Dokumentation	33
3.11	Statistische Auswertung	33
3.11.1	Deskriptive Statistik	33
3.11.2	Analytische Statistik	34
4	Ergebnisse	35
4.1	Methodischer Fehler	35
4.2	Deskriptive Statistik	36
4.2.1	Rückenfettdicke 1	36
4.2.2	Rückenfettmuskeldicke	39
4.2.3	Muskeldicke	42
4.2.4	Rückenfettdicke 2	44
4.2.5	Lebendmasse	46
4.2.6	Body Condition Score	48
4.2.7	Milchleistungsparameter	49
4.2.8	Fruchtbarkeit	50
4.3	Analytische Statistik	51
4.3.1	Einfluss der Laktationszahl auf die Rückenfettmuskeldicke	51
4.3.2	Zusammenhang zwischen der Rückenfettmuskeldicke und verschiedenen Konditionsparametern	55
4.3.3	Zusammenhang zwischen der Rückenfettmuskeldicke und verschiedenen Milchleistungsparametern	76
4.3.4	Zusammenhang zwischen der Rückenfettmuskeldicke und verschiedenen Fruchtbarkeitsparametern	82

4.4	Ergebnisübersicht im multivariablen Modell	87
5	Diskussion	91
5.1	Laktations- und Altersabhängigkeit der Rückenfettmuskeldicke	91
5.2	Rückenfettmuskeldicke als Konditionsparameter	92
5.2.1	Rückenfettmuskeldicke und Rückenfettdicke 1	92
5.2.2	Rückenfettmuskeldicke und Body Condition Score	94
5.2.3	Rückenfettmuskeldicke und Lebendmasse	95
5.3	Zusammenhang zwischen Rückenfettmuskeldicke und verschiedenen Milchleistungsparametern	96
5.3.1	Rückenfettmuskeldicke und 100-Tage-Milchleistung	96
5.3.2	Rückenfettmuskeldicke und 305-Tage-Milchleistung	97
5.3.3	Rückenfettmuskeldicke und Fett-Eiweiß-Quotient	98
5.4	Zusammenhang zwischen Rückenfettmuskeldicke und verschiedenen Fruchtbarkeitsparametern	99
5.4.1	Rückenfettmuskeldicke und Zwischenkalbezeit	99
5.4.2	Rückenfettmuskeldicke und Besamungshäufigkeit	100
6	Schlussfolgerungen	103
7	Zusammenfassung	105
8	Summary	107
9	Literaturverzeichnis	109
10	Abbildungsverzeichnis	121
11	Tabellenverzeichnis	123
12	Publikationsverzeichnis	127
13	Danksagung	128
14	Finanzierungsquellen und Interessenskonflikte	129
15	Selbstständigkeitserklärung	130

Abkürzungsverzeichnis

Acetyl-CoA	Acetyl-Coenzym A
Abb.	Abbildung
a.p.	ante partum
BCS	Body Condition Score
BFMT	backfat-muscle thickness
BFT	backfat thickness
bzw.	beziehungsweise
cAMP	cyclisches Adenosinmonophosphat
d	Tag
DMI	dry matter intake (Trockensubstanzaufnahme)
EFS	Einzelfutterstrecke
FCM	fettkorrigierte Milchmenge
FD	Fettdicke
FFA	Freie Fettsäure
g	Gramm
kg	Kilogramm
LM	Lebendmasse
MD	Muskeldicke
MHz	Megahertz
mm	Millimeter
n	Anzahl
NDF	neutral detergent fiber
p.p.	post partum
RFD 1	Rückenfettdicke nach Messmethode 1
RFD 2	Rückenfettdicke nach Messmethode 2
RFMD	Rückenfettmuskeldicke
RZ	Rastzeit
SMR	Schwarzbuntes Milchrind
Tab.	Tabelle
TMR	Totale Mischration
TM	Trockenmasse
TS 1	Trockenstehperiode (8-3 Wochen a.p.)
TS 2	Vorbereitungsperiode (3-1 Woche a.p.)
Wo	Wochen
ZKZ	Zwischenkalbezeit

1 Einleitung

Die deutsche Landwirtschaft unterliegt seit Jahrzehnten einem starken Wandel. Die steigenden Anforderungen an artgerechte Tierhaltung, umwelt- und ressourcenschonenden Futtermittelanbau sowie der schwankende Milchpreis bedrohen die Liquidität der landwirtschaftlichen Betriebe (BMEL 2020a, BMEL 2020b). Seit den 1950er Jahren sinkt deshalb die Anzahl an milchkuhhaltenden Betrieben. Gleichzeitig expandieren verbleibende Betriebe und investieren in größere Betriebsstrukturen mit höheren Tierzahlen (BLE 2020). Eine leistungsoptimierte und damit kosteneinsparende Fütterung bei gleichzeitig bester Tiergesundheit und hoher Leistung sind probate Mittel, wirtschaftliche Verluste zu minimieren und kosteneffizienter zu arbeiten.

Die hohe Individualleistung einer Milchkuh bringt jedoch eine Diskrepanz zwischen Energieaufnahme und -bedarf mit sich. Zu Beginn der Laktation ist der erhöhte Energiebedarf jedoch kaum zu decken. Hier wird auf die körpereigene Energiereserve in Form von Fett und Protein zurückgegriffen (Kuhla et al. 2016). Eine adäquate Körperkondition zum Zeitpunkt der Kalbung ist dabei entscheidend für die spätere Tiergesundheit und Milchleistung und sollte deshalb ein wichtiger Bestandteil des Trockenstehmanagements sein (Roche et al. 2009, Pires et al. 2013).

Die konventionelle Beurteilung der Kondition erfolgt üblicherweise durch die visuelle Bonitierung des Body Condition Scores (BCS) und der Lebendmassewägung (Edmonson et al. 1989). Erstes unterliegt dabei stark den subjektiven Einschätzungen und Erfahrungen des Durchführenden. Die Lebendmassewägung wird wiederum durch das Graviditätsstadium sowie die Futter- und Wasseraufnahme beeinflusst.

Die ultraschallbasierte Rückenfettdickenmessung (RFD1) ist eine objektive und einfach durchzuführende Methode zur Beurteilung des Konditionsstatus des Tieres (Klawuhn und Staufenbiel 1997). Allerdings erfordert die Auffindung des exakten Messpunktes sowie das Ablesen der Rückenfettdicke am Ultraschallgerät ein geschultes Auge.

Die im Rahmen dieser Dissertation neu entwickelte Methode der ultrasonographischen Rückenfettmuskeldickenmessung (RFMD) bietet vor allem einen leichter zu identifizierenden Messpunkt sowie die Möglichkeit der Berücksichtigung der Proteinmobilisation. Die RFMD ist dabei die Summe aus der Rückenfettdicke (RFD2) und der Muskeldicke des Musculus gluteus medius (MD).

Das Ziel der Dissertation ist es, die folgenden Fragestellungen zu klären:

1. Liefert die Rückenfettmuskeldickenmessung verlässliche Werte zur Einschätzung der Körperkondition bei Milchkühen?
2. Bietet die Rückenfettmuskeldickenmessung gegenüber der klassischen Rückenfettmessung am Messpunkt 1, dem BCS und der Lebendmassewägung Vorteile?
3. Steht die Muskeldicke in einem direkten Zusammenhang mit der Rückenfettdicke als Konditionsparameter und ist die Dokumentation der Proteinmobilisation essenziell zur Einschätzung der Körperkondition?
4. Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Rückenfettmuskeldicke zum Zeitpunkt der Kalbung und der Milchleistung sowie der Fruchtbarkeit?

2 Literaturübersicht

2.1 Energiezyklus und Fettstoffwechsel der Milchkuh während der Laktation

Aufgrund hoher Zuchterfolge konnten in den letzten Jahrzehnten immer höhere Milchleistungen erzielt werden. Im Jahr 2020 wurde eine durchschnittliche Milchleistung von 8.457kg Milch/Kuh/Jahr ermolken (Ahrens 2021). Im Vergleich dazu lag die Milchleistung im Jahr 2005 bei 6.761kg Milch/Kuh/Jahr (Wüstermann und Çaglar 2016). Bei einer solch hohen Milchleistung ist ein intensiver Stoffwechsel eine grundlegende Voraussetzung (Staufenbiel et al. 2003). Das Futteraufnahmevermögen konnte jedoch einen nicht so großen Fortschritt verzeichnen. Nach diversen Autoren ist die Futteraufnahme zum limitierenden Faktor geworden und es bedarf im Zusammenhang mit einer weiteren Milchleistungssteigerung einer züchterischen Verbesserung der Trockensubstanzaufnahme. Dieser Fortschritt kann durch die Optimierung des genetischen Potentials erreicht werden (de Haas et al. 2015, McParland et al. 2015, Harder et al. 2019).

Zum Zeitpunkt der Kalbung besitzen die Tiere noch nicht ihr volles Futteraufnahmevermögen. Dieses nimmt erst nach der Kalbung allmählich zu und ist unter anderem abhängig von der Laktationszahl (Reshalaitihan et al. 2019). Durch die nicht ausreichende Trockensubstanzaufnahme (engl. dry matter intake - DMI) können nur etwa 40-48% der benötigten Energie abgedeckt werden (Van Arendonk et al. 1991). Kurz nach der Kalbung steigt die Milchleistung sprunghaft bis zu ihrem Maximum nach circa vier bis sieben Wochen p.p., wohingegen die maximale Futteraufnahme erst nach ca. 8 bis 11 Wochen p.p. erreicht ist (Staufenbiel et al. 1989, Staufenbiel 1997). Demnach übersteigt in der Früh-laktation der Energiebedarf für Erhaltung und Leistung die realisierbare Energieaufnahme, weshalb die Tiere in eine negative Energiebilanz geraten (Lucy 2001). Die Energiebilanz wurde auf -5,8 Mcal/d um die Kalbezeit und auf bis zu -20 Mcal/d im ersten Laktationsmonat geschätzt (Grummer et al. 2004). Eine grundlegende Bedeutung kommt der Fähigkeit zur Fett- und Proteinmobilisation in der Früh-laktation zu (van der Drift et al. 2012, Kuhla et al. 2016, Scholte et al. 2017). Das Körperfett ist in Form von Lipiden in den Adipozyten gespeichert (Bauman und Currie 1980) und dient als wichtigste Energiereserve, um die postpartale negative Energiebilanz auszugleichen (Leuthold und Reinecke 1987, Staufenbiel et al. 1989, Staufenbiel 1992).

Die Abnahme der Körperkondition dauerte laut vorangegangener Studien etwa acht Wochen (Domecq et al. 1997, van der Drift et al. 2012). Die Dauer und Intensität der Nutzung von körpereigenen Energiereserven sind dabei abhängig von der Milchleistung und der Körperkondition zum Zeitpunkt der Kalbung. Mit steigender Milchleistung kommt es zu einer

vermehrten und verlängerten Fettmobilisation (Staufenbiel et al. 2003, van der Drift et al. 2012). Ebenso verhält es sich bei zunehmender Körperkondition (Pedron et al. 1993). Die Fettmobilisation variiert dabei stark tierindividuell zwischen 8 und 57kg (Tamminga et al. 1997). Etwa 33% der Milchmenge im ersten Laktationsmonat können dadurch aus körpereigenem Fett generiert werden (Bauman und Currie 1980).

Um die Menge an mobilisiertem Fett zu messen, haben Staufenbiel et al. (1992) die Rückenfettdickenänderung als Parameter herangezogen. Eine stärkere Lipolyse geht mit einer stärkeren Rückenfettdickenabnahme einher. Mit fortschreitender Laktation geht die negative Energiebilanz durch die langsam steigende Futteraufnahme und das allmähliche Absinken der Milchleistung in eine positive Energiebilanz über. In dieser Phase übersteigt die Energieaufnahme den Energiebedarf und es kommt zum Konditionsaufbau (Rossow und Staufenbiel 1983, Staufenbiel et al. 1989). Eine Zunahme kann auch in der Rückenfettdickenänderung verzeichnet werden. Sie spiegelt damit den Grad der Lipogenese wider (Staufenbiel et al. 1992). Staufenbiel (1993) beschrieb diesen Verlauf als den Lebendmasse-Energie-Zyklus einer Milchkuh (Abbildung 1).

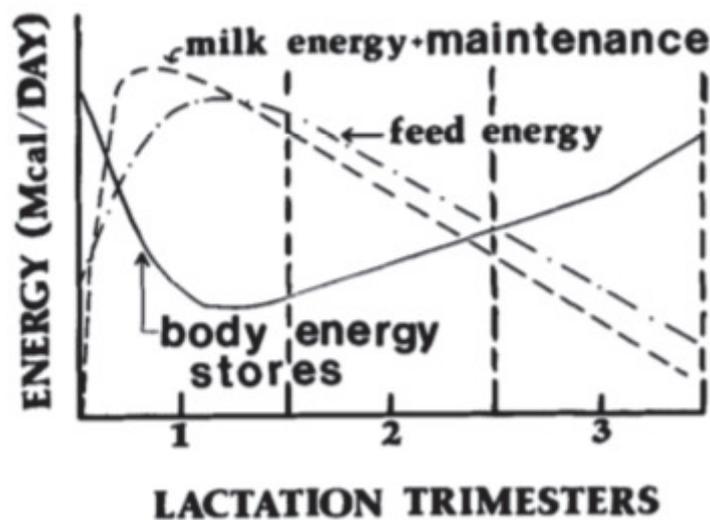


Abbildung 1: Lebendmasse-Energie-Zyklus nach Coppock (1985)

Auch der Pansen spielt eine wichtige Rolle bei der Energieversorgung. Mit der Kalbung steigt die Fütterungsintensität, womit eine erhöhte Fermentation und in der Regel auch eine geringe Pufferung einhergeht. Durch höhere Kraftfuttergaben kommt es zu einem Abfall des Pansen-pH-Wertes und damit auch zu einer Veränderung der Pansenflora. Der Anteil an Propionat und Butyrat steigt. Butyrat gilt dabei als starker Inhibitor der hepatischen Gluconeogenese

(Giesecke 1991). Im Pansenepithel wird das Butyrat metabolisiert (Giesecke et al. 1985). Das Pansenepithel bildet sich jedoch in der Trockenstehperiode zurück und ist erst mehrere Wochen nach der Kalbung wieder voll ausgebildet (Dirksen et al. 1984). Giesecke (1991) beschreibt diese Problematik als limitierenden Faktor des Leistungsstoffwechsels der Kuh.

2.1.1 Subkutanes und intramuskuläres Fett

Bei Wiederkäuern werden Lipide vorwiegend als Triacylglyceride in Adipozyten gespeichert. Diese befinden sich hauptsächlich subkutan, intramuskulär, intermuskulär und abdominal (Demeyer und Doreau 1999). Eine Einteilung ist in Abbildung 2 zu sehen.

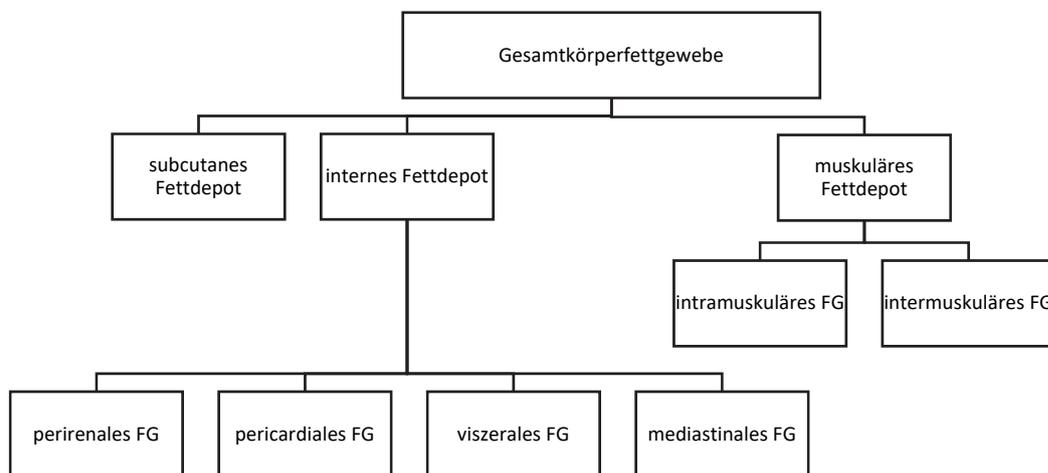


Abbildung 2: Lokalisation des Körperfettgewebes und ihre Anteile am Gesamtkörperfett (Klawuhn 1992)

Das intramuskuläre Fett hat dabei laut Fortin et al. (1981) und Saul (1983) einen Anteil von etwa 10% des Gesamtkörperfettgehaltes. Das subkutane Fett hingegen macht etwa 17% aus (Robelin 1978). Dem Fettgewebe wird neben der Funktion als Energiequelle auch eine immunologische, endokrinologische, thermoregulatorische und regenerative Bedeutung zugesprochen. Ursächlich hierfür ist unter anderem die chemische Struktur des Fettes. Sie unterscheidet sich je nach Einlagerungsort im Körper. Die energetische oder nicht energetische Funktion des Fettgewebes variiert dabei mit der Depotgröße und -verteilung (Tchkonja et al. 2013). Im direkten Vergleich weist das subkutane Fett eine geringere enzymatische Aktivität als das abdominale Fett auf (Melendez et al. 2019).

Studien am Schlachtkörper haben gezeigt, dass das zerlegbare Fett 100 bis 400g/kg KGW ausmacht. Etwa die Hälfte davon ist subkutanes oder intermuskuläres Fett. Mit steigender Gewichtszunahme ist hierbei eine im Verhältnis stärkere Zunahme vom subkutanen als intermuskulärem Fett zu beobachten (Demeyer und Doreau 1999). Der Anteil an subkutanem Fett steigt stärker mit zunehmendem Körpergewicht als der Anteil an intramuskulärem Fett (Wood 1984, Demeyer und Doreau 1999).

Das gesamte intramuskuläre Fett setzt sich aus mehreren Kompartimenten zusammen. Zum einen die sich im Muskel befindlichen Fetttröpfchen, zum anderen fallen die mit dem Epi- und Endomysium verbundenen Triacylglyceride in den Adipozyten darunter. Dies wird in der Fleischindustrie auch als Marmorierung bezeichnet. Hinzu kommen die Membranphospholipide der Muskelfasern. Während sich die Menge und Größe der Adipozyten je nach Körperkonditionsentwicklung ändern kann, bleibt die Menge an Membranphospholipiden relativ konstant (Demeyer und Doreau 1999).

Mit Beginn der Laktation bzw. der negativen Energiebilanz werden große Mengen sowohl an subkutanem als auch abdominalem Fett mobilisiert (Hostens et al. 2012). Eine Studie zum intramuskulären Fett hat gezeigt, dass es sogar zu einer Zunahme des intramuskulären Fettes nach der Kalbung kommt. Hierdurch wird die vermehrte Einlagerung von Fett in der Leber reduziert und der Stoffwechsel entlastet (Schaff et al. 2013). Dadurch kann auch der Muskel Einfluss auf die Futteraufnahme nehmen. Friedman et al. (1999) konnten in einer Studie an Ratten bei der Abnahme der Fettsäureoxidation in der Skelettmuskulatur eine gesteigerte Futteraufnahme feststellen.

2.1.2 Hormonelle Regulation und Metabolitenverteilung

Die Homöorhese, ein stetiger Metabolitenfluss zwischen den Organen und Geweben, ist eine Grundvoraussetzung zur Kompensation der negativen Energiebilanz (Bauman und Currie 1980). Die Verteilung und Mobilisation unterliegen dabei der hormonellen Regulation. Die Umstellung des Körpers auf einen erhöhten Energiebedarf beginnt schon mehrere Wochen vor der Kalbung. Die Lipogenese geht deutlich zurück und die Lipolyse beginnt zu steigen (Metz und van den Bergh 1977). Nach der Kalbung kommt es zu einer weiteren Steigerung der Lipolyse und zur vermehrten Freisetzung von freien Fettsäuren (engl. free fatty acids - FFA) und Glycerol in das Blut (McNamara 1991, Duplessis et al. 2018).

Eine wichtige Bedeutung in diesem Stoffwechsel kommt dem Insulin zu. Insulin verringert die Konzentration von cAMP, was wiederum zu einem Abfall der Lipolyse führt. Das Absinken hat dabei den gegenteiligen Effekt (McNamara 1991, Caixeta et al. 2017). Schon mehrere Wochen vor der Kalbung konnten niedrige Insulinspiegel in hochträchtigen Kühen beobachtet werden.

Der Zustand hielt dabei stetig über die Früh lactation an (Giesecke 1987). Pedron et al. (1993) fanden heraus, dass Tiere mit einer höheren Kondition beim Kalben niedrigere Insulinkonzentrationen im Blut aufwiesen, als schlechter konditionierte. Zusätzlich erhöht sich nach der Kalbung die Ansprechbarkeit des Fettgewebes auf Katecholamine. Diese setzen an den β -adrenergen Rezeptoren an und führen zu einer Zunahme des cAMP's. Die dadurch erhöhte Proteinkinase phosphoryliert die hormonsensitive Lipase (HSL), wodurch die Lipolyse steigt (Sidhu und Emery 1972, Sidhu und Emery 1973, McNamara 1991).

Im zweiten Drittel der Trächtigkeit gelangen die Tiere wieder in eine positive Energiebilanz. Dadurch kommt es zu einem Anstieg des Insulinspiegels. Dieses fördert die Veresterung von Fettsäuren. Das Fett wird durch die Lipogenese als Energiereserve im Körper eingespeichert. Es kommt zur Regeneration der Kondition (Hart et al. 1979, Bines und Hart 1982).

Der Glukosespiegel bleibt jedoch während der gesamten Laktation relativ konstant und ist auch unabhängig von der Kondition zur Kalbung (Pedron et al. 1993).

2.1.3 Muskel- und Proteinstoffwechsel

Die Speicherung von mobilisierbarem Protein hat aus physiologischer Sicht eine große Bedeutung. Die freigesetzten Aminosäuren werden unter anderem benötigt, um Gewebedefekte zu heilen, Hungerzustände zu überstehen und die Blutbildung zu unterstützen (Botts et al. 1979).

Neben der klassischen Energiebereitstellung durch Fett spielt auch die Mobilisation von Protein aus der Muskulatur eine wichtige Rolle (van Knegsel et al. 2007, van der Drift et al. 2012, Kuhla et al. 2016). Jaurena und Moorby (2017) haben zur genaueren Untersuchung der Proteinmobilisation die Dicke des M. longissimus dorsi gemessen und den zeitlichen Verlauf in der Laktation dargestellt. Dadurch konnten sie auf eine gleichzeitige Mobilisation von Fett und Protein schließen. Auch die Muskeldickenabnahme resultiert aus dem Zusammenspiel von Proteinmobilisation und der Mobilisation von intramuskulärem Fett (Megahed et al. 2019). Zusätzlich zeigte eine Enzymanalyse im postpartalen Zeitraum eine deutliche Herunterregulierung proteosynthetischer Enzyme (Kuhla et al. 2011). Bereits Roberts et al. (1981) konnten einen Verlust von 20% des Musculus trapezius thoracalis innerhalb der ersten acht Wochen der Laktation feststellen. Trotz der Abnahme der Muskeldicke stellten sie durch eine starke Lipolyse im Fettgewebe eine erhöhte Fettdeposition in der Muskulatur fest.

Studien über Stickstoffbilanzen haben die Wichtigkeit des labilen Proteins dargelegt. Der Abbau wird auch als negative N-Bilanz bezeichnet. Während dieser Phase wird die aus dem Protein gewonnene Energie zur körperlichen Erhaltung, zur Milchproteinsynthese und auch

zur Glukosesynthese verwendet (Botts et al. 1979, Wilson et al. 1988, van Knegsel et al. 2007). Das labile Protein macht etwa 25-27% des gesamten Körperproteins aus (Botts et al. 1979). Dabei kann bis zu 1kg Protein/Tag über die ersten 7 bis 10 Tage p.p. mobilisiert werden (Bell et al. 2000). Swick und Benevenga (1977) bezeichneten sogar die Mobilisation von Aminosäuren aus Muskelprotein zur Milcheiweißproduktion als einen normalen metabolischen Vorgang. Die Stärke der Proteolyse hängt dabei vom Grad der Milchproteinsynthese ab (Friggens et al. 2004). Kühe mit höheren Milchleistungen verbrauchten bei der Mobilisation schneller ihre Proteinreserven als Tiere mit einer geringeren Leistung (Botts et al. 1979). Die Milchzuckerproduktion im Euter kann nur durch die Verwendung der Blutglukose stattfinden. Ein sehr geringer Teil der Glucose kann über das aus der Fettmobilisation freigesetzte Glyzerin gebildet werden (Staufenbiel et al. 1987). Ein hoher Anteil der Blutglukose, der nicht über das Futter aufgenommen wird, wird aus mobilisierten Aminosäuren produziert (Staufenbiel et al. 1987).

Mit dem Übergang von der negativen zur positiven Energiebilanz geht auch die N-Bilanz in den positiven Bereich über. Damit beginnt eine Phase der Wiederauffüllung von Proteinreserven. Diese gipfelt mit der Sättigung der Speicher (Botts et al. 1979). Kühe in der ersten Laktation zeigen noch ein deutliches Wachstum. Der damit verbundene Proteinansatz ist daher als Wachstumsleistung anzusehen und nicht als Wiederauffüllung der Proteinreserven (Staufenbiel et al. 1993).

2.2 Methoden zur Beurteilung der Körperkondition

Die Konditionsbeurteilung kann im Allgemeinen als Feststellung des Ernährungszustandes definiert werden (Staufenbiel et al. 2003). Durch die Auswertung und Nutzung dieser Daten kann man die Energiebilanz darstellen und gezielt mit Hilfe der Fütterung den Auf- und Abbau von Energiereserven beeinflussen. Damit ist es möglich, die Gefahren einer zu starken Mobilisation zu senken und die leistungsfördernden Effekte zu unterstützen (Metzner et al. 1993, Staufenbiel 1997). In der modernen Milchviehhaltung ist somit die Beurteilung der Kondition unabdingbar geworden und stellt einen wesentlichen Faktor im Bereich Tiergesundheit dar (Hady et al. 1994, Staufenbiel 1997, Mansfeld et al. 2000).

Zur Beurteilung der Körperkondition und der Energiedepots einer Milchkuh gibt es drei häufig genutzte Methoden. Die erste und häufigste Methode ist der Body Condition Score (2.2.1) (Edmonson et al. 1989), die zweite Methode ist die Lebendmassewägung (2.2.2) und die dritte ist die sonographische Messung der Rückenfettdicke (2.2.3) (Staufenbiel et al. 1993).

2.2.1 Body Condition Scoring

Bei dem Body Condition Score handelt es sich um eine subjektive Methode zur Beurteilung der Körperkondition (Edmonson et al. 1989, Staufenbiel et al. 2003). Die Datenerhebung beruht hierbei auf der Palpation und der visuellen Einschätzung des Körperfettes an acht verschiedenen Körperregionen (Edmonson et al. 1989). Die am häufigsten verwendete BCS-Bonitierung geschieht auf der Basis einer Punkteskala von 1-5 in 0,25 Schritten nach Edmonson et al. (1989). Andere Autoren nutzen Skalierungen von 1-6, 1-10 oder 1-100 (Lasso et al. 1982, Rutter und Randel 1984, Pennington et al. 1986). Die niedrigste Note beschreibt bei allen eine stark unternährte und die höchste Note eine Verfettung. Der Vorteil des Body Condition Scores liegt in der einfachen Durchführbarkeit bei fehlendem materiellem Einsatz. Der entscheidende Nachteil dieser Methode ist die Subjektivität, weshalb die Vergleichbarkeit dieser Werte nur bedingt möglich ist (Hussein et al. 2013).

2.2.2 Lebendmasse

Die Ermittlung der Lebendmasse ist eine gängige Methode der Körperkonditionsermittlung, unterliegt jedoch großen Schwankungen. Wichtige Faktoren sind dabei die Füllung des Verdauungsapparates, Massenveränderungen der inneren Organe und die Gewichtszunahme einer tragenden Kuh (Schröder und Staufenbiel 2006). Hinzu kommt ein ungleichmäßiger Gewichtsverlust bei der Fetteinschmelzung. Durch die Mobilisierung von Fett kommt es durch die geringere Verdrängung von Wasser zur Einlagerung von Flüssigkeit im Gewebe. So kann ein Fettverlust mit einem geringem Gewichtsverlust einhergehen (Moe et al. 1971, Robinson

1986, Staufenbiel et al. 1987). Der Vorteil in der Lebendmassewägung liegt darin, dass sowohl die Mobilisation von Fett als auch die von Protein gemeinsam verzeichnet wird (Staufenbiel et al. 1993).

2.2.3 Rückenfettdickenmessung

Die Messung der Rückenfettdicke (RFD) ist eine objektive Methode zur Konditionsbeurteilung. Hierbei wird an einem definierten Punkt in der Beckenregion die Fettauflage per Ultraschall gemessen (Staufenbiel 1992, Klawuhn und Staufenbiel 1997). An dieser Stelle lässt sich anhand der gemessenen RFD in mm der Körperfettanteil schätzen. Ein Millimeter Rückenfettdicke einschließlich Haut entsprechen dabei rund 5kg Körperfett (Staufenbiel 1997, Klawuhn und Staufenbiel 1998). Die Durchführung dieser Messung wurde von Staufenbiel (1997), Staufenbiel (1992) und Schröder und Staufenbiel (2006) genau beschrieben.

Folgende Anforderungen werden an das Gerät gestellt (Staufenbiel 1997):

- Transportabel
- Akkubetrieb ist vorteilhaft
- B-Mode (zweidimensional)
- Linearscanner
- 5 MHz (7,5 MHz)
- Zoomeinstellung im Nahbereich von 5 bis 7cm

Derartige Geräte werden auch zur Trächtigkeits- und Ovardiagnostik eingesetzt, weshalb sie auch in den meisten tierärztlichen Praxen zu finden sind.

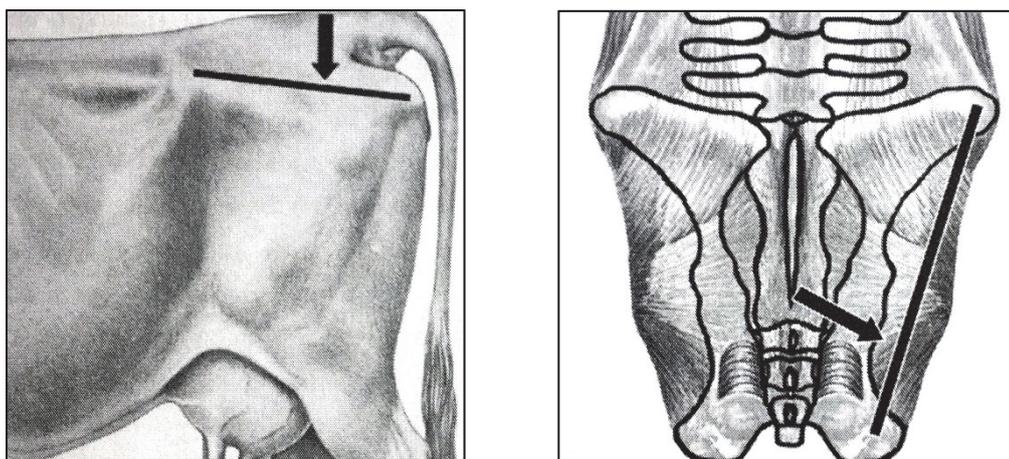


Abbildung 3: Lokalisation des RFD-Messpunktes aus Schröder und Staufenbiel (2006)

Der Messpunkt der RFD liegt auf der Verbindungslinie zwischen dem oberen Bereich des Tuber coxae und dem oberen Bereich des Tuber ischiadicum derselben Seite. Auf dieser

Verbindungsline wird der Punkt aufgesucht, welcher zwischen dem kaudalen Viertel und dem kaudalen Fünftel liegt (Abbildung 3).

Zur Entfettung und für einen besseren Hautkontakt wird vor dem Auflegen des Linearschallkopfes 70%iger Alkohol auf die Haut gegeben. Die Werte werden mit Hilfe der Skalierung des Ultraschallgerätes abgelesen. Gemessen wird die Dicke zwischen der Hautoberfläche und der sich als Linie darstellende Fascia profunda (Abbildung 4, 5). Die Kenntnis über die lokale Anatomie wird vorausgesetzt.

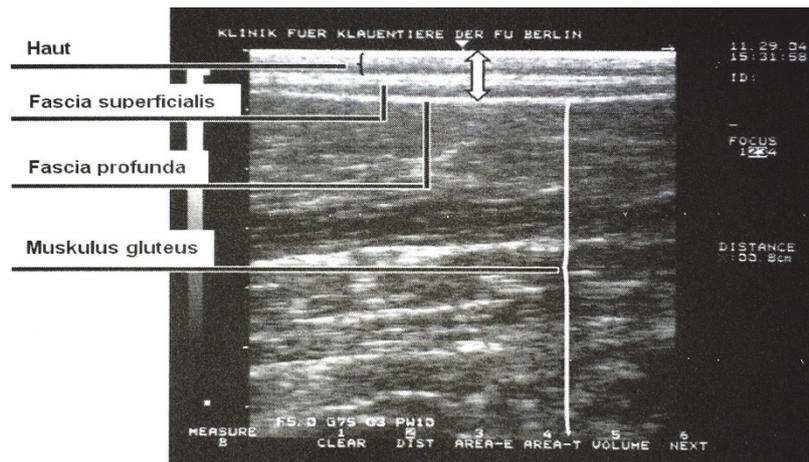


Abbildung 4: Ultrasonographische Darstellung der Rückenfettdicke (Schröder und Staufenbiel 2006)

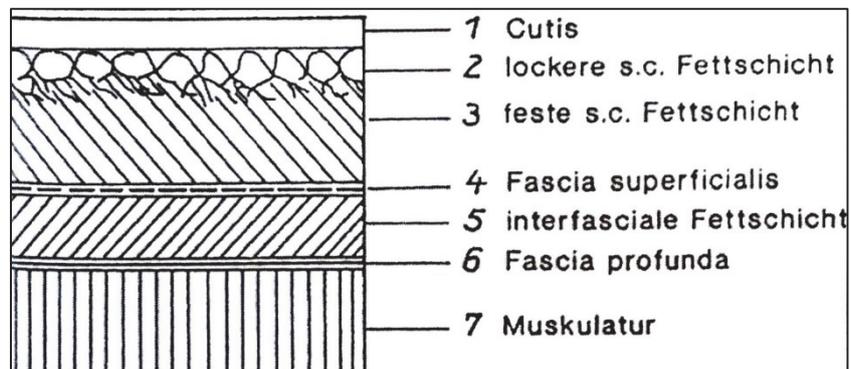


Abbildung 5: Stratigraphie der Haut am RFD-Messpunkt (Staufenbiel 1997)

Die Rückenfettdicke und der Body Condition Score wurde von Staufenbiel (1997) in Beziehung zueinander gesetzt (Tabelle 1):

Tabelle 1: Beurteilung der Körperkondition von Kühen verbal, mithilfe des Body Condition Score (BCS) und der Rückenfettdicke (RFD)

verbal	BCS 1-5	Noten ¹	RFD in mm	Körperfettgehalt in kg ²
extrem schlecht, kachektisch	1		<5	<50
sehr schlecht	1,5		5	50
schlecht	2		10	76
mäßig	2,5		15	98
gut	3		20	122
sehr gut	3,5		25	146
fett	4		30	170
verfettet	4,5		35	194
extrem verfettet, adipös	5		>35	>194

¹ BCS-System nach Edmonson et al. (1989)

² gerundete Kalkulation Körperfettgehalt (kg) = 4,77 RFD (mm) + 26,8 nach Klawuhn (1992)

Die Vorteile der sonographischen Rückenfettdickenmessung liegen in der Objektivität, der engen Beziehung zum Körperfettgehalt und den fehlenden Einflüssen durch Füllungszustände der Verdauungstrakte, Konzeptionsprodukte und Rahmengrößen der Kühe. Weitere Vorteile sind die einfache und schnelle Durchführung sowie die fehlende Invasivität (Staufenbiel et al. 1993).

Die Nachteile gegenüber des Body Condition Scorings liegen in dem materiellen Aufwand und den gegebenenfalls anfallenden Kosten für die Anschaffung eines Ultraschallgerätes.

2.3 Körperkondition im peripartalen Zeitraum

2.3.1 Optimale Körperkondition und ihre Entwicklung in der Trockensteh- und Vorbereitungsperiode

Die Trockenstehperiode verbindet die aufeinanderfolgenden Laktationen. Sie sollte nach Gerloff (1988) als Vorbereitungsphase auf die anstehende Geburt und Laktation gesehen werden, statt eine Erholung von der vorherigen sein. Die optimale Dauer der Trockenstehphase liegt dabei zwischen 40 und 80 Tagen. Abweichungen davon sind mit Einbußen hinsichtlich der Tiergesundheit und der Furchtbarkeit verbunden (O'Hara et al. 2020). Eine wichtige Bedeutung kommt der Futteraufnahme und Energiebilanz in der Trockenstehperiode zu (Staufenbiel und Schröder 2005).

Zu Beginn der Trockenstehperiode wird die Energie überwiegend zur Körpererhaltung, zum Ansatz von Fett und die Entwicklung des Kalbes genutzt (Staufenbiel et al. 1993, Kim und Suh 2003). Konditionszunahmen während des Trockenstehens von bis zu einem BCS-Notenpunkt sind mit steigender Leistung in der Laktation verbunden. Zunahmen die darüber hinausgehen oder Konditionsverluste wirken sich hingegen negativ aus (Chebel et al. 2018). Spiekers (2000) empfiehlt eine durchschnittliche Lebensmassenzunahme von etwa 0,5 kg/d. Post partum ist damit ein Körpermasseverlust von 30-40kg tolerabel. Dirksen et al. (1992) empfehlen, mit der Konditionsanpassung schon gegen Ende der Laktation zu beginnen. Überkonditionierte Tiere müsse gleichmäßig abnehmen, unterkonditionierte zunehmen und gut konditionierte Kühe müssen ihren Ernährungszustand halten. Sie empfehlen einen BCS von drei zum Kalbezeitpunkt. Daetz (2009) kam zu dem Ergebnis, dass die RFD zum Trockenstellen 20-25mm betragen sollte. Diese Kondition muss über den Verlauf der Trockenstehperiode annähernd konstant bleiben.

Bei Milchkühen mit sehr hoher Leistung ist die Gefahr der Verfettung gering. Bei ihnen steht die Wiederauffüllung der Energiereserven im Vordergrund (Schröder und Staufenbiel 2002). Staufenbiel et al. (1992) beschreiben die Haltung und Fütterung in der Trockenstehperiode und der Frühaktation als wichtigen Faktor für die initiale Lipolyserate. Diese ist von großer Bedeutung bei der Verhinderung von postpartalen Erkrankungen. Daher muss auf eine hohe Energieversorgung während der Trockenstehperiode verzichtet werden (Rossow und Staufenbiel 1983).

Im Gegensatz dazu wirkt sich eine mangelhafte präpartale Trockensubstanzaufnahme auch auf die Gesundheit aus. Huzzey et al. (2007) beobachteten hierbei eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber postpartalen Erkrankungen. Eine ähnliche Feststellung konnten Chebel et al. (2018) festhalten. Sie stellten fest, dass es bei einem Abfall der Kondition in der Trockenstehperiode zu einem vermehrten Auftreten von Fruchtbarkeitsproblemen kam und ein vermehrter Einsatz von Entzündungshemmern und Antibiotika nötig waren. Die Autoren sind sich einig, dass die Kondition in der Trockenstehperiode eine wichtige Rolle im Gesundheitsmanagement einer Milchviehherde spielt.

Die anzustrebenden Konditionen zum Trockenstellen und in der Vorbereitungsperiode sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Anzustrebende Kondition zum Trockenstellen und der Vorbereitungsperiode

Autor	Trockenstellen		Vorbereitungsperiode	
	BCS	RFD (mm)	BCS	RFD (mm)
Staufenbiel et al. (1993)	-	-	-	20-25
Daetz (2009)	-	20-25	-	20-25
Staufenbiel (1997)	-	22,5 (20-25)	-	-
Staufenbiel et al. (2004)	-	-	-	20-25
Staufenbiel (1993)	3,00-3,50	20-25	-	-
Schröder und Staufenbiel (2003)	-	22-23	-	22-23
Metzner et al. (1993)	3,5 (3,25-3,375)		3,5 (3,25-3,75)	-

2.3.2 Körperkondition zum Zeitpunkt der Kalbung

Die Kondition zur Kalbung wird mit verschiedenen Einflüssen in Verbindung gesetzt. Eine Unterkonditionierung geht häufig mit einer reduzierten Fruchtbarkeit und einer geringeren Milchleistung einher, wohingegen eine Überkonditionierung mit einem Anstieg an postpartalen Erkrankungen verbunden ist (Roche et al. 2009, Pires et al. 2013).

Eine Überkonditionierung zur Kalbung geht mit einer verstärkten und verlängerten Fettmobilisation einher (Pedron et al. 1993). Die häufig damit verbundenen Probleme wie Leberverfettungen, Hypokalzämien, Ketosen und Labmagenverlagerungen sind nicht nur gesundheitliche Faktoren, sondern können sich auch enorm auf die Wirtschaftlichkeit des Milchviehbetriebes durch Arzneimittelkosten und Reduzierung der Milchleistung auswirken (Goff und Horst 1997, Wang et al. 2020). Eine Unterkonditionierung hingegen führt häufig zu einer geringeren Milchleistung und zu einer schlechteren Fruchtbarkeit. Die Tiere sind durch ihr begrenztes Futteraufnahmevermögen und die mangelhafte Energiebereitstellung nicht in der Lage, ihr volles Milchleistungspotential zu entfalten. Auch hier kann die Wirtschaftlichkeit negativ beeinflusst werden (Staufenbiel et al. 1992, Staufenbiel und Schröder 2004).

Daher empfehlen diverse Autoren, die Kondition regelmäßig zu bonitieren und bei Bedarf fütterungstechnisch anzupassen. Konditionsempfehlungen von verschiedenen Autoren sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Anzustrebende Körperkondition zur Kalbung

Autor	BCS	RFD
Dirksen et al. (1992)	3	-
Staufenbiel (1993)	-	20-30
Adermann (2015)	-	15-20 (bei Färsen)
Metzner et al. (1993)	3,5 (3,25-3,75)	-
Waltner et al. (1993)	4,0	-
Roche et al. (2009)	3,0-3,25	-

2.3.3 Körperkondition zu Beginn der Laktation

Die Kühe sollten mit einer guten Kondition (BCS von ca. 3,5) in die Laktation starten (Metzner et al. 1993). Dadurch sind sie in der Lage, Fett zu mobilisieren und somit die energetische Diskrepanz zwischen Erhaltung und Milchproduktion auf der einen Seite und der Energieaufnahme auf der anderen Seite zu kompensieren (Tamminga et al. 1997). Ein stärkere und längere Mobilisation in den ersten Wochen der Laktation wird vorwiegend bei überkonditionierten Tieren bei der Kalbung beobachtet (Pedron et al. 1993). Ein flacherer Konditionsabfall tritt bei Tieren mit einer sehr geringen Milchleistung auf (Staufenbiel et al. 2003). Der Konditionstiefpunkt variiert dabei stark abhängig von der Milchmengenleistung. Kühe mit einer hohen Leistung mobilisieren deutlich länger als Kühe mit einer geringen Milchproduktion. Schröder und Staufenbiel (2002) teilten in ihrer Studie die Probanden in vier Milchleistungsgruppen (sehr hohe-, hohe-, mittlere-, geringe Milchleistung) und beobachteten einen durchschnittlichen Konditionstiefpunkt der Gruppen von 65 DIM, 75 DIM, 85 DIM und 105 DIM.

Nach dem Konditionstiefpunkt geht die negative Energiebilanz in eine positive über. Durch einen Abfall der Milchleistung und eine gesteigerte Futteraufnahme regenerieren sich allmählich die Energiereserven (Rossow und Staufenbiel 1983, Staufenbiel et al. 1989). Eine Überkonditionierung zum Kalbezeitpunkt der Folgelaktation beginnt meist im letzten Drittel der Trächtigkeit (Morrow et al. 1979). Ursächlich hierfür ist häufig die fehlende Futteraufnahmeregulation der Kühe in der späten Laktation (Boisclair et al. 1986). Weitere mögliche Ursachen sind die verspätete Konzeption, geringe Milchleistung und Überfütterung in der Trockenstehperiode (Morrow 1976, Morrow et al. 1979).

Die Referenzkurve mit Streuungsbereich für den optimalen Konditionsverlauf in Form der Rückenfettdicke haben Staufenbiel et al. (2003) dargestellt (Abbildung 6).

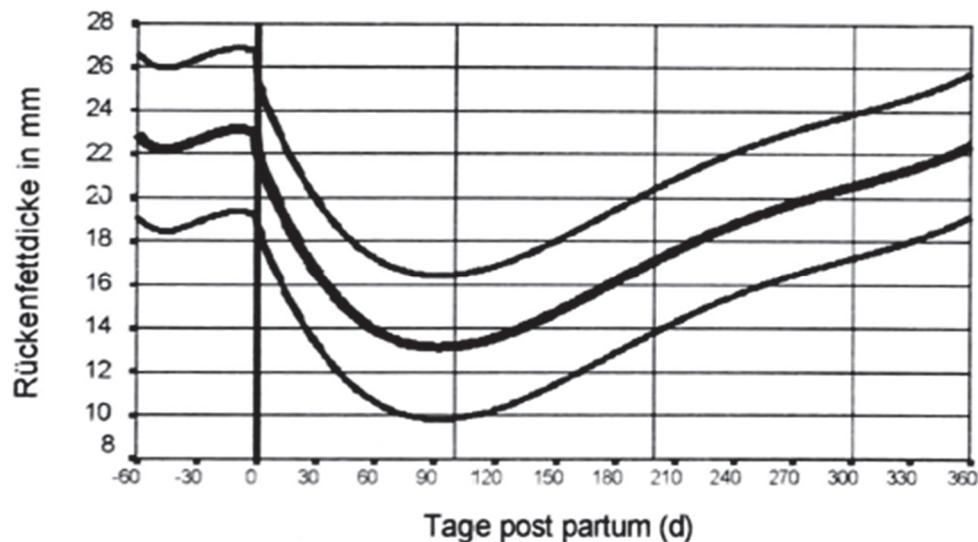


Abbildung 6: Referenzkurve für die Rückenfettdicke/Kondition in der Laktation (Staufenbiel et al. 2003)

Für den optimalen BCS in der Laktation haben Metzner et al. (1993) die Referenzwerte für die verschiedenen Phasen tabelliert (Tabelle 4).

Tabelle 4: Die optimale Körperkondition von Holstein Kühen (Metzner et al. 1993)

Leistungsgruppe	Tage p.p.	Mittelwert	Bereich
Kühe			
peripartal	-10 - 10	3,50	3,25 – 3,75
frühe Laktation (Puerperalkontrolle)	30 – 50	3,25	2,75 – 3,50
frühe Laktation (Besamung)	51 - 90	3,00	2,50 – 3,25
mittlere Laktation	91 – 180	3,50	3,00 – 3,50
späte Laktation	>180	3,50	3,00 – 3,50
Trockensteher	-	3,50	3,25 – 3,75
Färsen			
beim Belegen	-	3,00	2,75 – 3,25
beim Abkalben	-	3,50	3,25 – 3,75

2.4 Einfluss der Körperkondition auf ausgewählte Parameter

2.4.1 Milchleistung

Mit einer hohen Milchleistung geht auch immer ein intensiver Stoffumsatz einher (Staufenbiel et al. 2003). Geht man von einer Milchleistung von 30kg FCM/d aus, so produziert eine laktierende Kuh am Tag rund 1000g Eiweiß, 1200g Fett und 1400g Laktose in der Milch (Leuthold und Reinecke 1987).

Die Grundlagen für eine hohe Milchleistung werden in der Trockenstehperiode gelegt (Schröder und Staufenbiel 2002). Konditionszunahmen von bis zu einer BCS-Einheit ist mit einer Steigerung der Milchleistung verbunden. Eine höhere Zunahme oder auch eine Abnahme der Kondition ist mit Leistungseinbußen verbunden (Domecq et al. 1997).

Staufenbiel et al. (2003) konnten in ihrer Studie einen starken Zusammenhang zwischen der Milchleistung und der Rückenfettdicke nachweisen. Dabei gelten die Zusammenhänge zwischen der Rückenfettdicke, Rückenfettdickenänderung und der Milchleistung als unabhängig von der Laktationszahl (Staufenbiel et al. 1993). Eine gute Körperkondition wirkt durch ihre energetische Unterstützung fördernd auf die Milchleistung (Zhao et al. 2019). Staufenbiel et al. (1992) verzeichneten in ihrer Studie, dass Kühe mit einer RFD unter 20mm eine 100-Tage-Leistung von weniger als 1500kg FCM hatten. Kühe hingegen, die mit einer RFD von mehr als 30mm in die Laktation gestartet sind, erbrachten eine durchschnittliche Leistung von etwa 2000kg FCM. Etwa 33% der produzierten Milchmenge kann dabei aus der energetischen Unterstützung von Körperfett gebildet werden (Bauman und Currie 1980).

Eine Überkonditionierung hat jedoch den gegenteiligen Effekt. Sie birgt neben Einbußen in der Milchleistung ein erhöhtes Risiko für postpartale Erkrankungen (Staufenbiel et al. 1992, Wang et al. 2020). Ursächlich hierfür ist eine überstürzte Lipolyse (Staufenbiel et al. 1993). Auch ein verspäteter Eintritt von der negativen in die positive Energiebilanz konnte bei einer hohen Milchleistung festgestellt werden (Pedron et al. 1993, Gallo et al. 1996).

Mit steigender Milchleistung werden Körperenergiereserven in der Früh-laktation stärker genutzt. Folglich gibt es eine signifikante Beziehung zwischen dem Verlauf der Körperkondition und der realisierten Milchmenge (Schröder und Staufenbiel 2002, Zhao et al. 2019).

Der Milchproteingehalt kann als ein Indikator für die energetische Versorgung von Milchkühen angesehen werden. Durch einen Abfall der Milchproteinkonzentration lässt sich eine Energieunterversorgung feststellen (Heuer et al. 1999). Ein niedriger mittlerer 305-Tage-Milchproteingehalt geht mit einer stärkeren und längeren Fettmobilisation sowie einer späteren Fettdeposition einher (Staufenbiel et al. 2003).

Auch die Lipolyse selbst hat Auswirkungen auf die Milchzusammensetzung. Das Körperfett dient als direkte Metabolitenquelle für die Milchfettsynthese (Staufenbiel et al. 1992, Staufenbiel et al. 1993). Bei einer stärkeren Lipolyse konnte ein erhöhter Milchfettgehalt festgestellt werden (Staufenbiel et al. 1989, Smith und McNamara 1990, Heuer et al. 1999).

Zur Laktosesynthese im Euter kann ausschließlich die Blutglucose herangezogen werden. Daher hat das Fett, bis auf die geringe Menge an freigesetztem Glycerol, keinen direkten Einfluss auf den Milchzucker (Staufenbiel et al. 1987). Der Zucker bestimmt jedoch die Milchmengenleistung, was sich auch im relativ konstanten Laktosegehalt widerspiegelt (Wittenburg et al. 1974). Über die Gluconeogenese kann Fett indirekt als Energiequelle aus langkettigen Fettsäuren auf die Laktose- bzw. Milchsynthese Einfluss nehmen (Staufenbiel et al. 1989). Zusätzlich spielt auch die Nutzung von mobilisierten Aminosäuren eine große Rolle bei der Laktoseproduktion (Staufenbiel et al. 1987).

Mit dem allmählichen Abfall der Milchleistung im Verlauf der Laktation kommt es auch zum Wiederaufbau der Fettdepots. Dies geschieht erst wenn die Energieaufnahme den Bedarf für Milchproduktion, Erhaltung und bei Erstkalbinnen den Bedarf für Wachstum übersteigt (Staufenbiel et al. 1993).

2.4.2 Fruchtbarkeit

Die Fruchtbarkeit einer Milchkuh ist von entscheidender Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit eines Betriebes. Bei einer Zwischenkalbezeit von einem Jahr geht man von einer fruchtbarkeitsoptimierten Milchleistung aus (Burgers et al. 2021). In den letzten Jahrzehnten wurde das züchterische Augenmerk auf eine immer höhere Milchleistung gelegt, während es gleichzeitig zu einem Abfall der Reproduktionsleistung kam (Lucy 2001, Lee und Kim 2006). Eine hohe Leistung und eine gute Reproduktion müssen sich jedoch nicht ausschließen (Loeffler et al. 1999). Die Fruchtbarkeit wird von vielen unterschiedlichen Faktoren beeinflusst und ist sehr anfällig für Störungen (Staufenbiel et al. 1993, Roche et al. 2009).

Bereits in der Trockenstehphase werden die Grundlagen für eine erfolgreiche Fruchtbarkeit geschaffen. Sowohl eine Über- als auch Unterversorgung in der späten Laktation und der Trockenstehperiode führen zu einer Stoffwechselbelastung und beeinflussen somit die Fruchtbarkeit negativ (Agenas et al. 2003).

Kim und Suh (2003) beobachten einen Anstieg an Metritiden, Nachgeburtsverhalten und verschiedenen Stoffwechselstörungen bei Tieren, die einen starken Konditionsabfall in der Trockenstehperiode zeigten. Auch eine verzögerte Wiederaufnahme des Reproduktionszyklus war festzustellen. Sie begründeten dies durch eine erhöhte negative Energiebilanz nach der

Kalbung.

Markusfeld et al. (1997) kamen zu einem sehr ähnlichen Ergebnis. Sie stellten fest, dass mit einem steigenden Konditionsverlust in der Trockenstehperiode die Inzidenzen an Metritiden und Nachgeburtsverhalten stiegen. Zusätzlich verzeichneten sie Ovarinaktivitäten bei Kühen, die bei der Kalbung überkonditioniert waren.

Heuwieser et al. (1994) zeigten in ihrer Studie, dass Tiere mit einem hohen Body Condition Score eine längere Zwischentragezeit hatten und auch häufiger künstlich besamt werden mussten, als Tiere mit einem geringen BCS zur Kalbung. Sie hielten auch fest, dass sich ein BCS von ≥ 3 positiv auf die Reproduktion auswirken kann.

In den ersten Wochen der Laktation steht die Fruchtbarkeit und die Milchleistung in energetischer Konkurrenz zueinander (Butler und Smith 1989, Schröder und Staufenbiel 2003). Deutlich wird dies durch diverse Studien, die zeigen, dass sich die negative Energiebilanz hemmend auf die Fruchtbarkeit auswirkt (Spitzer et al. 1986, Butler und Smith 1989, Spicer et al. 1990, Zurek et al. 1995, Senatore et al. 1996).

Dabei kann sich die Mobilisation von Fett in dieser Phase sowohl positiv als auch negativ auf die Fortpflanzungsleistung auswirken (Staufenbiel et al. 1993). Die Größe der Fettdepots und die initiale Lipolyserate sind dabei entscheidend (Staufenbiel et al. 1993). Ein übermäßiger Fettansatz zur Kalbung kann post partum zu einer stärkeren und längeren Lipolyse mit verlängerten Rast- und Zwischentragezeiten führen (Staples et al. 1990, Domecq et al. 1997, Staufenbiel et al. 2003). Es treten vermehrt Fruchtbarkeitsprobleme wie Eierstockzysten, Umrindern oder Gebärmutterentzündung zum Zeitpunkt der wiederanstehenden Besamung auf (Morrow 1976, Markusfeld et al. 1997, Mansfeld et al. 2000).

Ein vermehrtes Auftreten von Fruchtbarkeits- und Stoffwechselstörungen stellten auch Barletta et al. (2017) fest. In dieser Untersuchung konnte ein Zyklus am 50d p.p. bei 100% der konditionszunehmenden, bei 94,4% der konditionsgleichbleibenden und bei nur 81,1% der konditionsabnehmenden Kühe festgestellt werden. Auch der Besamungserfolg unterschied sich. Die besten Erfolge waren bei Konditionszunahmen und die schlechtesten bei Konditionsabnahmen zu verzeichnen.

Eine moderate Fettmobilisation post partum kann hingegen eine energetisch unterstützende Wirkung haben (Staufenbiel et al. 1993) und zu einer Reduzierung der Zwischentragezeit führen. Schröder und Staufenbiel (2003) zeigten in ihrer Studie, dass die Tiere mit der geringsten Gewichtszunahme und der niedrigsten Kondition zur Kalbung die kürzeste Rast- und Günstzeit aufwiesen.

Den Zeitpunkt des Konzeptionserfolges versuchten Staufenbiel et al. (2003) zu evaluieren. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass es eine enge Korrelation zwischen dem Verlauf der Kondition und der Konzeption gibt, welches sich auch in der Zwischentragezeit widerspiegelt. Die untersuchten Tiere wurden im Zeitraum des Wendepunktes von der negativen zur positiven Energiebilanz tragend. Bei stark überkonditionierten Tieren mit einer sehr starken und langen Lipolyse war eine erfolgreiche Konzeption deutlich später festzustellen.

Zur übersichtlicheren Darstellung haben Metzner et al. (1993) den Einfluss der BCS-Änderung p.p. auf die Fruchtbarkeitskennzahlen in einer Tabelle dargestellt (Tabelle 5).

Tabelle 5: Fruchtbarkeitskennzahlen in Abhängigkeit von der Veränderung des BCS nach dem Abkalben (Metzner et al. 1993)

	20-40d p.p.		60-90d p.p.	
	≥ 1	< 1	≥ 1	< 1
Abnahme des BCS bezogen auf die Kalbung/Fruchtbarkeit				
Interv. Kalbung - 1. Brunst	65,5	54,0	63,6	53,3
Rastzeit	89,8	74,9	87,5	79,4
Verzögerungszeit	38,6	20,7	18,8	21,9
Güstzeit	125,8	95,9	105,1	99,7

Einfluss auf die Fruchtbarkeit hat auch das Progesteron. Das Hormon kann im Körperfett gespeichert und bei der Lipolyse in erheblichen Mengen freigesetzt werden (Hamudikuwanda et al. 1996). Daher kommt es nach Wanner (1991) bei überkonditionierten Tieren, die post partum eine erhöhte Lipolyserate haben, häufiger zur Stillbrünstigkeit.

2.4.3 Tiergesundheit

Die Frühlaktation ist für Milchkühe eine Zeitphase mit einem hohen Gesundheitsrisiko. Die kritische Phase beginnt mit der Kalbung. In den ersten Wochen der Laktation kommt es zu einem sprunghaften Anstieg der Milchleistung sowie einem verhältnismäßig zur Milchleistung zurückbleibenden Anstieg des Futteraufnahmevermögens. Hinzu kommen das Puerperium und die erneute Besamung (Buttchereit et al. 2010, Harder et al. 2019). Durch die entstehende negative Energiebilanz übernimmt primär das Körperfett die Aufgabe des energetischen Puffers. Wichtig hierbei ist, dass die Lipolyse zu Beginn der Laktation langsam einsetzt und die Rückenfettdickenänderung nicht über 3mm/Woche in den ersten zwei Laktationswochen steigt. Bei einer überstürzten Lipolyse besteht eine erhöhte Gefahr für postpartale Erkrankungen. Als die häufigsten postpartalen Erkrankungen gelten dabei Leberverfettungen, Ketosen, Hypocalcämien und Labmagenverlagerungen (Goff 2006, Spurlock et al. 2012, von Leesen et al. 2014, Reshalaitihan et al. 2019). Aber auch Erkrankungen wie Lahmheiten treten bei suboptimaler Konditionierung vermehrt auf (Green et al. 2014).

Eine entscheidende Rolle kommt auch der Fütterung in der Trockenstehperiode zu. Bei einer zu energiereichen Fütterung gegen Ende der Laktation und in der Trockenstehphase neigen die Tiere zur Verfettung. Eine Überkonditionierung zur Kalbung geht dabei häufig mit einer erhöhten Anfälligkeit für Milchfieber, Ketosen, Labmagenverlagerungen und Verdauungsproblemen einher (Morrow 1976). Curtis et al. (1985) stellten fest, dass mit einem steigenden Energiegehalt in der präpartalen Ration die Inzidenz an postpartalen Labmagenverlagerungen sank. Ebenso sank die Häufigkeit von Nachgeburtverhalten und Ketosen bei einer gesteigerten Proteinversorgung vor der Kalbung. Die gesundheitlichen Probleme wirken sich dabei nicht nur negativ auf das Wohlbefinden des Tieres aus, sondern verursachen auch für den Milchviehalter wirtschaftliche Einbußen und sind somit in jeder Hinsicht von zentraler Bedeutung (Overton und Waldron 2004).

2.4.3.1 Leberverfettung/Fettmobilisationssyndrom

Zunächst kann die Lipolyse als physiologischer Vorgang betrachtet werden, um ein Energiedefizit auszugleichen. Für die Entstehung postpartaler Erkrankungen spielt die Lipolyserate eine entscheidende Rolle (Rossow und Staufenbiel 1983). Die Intensität des Fettabbaus ist dabei von der Stärke der negativen Energiebilanz abhängig (Staufenbiel et al. 1989). Kühe mit einer hohen Kondition zum Zeitpunkt des Kalbens tendieren zu einer stärkeren Mobilisation (Zhao et al. 2019). Eine erhöhte Fettmobilisation wirkt sich auch depressiv auf das Futteraufnahmevermögen aus, welches wiederum das Ausmaß der negativen Energiebilanz erhöht (Overton und Waldron 2004, Weber et al. 2013). Die gefürchtetste Folgeerkrankung der Fettmobilisation in der Frühaktation ist die Leberverfettung (Rossow und Staufenbiel 1983). Die Erkrankung wird häufig auch als „fat cow syndrome“ bezeichnet (Andrews et al. 1991). Nach Reid (1973) ist die Entwicklung einer Fettleber auf einen oder mehrere pathogene Mechanismen zurückzuführen:

1. erhöhte Lipogenese der Leber
2. erhöhte Mobilisation freier Fettsäuren aus Fettgewebe
3. verminderte Leberoxidation von Fettsäuren
4. einen beeinträchtigten Triglyceridsekretionsmechanismus

Nach diversen Autoren kommt es durch die vermehrte Freisetzung von FFS im Blut zu einer vermehrten Ansammlung von Triglyceriden in den Hepatozyten der Leber (Emery et al. 1992, Bobe et al. 2004, Overton und Waldron 2004). Cadorniga-Valino et al. (1997) zeigten in ihrer Studie, dass es bei einer vermehrten Einlagerung von Triglyceriden in die Hepatozyten zu einem Abfall der Gluconeogenese aus Propionat kommt.

Häufige Symptome einer Leberverfettung sind Anorexie, Ketonurie, Depression und ein Abfall der Milchleistung (Morrow 1976). Die Auswirkung des Leberfettgehaltes auf die Milchleistung wurde in verschiedenen Studien divers beobachtet. Hammon et al. (2009) und Weber et al. (2013) beobachteten keine Auswirkungen von Leberfettkonzentrationen auf die Milchleistung. Bobe et al. (2004) beschrieben hingegen ein Abfall der Milchleistung. Eine hohe Leberfettkonzentration und eine hohe Körperkondition zur Kalbung gehen jedoch nicht zwangsläufig mit Stoffwechselproblemen einher. Manche Tiere verarbeiten den metabolischen Stress besser als andere (Herdt 2000).

Ob ein pathologischer Prozess vorliegt, kann nicht ausschließlich durch den Leberfettgehalt bestimmt werden. Es müssen Enzyme im Blut bestimmt werden, die für eine Leberschädigung spezifisch sind. Dazu gehört die Erhöhung der Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) (Staufenbiel et al. 1990). Das Enzym reagiert jedoch erst bei einer fortgeschrittenen Leberschädigung (Staufenbiel 1999).

Staufenbiel et al. (1990) haben für den Zusammenhang vom Leberfettgehalt und der GLDH Erhöhung Referenzwerte geliefert (Tabelle 6).

Tabelle 6: Vorschlag zur Bewertung des Leberfettgehaltes nach Staufenbiel et al. (1990)

Kategorie	Gesamtlipidgehalt in der Leberfrischmasse (%)	GLDH – Aktivität im Blutplasma (nkat/l)
physiologischer Leberfettgehalt	<6	<430
reaktive Leberinfiltration	>6	<430
pathologische Leberverfettung	>6	>430

2.4.3.2 Ketose

Auch die Ketogenese ist in erster Linie ein physiologischer Prozess. Die Ausbildung einer Ketose entwickelt sich meist in den ersten zwei Monaten der Laktation, während sich die Tiere in einer negativen Energie- und Proteinbilanz befinden (Zhang und Ametaj 2020). Man unterscheidet bei einer Ketose eine subklinische und eine klinische Ketose. Die Prävalenz von Ketosen variieren dabei herdenspezifisch zwischen 2 und 15% (Baird 1982).

In der Leber werden die von der Lipolyse freigesetzten freien Fettsäuren oxidiert. Die Menge der Umsetzung ist jedoch begrenzt. Die überschüssigen Fettsäuren akkumulieren in den Hepatozyten, was deren Funktion beeinträchtigt. Mit der eingeschränkten Funktion der Leber kommt es zu einem Abfall der Gluconeogenese. Bei der Oxidation von freien Fettsäuren entsteht vermehrt Acetyl-Coenzym A (Acetyl-CoA), welches zusammen mit Oxalacetat in den Citratzyklus eintritt (Rukkwamsuk et al. 1999, Newman und Verdin 2014). Oxalacetat fällt im Rahmen der Gluconeogenese an und steht durch die abfallende Leberfunktion in nicht

ausreichender Menge zur Verfügung (Baird et al. 1968). Daher wird immer weniger Acetyl-CoA im Citratzyklus verstoffwechselt. Das Acetyl-CoA, welches nicht im Citratzyklus genutzt werden kann, dient der Leber für die Ketogenese. Dadurch kommt es zu einer gesteigerten Plasmakonzentration von Ketonkörpern (Acetoacetat, Aceton, β -Hydroxybutyrat) und zur Ausbildung einer Ketose (Duffield 2000, Zhang und Ametaj 2020). Eine klinische Ketose tritt etwa ab einer β -Hydroxybutyratkonzentration von 2600 $\mu\text{mol/l}$ auf (Duffield 2000).

Mit der gestörten Gluconeogenese entsteht gleichzeitig eine Hypoglykämie. Dadurch rutscht die Kuh in eine weitere Futteraufnahme- und Milchleistungsdepression (Goff und Horst 1997). Durch die Tatsache, dass überkonditionierte Kühe nach der Kalbung eine stärkere Mobilisation zeigen, als geringer konditionierte (Pedron et al. 1993), sind dickere Kühe anfälliger für Ketosen (Fronk et al. 1980, Goff und Horst 1997). Auch bei der Abnahme der Körperkondition in der Trockenstehphase, kann von einem erhöhten Risiko für eine postpartale Ketose ausgegangen werden (Rodriguez et al. 2021).

2.4.3.3 Milchfieber/Hypokalzämie

Milchfieber ist eine hypokalzämische Erkrankung, die auftritt, wenn das Kalzium im Plasma bei Beginn der Laktation nicht ausreichend im Blut ersetzt werden kann. Die Erkrankung gehört zu den häufigsten peripartalen Gesundheitsstörungen in Milchviehherden (Reinhardt et al. 1988, Neves et al. 2018).

Etwa 99% des gesamten Körperkalziums sind im Skelett gespeichert. Die Kalziumvorräte unterliegen dabei einer starken homöostatischen Regulation (Overton und Waldron 2004). Man kann bei einer Hypokalzämie zwischen einer subklinischen und einer klinischen Form unterscheiden (Staufenbiel 1999, Wilkens et al. 2020). Klinische Anzeichen werden dabei häufig erst ab einer Plasmakonzentration von 4mg Ca/100ml erkannt (Goff und Horst 1997). Nach aktuellen Studien über subklinische Hypokalzämien beträgt die Inzidenz in den ersten 4 Laktationstagen 21-44% (Neves et al. 2018).

Mit der Kalbung kommt es durch die beginnende Milchproduktion zu einem starken Anstieg des Kalziumbedarfs. Das fehlende Kalzium muss dann vermehrt aus dem Darm resorbiert oder aus den Knochen mobilisiert werden (Horst et al. 1997). Die Stoffwechselanpassung bei einem erhöhten Bedarf unterliegt der hormonellen Regulation durch Parathormon und Vitamin D3. Diese benötigt jedoch Zeit und kann den so stark steigenden Bedarf nicht decken. Der extrazelluläre Kalziumspiegel kann dabei so stark sinken, dass es zum Tode führt (Reinhardt et al. 1988). Zusätzlich erhöht eine Hypokalzämie das Risiko weiterer Krankheiten wie Labmagenverlagerungen und Nachgeburtverhalten (Wilkens et al. 2020).

Auf die Entstehung der Erkrankungen nehmen mehrere Faktoren Einfluss. Mit steigendem Alter erhöht sich die Gefahr einer Milchfiebererkrankung (Horst et al. 1997). Eine zentrale Rolle spielt die Fütterung in der Trockenstehperiode. Durch eine calciumreiche Fütterung vor der Kalbung steigt die Inzidenz von Milchfiebererkrankungen. Der gegenteilige Effekt kann durch eine reduzierte Kalziumfütterung erzielt werden (Reinhardt et al. 1988). Zur allgemeinen Milchfieberprophylaxe gehört auch die Erhöhung der Futteraufnahme in der Trockenstehperiode durch eine Optimierung der Fütterung. Mit unzureichender Futteraufnahme kommt es zu einer Verschlechterung der Kalzium- und Phosphorbilanz (Staufenbiel 1999). Auch die Optimierung der Kondition ist von Bedeutung. Eine Überkonditionierung geht mit einer erhöhten Gefahr einer Milchfiebererkrankung einher (Fronk et al. 1980).

2.4.3.4 Labmagenverlagerung

Physiologisch liegt das Abomasum im nichtgraviden Tier im ventralen Abdomen sehr nah der Linea Alba. Im graviden Tier legt sich der Uterus der ventralen Bauchwand an und kann dadurch das Pansenvolumen um bis zu einem Drittel einschränken (Goff und Horst 1997). Bei einer Dislokation unterscheidet man zwischen einer rechtsseitigen und einer linksseitigen Labmagenverlagerung. Eine linksseitige wird dabei deutlich häufiger diagnostiziert als eine rechtsseitige Verlagerung (Caixeta et al. 2018). Es handelt sich dabei um eine multifaktorielle Erkrankung von hochleistenden Milchkühen (Cameron et al. 1998, Maden et al. 2018).

Goff und Horst (1997) beschreiben drei Faktoren für eine linksseitige Labmagenverlagerung:

1. Nach der Kalbung rückt der Pansen nicht zurück an seine physiologische Position und bietet dem Labmagen die Möglichkeit linksseitig aufzusteigen.
2. Das Omentum muss für eine Verlagerung gedehnt sein.
3. Das Vorhandensein einer Labmagenatonie ermöglicht die Ansammlung von CO₂ und führt damit zu einem Aufsteigen des Abomasums.

Die Atonie des Labmagens hat sich dabei als Schlüsselfaktor herauskristallisiert. Durch die Erschlaffung des Drüsenmagens kommt es zur Akkumulation von Gasen, die einen Auftrieb ermöglicht und somit zu einer Verlagerung führt (Caixeta et al. 2018).

Eine Überkonditionierung kann die Entstehung von prädisponierenden Faktoren einer Labmagenverlagerung begünstigen. Dazu gehören Ketosen, Hypokalzämien und Leberverfettungen. Ein sinkender Calciumspiegel im Blut ist mit die wichtigste Ursache für die Entstehung. Bei einem Abfall der Calciumkonzentration reduziert sich sowohl die Labmagenmotilität als auch die Kontraktionsstärke (Daniel 1983). Auch durch die Ausbildung

einer Ketose kommt es zu einer reduzierten Motilität des Labmagens aufgrund einer verminderten Futteraufnahme (Caixeta et al. 2018).

3 Material und Methoden

3.1 Untersuchungszeitraum

Die Datenerhebung wurde von Juni 2018 bis Januar 2019 im Zentrum für Tierhaltung und Technik in Sachsen-Anhalt durchgeführt. Die technische Einarbeitung fand in Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern der Freien Universität Berlin im Mai 2018 statt. Hierbei wurden zahlreiche Milchkühe bei Bestandsausfahrten sowie klinikeigene Tiere gemessen.

3.2 Beschreibung des untersuchten Betriebes

Der zu untersuchende Betrieb liegt in Iden, Sachsen-Anhalt und hat eine Größe von 350-400 Milchkühe plus Nachzucht. Im Monat kalben etwa 30 Tiere und ebenso viele werden trockengestellt.

2017 hatte der Betrieb eine Durchschnittsleistung von 12.104kg Milch/Kuh, bei 3,68% Fett und 3,51% Eiweiß. Die Remontierung erfolgt ausschließlich aus eigener Zucht bei einer jährlichen Rate von ca. 20%. Der Anteil an Totgeburten lag bei 2,5% und an Zwillingengeburt bei 4,5-5%.

Die Tiere sind in neun Gruppen mit unterschiedlichen Stallbedingungen unterteilt (Tabelle 7).

Tabelle 7: Haltungsgruppen und Haltungsformen

Haltungsgruppe	Boden
Trockensteher, Vorbereiter	Tiefstreustall mit Beton-/Spaltenboden am Fressgitter
Abkalbestall	
Frischmelker	
EFS (Einzelfutterstrecke)	Liegeboxen-Laufstall mit Spaltenboden
Gruppe 1	
Gruppe 2	
Gruppe 3	
Gruppe 4 (Krankengruppe)	
Lahme Kühe	Tiefstreustall mit Spaltenboden am Fressgitter

Während der Laktation werden die Tiere in einem Liegeboxen-Laufstall mit Hochboxen gehalten. Die Liegeflächen sind mit Komfort-Matten ausgestattet, die mit einem Strohmehl-Kreide-Mix bestreut werden. Der Laufbereich besteht aus einem Beton-Vollspaltenboden, welcher regelmäßig von einem Kotschieber gereinigt wird.

Während der TS 1 (8-4 Wochen a.p) sind die Tiere in einem separaten Tiefstreustall mit sommerlichen Weideausgang untergebracht. Etwa drei Wochen ante partum werden die

Trockensteher in die Vorbereitergruppe (TS 2) ohne Weidegang verbracht. Sieben Tage vor der Kalbung gelangen die Hochtragenden in einen gesonderten Abkalbbereich.

Zwei separate Gruppen werden von lahmen und kranken Tieren gebildet. Die kranken Tiere werden auf Stroh, die Lahmen im Liegeboxen-Laufstall mit Spaltenboden gehalten. Der Weidegang der TS 1 war aufgrund eines laufenden Fütterungsversuches nur von Juni 2018 bis September 2018 möglich.

Unter Berücksichtigung der Milchmengenleistung und der Reproduktion sind die Tiere in vier Leistungsgruppen unterteilt. Die Zuordnung und Umstallung der Tiere findet durch den Herdenmanager auf Basis der freiwilligen Wartezeit und des Body Condition Scores statt. Dreimal täglich werden alle Tiere gemolken. Hierfür wird ein Side-by-Side Melkstand der Firma DeLaval mit 2x16 Melkplätzen verwendet.

Nach einer geschulten Klauenpflege werden die Tiere mit Hilfe von intramammär verabreichten Langzeitantibiotika und eines Zitzenversieglers trockengestellt. Dies geschieht etwa sechs bis sieben Wochen vor der voraussichtlichen Kalbung.

Die Frischmelker werden in den ersten sieben Laktationstagen in einer eigenen Tiefstreubox mit anliegendem Spaltenboden gehalten und werden täglich vom Herdenmanager auf Fieber, Ketosen und Gebärparesen untersucht.

3.3 Fütterung

Alle Tiere werden mit einer Voll-TMR einmal pro Tag gefüttert. Dazu sind sie in fünf Fütterungsgruppen unterteilt. Begonnen wird mit einer „far-off-Ration“ incl. Weidegang (8-4 Wochen a.p.). Darauf folgt die „close-up-Ration“ (3-0 Wochen a.p.). Mit Beginn der Laktation werden die Tiere auf die Laktationsration umgestellt. Gefüttert wird hier in 4 verschiedenen Gruppen. Die Tiere werden vom Herdenmanager je nach Milchmengenleistung, Reproduktionsstatus und BCS den Gruppen zugeteilt.

Die gefütterte TMR ist eine grasbetonte Ration mit Grasanwelksilage, Luzernesilage, Maissilage, Feuchtmals, Getreidemischung (Mais, Gerste, Roggen, Rapsschrot), kurz gehäckseltem Stroh, Luzerneheu, Press- oder Trockenschnitzel und Mineralfutter ohne Phosphor.

Zur Überwachung und Erhaltung der Futterqualität werden Proben bei Anbruch eines neuen Silos und mindestens drei weitere im Nutzungsverlauf des Silos genommen. Die Proben werden zur Analyse in zum Sächsischen Landeskontrollverband (LKS, August-Bebel-Straße 6, 09577 Lichtenwalde) gesendet.

Täglich wird den Tieren einmal neues Futter angeboten. Das Heranschieben des Futters zum Trog wird neunmal täglich durchgeführt. Alle 24h wird das übriggebliebene Futter aus den Trögen entfernt und gewogen.

Die Zielwerte für die Rationskalkulation sind in .

Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8: Gruppeneinteilung der Tiere mit den dazugehörigen Fütterungsparametern

Gruppe \ Ration	Energie MJ NEL/kg TM	Rohprotein g/kg TM	Rohfaser g/kg	kalkulierte TM-Aufnahme	Bedarf TM- Aufnahme kg
TS -2 (3W a.p.-partum) konventionelle Fütterung	6,38	135	201	13,9	10,5
Laktationsration - konventionelle Fütterung	6,97	161	165	24,3	22,7

3.4 Reproduktionsmanagement

Täglich wird zu festen Uhrzeiten eine Brunstbeobachtung durch den Herdenmanager durchgeführt. Die freiwillige Wartezeit wurde im Fortpflanzungsmanagement auf 80 Tage festgesetzt. Zur Besamung kommt täglich ein Mitarbeiter der RinderAllianz GmbH, Woldegk. Gelegentlich werden auch Besamungen vom Herdenmanager durchgeführt. Einmal wöchentlich werden alle Tiere >35d nach der Besamung durch den Bestandstierarzt auf Trächtigkeiten hin manuell untersucht. Bei Bedarf werden Ovulationssynchronisationsprogramme durchgeführt.

3.5 Untersuchungsstiere

Das genetische Potential wird bei der betriebseigenen Züchtung aus einer Kreuzung aus Holstein-Frisian (HF) und Schwarzbuntes Milchrind (SMR) generiert. Besamt werden die bestehenden Tiere nur mit HF. Der Anteil der im Schnitt großrahmigen Tiere liegt bei HF 87,5% und SMR 12,5%.

3.6 Einteilung der Untersuchungen

Die Datenerhebung wurde aus betriebsorganisatorischen Gründen an vier Tagen pro Woche durchgeführt. Die Zeitpunkte der Messungen waren 3W a.p., 1W a.p., 1-3d p.p., sowie 2, 3, 5 und 9W p.p. und zum Trockenstellen. Die Untersuchung zu den festen Untersuchungszeitpunkten wird als Untersuchung 1 definiert. Der Zeitpunkt der Untersuchung war auf +/- 3 Tage genau. Zu den Messzeitpunkten 1-3d p.p. und zum Trockenstellen wurde zusätzlich die Lebendmasse (LM) nach dem Melken erfasst. Die Messung wurde auf einer ebenerdigen Waage durchgeführt. Bei den Messungen 3 und 1W a.p. sind alle Tiere im Tiefstrestall gemessen worden. Die Messungen in der 2, 3, 5 und 9W p.p. Tiere wurden in einem planaren Zwangsstand gemacht. Zugeordnet wurden die Tiere über die abgelesene Ohrmarkennummer.

Zur statistischen Auswertung sind die Untersuchungszeitpunkte in Zahlen codiert und folgen der Ordinalskala (Tabelle 9).

Tabelle 9: Kodierung der Untersuchungszeitpunkte

Untersuchungszeitpunkte	Bedeutung	ausgewertete Tierzahl (n)
1	3 W a.p. (Beginn der Vorbereitungsperiode)	468
2	1 W a.p.	
3	1-3 d p.p. (Kalbung)	
4	2 W p.p.	
5	3 W p.p.	
6	5 W p.p.	
7	9 W p.p.	
9	Trockenstellen	460
8	monatliche Bestandsmessung	

Zusätzlich wurde am letzten Mittwoch und Donnerstag im Monat eine Bestandsmessung inklusive Lebendmassewägung aller laktierender Tiere durchgeführt. Diese Messung wird als Untersuchung 2 definiert. Im Zeitrahmen dieser Bestandsmessung wurde zusätzlich durch den Herdenmanager der BCS nach Methodik von Edmonson et al. (1989) ermittelt.

3.6.1 Untersuchung 1

Die Untersuchung 1 umfasst alle festen Untersuchungszeitpunkte. Für die Auswertung der festen Untersuchungszeitpunkte (Untersuchungszeitpunkt 1-7+9) wurde 468 Tiere gemessen. Darunter waren 78,4% Mehrkalbskühe und 21,6% Erstkalbskühe. Die prozentualen Anteile der Laktationszahlen sind in Tabelle 10 abgebildet.

Tabelle 10: Laktationszahlen und Anteile in der (Untersuchungszeitpunkt 1-7+9)

Laktationszahl	Anteil (in %)	kumulierter Anteil (%)
1	21,6	21,6
2	18,1	39,7
3	19,3	59,0
4	13,5	72,5
5	11,3	83,8
6	6,0	89,7
>6	10,2	100

3.6.2 Untersuchung 2

Als Untersuchung 2 wird die monatliche Bestandsmessung bezeichnet. Insgesamt wurden für die Auswertung der Bestandsmessungen (Untersuchungszeitpunkt 8) 460 Tiere untersucht. Darunter befanden sich 77,3% Mehrkalbskühe und 22,7% Erstkalbskühe. Die genauen Laktationszahlen sind in der Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11: Laktationszahlen und Anteile in der Herde auf Basis der letzten Bestandsmessung am 05.12.2018 (Untersuchungszeitpunkt 8)

Laktationszahl	Anteil (in %)	kumulierter Anteil (%)
1	22,7	22,7
2	15,9	38,6
3	18,9	57,5
4	15,0	72,6
5	10,6	83,2
6	6,2	89,4
>6	10,6	100

3.7 Messtechnik

Der Messpunkt der Rückenfettdicke¹ (RFD¹) wurde nach (Klawuhn und Staufenbiel 1997) gewählt. Die genaue Lokalisation befindet sich auf der Verbindungslinie zwischen Hüft- und Sitzbeinhöcker. Auf der Linie liegt der Messpunkt zwischen dem kaudalen Viertel und kaudalen Fünftel der Gesamtstrecke. An dieser Stelle gibt es eine signifikante Korrelation zwischen dem Körperfettgehalt und der Rückenfettdicke (Klawuhn und Staufenbiel 1997, Schröder und Staufenbiel 2002).

Der Messpunkt der Rückenfettmuskeldicke (RFMD) und der Rückenfettdicke2 (RFD2) liegt auf derselben Verbindungslinie zwischen Hüft- und Sitzbeinhöcker. Dieser befindet sich zentral auf der Gesamtstrecke (Abbildung 7). Gemessen wird die Dicke des M. gluteus medius inklusive der Haut und subkutanen Fettschicht. Subtrahiert man die RFD2 von der RFMD erhält man die Muskeldicke (MD) (Tabelle 12).

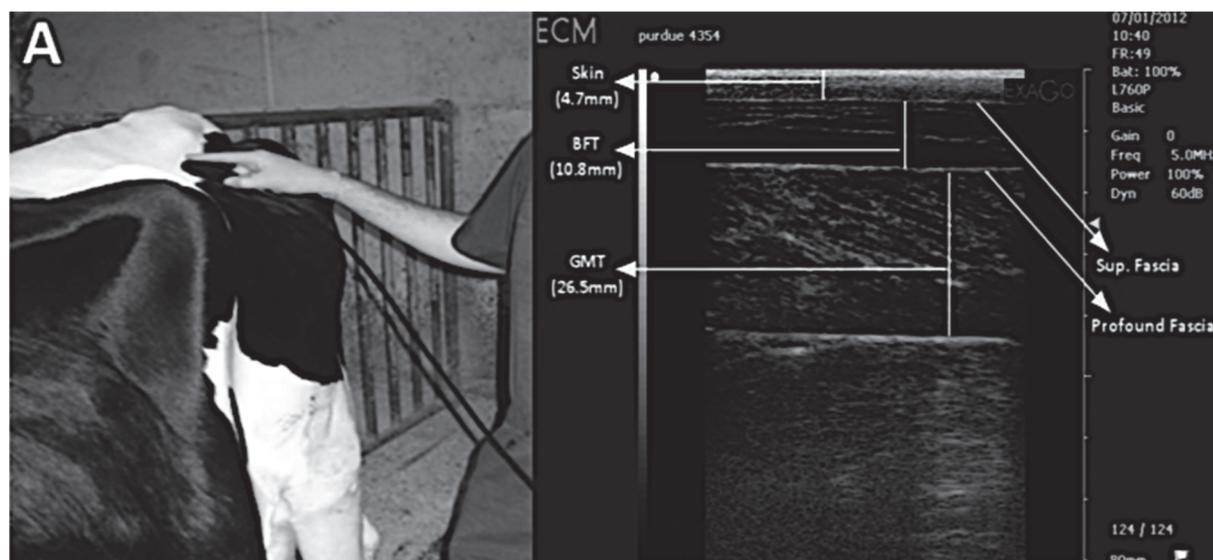


Abbildung 7: Messpunkt der Muskeldicke (Megahed et al. 2019)

Tabelle 12: Übersicht der Untersuchungsparameter

Abkürzung Parameter	Erläuterung
RFD1	Rückenfettdicke am Messpunkt 1, klassische Rückenfettdicke nach Klawuhn und Staufenbiel (1997)
RFMD	Rückenfettmuskeldicke am Messpunkt 2
RFD2	Rückenfettdicke am Messpunkt 2
MD	Muskeldicke, Durchmesser des M. gluteus medius

Zur Erfassung der RFD1, RFMD, RFD2 und MD wurde ein akkubetriebenes Ultraschallgerät der Firma Esaote, Biomedica Deutschland GmbH der Reihe Tringa Linear Vet verwendet. Für die Untersuchung diente dabei ein Linearschallkopf mit einer (5) MHz-Frequenz. Die Eindringtiefe auf dem Bildschirm wurde zur genaueren Ablesbarkeit auf 75mm begrenzt.

Für einen besseren Kontakt wird vor der Messung 80%iger Alkohol auf die behaarte Haut aufgetragen. Im Anschluss wird der Schallkopf mit nur leichtem Druck auf die Haut gelegt.

3.8 Datensatz

Aufgrund des hohen Aufwandes zur Datenerhebung kam es bei einzelnen Tieren zur Unvollständigkeit des Datensatzes. Die Bestandsmessungen fand immer am letzten Mittwoch

und Donnerstag im Monat statt. Vereinzelt wurden Tiere zwischen diesen Messungen umgestellt, sodass sie nicht zur Messung zur Verfügung standen. Des Weiteren wurden alle Tiere für die p.p.-Messungen mit Hilfe einer elektronischen Tür separiert. Hierbei kam es aufgrund von elektronischen Fehlern zu fehlenden Messungen.

3.9 Datenerfassung zur Milchmengenleistung und Fruchtbarkeit

Die Milchmengenleistung wurde durch die monatliche Milchleistungsprüfung des LKV Sachsen-Anhalt ermittelt. Die Daten wurden danach mit Hilfe des Programms Herde (dsp-Agrosoft GmbH, Ketzin) ausgewertet. Die Daten basierten auf Originalmesswerten. Es wurden keine hochgerechneten Daten verwendet.

Die Fruchtbarkeitsdaten wurden im selben Programm dokumentiert. Auf dieser Basis konnten die Zwischenkalbezeiten (ZKZ) und die Zwischentragezeiten (ZTZ) berechnet werden. Eine erfolgreiche Besamung wurde erst durch eine Trächtigkeitsbestätigung durch den Betriebstierarzt dokumentiert. In die statistische Auswertung wurden nur Tiere mit einer Laktationszeit von mindestens 305d einbezogen. Tiere die frühzeitig abgegangen sind (Schlachtung, Euthanasie, etc.) wurden ausgeschlossen.

3.10 Dokumentation

Die erfassten Messwerte wurden im Stall handschriftlich in einer Liste festgehalten und im Anschluss in das Datenverarbeitungsprogramm Excel (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA) eingetragen. Zur Identifikation der Tiere wurden sowohl die Ohrmarke als auch die Halsbandnummern übernommen.

3.11 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm IBM SPSS Statistics 27 von IBM Deutschland GmbH, Ehningen durchgeführt.

3.11.1 Deskriptive Statistik

Zur statistischen Auswertung wurden alle kontinuierlichen Variablen mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests unter Signifikanzkorrektur nach Lilliefors auf eine Normalverteilung überprüft. Bei $p > 0,05$ wurde eine Normalverteilung angenommen. War $p < 0,05$ wurde eine visuelle Prüfung von Histogrammen und Boxplots durchgeführt. Zusätzlich wurde zu allen

kontinuierlichen Variablen eine deskriptive Statistik erstellt. Die Laktationszahlen wurden aufgrund der Gruppengrößen in sechs Laktationsgruppen eingeteilt (1, 2, 3, 4, 5, >5).

3.11.2 Analytische Statistik

Bei der analytischen Statistik wurde zunächst die Korrelation mit dem Verfahren nach Pearson bestimmt. Um den Zusammenhang von Laktationszahl, Konditionsänderung, Rückenfettdicke¹, Body Condition Score, Körpergewicht, 100-Tage-Milchleistung, 305-Tage-Milchleistung, Fett-Eiweiß-Quotient, Zwischenkalbezeit und Besamungshäufigkeit mit der Rückenfettmuskeldicke (RFMD) zu untersuchen, wurde ein gemischtes lineares Regressionsmodell verwendet. Das Tier war dabei der zufällige Faktor, die RFMD der abhängige und die o.g. Einflussfaktoren die fixen Faktoren. Manche Faktoren wurden in quadratischer oder in kubischer Funktion verwendet, um Linearität zu erzielen. Die Modelldiagnostik umfasste die visuelle Beurteilung der Residuen bezüglich Normalität und Homoskedastizität. Zusätzlich wurden die Ergebnisse in den Tabellen über die Schätzung fester Parameter und der Kovarianzparametern ausgewertet.

Zur Beurteilung der Korrelation wurde der Concordance correlation coefficient (CCC) berechnet. In Bezug gesetzt wurden die RFD1 zur RFMD und die RFD1 zur MD. Die Ergebnisse sind grafisch dargestellt und ermöglichen eine visuelle Beurteilung der Zusammenhänge und der Residuenstreuungen.

Für den Vergleich der Konditionsverläufe von RFD1 und RFMD wurden von den konditionsverlaufsbeschreibenden kubischen Funktionen die ersten Ableitungen mathematisch berechnet. Diese spiegeln den Verlauf der momentanen Änderungsrate wider. In einem finalen multivariablen Modell wurden die Faktoren Untersuchungstag, BCS, Zwischenkalbezeit, 100-Tage-Milchleistung, 305d Fett-Eiweiß-Quotient sowie Laktationsnummer und die festen Untersuchungszeitpunkte gemeinsam untersucht. Bei den Milchleistungs- und Fruchtbarkeitsdaten wurden die Daten unabhängig von ihrer Zugehörigkeit zu Untersuchung 1 und 2 ausgewertet.

4 Ergebnisse

4.1 Methodischer Fehler

Zur Bestimmung der Messgenauigkeit wurden 30 Tiere unter gleichen Bedingungen gemessen. Als erste Untersuchung wurden die RFD1, RFMD und RFD2 aller 30 Tiere gemessen. Im Anschluss wurden dieselben Tieren erneut gemessen. Die Absolutwerte der Differenzen sind in den Tabelle 13, 14 und 15 ersichtlich. Der methodische Fehler wurde mit Hilfe einer einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) bestimmt (Tabelle 16). Dabei wurden die Parameter RFD1, RFMD und RFD2 separat betrachtet. Die Ergebnisse zeigen keinen signifikanten Unterschied zwischen den Werten bei einer Messwiederholung bei der RFMD und der RFD2. Ein geringgradig signifikanter Unterschied besteht für die Werte der RFD1.

Tabelle 13: Bestimmung der Messgenauigkeit, Doppelmessung RFD1

Differenz der Doppelmessung RFD1	Messung (n)	Anteil (%)
0 mm	7	23,3
1 mm	12	40,0
2 mm	2	6,7
3 mm	4	13,3
4 mm	1	3,3
5 mm	4	13,3

Tabelle 14: Bestimmung der Messgenauigkeit, Doppelmessung RFMD

Differenz der Doppelmessung RFMD	Messung (n)	Anteil (%)
0 mm	13	43,3
1 mm	7	23,3
2 mm	5	16,7
3 mm	2	6,7
4 mm	2	6,7
5 mm	1	3,3

Tabelle 15: Bestimmung der Messgenauigkeit, Doppelmessung RFD2

Differenz der Doppelmessung RFD2	Messung (n)	Anteil (%)
0 mm	17	56,7
1 mm	11	36,7
2 mm	2	6,7

Tabelle 16: Einfaktorielle Varianzanalyse der Messwiederholungen für die RFD1, RFMD und RFD2

Untersuchungsparameter	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Sig.	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
RFD1	0,933	0,409	0,030	0,096	1,771
RFMD	0,467	0,331	0,170	-0,211	1,144
RFD2	0,167	0,145	0,258	-0,129	0,462

4.2 Deskriptive Statistik

4.2.1 Rückenfettdicke 1

4.2.1.1 Untersuchung 1

In den letzten drei Wochen der Trockenstehphase hielten sich leichte Konditionszunahmen und -abnahmen die Waage. 42,4% der untersuchten Tiere durchliefen eine Lipolyse in den letzten drei Wochen der Trächtigkeit. Sehr starke Konditionsabnahmen konnten jedoch nur selten verzeichnet werden. Zunahmen der RFD1 konnten hingegen bei 45,7% gemessen werden. Auch starke Konditionszunahmen wurden nur vereinzelt beobachtet. 40,7% der gemessenen Kühe hatten eine leichte Konditionszunahme von bis zu 2mm oder eine leichte Konditionsabnahme von bis zu 2mm. Bei 12% der Tiere konnte keine Konditionsänderung festgestellt werden.

Mit Laktationsbeginn stieg die Lipolyse stark an. Zu sehen ist ein Konditionsabbau in den ersten Wochen der Laktation. Die niedrigste Kondition wurde bei den Tiere zum Untersuchungszeitpunkt 7 (63d p.p.) festgestellt. Hier wurde eine mittlere Kondition von 13,4mm RFD gemessen. Danach nahmen die Tiere im Durchschnitt bis hin zum Trockenstellen an Körperkondition zu. Die Kühe nahmen in dieser Phase an Kondition zu. Etwa 8 Wochen vor der Kalbung begann die Trockenstehperiode mit einer RFD von 23,6mm im Mittelwert. Diese Werte variierten mit einer Spannweite von 5 und 54mm. Die Normalverteilung konnte für alle Untersuchungszeitpunkte statistisch bestätigt werden (Tabelle 17, Abbildung 8).

Tabelle 17: Statistische Kennzahlen zur RFD1 zu allen definierten Untersuchungszeitpunkten in der Laktation in Untersuchung 1

US-Zeitpunkt		n	\bar{x}	s	Median	Modus	x_{\min}	x_{\max}	Normalverteilung
1	21d a.p.	193	26,0	8,8	25	25	6	50	ja
2	7d a.p.	176	26,9	8,5	26	25	8	52	ja
3	1-3d p.p.	253	24,7	8,3	24	25	5	58	ja
4	14d p.p.	218	21,9	8,0	21	25	5	54	ja
5	21d p.p.	212	20,0	7,2	20	15	5	55	ja
6	35d p.p.	189	16,8	6,8	16	15	5	50	ja
7	63d p.p.	160	13,4	6,0	13	10	5	50	ja
9	Trockenst.	177	23,6	9,3	24	24	5	54	Ja

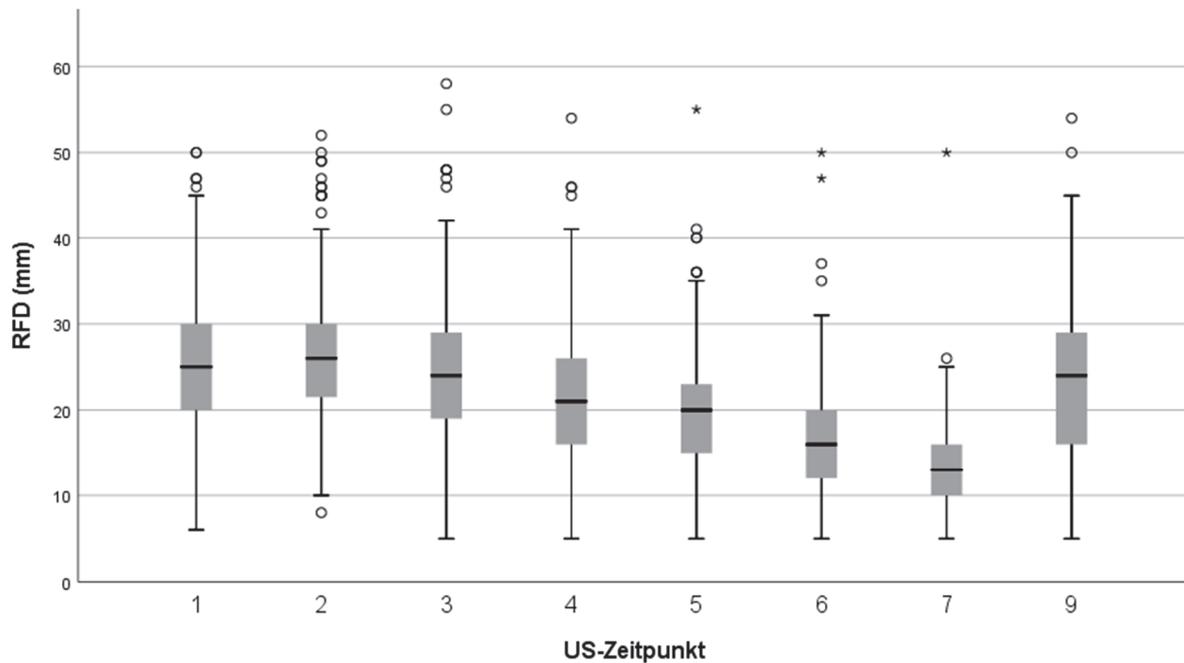


Abbildung 8: Verlauf und Streuung der RFD1 von Beginn der Vorbereitungsperiode bis zur 9. Woche post partum und zum Trockenstellen in Untersuchung 1

4.2.1.2 Untersuchung 2

Der Konditionsverlauf der Bestandsmessungen ist in Tabelle 18 und Abbildung 9 dargestellt. Zur statistischen Berechnung und Darstellung wurden die Tage in Milch (Tage p.p.) in 10 Kategorien eingeteilt (0-20, 21-40, 41-60, 61-80, 81-100, 101-120, 121-180, 181-240, 241-300 und >300). Die Daten der Bestandsmessung zeigten in den ersten 63d p.p. einen ähnlichen

Verlauf zu denen der Messzeitpunkte 3 bis 7. Die Bestandsmessung umfasste nur postpartale Tiere.

In den ersten 20 Tagen nach der Kalbung lag der Mittelwert bei 22,5mm und umfasste Messwerte zwischen 5 und 46mm. Der Tiefpunkt wurde um den 120. Tag p.p. erreicht. Dabei war eine kontinuierliche RFD-Abnahme um durchschnittlich 12,0mm zu beobachten. Mit dem Übergang von der negativen in die positive Energiebilanz nahm die Körperkondition kontinuierlich zu, bis die Tiere mit etwa 23,6mm RFD trockengestellt wurden. Bei der Untersuchung auf Normalverteilung mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests konnte keine Normalverteilung der Messwerte der US-Zeitpunkte 61-80d p.p., 81-100d p.p., 101-120d p.p. und 121-180 d p.p. nachgewiesen werden. Da bei der RFD-Messung die Hautdicke von 5mm mitgemessen wurde, konnten die Messwerte 5mm RFD nicht unterschreiten. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache und der optischen Analyse der Grafiken kann von einer Normalverteilung ausgegangen werden (Tabelle 18, Abbildung 9).

Tabelle 18: Statistische Kennzahlen zur RFD1 in Untersuchung 2

Tage p.p.	n	\bar{x}	s	Median	Modus	X_{\min}	X_{\max}	Normalverteilung
0-20	137	22,5	7,7	22	25	5	46	ja
21-40	131	17,6	6,8	17	17	5	54	ja
41-60	131	14,4	5,8	15	15	6	50	ja
61-80	115	12,4	5,2	12	10	5	25	ja
81-100	125	11,6	5,0	11	5,10,11	5	26	ja
101-120	119	10,5	4,8	10	5	5	27	ja
121-180	364	11,5	5,5	10	5	5	32	ja
181-240	330	15,0	7,2	15	10	5	46	ja
241-300	327	18,2	8,1	17	16	5	52	ja
>300	272	23,6	9,0	24	25	5	55	ja

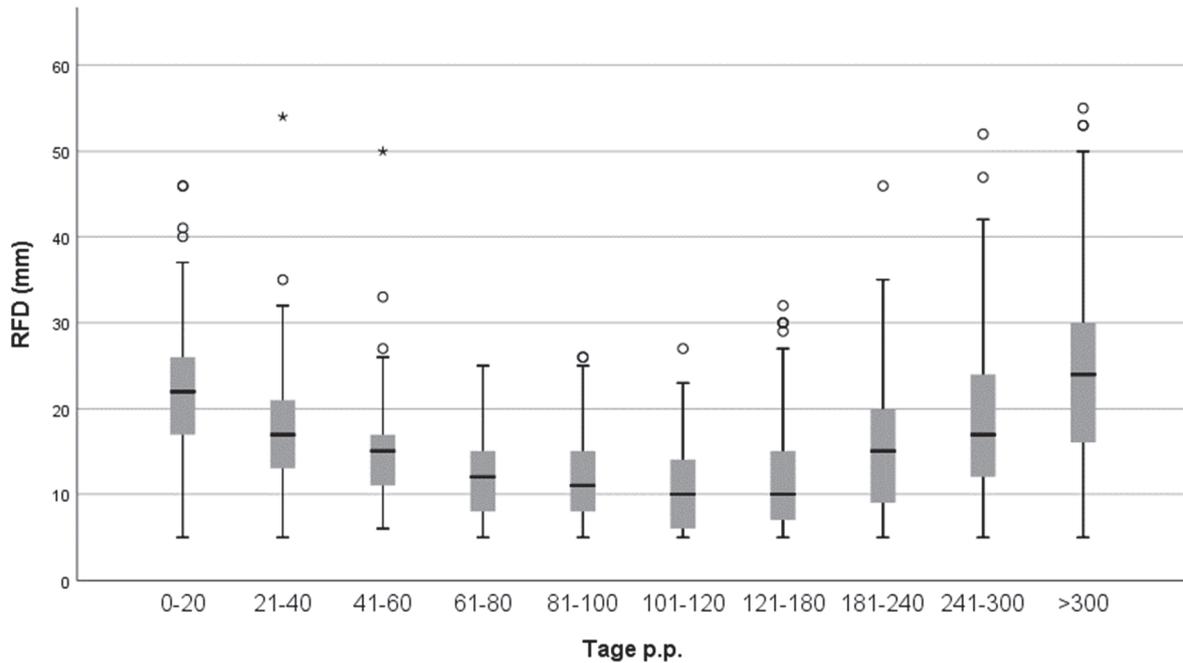


Abbildung 9: Verlauf und Streuung der RFD1 in Untersuchung 2

4.2.2 Rückenfettmuskeldicke

4.2.2.1 Untersuchung 1

In der Vorbereitungsperiode konnten sowohl Zu- als auch Abnahmen gemessen werden. Extreme Änderungen traten nur selten auf. Die größte RFMD-Zunahme lag bei 20mm und die größte Abnahme bei 19mm. Bei 39,7% der Tiere nahm die RFMD in den letzten drei Wochen vor der Kalbung ab und bei 45,6% ließ sich eine Zunahme verzeichnen. Keine Änderung zeigten 14,7% der Kühe. Leichte Zu- und Abnahmen ($\pm 2\text{cm}$) wurden bei 34,3% der Kühe gemessen.

Die RFMD wurde zu den Messzeitpunkten 1 bis 9 gemessen. Die Kennzahlen hierzu sind in der Tabelle 19 und in der Abbildung 10 dargestellt. Mit einer mittleren RFMD von 36,6mm starteten die Tiere in die Vorbereitungsperiode. Alle Werte lagen zwischen 20 und 64mm. Bis eine Woche ante partum nahm die RFMD im Mittelwert um 0,79mm zu. In der letzten Woche vor der Kalbung konnte bereits ein Abbau der RFMD verzeichnet werden. Bis zur Kalbung nahm die mittlere RFMD um 2,0mm auf 35,4mm ab. Die Werte reichten von 14 bis hin zu 65mm. Nach der Kalbung zeigten sich anhand der RFMD eine Konditionsabnahme. Bis zum Untersuchungszeitpunkt 7 (63d p.p.) reduzierte sich der Wert auf einen Mittelwert von 27,5mm. Hier reichte das Wertespektrum von 19 bis 38mm.

Die RFMD folgt bei allen Untersuchungszeitpunkten nicht der Normalverteilung. Aufgrund der optischen Analyse der Grafiken kann aber dennoch von einer Normalverteilung ausgegangen werden.

Tabelle 19: Statistische Kennzahlen zur RFMD zu allen definierten Untersuchungszeitpunkten in der Laktation in Untersuchung 1

US-Zeitpunkt		n	\bar{x}	s	Median	Modus	x_{\min}	x_{\max}	Normalverteilung
1	21d a.p.	193	36,6	6,8	36	40	20	64	ja
2	7d a.p.	176	37,4	6,3	36	35	25	55	ja
3	1-3d p.p.	253	35,4	6,7	35	35	14	65	ja
4	14d p.p.	218	32,7	6,4	31	30	20	65	ja
5	21d p.p.	212	30,8	5,2	30	30	20	55	ja
6	35d p.p.	189	29,0	4,3	29	30	20	47	ja
7	63d p.p.	160	27,5	3,7	27	25	19	38	ja
9	Trockenst.	177	32,6	6,2	31	30	18	53	ja

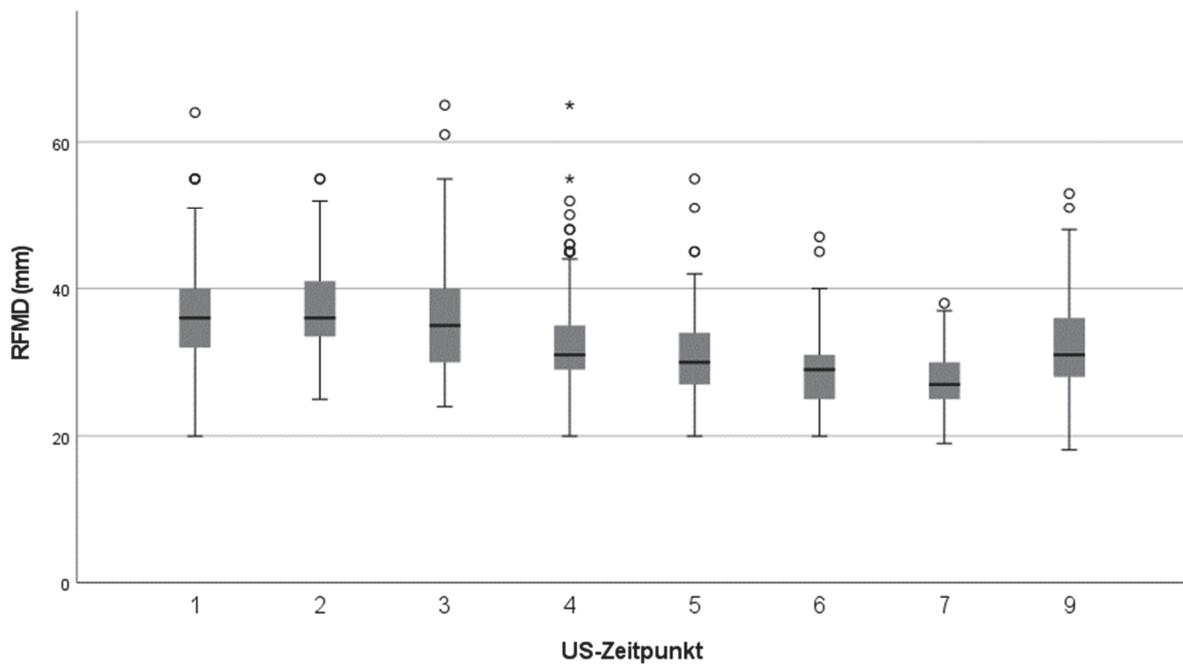


Abbildung 10: Verlauf und Streuung der RFMD von Beginn der Vorbereitungsperiode bis zur 9. Woche post partum und zum Trockenstellen in Untersuchung 1

4.2.2.2 Untersuchung 2

Die Untersuchung 2 verzeichnete einen Abbau der RFMD von Beginn der Laktation bis zum 81.-100.d p.p. um 7,0mm (Tabelle 20, Abbildung 11). Zu diesem Zeitpunkt erreicht die RFMD ihren Tiefpunkt bei 25,3mm mit einer Variation zwischen 17mm und 39mm. Nach 100d p.p.

zeigte sich im Verlauf der Laktation ein Zuwachs. Durch die positive Energiebilanz vollzog sich erst eine sehr moderate Zunahme. Mit steigender Laktationsdauer war diese aber immer stärker ausgeprägt. Am Ende der Laktation, zum Zeitpunkt des Trockenstellens, hatte die RFMD wieder einen Wert von durchschnittlich 32,6 erreicht.

Die RFMD folgt bei einem Teil der Untersuchungskategorien (Tage p.p.) nicht der Normalverteilung. Auch in diesem Fall konnte der Messwert eine untere Grenze nicht unterschreiten. Daher kann auch hier von einer Normalverteilung ausgegangen werden.

Tabelle 20: Statistische Kennzahlen zur RFMD in Untersuchung 2

Tage p.p.	n	\bar{x}	s	Median	Modus	x_{\min}	x_{\max}	Normalverteilung
0-20	137	32,3	5,8	31	30	21	52	ja
21-40	131	28,1	4,5	28	30	20	52	ja
41-60	131	26,3	3,0	25	25	19	35	ja
61-80	115	25,6	3,2	25	25	19	36	ja
81-100	125	25,3	3,6	25	25	17	39	ja
101-120	119	25,8	3,0	25	25	19	35	ja
121-180	364	25,9	3,2	25	25	19	40	ja
181-240	330	27,4	3,7	26	25	19	44	ja
241-300	327	29,3	4,8	29	30	17	51	ja
>300	272	32,6	5,9	32	35	21	54	ja

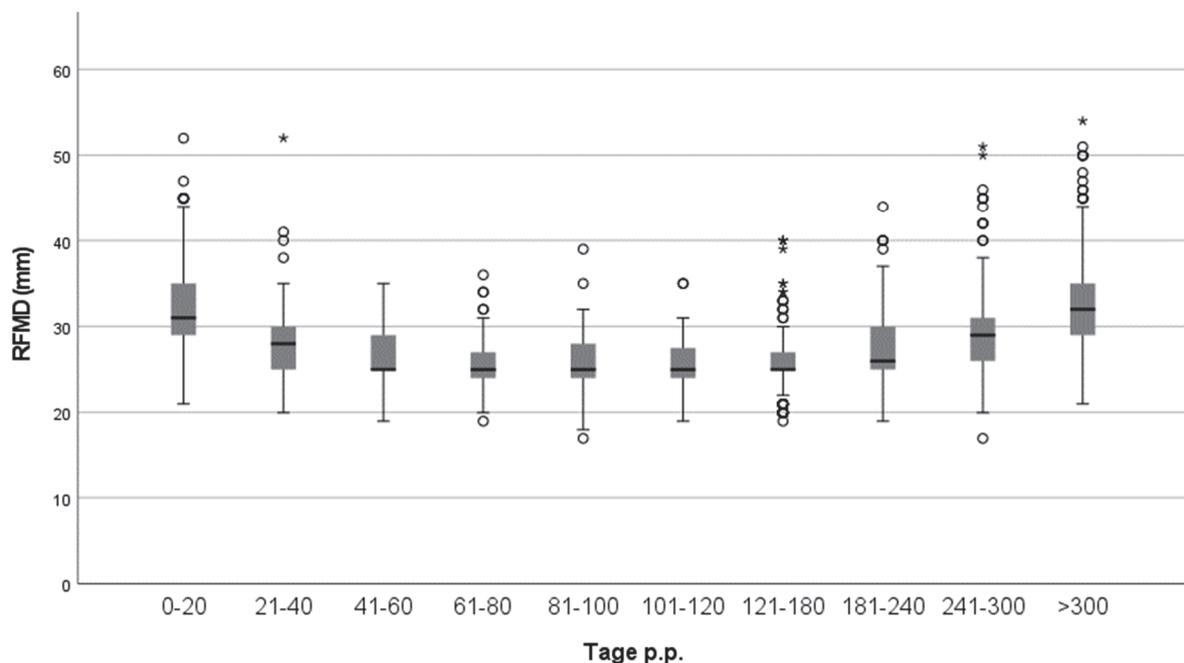


Abbildung 11: Verlauf und Streuung der RFMD in Untersuchung 2

4.2.3 Muskeldicke

4.2.3.1 Untersuchung 1

Die deskriptiven Daten der MD zu den festen Untersuchungszeitpunkten sind in Tabelle 21 dargestellt. Grafisch sind diese zusätzlich in ersichtlich Abbildung 12. Die größte durchschnittliche Muskeldicke wurde mit 23,8mm 7d a.p. gemessen. Zur Kalbung hin und auch darüber hinaus nahm die Muskeldicke bis zum Untersuchungszeitpunkt 6 gleichmäßig ab. Erst ab dem Untersuchungszeitpunkt 7 war ein erneuter Anstieg zu verzeichnen.

Der Kolmogorov-Smirnov-Test zeigte keine Normalverteilung. Aufgrund der visuellen Analyse von Histogrammen und der Thematik kann von einer Normalverteilung ausgegangen werden.

Tabelle 21: Statistische Kennzahlen zur MD zu allen definierten Untersuchungszeitpunkten in der Laktation in Untersuchung 1

US-Zeitpunkt		n	\bar{x}	s	Median	Modus	X _{min}	X _{max}	Normalverteilung
1	21d a.p.	193	23,3	3,2	23	23	13	32	ja
2	7d a.p.	176	23,8	3,0	24	24	16	31	ja
3	1-3d p.p.	253	22,3	2,9	22	20	11	34	ja
4	14d p.p.	218	20,6	2,8	20	20	15	30	ja
5	21d p.p.	212	19,8	2,4	20	20	14	26	ja
6	35d p.p.	189	19,3	2,1	19	20	14	26	ja
7	63d p.p.	160	19,4	2,1	20	20	14	27	ja
9	Trockenst.	177	20,6	3,0	21	20	19	32	ja

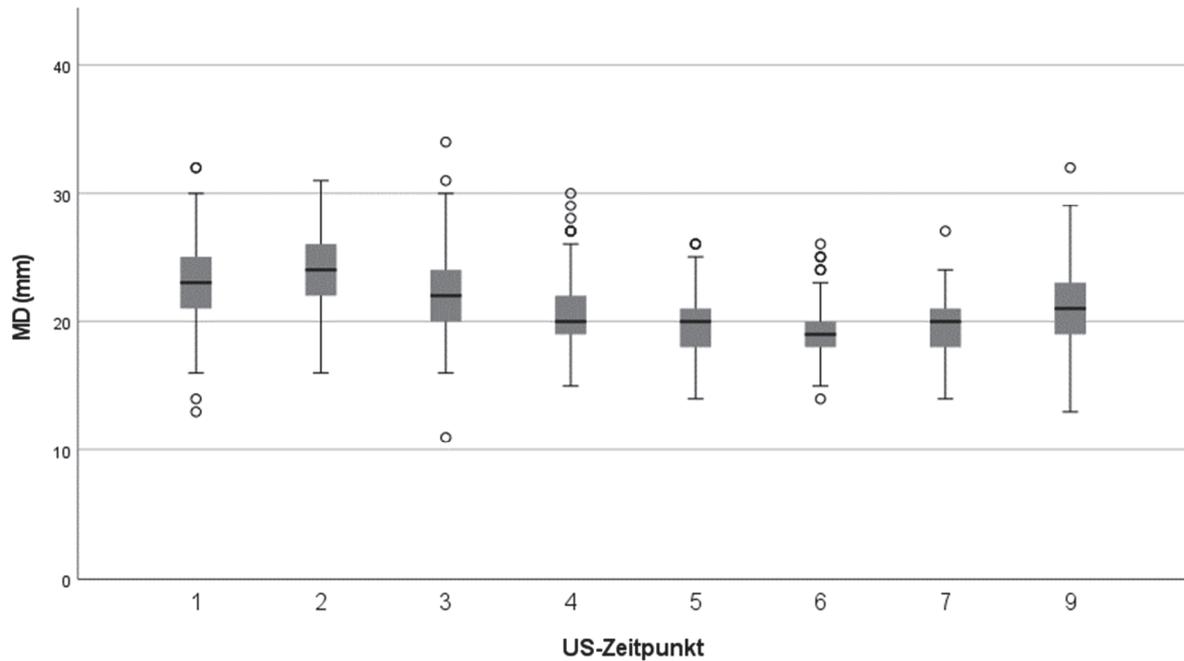


Abbildung 12: Verlauf und Streuung der MD von Beginn der Vorbereitungsperiode bis zur 9. Woche post partum und zum Trockenstellen in Untersuchung 1

4.2.3.2 Untersuchung 2

Die deskriptiven Zahlen zur MD der Untersuchung 2 sind in Tabelle 22 und Abbildung 13 zu finden. Mit der Kalbung wurde zunächst eine deutliche Abnahme der MD beobachtet. Die geringste MD wurde zwischen dem 41. und 60.d p.p. dokumentiert. Mit voranschreitender Laktation nahm die Dicke weiter zu und erreichte durchschnittlich 21,3mm mit mehr als 300d p.p.

Die Normalverteilung konnte nicht durch den Kolmogorov-Smirnov-Test nachgewiesen werden. Aufgrund der visuellen Analyse der Daten in Grafiken kann von einer Normalverteilung ausgegangen werden.

Tabelle 22: Statistische Kennzahlen zur MD zum Untersuchungszeitpunkt 8 in Untersuchung 2

Tage p.p.	n	\bar{x}	s	Median	Modus	x_{\min}	x_{\max}	Normalverteilung
0-20	137	20,7	2,8	20	20	15	30	ja
21-40	131	18,5	2,0	19	20	14	24	ja
41-60	131	18,4	2,0	19	20	13	25	ja
61-80	115	18,5	2,1	18	18	14	25	ja
81-100	125	18,6	2,6	19	19	12	29	ja
101-120	119	19,1	2,2	19	20	12	25	ja
121-180	364	19,4	2,1	20	20	13	29	ja
181-240	330	20,0	2,2	20	20	14	29	ja
241-300	327	20,5	2,5	20	20	12	33	ja
>300	272	21,3	2,7	21	20	15	31	ja

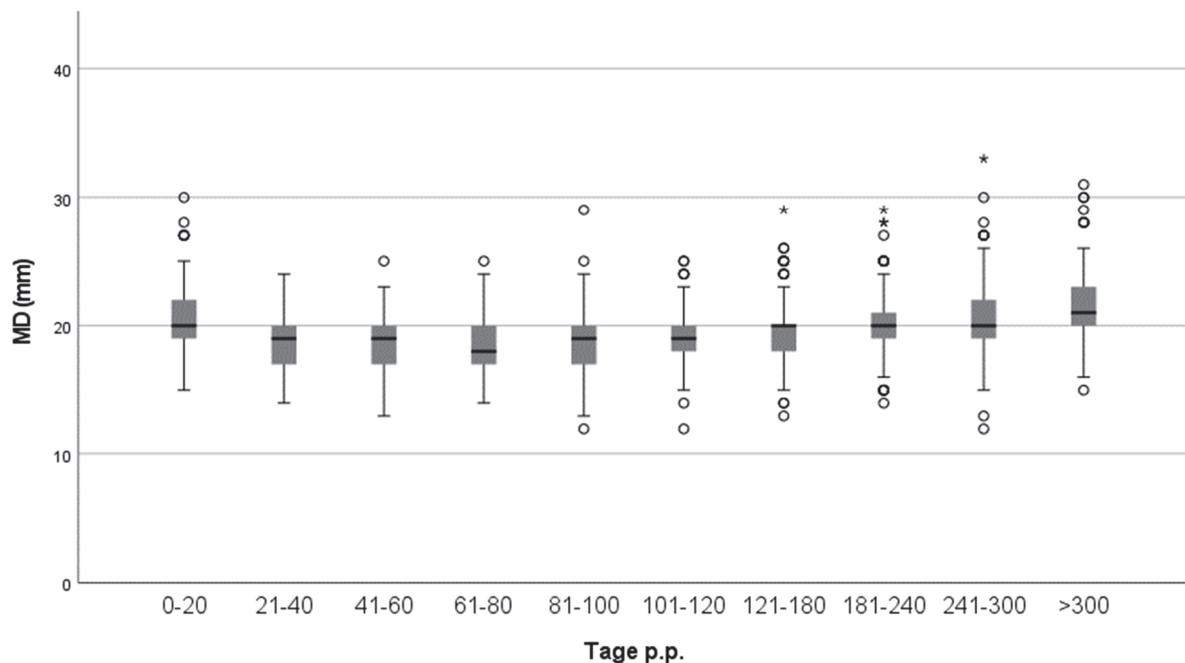


Abbildung 13: Verlauf und Streuung der MD in Untersuchung 2

4.2.4 Rückenfettdicke 2

4.2.4.1 Untersuchung 1

Die RFD2 wurde am selben Messpunkt zusammen mit der RFMD bestimmt. Die statistischen Daten der RFD2 sind in den Tabelle 23 und Abbildung 14 dargestellt. Die größte RFD 2 wurde mit 13,7mm 7d a.p. gemessen. Über die Kalbung hinaus bis zum Untersuchungszeitpunkt 7 wurde eine kontinuierliche Abnahme der Fettschicht erfasst. Bis zum Trockenstellen stieg diese wieder. Der Konditionstiefpunkt lag bei 8,1mm.

Die Normalverteilung kann nicht bei jedem Messzeitpunkt mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests bestätigt werden. Aufgrund der optischen Analyse der Grafiken und der Tatsache, dass der Messwert von 5mm aufgrund der Hautdicke nicht unterschritten werden konnte, wird von einer Normalverteilung ausgegangen.

Tabelle 23: Statistische Kennzahlen der RFD2 zu allen definierten Untersuchungszeitpunkten in der Laktation in Untersuchung 1

US-Zeitpunkt		n	\bar{x}	s	Median	Modus	X _{min}	X _{max}	Normalverteilung
1	21d a.p.	193	13,3	5,0	13	10	5	32	ja
2	7d a.p.	176	13,7	4,6	13	10	5	29	ja
3	1-3d p.p.	253	13,3	5,1	12	10	5	37	ja
4	14d p.p.	218	12,1	5,0	11	10	5	38	ja
5	21d p.p.	212	11,1	4,0	10	10	5	29	ja
6	35d p.p.	189	9,8	3,4	10	10	5	25	ja
7	63d p.p.	160	8,1	2,8	8	5	5	20	ja
9	Trockenst.	177	11,6	4,5	11	10	5	27	ja

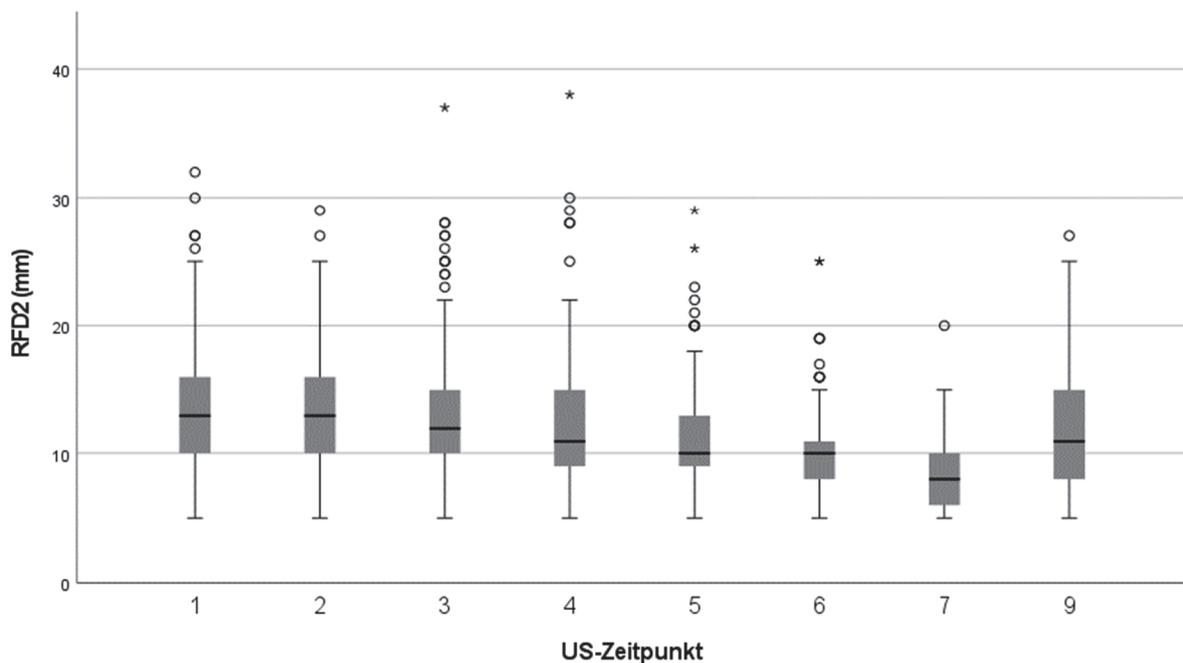


Abbildung 14: Verlauf und Streuung der RFD2 von Beginn der Vorbereitungsperiode bis zur 9. Woche post partum und zum Trockenstellen in Untersuchung 1

4.2.4.2 Untersuchung 2

Die RFD2 der Bestandsmessungen gehen aus Tabelle 24 und Abbildung 15 hervor. Mit Beginn der Kalbung nahm die RFD2 ab und erreichte zwischen 121 und 180 Tage p.p. ihren Tiefpunkt. Mit voranschreitender Laktation nahmen die Werte bis zum Trockenstellen wieder zu.

Mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests konnte die Normalverteilung nicht bestätigt werden. Aufgrund und der visuellen Analyse wird von einer Normalverteilung ausgegangen.

Tabelle 24: Statistische Kennzahlen der RFD2 in Untersuchung 2

Tage p.p.	n	\bar{x}	s	Median	Modus	X _{min}	X _{max}	Normalverteilung
0-20	137	11,6	4,2	10	10	5	28	ja
21-40	131	9,5	3,7	9	10	5	28	ja
41-60	131	7,9	2,2	8	6, 10	5	16	ja
61-80	115	7,1	2,3	7	5	5	13	ja
81-100	125	6,7	2,0	6	5	5	13	ja
101-120	119	6,6	2,1	5	5	5	14	ja
121-180	364	6,5	2,0	5	5	5	15	ja
181-240	330	7,4	2,6	7	5	5	16	ja
241-300	327	8,8	3,5	8	5	5	24	ja
>300	272	11,2	4,4	10	10	5	25	ja

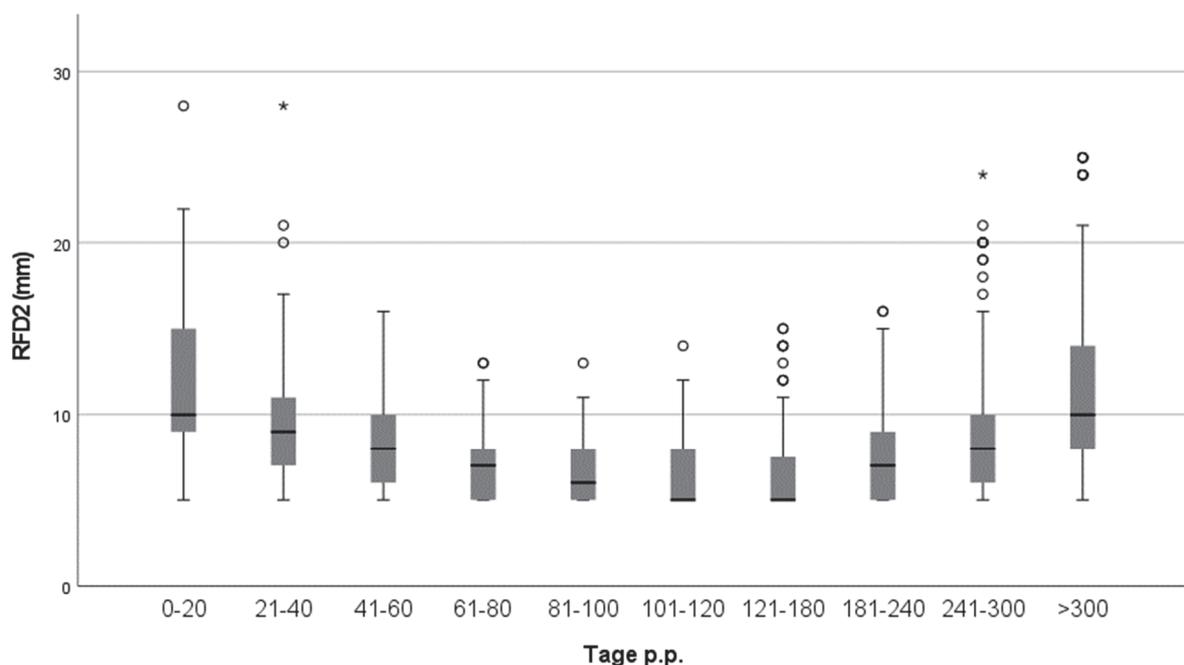


Abbildung 15: Verlauf und Streuung der RFD2 in Untersuchung 2

4.2.5 Lebendmasse

Die Datenerhebung zur Lebendmasse wurde zur Kalbung und zum Trockenstellen durchgeführt (Tabelle 25). Die Lebendmasse betrug zu Beginn der Laktation 707 kg mit einer Spannweite zwischen 487 kg und 950 kg. Zusätzlich wurden die Gewichtsdaten aller Tiere bei der monatlichen Bestandsmessung dokumentiert. Mit Beginn der Laktation konnte eine Abnahme der Lebendmasse verzeichnet werden. Die geringste durchschnittliche

Lebensmasse wurde 41-60 d p.p. festgestellt. Anschließend folgte eine kontinuierliche moderate Zunahme bis zum Trockenstellen. Hier lag das durchschnittliche Gewicht bei 756 kg. Die Werte reichten dabei von 545 kg bis 973 kg (Tabelle 26). Alle Daten folgen der Normalverteilung (Abbildung 16).

Tabelle 25: Statistische Kennzahlen zur Lebendmasse zum Zeitpunkt der Kalbung und des Trockenstellens in Untersuchung 1

US-Zeitpunkt	n	\bar{x}	s	Median	Modus	x_{\min}	x_{\max}	Normalverteilung
3	240	707	95,1	713	746	487	950	ja
9	170	756	75,8	748	716	545	973	ja

Tabelle 26: Statistische Kennzahlen zur Lebendmasse in Untersuchung 2

Tage p.p.	n	\bar{x}	s	Median	Modus	x_{\min}	x_{\max}	Normalverteilung
0-20	137	694	88,2	698	780	402	896	ja
21-40	131	665	77,7	665	720	532	954	ja
41-60	131	664	67,1	665	596	482	841	ja
61-80	115	667	70,6	664	690	510	874	ja
81-100	125	672	59,2	674	680	508	805	ja
101-120	119	682	58,5	679	598	543	825	ja
121-180	364	690	61,1	690	640	505	873	ja
181-240	330	711	61,0	711	690	531	919	ja
241-300	327	739	61,1	738	720	607	949	ja
>300	272	776	68,6	774	740	531	1003	ja

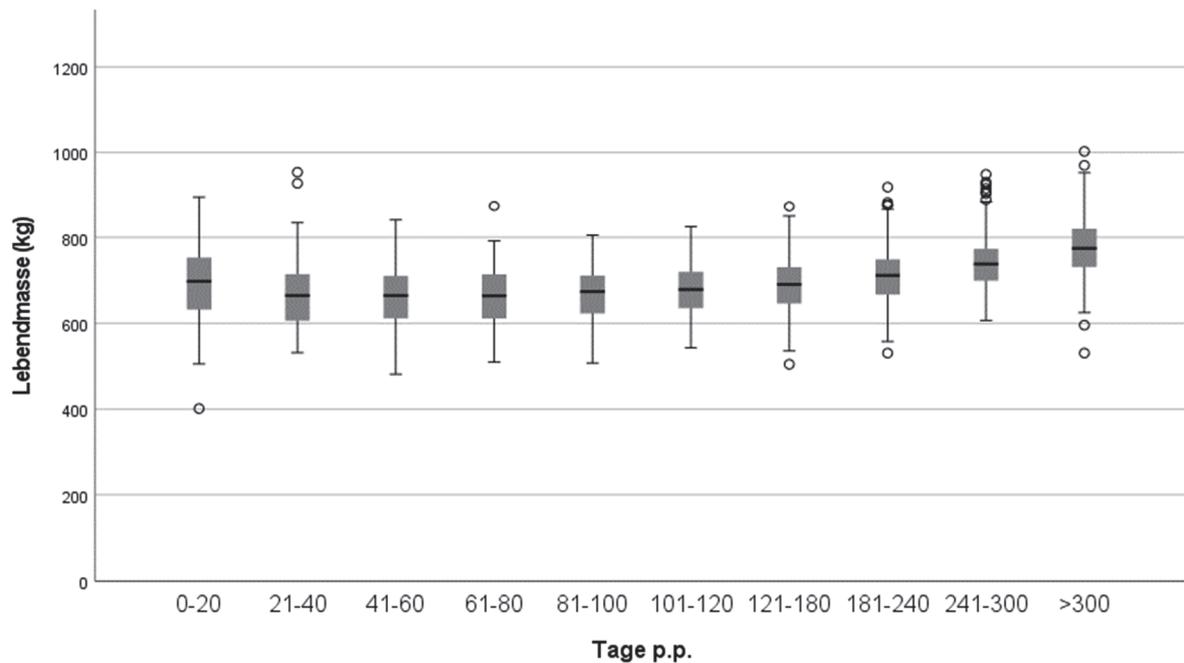


Abbildung 16: Verlauf und Streuung der Lebendmasse in Untersuchung 2

4.2.6 Body Condition Score

Beim BCS zeigte sich ein zur RFD ähnlicher Verlauf. Im Durchschnitt starteten die Kühe mit einem BCS von 2,96 in die Laktation. Die Körperkondition fiel in den ersten Wochen post partum deutlich ab. Der Konditionstiefpunkt lag im Mittelwert bei 2,13 und wurde zwischen 101 und 120 Tage p.p. erreicht. Anschließend stieg die Kondition bis zum Trockenstellen an. Die statistischen Daten zum BCS sind in Tabelle 27 dargestellt. Die untersuchten Werte zeigen alle eine Gaußsche Verteilungskurve und sind normalverteilt.

Tabelle 27: Statistische Kennzahlen zum Body Condition Score in Untersuchung 2

Tage p.p.	n	\bar{x}	s	Median	Modus	x_{\min}	x_{\max}	Normalverteilung
0-20	102	2,96	0,66	3,00	3,0	1,50	4,50	ja
21-40	108	2,52	0,52	2,50	2,50	1,50	4,00	ja
41-60	105	2,35	0,50	2,25	2,50	1,25	4,25	ja
61-80	88	2,18	0,49	2,00	2,00	1,25	3,50	ja
81-100	97	2,19	0,45	2,25	2,50	1,25	3,50	ja
101-120	84	2,13	0,45	2,00	2,00	1,25	3,25	ja
121-180	256	2,27	0,46	2,25	2,00	1,00	3,75	ja
181-240	274	2,56	0,57	2,50	2,25	1,25	4,25	ja
241-300	258	2,80	0,62	2,75	2,50	1,50	4,75	ja
>300	207	3,11	0,64	3,00	275	1,25	4,75	ja

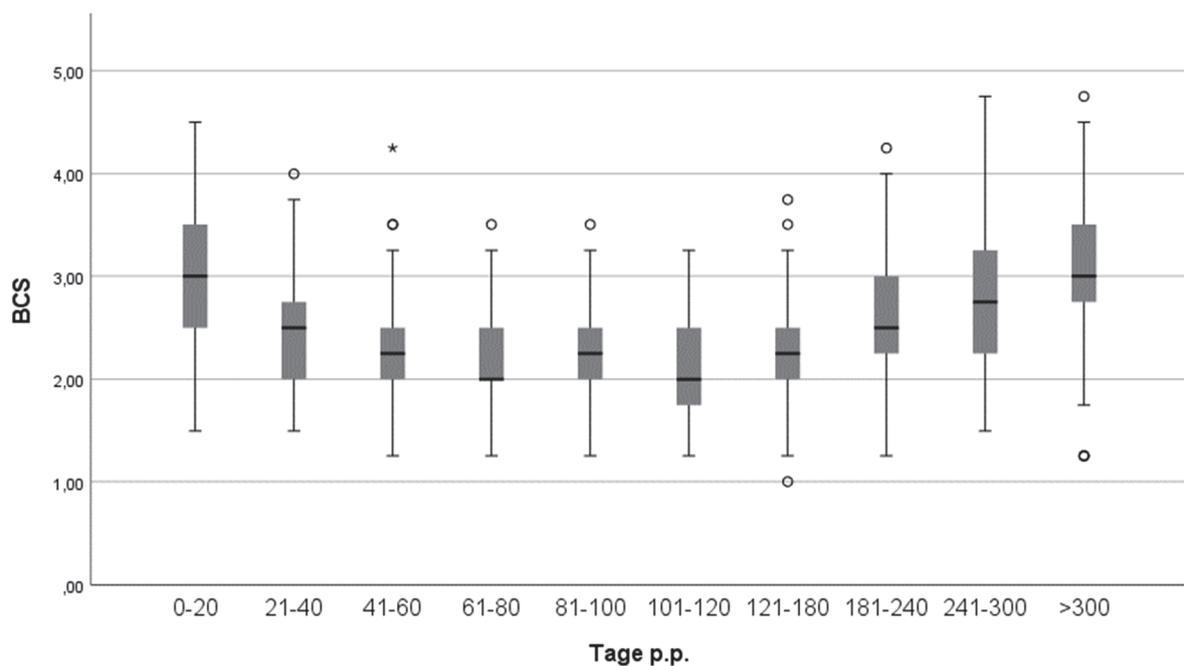


Abbildung 17: Verlauf und Streuung des BCS in Untersuchung 2

4.2.7 Milchleistungsparameter

Die Milchleistungsparameter von den Untersuchungstieren wurden unabhängig von Untersuchung 1 und 2 analysiert.

4.2.7.1 100-Tage Milchleistung

Die 100-Tage Milchleistung wurde von 198 Tieren analysiert. Der Mittelwert lag bei 4434kg Milch mit einer Standardabweichung von 743. Die erhobenen Daten folgten der Normalverteilung (Tabelle 28).

Tabelle 28: Statistische Kennzahlen der 100-Tage Milchleistung

100-Tage Milchleistung	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}	Normalverteilung
	198	4434	743	4451	2740	6356	ja

4.2.7.2 305-Tage Milchleistung

Die Milchleistung der untersuchten Tiere wurde in zwei Gruppen eingeteilt. Es wurden Milchleistungsdaten von 51 Jungkühen analysiert. Die Jungkühe konnten bereits eine durchschnittliche Milchleistung von 11.213kg erreichen bei einer Spannweite zwischen 13.665kg und 8.589kg (Tabelle 29). Durchschnittlich konnten die Erstkalbinnen in dieser Zeit 390,5kg Eiweiß und 388,0kg Fett produzieren. Der mittlere errechnete Fett-Eiweiß-Quotient lag dabei bei 1,00 (Tabelle 30).

Ab der zweiten Laktation konnten Milchleistungsdaten von 153 Tieren erfasst werden. Die mittlere Milchleistung innerhalb der ersten 305 Tagen nach der Kalbung lag bei 12.382 kg mit einer Standardabweichung 1.798kg. Die geringste Milchleistung konnte mit 7.398kg und die höchste mit 16.700 kg verzeichnet werden (Tabelle 29). Im Durchschnitt wurden dabei 464,3kg Fett und 433,3kg Eiweiß gemolken. Der mittlere Fett-Eiweiß-Quotient lag bei 1,08 (Tabelle 30). Sowohl die Milchleistungsdaten der ersten Laktation als auch die der höheren Laktationen zeigen eine Normalverteilung.

Tabelle 29: Statistische Kennzahlen der 305-Tage-Milchleistung

305-Tage-Milchleistung	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}	Normalverteilung
1. Laktation	51	11213	1175	11167	8589	13665	ja
>1. Laktation	153	12382	1798	12361	7398	16700	ja

Tabelle 30: Statistische Kennzahlen der Inhaltsstoffe der 305-Tage-Milchleistung

305-Tage Mittelwerte (\bar{x})	1. Laktation	>1. Laktation
Milchleistung (kg)	11213	12382
Fett (kg)	388,0	464,3
Eiweiß (kg)	390,5	433,3
Fett/Eiweiß	1,00	1,08

4.2.7.3 Fett-Eiweiß-Quotient

Der Fett-Eiweiß-Quotient ist in Tabelle 31 dargestellt. Der Mittelwert liegt bei 1,06 mit einer Standardabweichung von 0,16. Die Daten folgen der Normalverteilung.

Tabelle 31: Statistische Kennzahlen des 305-Tage Fett-Eiweiß-Quotienten

Fett-Eiweiß-Quotient	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}	Normalverteilung
	198	1,06	0,16	1,06	0,69	1,35	ja

4.2.8 Fruchtbarkeit

Die Fruchtbarkeitsdaten wurde von allen Untersuchungstieren unabhängig von Untersuchung 1 und 2 betrachtet. Im Untersuchungszeitraum lag die Zwischenkalbezeit des Betriebes bei $417,1 \pm 62,5d$. Der niedrigste Wert lag bei 351d und der höchste bei 682d. Die Gützeit wurde mit $137,1 \pm 62,5d$ ermittelt. Die errechnete mittlere Trächtigkeitsperiode der Untersuchungskühe lag bei 280d.

Die Erstlaktierenden hatten während des Untersuchungszeitraumes einen Besamungsindex von 2,19. Der Besamungsindex der Kühe war nur geringfügig niedriger und lag bei 2,10. Unter den Daten waren Ausreißer mit hoher Güt- und Zwischenkalbezeit zu finden. Zu beachten ist, dass geringe Güt- und Zwischenkalbezeiten durch die freiwillige Wartezeit des Betriebes wegfielen. Unter Berücksichtigung dieser Aspekte kann bei der optischen Analyse der Daten eine Normalverteilung angenommen werden.

Tabelle 32: Statistische Kennzahlen der Fruchtbarkeit von Kühen

	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}	Normalverteilung
Zwischenkalbezeit in Tagen	417,1	62,5	398	351	682	ja
Gützeit	137,1	62,5	118	71	402	ja
Besamungshäufigkeit 1. Laktation	2,19	2,12	1	1	10	ja
Besamungshäufigkeit >1. Laktation	2,10	1,46	2	1	8	ja
Besamungshäufigkeit Gesamt	2,12	1,62	2	1	10	ja

4.3 Analytische Statistik

4.3.1 Einfluss der Laktationszahl auf die Rückenfettmuskeldicke

In einer Varianzanalyse wurde untersucht, ob die Laktationszahl einen Einfluss auf die RFMD hat (Tabelle 33, 34). Mit einem p-Wert von 0,001 konnte dies bestätigt werden. Im post-hoc-Test nach Bonferroni zeigte sich allerdings, dass sich lediglich die Werte der ersten Laktation signifikant von denen der dritten und der sechsten Laktation unterschieden ($p=0,005$ bzw. $p=0,008$).

Tabelle 33: Einfaktorielle ANOVA der RFMD und der Laktationszahl

	Quadratsumme	df	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	550,815	6	3,733	0,001
Innerhalb der Gruppen	50762,084	2086		
Gesamt	51312,899	2092		

Tabelle 34: Mehrfachvergleiche von RFMD und Laktationszahl

	Lakta- tion	Mittlere Diffe- renz	Standard- fehler	Signi- fikanz	95% Konfidenzintervall		
					Unter- grenze	Ober- grenze	
Bonferroni	1	2	-,974	,353	,122	-2,05	,10
		3	-1,258	,340	,005	-2,29	-,23
		4	-,744	,373	,962	-1,88	,39
		5	-1,131	,420	,149	-2,41	,15
		6	-1,764	,498	,008	-3,28	-,25
		>6	-,407	,393	1,000	-1,60	,79
	2	1	,974	,353	,122	-,10	2,05
		3	-,285	,353	1,000	-1,36	,79
		4	,229	,384	1,000	-,94	1,40
		5	-,158	,431	1,000	-1,47	1,15
		6	-,790	,507	1,000	-2,33	,75
		>6	,567	,405	1,000	-,66	1,80
	3	1	1,258	,340	0,005	,23	2,29
		2	,285	,353	1,000	-,79	1,36
		4	,514	,373	1,000	-,62	1,65
		5	,127	,420	1,000	-1,15	1,40
		6	-,505	,498	1,000	-2,02	1,01
		>6	,851	,393	0,64	-,34	2,05
	4	1	,744	,373	0,962	-,39	1,88
		2	-,229	,384	1,000	-1,40	,94
		3	-,514	,373	1,000	-1,65	,62
		5	-,387	,447	1,000	-1,75	,97
		6	-1,019	,521	1,000	-2,60	,56
		>6	,338	,422	1,000	-,95	1,62
	5	1	1,131	,420	0,149	-,15	2,41
		2	,158	,431	1,000	-1,15	1,47
		3	-,127	,420	1,000	-1,40	1,15
		4	,387	,447	1,000	-,97	1,75
		6	-,632	,556	1,000	-2,32	1,06
		>6	,725	,464	1,000	-,69	2,14
6	1	1,764	,498	0,008	,25	3,28	
	2	,790	,507	1,000	-,75	2,33	
	3	,505	,498	1,000	-1,01	2,02	
	4	1,019	,521	1,000	-,56	2,60	
	5	,632	,556	1,000	-1,06	2,32	
	>6	1,357	,536	0,239	-,27	2,99	
>6	1	,407	,393	1,000	-,79	1,60	
	2	-,567	,405	1,000	-1,80	,66	
	3	-,851	,393	0,640	-2,05	,34	
	4	-,338	,422	1,000	-1,62	,95	
	5	-,725	,464	1,000	-2,14	,69	
	6	-1,357	,536	0,239	-2,99	,27	

Im gemischten linearen Modell wurde untersucht, welchen Einfluss die Laktationsnummer auf die RFMD hat (Tabelle 35, 36). Die Laktationsnummer wurde in der logarithmierten Form betrachtet. Es zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang ($p < 0,001$) mit einer durchschnittlichen Abnahme der Dicke von 3,6 mm zwischen der 1. und der 10. Laktation. 59,9% der Varianz der Daten beruhte auf Unterschieden zwischen den Tieren.

Tabelle 35: Einfluss der Laktationsnummer auf die RFMD, Schätzung fester Parameter

Parameter						Konfidenzintervall 95%	
	Schätzung	Std.-Fehler	Freiheitsgrade	T-Statistik	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	31,24	0,37	635,49	83,82	0,000	30,51	31,98
LNr_log	-3,60	0,65	907,97	-5,53	0,000	-4,88	-2,32

Tabelle 36: Einfluss der Laktationsnummer auf die RFMD, Schätzung von Kovarianzparametern

Parameter					Konfidenzintervall 95%	
	Schätzung	Std.-Fehler	Wald Z	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
Residuum	16,39	0,41	39,67	0,000	15,60	17,22
Konstanter Term (Subjekt Varianz=Tierindiv.Nr.)	24,45	1,91	12,77	0,000	20,97	28,50

Die Abbildung 18 zeigt grafisch die durchschnittliche RFMD zum Zeitpunkt der Abkalbung in Abhängigkeit von der Laktationszahl. Sie zeigt einen deutlichen Anstieg der RFMD von der ersten zur zweiten Kalbung. Von der 2. bis zur 6. Laktation verzeichnet die Kurve einen geringen Anstieg und fällt anschließend wieder ab. Die Grafik bestätigt die Signifikanzen aus Tabelle 34.

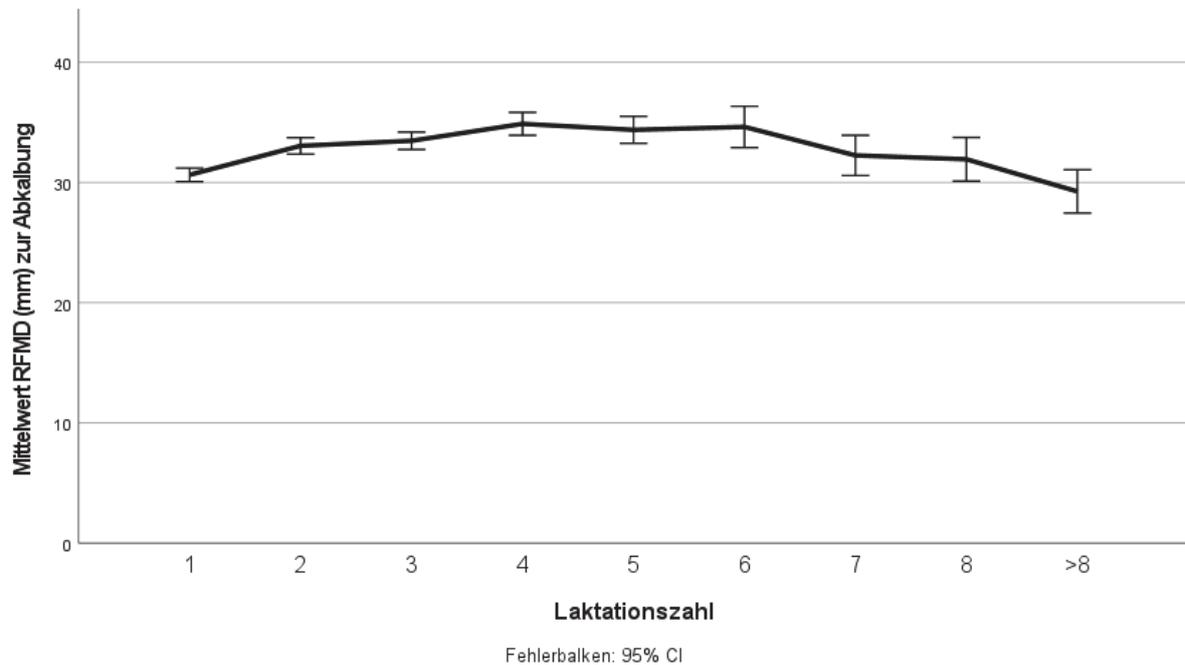


Abbildung 18: RFMD zum Zeitpunkt der Kalbung in Abhängigkeit von der Anzahl der Laktationen

In Abbildung 19 ist die RFMD im Verlauf der Laktation zu sehen. Erstkalbinnen starten mit einer deutlich niedrigeren Kondition in die Laktation als Mehrkalbskühe. Der Abfall der Kondition zu Beginn der Laktation ist bei beiden Kurven deutlich ersichtlich. Erstkalbskühe erreichen im Durchschnitt ihren Konditionstiefpunkt zwischen dem 61. und dem 80. Tag, wohingegen dieser bei Mehrkalbskühen erst später, zwischen dem 81. und 100. Tag, erreicht wird. Der Tiefpunkt der Kondition liegt bei Mehrkalbskühen unter dem der Erstkalbskühe. Über die restliche Laktation hinweg ist bei beiden eine Konditionszunahme festzustellen, die bei Erstkalbskühe geringer ausfällt.

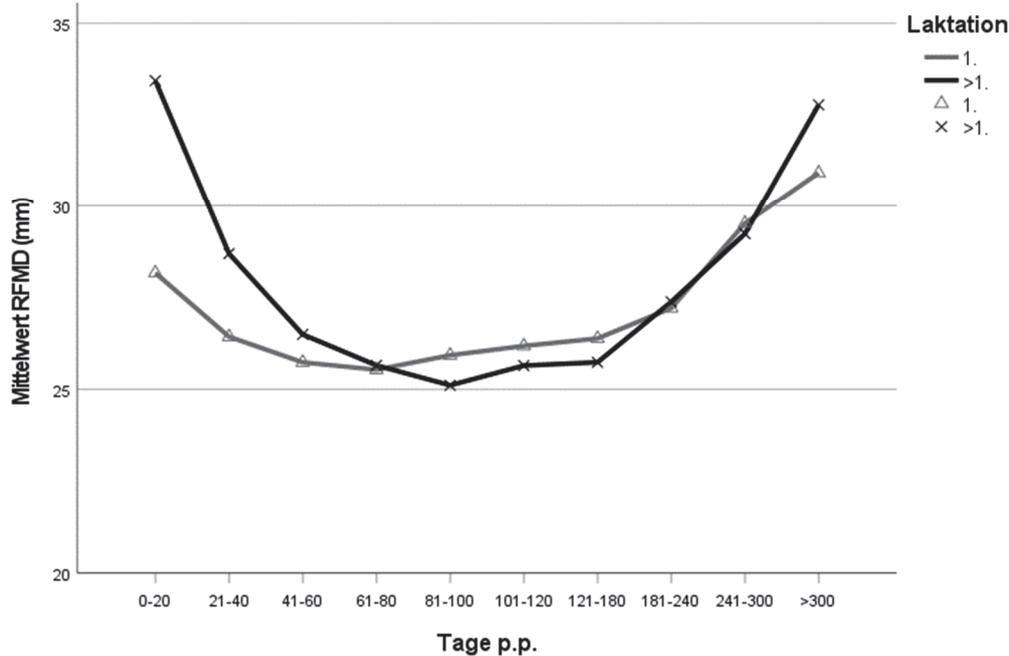


Abbildung 19: Verlauf der RFMD in der 1. und >1. Laktation

4.3.2 Zusammenhang zwischen der Rückenfettmuskeldicke und verschiedenen Konditionsparametern

4.3.2.1 Zusammenhang zwischen der Rückenfettmuskeldicke und der Rückenfettdicke 1

Aufgrund der Wachstumsleistung und der Ergebnisse aus 4.3.1 werden primi- und multipare Tiere separat betrachtet. Die erhobenen Daten wurden mit Hilfe der Pearson-Korrelation gegenübergestellt. Eine weitere Analyse über ein Regressionsmodell wurde nicht durchgeführt. Aufgrund der hohen Korrelationen zwischen den Parametern RFMD und RFD1, sind die gewonnenen Ergebnisse eines solchen Modells nicht aussagekräftig. Stattdessen wurde der Zusammenhang aller Messungen durch den concordance correlation coefficient (CCC) bestimmt.

4.3.2.1.1 Erstkalbskühe

In Abbildung 22 ist der Verlauf der RFD1 und RFMD von 20d a.p. bis zum Trockenstellen dargestellt. Der visuelle Vergleich der Verlaufskurven zeigt eine starke Parallelität. 20d a.p. bis 7d a.p. ist ein leichter Konditionsanstieg zu verzeichnen. Über die Kalbung hinweg bis zum

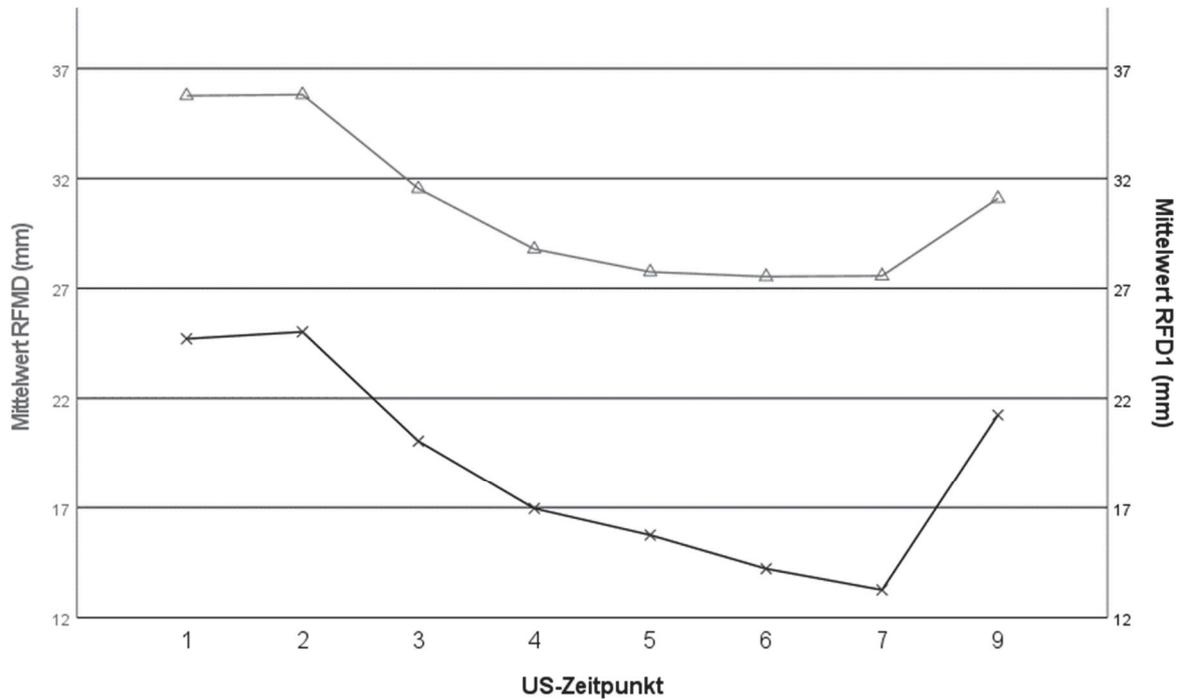


Abbildung 20: Vergleichender Verlauf von RFMD und RFD1 zu den festen Untersuchungszeitpunkten bei Erstkalbskühen

Untersuchungszeitpunkt 7 (63d p.p.) ist ein Konditionsabbau zu sehen. Bis zum Trockenstellen steigen bei beiden Konditionsparameter wieder an.

Um die Beziehung der RFD1 zur RFMD zu betrachten, wurde der Pearson'sche Korrelationskoeffizient bestimmt. Dabei wurde jede Erstkalbskuh nur einmal in die Berechnung mit aufgenommen. Der Koeffizient beträgt bei den Erstkalbskühen 0,693 mit einer Signifikanz von $p < 0,001$ und ist als hoch signifikant einzustufen.

Tabelle 37: Korrelation von RFMD und RFD1 bei Erstkalbskühen

Korrelation		RFD1 (mm)
RFMD (mm)	nach Pearson	0,693
	Signifikanz (2-seitig)	0,000
	N	144

Der positiv gerichtete Zusammenhang von RFD1 und RRFMD ist in Abbildung 21 zu sehen. Aufgrund der Hautdicke sind Werte der RFD1 unter 5mm nicht möglich. Die Modellierung lässt sich durch die lineare Funktion $y = -15,22 + 1,13 \cdot x$ beschreiben. Daraus geht hervor, dass bei einer Konditionszunahme von 1mm RFMD, die RFD1 im Durchschnitt um etwa 1,13mm zunimmt.

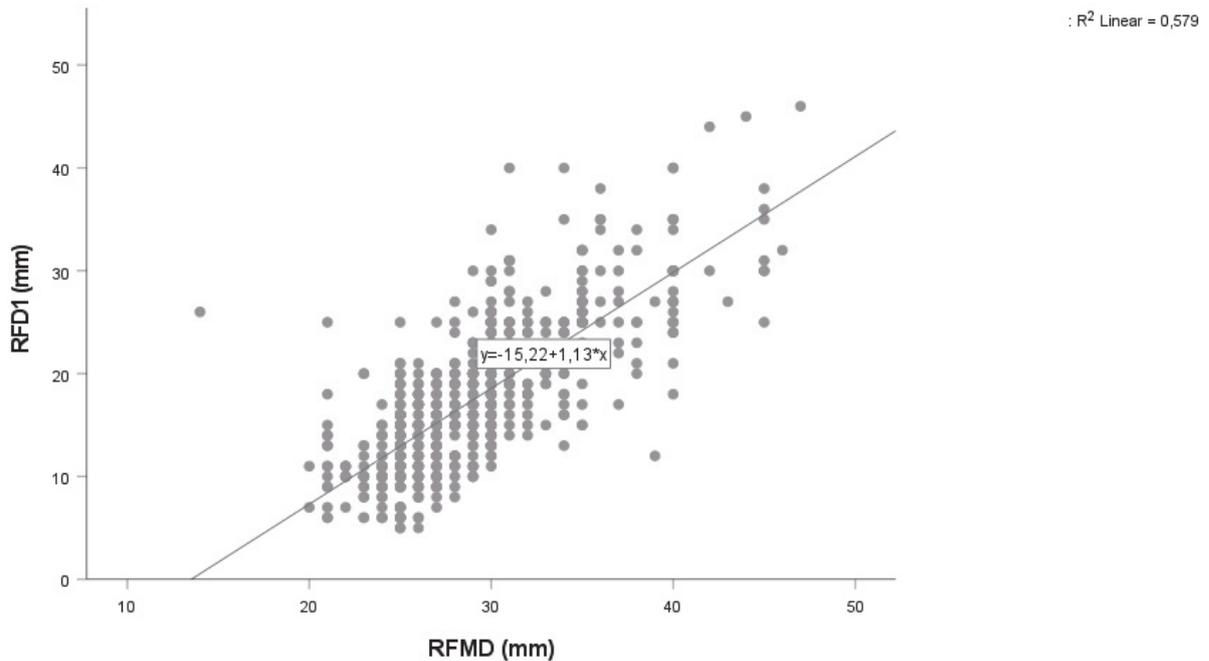


Abbildung 21: RFD1 in Abhängigkeit von der RFMD bei Erstkalbskühen

4.3.2.1.2 Mehrkalbskühe

Abbildung 22 zeigt den Verlauf der Mittelwerte der RFD1 und RFMD von 2908 Messungen zu den festen Untersuchungszeitpunkten. Ähnlich wie bei den Erstkalbskühen fällt auch hier der parallele Verlauf der beiden Konditionskurven auf. Zwischen 21d a.p. und 7d a.p. ist eine durchschnittliche Zunahme der Kondition zu registrieren. Bis zum Untersuchungszeitpunkt 7 fallen beide Kurven stetig ab und steigen anschließend wieder bis zum Trockenstellen.

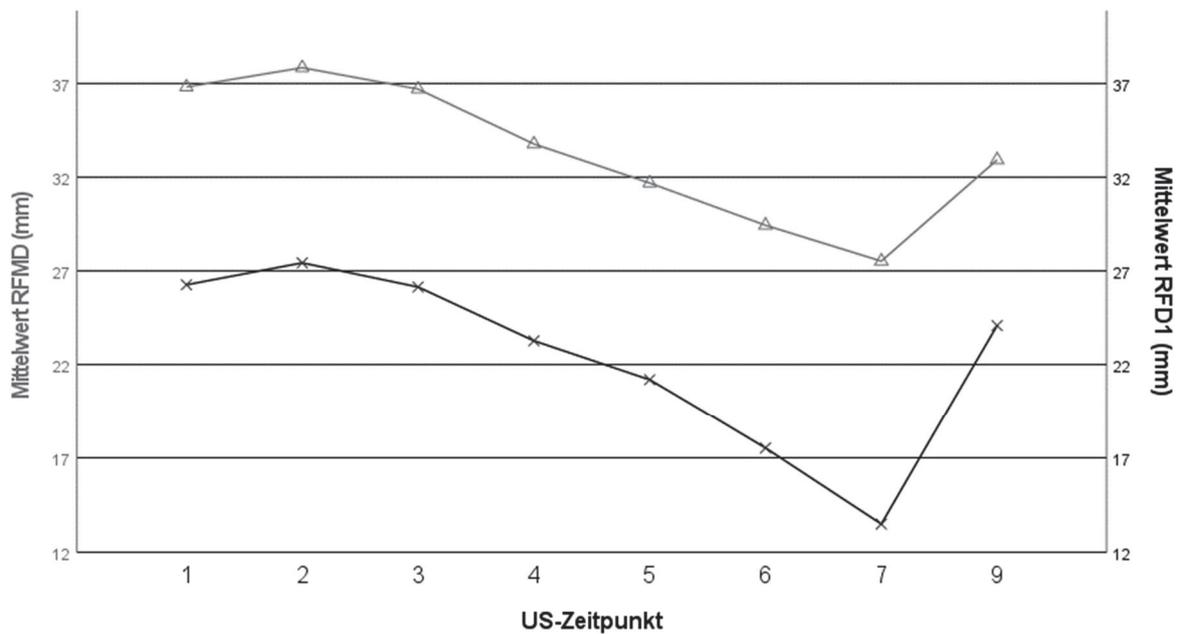


Abbildung 22: Vergleichender Verlauf von RFMD und RFD1 zu den festen Untersuchungszeitpunkten bei Mehrkalbskühen

Die Pearson-Korrelation bei den multiparen Tieren wurde mit 0,794 ($p < 0,001$) berechnet. Für die Berechnung wurde jeder Proband nur einmal in die Auswertung einbezogen. Das Ergebnis bestätigt die visuelle Analyse von Abbildung 22.

Tabelle 38: Korrelation von RFMD und RFD1 bei Mehrkalbskühen

Korrelation		RFD1 (mm)
RFMD (mm)	nach Pearson	0,794
	Signifikanz (2-seitig)	0,000
	N	462

Das Streudiagramm in Abbildung 23 zeigt den positiv linearen Zusammenhang der RFD1 und der RFMD. Geringere Werte als 5mm RFD1 können aufgrund der Hautdicke nicht gemessen werden. Deshalb existieren keine Werte < 5 mm. Für den linearen Zusammenhang wurde die Funktion $y = -18,17 + 1,21 \cdot x$ bestimmt. Daraus lässt sich errechnen, dass sich bei Mehrkalbskühen die RFD1 um durchschnittlich +1,21mm ändert, wenn die RFMD um 1mm zunimmt.

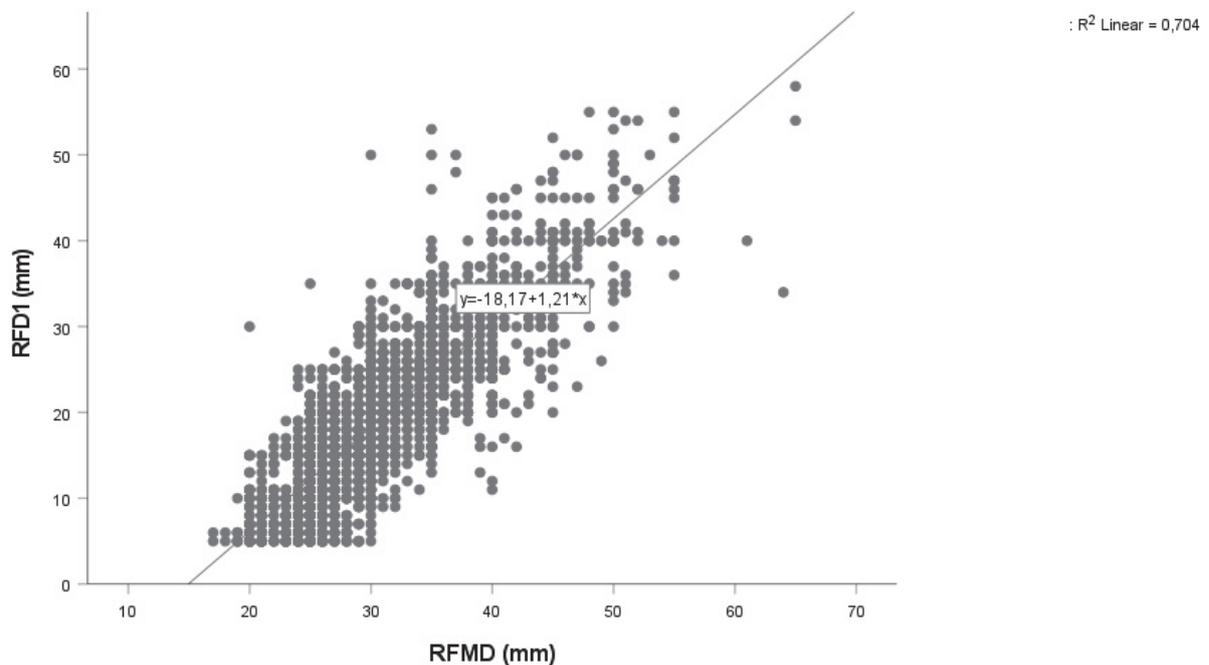


Abbildung 23: RFD1 in Abhängigkeit von der RFMD bei Mehrkalbskühen

4.3.2.1.3 Gesamtbestand

Um die Zusammenhänge der Parameter RFMD und RFD1 genauer zu betrachten, wurde eine concordance correlation durchgeführt. Dieser Test quantifiziert die Übereinstimmung zwischen den beiden Messgrößen. Die einbezogenen Daten wurden vor der Auswertung standardisiert.

In Abbildung 24 ist die RFMD der RFD1 gegenübergestellt. Der reale Verlauf der Daten wird durch die durchgehende Gerade vom correlation coefficient (Pearson) beschrieben. Die Abweichung vom Optimum zeigt die primär unterhalb liegende Tendenzlinie concordance coefficient (Lin). Aus dem Vergleich lässt sich auf die tendenziell stärkere Steigung der RFD1 im Vergleich zur RFMD schließen. Der concordance correlation coefficient wurde mit 0,37 bestimmt. Dieser Wert ist als hoch einzustufen. Die Streuung der Residuen sind in Abbildung 25 dargestellt. Hier zeigt sich nur ein geringer Teil der Werte als Ausreißer. Der Großteil befindet sich innerhalb der Norm.

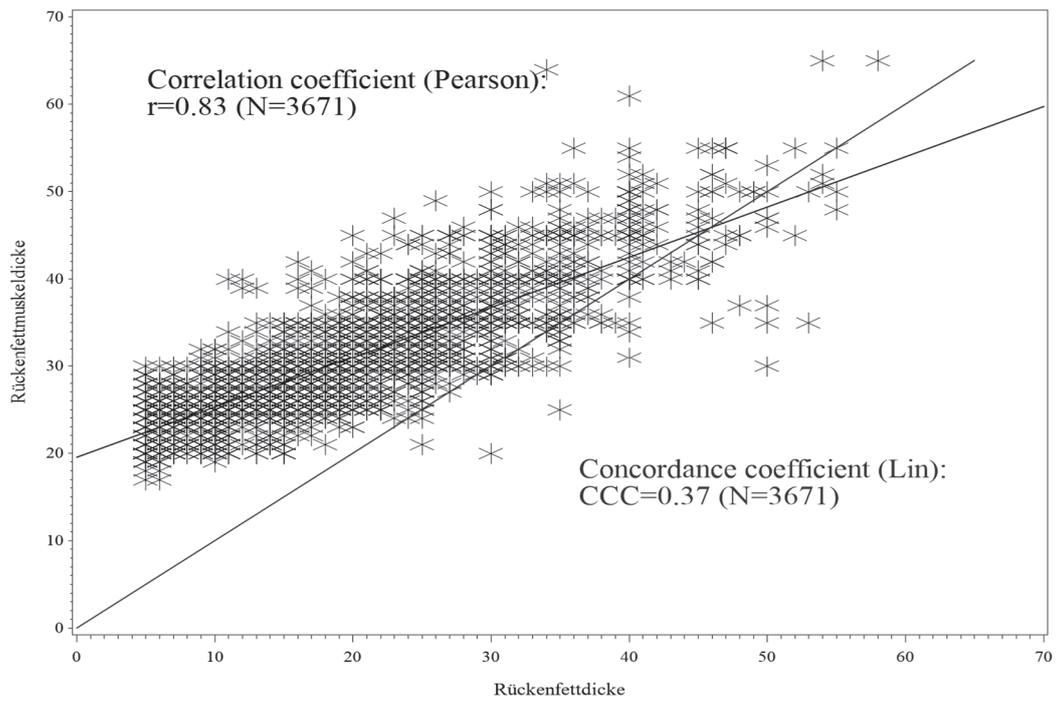


Abbildung 24: Concordance correlation coefficient der RFMD und der RFD1

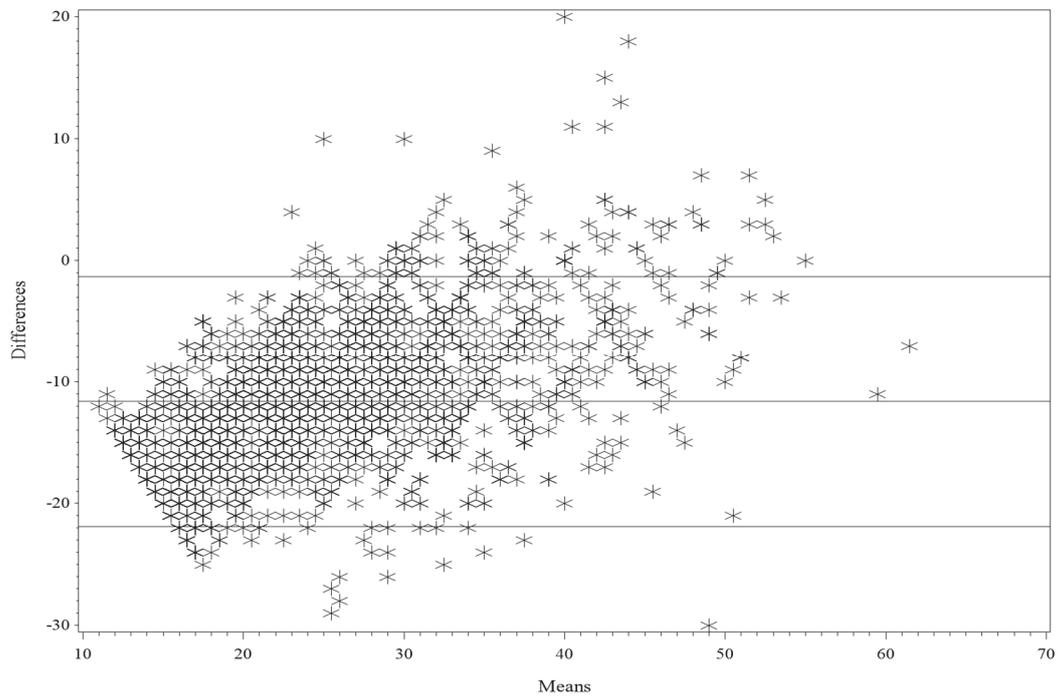


Abbildung 25: Streuung der Residuen der concordance correlation von RFMD und RFD1

4.3.2.1.4 Vergleich der Änderung der Messwerte Rückenfettdicke und Rückenfettdicke 1 während der Laktation bei Mehrkalbskühen

Die Konditionsverläufe sind im Streudiagramm in Abbildung 26 und Abbildung 27 dargestellt. Die Änderungsrate der Kondition folgt einer kubische Funktion. Der Verlauf der RFD kann dabei durch die Funktion $y=25,18-0,22*x+1,01*E^{-3}*x^2-1,1*E^{-6}*x^3$ und die der RFMD durch $y=34,85-0,15*x+6,72*E^{-4}*x^2-7,13*E^{-7}*x^3$ beschrieben werden.

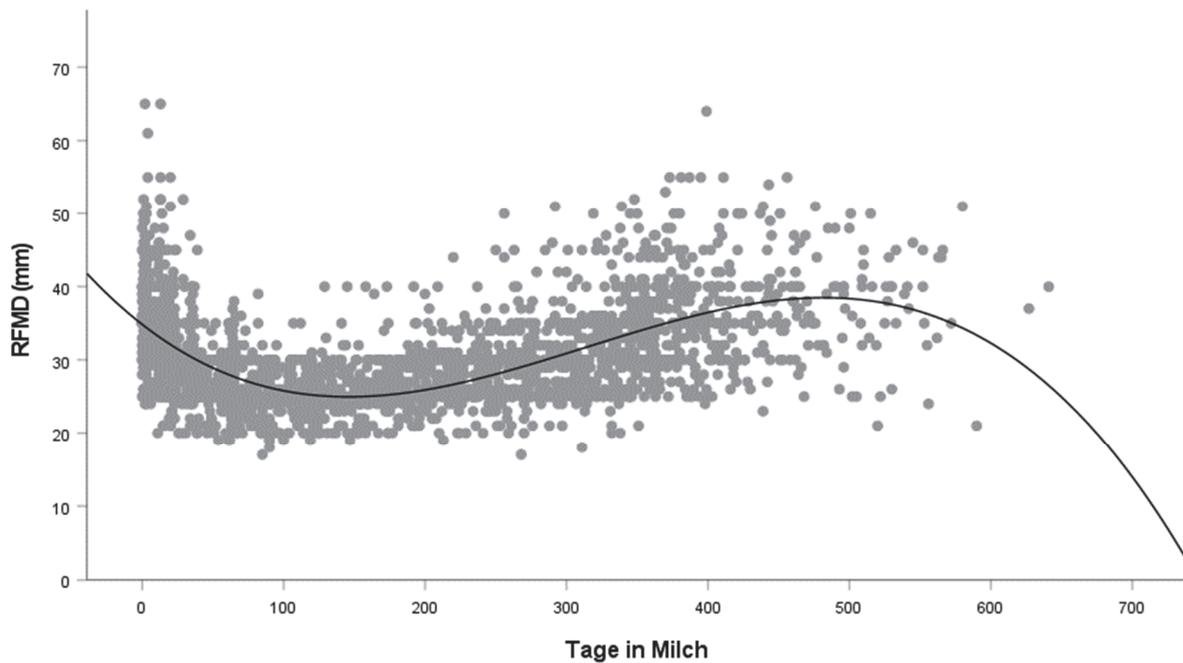


Abbildung 26: Kubische Funktion des Verlaufs der RFD von Mehrkalbskühen

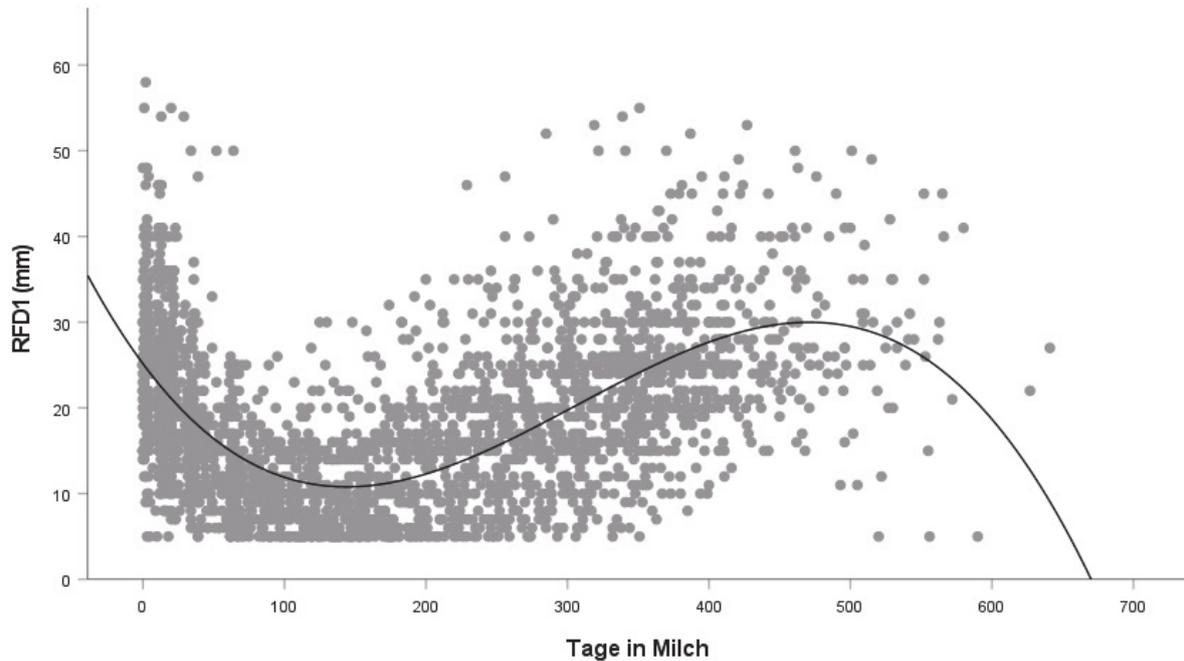


Abbildung 27: Kubische Funktion des Verlaufs der RFD1 von Mehrkalbskühen

Die Rate der Änderung der Kondition kann dabei durch die erste Ableitung dieser Funktion beschrieben werden. Der Verlauf und die dazugehörigen ersten Ableitungen gehen aus Abbildung 28 hervor. Zum Zeitpunkt der Kalbung (0d p.p) bauten die Kühe im Durchschnitt 0,22mm Rückenfett pro Tag ab. Die Abnahme der RFMD pro Tag lag bei 0,15mm. Bis hin zum Konditionstiefpunkt baute sowohl die RFD1 als auch die RFMD zunehmend langsamer ab. Nach dem Erreichen der niedrigsten Kondition wurden die Energiereserven wieder aufgefüllt. Bei der Konditionszunahme nahm die RFD1 den stärkeren Part ein. Die RFD1 gipfelte in einer täglichen Zunahme von 0,09mm und die der RFMD in 0,06mm. Um die Intensität der Unterschiede zwischen den Änderungsraten darzustellen, wurde die Differenz in Tabelle 39 errechnet.

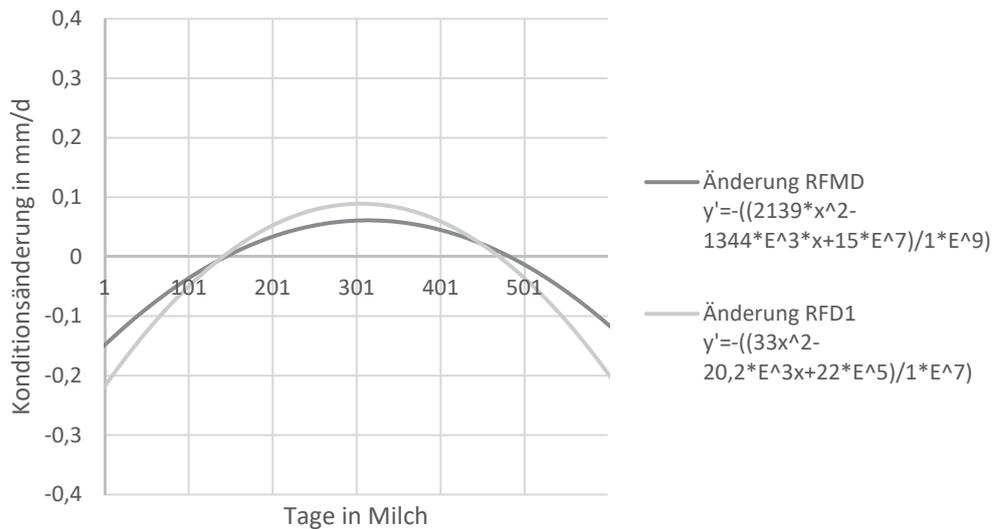


Abbildung 28: Änderungsrate der Konditionsparameter RFMD und RFD1

Tabelle 39: Punktueller Änderungsrate der Kondition mit Differenzen zwischen RFMD und RFD1 bei Mehrkalbskühen

Tag p.p.	punktueller Konditionsänderung		Differenz der Änderung
	RFD1	RFMD	
0	-0,22	-0,15	-0,07
20	-0,18	-0,12	-0,06
40	-0,14	-0,10	-0,04
60	-0,11	-0,08	-0,03
80	-0,08	-0,06	-0,02
100	-0,05	-0,04	-0,01
120	-0,03	-0,02	-0,01
180	0,04	0,02	0,01
240	0,07	0,05	0,03
300	0,09	0,06	0,03
360	0,08	0,06	0,02
420	0,05	0,04	0,01
480	-0,01	0,00	-0,01
540	-0,09	-0,05	-0,04

Der Einfluss der Tage in Milch auf die RFD1 bei Mehrkalbskühen wurde mit einem gemischten Modell gerechnet. Der Verlauf der Daten über die Laktation folgt statistisch einer kubischen Funktion, weshalb die Daten entsprechend potenziert wurden (Tage in Milch³). Die Ergebnisse sind in Tabelle 40 und Tabelle 41 dargestellt. Die Ergebnisse sind hoch signifikant ($p < 0,001$). Die Varianz der Daten unterliegt zu 76,5% tierindividuellen Schwankungen.

Der Einfluss der Tage in Milch auf die RFMD bei Mehrkalbskühen wurde ebenfalls mit einem gemischten Modell gerechnet. Die Tage in Milch wurde auch hier kubisch potenziert. Die

Ergebnisse

Ergebnisse sind in Tabelle 42 und Tabelle 43 ersichtlich. Die gewonnenen Ergebnisse sind hoch signifikant. 62,2% der Varianz der Daten werden tierindividuell beeinflusst.

Tabelle 40: Einfluss der Tage in Milch auf die RFD1 bei Mehrkalbskühen, Schätzung fester Parameter

Parameter						Konfidenzintervall 95%	
	Schät-zung	Std.-Fehler	Freiheits-grade	T-Statistik	Sig.	Unter-grenze	Ober-grenze
Konstanter Term	23,32	0,34	702,92	68,51	0,000	22,65	23,99
Tage in Milch	-0,18	0,004	3382,88	-50,391	0,000	-0,19	-0,17
Tage Milch ²	8,25* E ⁻⁴	1,76*E ⁻⁵	3352,09	46,93	0,000	7,91*E ⁻⁴	8,60*E ⁻⁴
Tage Milch ³	-8,87* E ⁻⁷	2,34*E ⁻⁸	3332,68	-37,87	0,000	-9,33*E ⁻⁷	-8,41*E ⁻⁷

Tabelle 41: Einfluss der Tage in Milch auf die RFD1 bei Mehrkalbskühen, Schätzung von Kovarianzparametern

Parameter					Konfidenzintervall 95%	
	Schätzung	Std.-Fehler	Wald Z	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
Residuum	12,50	0,31	40,07	0,000	11,91	13,13
Konstanter Term (Subjekt Varianz=Tierindiv.Nr.)	40,79	2,81	14,49	0,000	35,63	46,70

Tabelle 42: Einfluss der Tage in Milch auf die RFMD bei Mehrkalbskühen, Schätzung fester Parameter

Parameter						Konfidenzintervall 95%	
	Schät-zung	Std.-Fehler	Freiheits-grade	T-Statistik	Sig.	Unter-grenze	Ober-grenze
Konstanter Term	33,41	,023	905,02	142,56	0,000	32,95	33,87
Tage in Milch	-0,12	0,003	3494,53	-39,67	0,000	-0,13	-0,12
Tage Milch ²	5,49* E ⁻⁴	1,53*E ⁻⁵	3451,87	35,96	0,000	5,19*E ⁻⁴	5,79*E ⁻⁴
Tage Milch ³	-5,67* E ⁻⁷	2,04*E ⁻⁸	3424,37	-27,84	0,000	-6,07*E ⁻⁷	-5,27*E ⁻⁷

Tabelle 43: Einfluss der Tage in Milch auf die RFMD bei Mehrkalbskühen, Schätzung von Kovarianzparametern

Parameter					Konfidenzintervall 95%	
	Schätzung	Std.-Fehler	Wald Z	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
Residuum	9,62	0,24	40,09	0,000	9,16	10,11
Konstanter Term (Subjekt Varianz=Tierindiv.Nr.)	15,86	1,14	13,90	0,000	13,78	18,27

4.3.2.2 Zusammenhang zwischen der Muskeldicke und der Rückenfettdicke 1

Die MD betrachtet umfasst die Dicke des M. gluteus medius. Eine Zu- und Abnahme in der Laktation ist somit einer Änderung der Muskelmasse gleichzusetzen. Hierdurch zeigt sich, dass nicht nur die subkutane Fettschicht für die Änderung des Konditionswertes verantwortlich ist. Aufgrund der Wachstumsleistung von Erstkalbskühen werden auch hier Erst- und Mehrkalbskühe separat betrachtet. Aufgrund der engen Korrelation wurde kein Regressionsmodell gerechnet. Die gewonnenen Ergebnisse wären nicht aussagekräftig. Stattdessen wurde der Zusammenhang mit Hilfe des concordance correlation coefficient (CCC) überprüft.

4.3.2.2.1 Erstkalbskühe

In Abbildung 29 ist der Verlauf der MD und der RFD 1 grafisch dargestellt. Zwischen den Untersuchungszeitpunkten 1 und 2 ist bei der RFD1 eine leichte Zunahme zu verzeichnen. Bei der MD hingegen wurde eine geringgradige Abnahme dokumentiert. Ab dem Untersuchungszeitpunkt 2 wird eine gemeinsame Abnahme verzeichnet. Die niedrigste RFD1 lag beim Untersuchungszeitpunkt 7 (63d p.p.). Bis zum Trockenstellen stieg RFD1 wieder an. Die geringste MD lag bereits zum Untersuchungszeitpunkt 5 (21d p.p.) vor. Anschließend nahm die MD gleichmäßig zu.

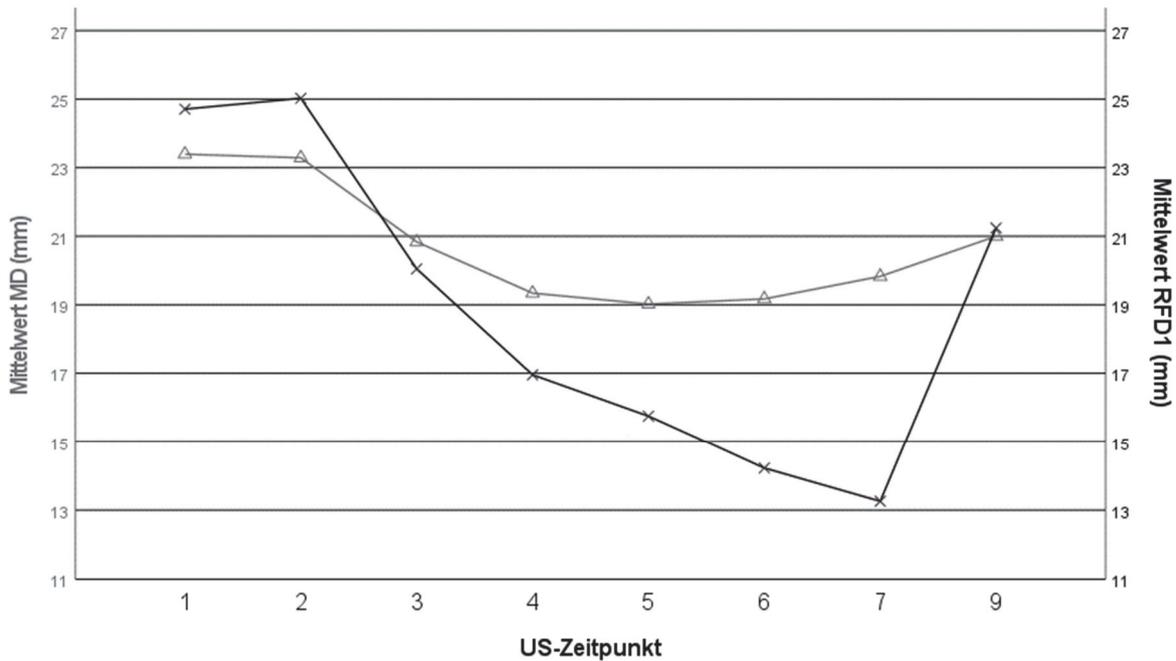


Abbildung 29: Verlauf von MD und RFD1 zu den festen Untersuchungszeitpunkten bei Erstkalbskühen

Für eine Gegenüberstellung der MD mit der RFD1 wurde die Korrelation nach Pearson bestimmt. Der Koeffizient lag bei 0,314 mit einer Signifikanz $p < 0,001$ (Tabelle 44).

Tabelle 44: Korrelation von MD und RFD1 bei Erstkalbskühen

Korrelation		RFD1 (mm)
MD (mm)	nach Pearson	0,314
	Signifikanz (2-seitig)	<0,001
	N	763

Der linear gerichtete Zusammenhang ist Abbildung 30 zu entnehmen. Die geradlinige Tendenz wird durch die positive Funktion $y = -5,15 + 1,12 \cdot x$ beschrieben. Bei einer Erhöhung der MD um 1mm erhöht sich die RFD1 um durchschnittlich 1,12mm.

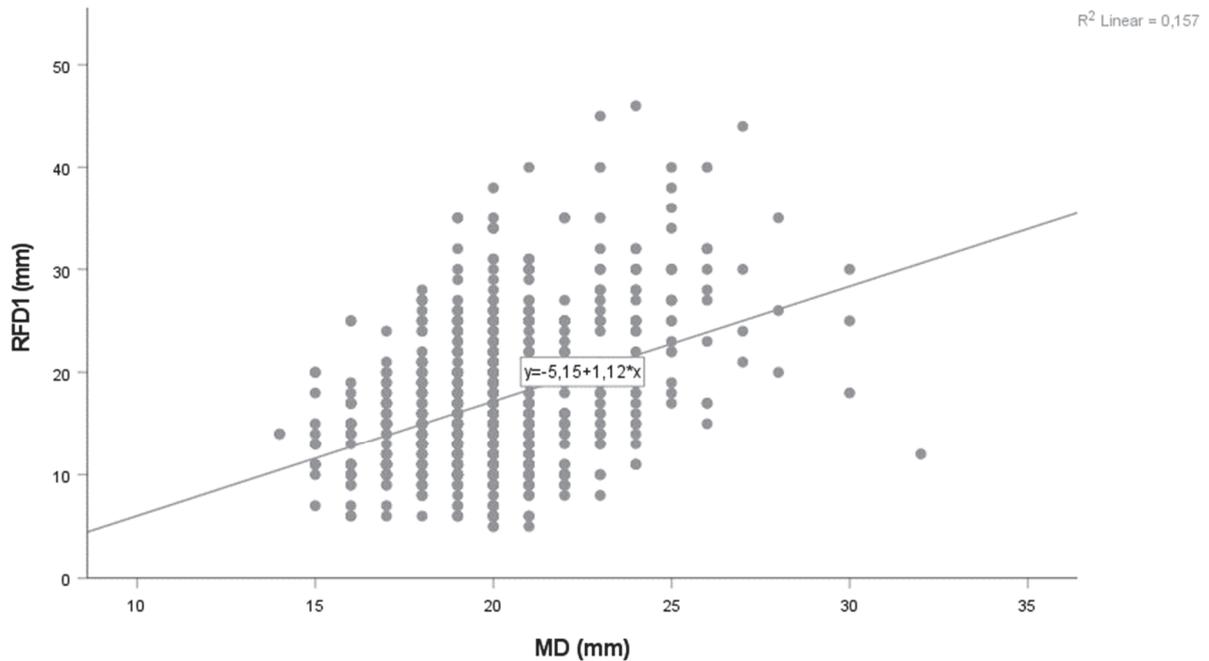


Abbildung 30: RFD1 in Abhängigkeit von der MD bei Erstkalbskühen

4.3.2.2.2 Mehrkalbskühe

In Abbildung 31 ist der Verlauf von MD und RFD1 zu den festen Untersuchungszeitpunkten dargestellt. Zwischen den Untersuchungszeitpunkten 1 und 2 ist bei beiden ein deutlicher Anstieg erkennbar. Ab 7d a.p. sinken beide Parameter über die Kalbung hinweg ab und erreichen gemeinsam den Konditionstiefpunkt am Untersuchungszeitpunkt 7. Zum Trockenstellen hin verzeichnen beide Untersuchungsgrößen einen deutlichen Anstieg.

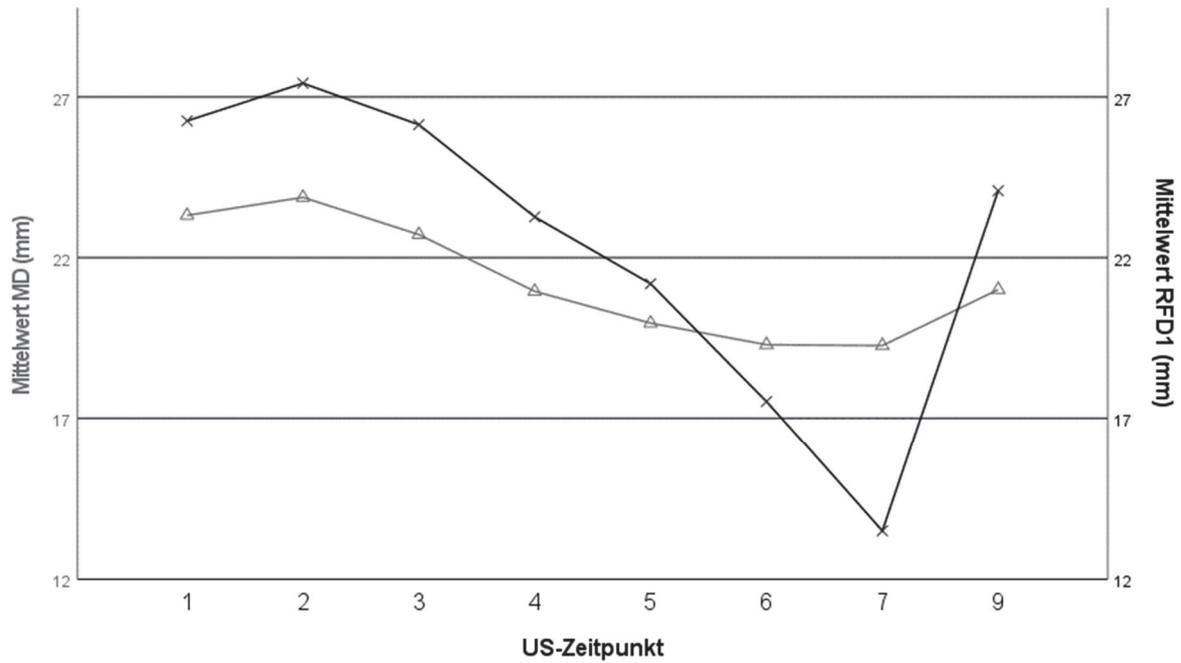


Abbildung 31: Verlauf von MD und RFD1 zu den festen Untersuchungszeitpunkten bei Mehrkalbskühen

Die Korrelation der beiden Parameter wurde nach Pearson bestimmt und liegt bei 0,462 mit einer Signifikanz von $p < 0,001$ (Tabelle 45).

Tabelle 45: Korrelation von MD und RFD1 bei Mehrkalbskühen

Korrelation		RFD1 (mm)
MD (mm)	nach Pearson	0,462
	Signifikanz (2-seitig)	<0,001
	N	2908

Der lineare Zusammenhang ist in Abbildung 32 grafisch dargestellt. Die Tendenz der Daten kann durch die Gleichung $y = -10,92 + 1,46 \cdot x$ beschrieben werden. Damit geht durchschnittlich eine Erhöhung der MD um 1mm mit einer Erhöhung der RFD1 um 0,68mm einher.

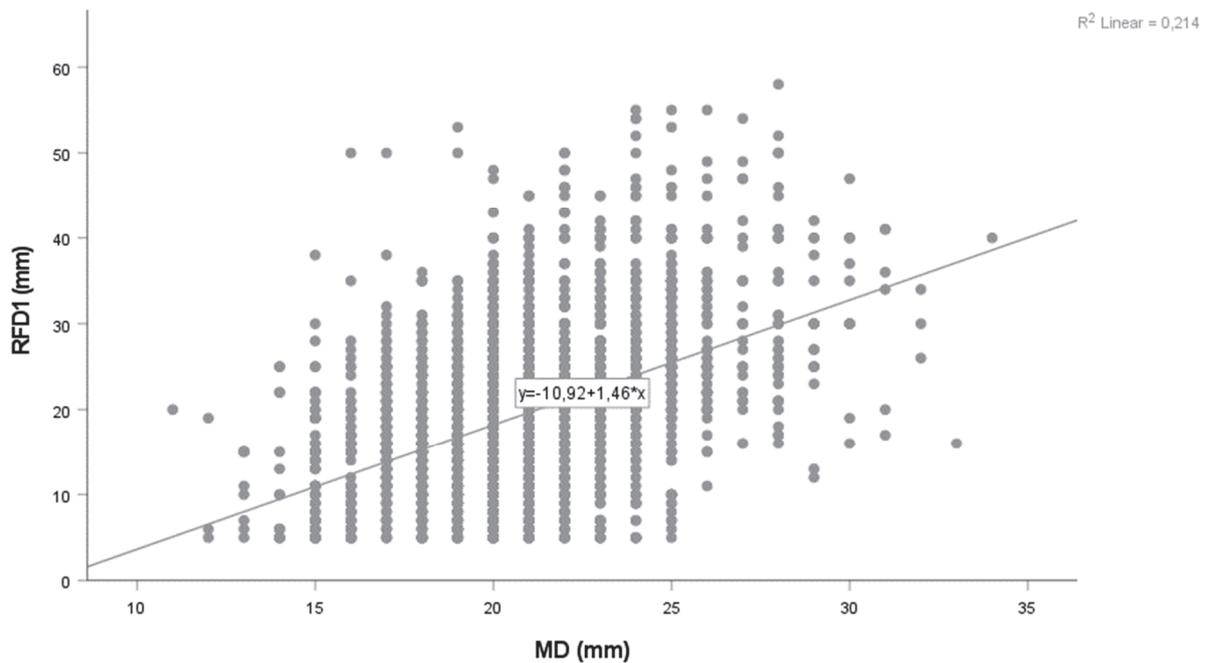


Abbildung 32: RFD1 in Abhängigkeit von der MD bei Mehrkalbskühen

4.3.2.2.3 Gesamtbestand

Die Zusammenhänge der Parameter MD und RFD1 wurden durch die concordance correlation bestimmt. Dieser Test quantifiziert die Übereinstimmung zwischen den beiden Untersuchungsgrößen. Bei der Gegenüberstellung der RFD1 zur MD wurden die einbezogenen Daten vor der Auswertung standardisiert.

In Abbildung 33 sind die Messwerte der MD und der RFD1 gegenübergestellt. Der reale Werteverlauf stellt sich als Gerade des correlation coefficient nach Pearson dar. Die Abweichungen vom Optimum werden durch die primär oberhalb liegende Tendenzlinie concordance coefficient (Lin) dargestellt. Daraus lässt sich auf die tendenziell stärkere Steigung der RFD1 im Vergleich zur MD schließen. Der concordance correlation coefficient wurde mit 0,26 bestimmt. Dieser Wert ist als mittelgradig einzustufen. Die Residuenstreuung ist in Abbildung 34 dargestellt. Hier zeigt sich nur ein geringer Teil der Werte als Ausreißer. Die Ausreißer selbst befinden sich primär nach oben. Der Großteil befindet sich innerhalb der Norm.

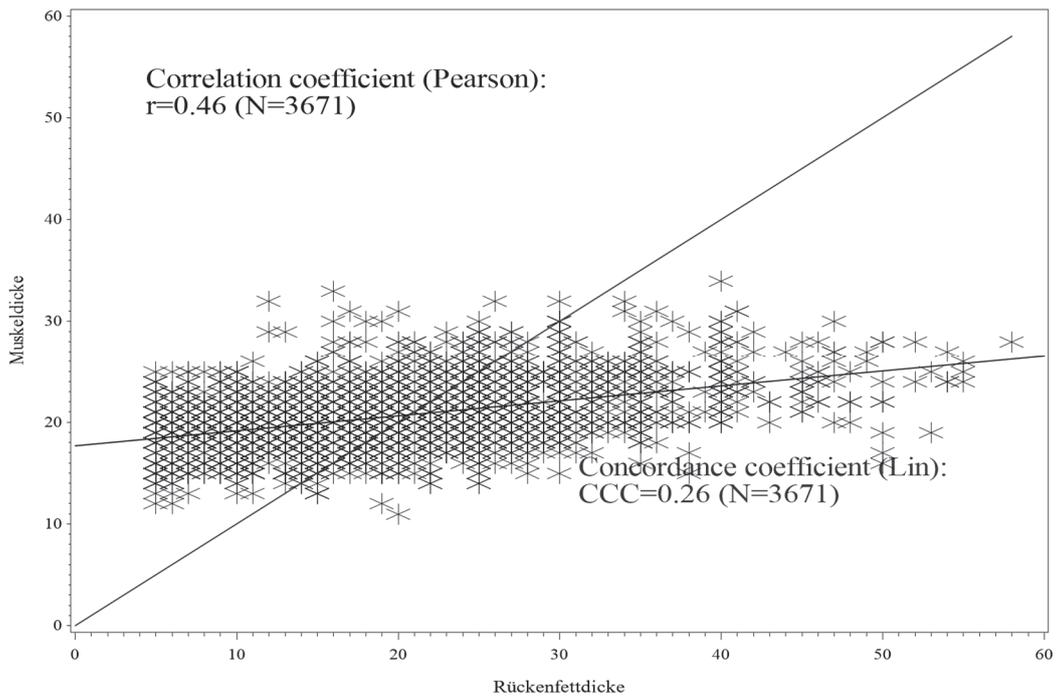


Abbildung 33: Concordance correlation coefficient der MD und der RFD1

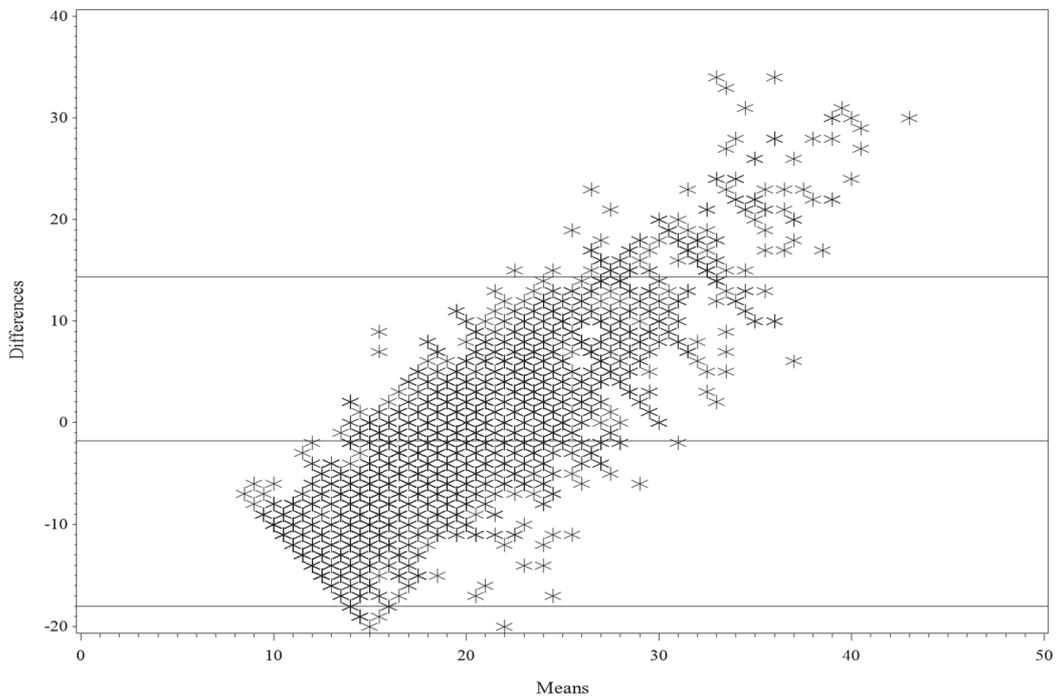


Abbildung 34: Streuung der Residuen der concordance correlation von MD und RFD1

4.3.2.3 Zusammenhang zwischen Rückenfettmuskeldicke und Body Condition Score

Zwischen der RFMD und dem BCS besteht eine signifikant positive Korrelation. Nach der Berechnung nach Pearson beträgt diese 0,762 und kann somit als hoch eingestuft werden (Tabelle 46).

Tabelle 46: Korrelation von RFMD und BCS

Korrelation		BCS
RFMD (mm)	nach Pearson	0,762
	Signifikanz (2-seitig)	0,000
	N	1720

Mit Hilfe eines gemischten Modells wurde getestet, welchen Einfluss der BCS auf die RFMD hat (Tabelle 47, 48). Die Ergebnisse zeigten eine hohe Signifikanz ($p < 0,001$). Die Streuung zwischen den Tieren liegt bei 6,10 und innerhalb der Tiere bei 4,54. 57,3% der Varianz der Daten beruht dabei auf Unterschieden zwischen den Tieren.

Tabelle 47: Einfluss des BCS auf die RFMD, Schätzung fester Parameter

Parameter						Konfidenzintervall 95%	
	Schät-zung	Std.-Fehler	Freiheits-grade	T-Statistik	Sig.	Unter-grenze	Ober-grenze
Konstanter Term	13,68	0,41	1190,00	33,50	0,000	12,88	14,48
BCS	5,59	0,15	1342,67	37,78	0,000	5,30	5,88

Tabelle 48: Einfluss des BCS auf die RFMD, Schätzung von Kovarianzparametern

Parameter					Konfidenzintervall 95%	
	Schätzung	Std.-Fehler	Wald Z	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
Residuum	4,54	0,18	25,20	0,000	4,21	4,91
Konstanter Term (Subjekt Varianz=Tierindiv.Nr.)	6,10	0,51	11,87	0,000	5,17	7,19

In der Abbildung 35 ist die deutliche positive Beziehung ersichtlich. Die Steigung wird mit der linearen Funktion $y = -0,2 + 0,1 \cdot x$ beschrieben. Somit ändert sich der BCS im Durchschnitt um 0,1 pro mm RFMD-Änderung. Bei der BCS-Bonitierung von eins bis fünf in 0,25 Schritten nach

Edmonson et al. (1989) entspricht eine Viertelnote einer RFMD-Änderung von durchschnittlich 2,5mm.

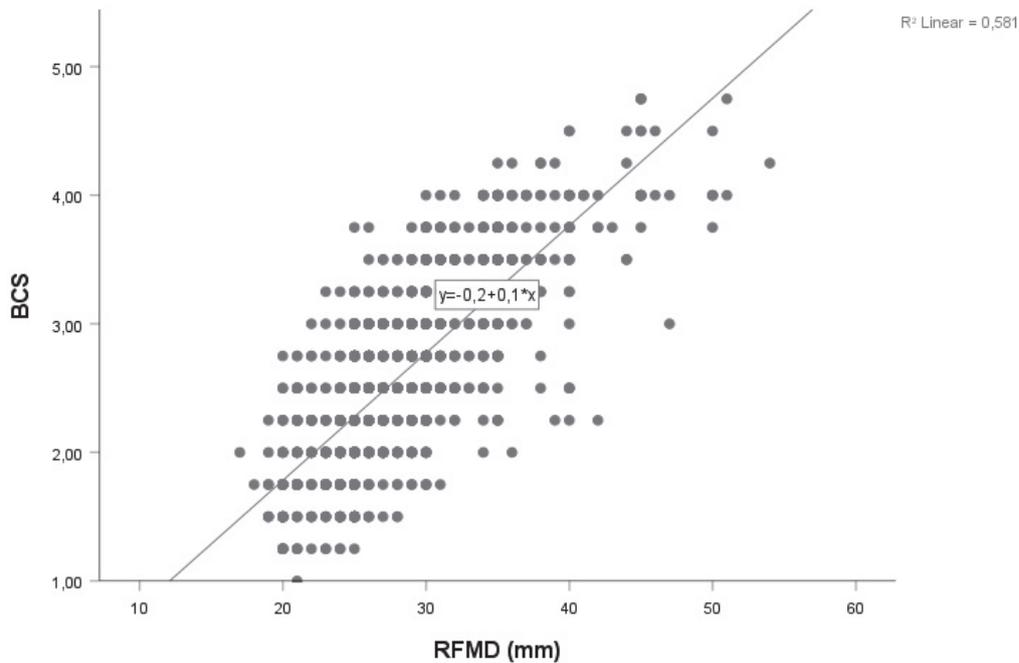


Abbildung 35: BCS in Abhängigkeit von der RFMD

4.3.2.4 Zusammenhang zwischen Rückenfettmuskeldicke und Lebendmasse

Aufgrund der Wachstumsleistung von Erstkalbskühe muss bei der Gegenüberstellung von RFMD und LM zwischen Erstkalbskühen (1. Laktation) und Mehrkalbskühen (>1. Laktation) unterschieden werden.

4.3.2.4.1 Erstkalbskühe

Die Korrelation nach Pearson ist in Tabelle 49 dargestellt. Der errechnete Korrelationskoeffizient liegt bei 0,408 und ist hoch signifikant ($p < 0,001$).

Tabelle 49: Korrelation von RFMD und LM bei Erstkalbskühen

Korrelation		LM (kg)
RFMD (mm)	nach Pearson	0,408
	Signifikanz (2-seitig)	0,000
	N	554

In Tabelle 50 und Tabelle 51 sind die Ergebnisse des gemischten Modells dargestellt. Es wurde geprüft, welchen Einfluss die LM auf die RFMD hat. Die Ergebnisse waren signifikant ($p < 0,001$). Die Streuung zwischen den Untersuchungstieren lag bei 8,64 und innerhalb der Tiere bei 6,00. Die Varianz der Daten unterlag zu 59,0% tierindividuellen Einflüssen.

Tabelle 50: Einfluss der LM auf die RFMD bei Erstkalbskühen, Schätzung fester Parameter

Parameter						Konfidenzintervall 95%	
	Schät-zung	Std.-Fehler	Freiheits-grade	T-Statistik	Sig.	Unter-grenze	Ober-grenze
Konstanter Term	10,37	2,00	436,08	5,20	0,000	6,45	14,30
LM	0,03	0,003	442,14	9,12	0,000	0,02	0,03

Tabelle 51: Einfluss der LM auf die RFMD bei Erstkalbskühen, Schätzung von Kovarianzparametern

Parameter					Konfidenzintervall 95%	
	Schätzung	Std.-Fehler	Wald Z	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
Residuum	6,00	0,44	13,66	0,000	5,19	6,92
Konstanter Term (Subjekt Varianz=Tierindiv.Nr.)	8,64	1,35	6,39	0,000	6,36	11,74

Abbildung 36 zeigt die LM in Abhängigkeit von der RFMD als Streudiagramm. Die Messwerte liegen dabei sehr verteilt um die lineare Funktion, was sich auch im Standardfehler und im relativ niedrigem R-Quadrat widerspiegelt. Die Funktion wird durch die Formel $y = 4,49E^2 + 6,6 \cdot x$ beschrieben. Damit entsprechen 6,6kg Lebendmasse einer Änderung der RFMD von 1mm.

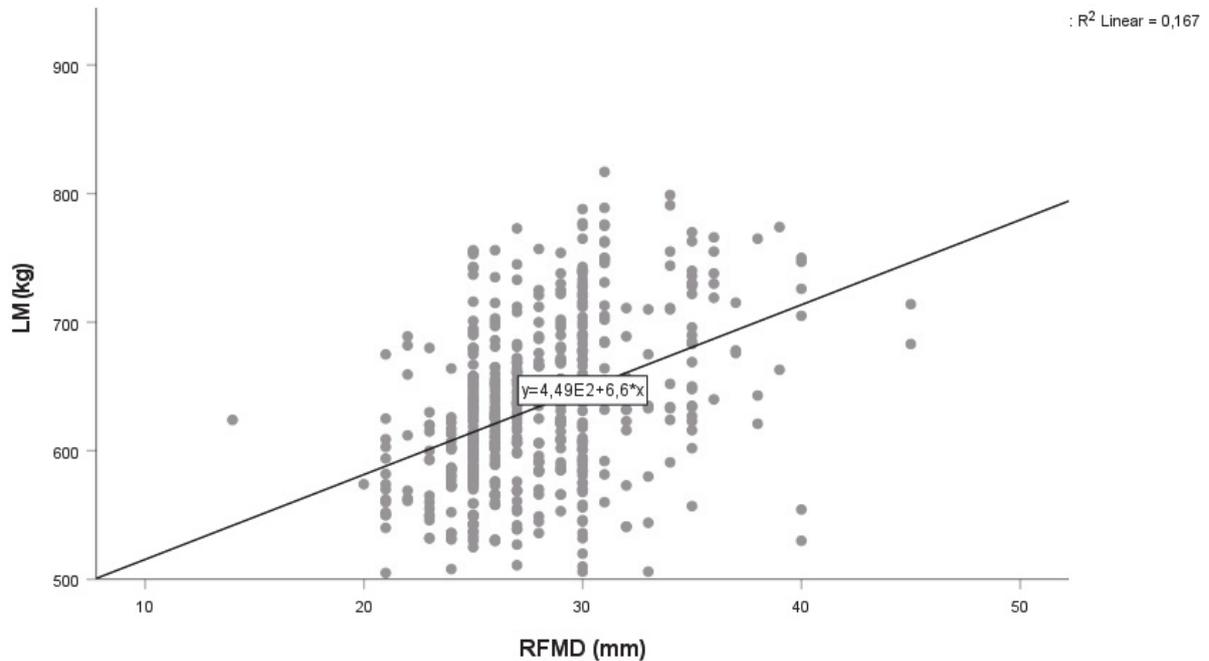


Abbildung 36: LM in Abhängigkeit von der RFMD bei Erstkalbskühen

4.3.2.4.2 Mehrkalbskühen

Bei Mehrkalbskühen ist das Körperwachstum abgeschlossen. Damit steigt auch die Aussagekraft der Lebendmasse als Konditionsparameter. Die Änderungen im Körpergewicht spiegeln folglich die Konditionszunahmen und Konditionsabnahmen des Tieres wider. Die Korrelation von RFMD und LM von Mehrkalbskühen ist Tabelle 52 zu entnehmen. Der Korrelationskoeffizient nach Pearson beträgt 0,574 mit einer Signifikanz von $p < 0,001$.

Tabelle 52: Korrelation von RFMD und LM bei Mehrkalbskühen

Korrelation		LM (kg)
RFMD (mm)	nach Pearson	0,574
	Signifikanz (2-seitig)	0,000
	N	2116

Im gemischten linearen Modell wurde untersucht, welchen Einfluss die LM auf die RFMD hat (Tabelle 53, 54). Es zeigte sich ein signifikanter Einfluss mit $p < 0,001$. Die Streuung der Daten liegt zwischen den Tieren bei 11,47 und innerhalb der Tiere bei 13,67. 54,4 % der Varianz der Daten beruhte auf Unterschieden zwischen den Tieren.

Tabelle 53: Einfluss der LM auf die RFMD bei Mehrkalbskühen, Schätzung fester Parameter

Parameter						Konfidenzintervall 95%	
	Schät-zung	Std.-Fehler	Freiheits-grade	T-Statistik	Sig.	Unter-grenze	Ober-grenze
Konstanter Term	-5,76	1,43	1643,79	-4,04	0,000	-8,56	-2,97
LM	0,05	0,002	1688,13	24,98	0,000	0,04	0,05

Tabelle 54: Einfluss der LM auf die RFMD bei Mehrkalbskühen, Schätzung von Kovarianzparametern

Parameter					Konfidenzintervall 95%	
	Schätzung	Std.-Fehler	Wald Z	Sig.	Unter-grenze	Ober-grenze
Residuum	11,47	0,40	28,52	0,000	10,71	12,29
Konstanter Term (Subjekt Varianz=Tierindiv.Nr.)	13,67	1,22	11,25	0,000	11,49	16,27

Das Streudiagramm (Abbildung 37) bestätigt optisch den niedrigeren Standardfehler. Die erhobenen RFMD zentrieren sich deutlich stärker an der Regressionsgeraden. Die Funktion wird von der Gleichung $y=5,3E2+6,73*x$ beschrieben. Bei Mehrkalbskühen entspricht damit eine RFMD-Änderung von 1mm einer LM-Änderung von 6,73kg.

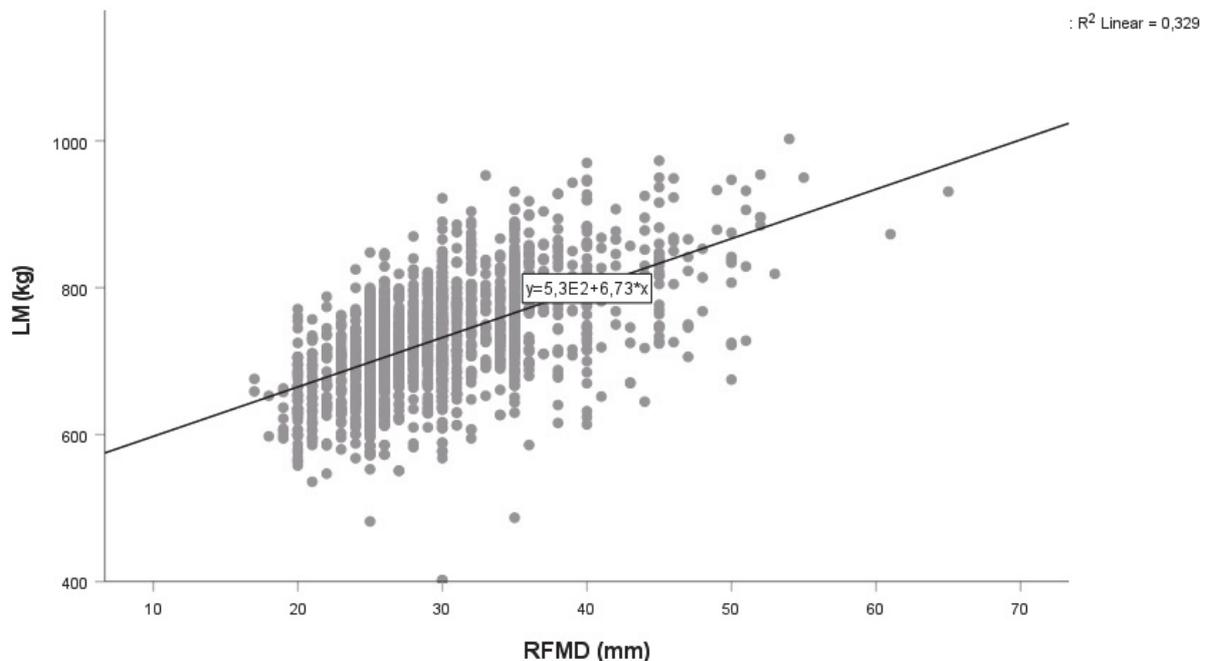


Abbildung 37: LM in Abhängigkeit von der RFMD bei Mehrkalbskühen

4.3.3 Zusammenhang zwischen der Rückenfettmuskeldicke und verschiedenen Milchleistungsparametern

4.3.3.1 100-Tage Milchleistung

Die einfache Korrelation von RFMD und 100-Tage Milchleistung wurde nach der Methode von Pearson berechnet und ist in Tabelle 55 dargestellt. Die beiden erhobenen Daten korrelieren hierbei signifikant positiv mit einem Koeffizienten von 0,219.

Tabelle 55: Korrelation von der RFMD zur Kalbung und der 100-Tage Milchleistung

Korrelation		100-Tage Milchleistung
RFMD (mm)	nach Pearson	0,219
	Signifikanz (2-seitig)	0,02
	N	198

In Tabelle 56 und Tabelle 57 wurde der Einfluss der 100-Tage Milchleistung auf die RFMD geprüft. Die Ergebnisse sind hoch signifikant. Die Streuung der Daten zwischen den Tieren lag bei 17,20 und innerhalb der Tiere bei 21,04. Die Varianz der Daten unterlag mit 44,98% tierindividuellen Schwankungen.

Tabelle 56: Einfluss der 100-Tage Milchleistung auf die RFMD, Schätzung fester Parameter

Parameter						Konfidenzintervall 95%	
	Schätzung	Std.-Fehler	Freiheitsgrade	T-Statistik	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	25,81	1,84	206,68	14,00	0,000	22,17	29,44
100-Tage Milchleistung	0,001	4,11*E ⁻⁴	204,55	2,78	0,006	3,31*E ⁻⁴	0,002

Tabelle 57: Einfluss der 100-Tage Milchleistung auf die RFMD, Schätzung von Kovarianzparametern

Parameter					Konfidenzintervall 95%	
	Schätzung	Std.-Fehler	Wald Z	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
Residuum	21,04	0,67	31,52	0,000	19,77	22,39
Konstanter Term (Subjekt Varianz=Tierindiv.Nr.)	17,20	1,92	8,97	0,000	13,82	21,40

Der lineare Zusammenhang ist als Streudiagramm in Abbildung 38 dargestellt. Die Gerade wird durch die Funktionsgleichung $y=3510+25,99*x$ beschrieben. Somit erhöht sich im Durchschnitt die 100-Tage Milchleistung um 25,99kg, wenn die RFMD zum Zeitpunkt der Kalbung um 1mm ansteigt.

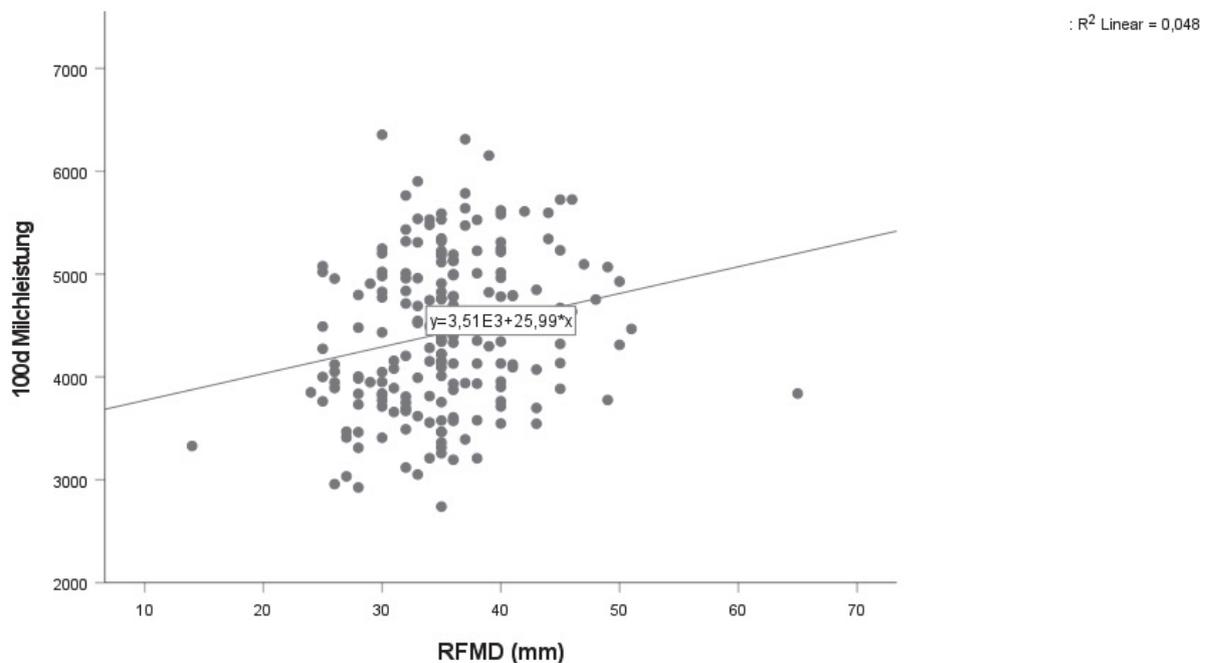


Abbildung 38: 100-Tage Milchleistung in Abhängigkeit von der RFMD zur Kalbung

4.3.3.2 305-Tage Milchleistung

In Abbildung 39 ist der Verlauf der RFMD in Abhängigkeit von den Tagen p.p. abgebildet. Die RFMD wurden dabei abhängig von der 305d Milchleistung kategorisiert. Die Milchleistung ist zur genaueren Vergleichbarkeit fettkorrigiert (FCM). Zu Beginn der Laktation (0-20d p.p) ist deutlich, dass Kühe mit einer Milchleistung von >13000kg im Durchschnitt mit der höchsten Kondition in die Laktation starteten. Mit absteigender Milchleistung sinkt auch die durchschnittliche Kondition zum Laktationsbeginn. Die durchschnittlichen Konditionstiefpunkte verhalten sich ebenfalls unterschiedlich zur Milchleistung. Die niedrigste Kondition wird von Tieren mit 11001-12000kg zwischen dem 101. und 120.d p.p. erreicht. Die zweitniedrigste Kondition erreichen Kühe mit einer Leistung von >13000kg zwischen dem 121. und 180.d p.p. Die zweithöchste Kondition am Konditionstiefpunkt haben Tiere mit einer Milchleistung von <11001kg zwischen dem 101. und 120.d p.p. Den höchsten Konditionstiefpunkt kann bei Kühen mit einer Milchleistung von 12001-13000kg verzeichnet werden. Das Konditionstief wird im Durchschnitt zwischen dem 121. und 180.d p.p. erreicht.

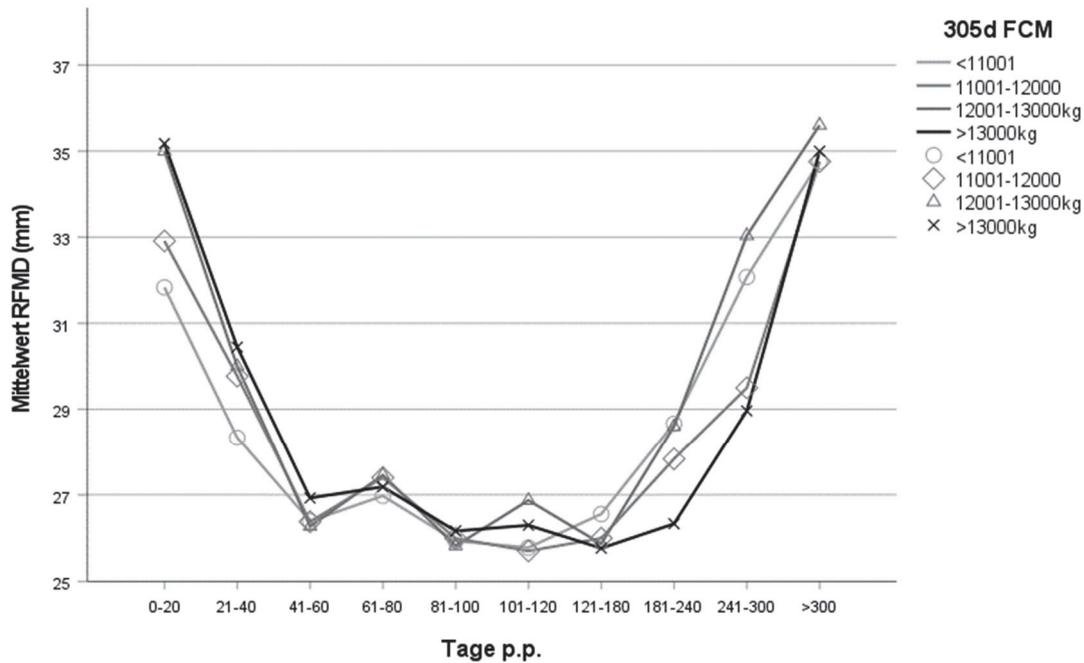


Abbildung 39: RFMD in Abhängigkeit von den Tagen p.p. und der 305d FCM

Die Korrelation von der RFMD und der 305d FCM wird in Tabelle 58 beschrieben. Der Korrelationskoeffizient wurde nach Pearson mit 0,285 sowie einer zweiseitigen Signifikanz von 0,000 berechnet. Folglich gibt es einen signifikant positiven Zusammenhang zwischen den beiden Parametern.

Tabelle 58: Korrelation von der RFMD zur Kalbung und der 305d Milchleistung

Korrelation		305d FCM
RFMD (mm)	nach Pearson	0,285
	Signifikanz (2-seitig)	0,000
	N	198

Der Einfluss der 305-Tage Milchleistung auf die RFMD wurde mit einem gemischten Modell errechnet (Tabelle 59, Tabelle 60). Es gibt keinen Einfluss von der 305-Tage Milchleistung auf die RFMD ($p > 0,005$). Die Varianz der Datenerhebung unterlag mit 45,80% tierindividuellen Schwankungen.

Tabelle 59: Einfluss der 305-Tage Milchleistung auf die RFMD, Schätzung fester Parameter

Parameter						Konfidenzintervall 95%	
	Schätzung	Std.-Fehler	Freiheitsgrade	T-Statistik	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	28,24	2,20	200,95	12,84	0,000	23,90	32,58
305d Milchleistung	2,16* E ⁻⁴	1,80*E ⁻⁴	199,89	1,20	0,231	1,39*E ⁻⁴	5,71*E ⁻⁴

Tabelle 60: Einfluss der 305-Tage Milchleistung auf die RFMD, Schätzung von Kovarianzparametern

Parameter					Konfidenzintervall 95%	
	Schätzung	Std.-Fehler	Wald Z	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
Residuum	21,04	0,67	31,51	0,000	19,77	22,39
Konstanter Term (Subjekt Varianz=Tierindiv.Nr.)	17,78	1,98	8,99	0,000	14,30	22,11

Die Abhängigkeit der 305d FCM von der RFMD zum Zeitpunkt der Kalbung ist in Abbildung 40 als Streudiagramm dargestellt. Der lineare Zusammenhang der beiden Parameter lässt sich durch die Funktionsgleichung $y=9,03E^3+71,51*x$ beschreiben. Eine höhere RFMD um 1mm folgt eine durchschnittliche Zunahme der 305d FCM um 71,51kg.

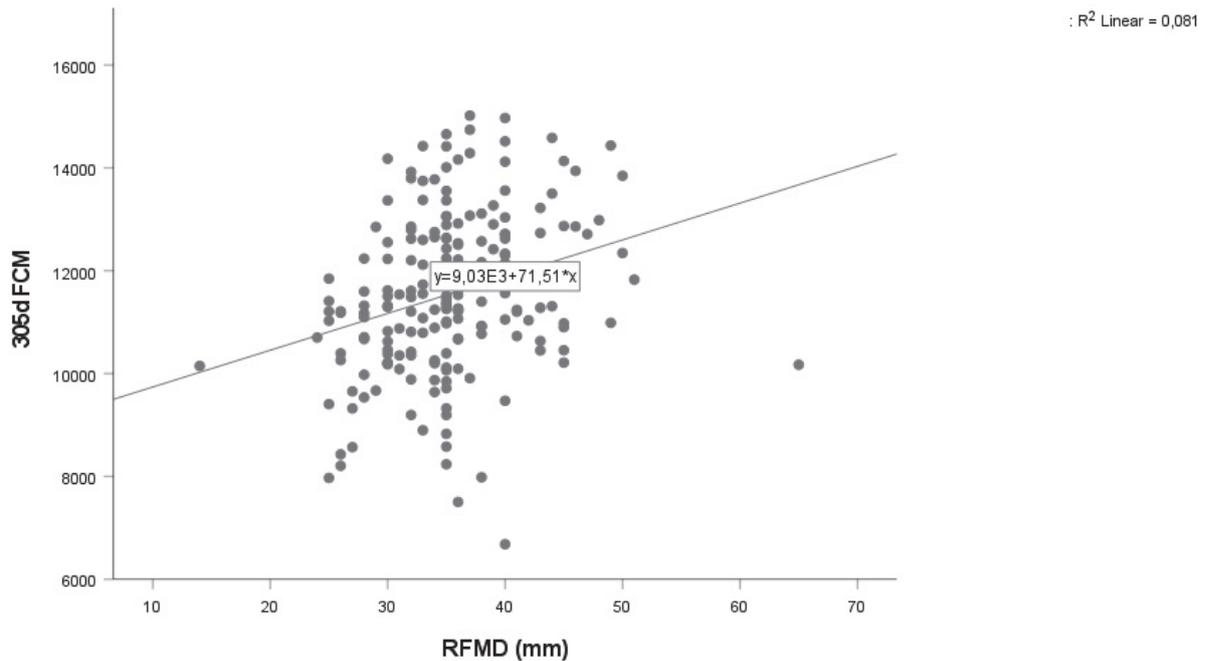


Abbildung 40: 305d FCM in Abhängigkeit von der RFMD zur Kalbung

4.3.3.3 Fett-Eiweiß-Quotient

Der Fett-Eiweiß-Quotient gilt als Parameter zur Einschätzung der Energieversorgung von laktierenden Kühen. Um die einfache Korrelation des Fett-Eiweiß-Quotienten mit der RFMD zur Kalbung einzuschätzen, wurde der Pearson-Korrelationskoeffizient bestimmt. Dieser liegt bei 0,275 mit einer Signifikanz von 0,000. Die Höhe des Wertes ist als gut zu kategorisieren. Somit gibt es einen signifikant positiven Zusammenhang zwischen dem Fett-Eiweiß-Quotienten und der RFMD zur Kalbung.

Tabelle 61: Korrelation von der RFMD zur Kalbung und dem 305d Fett-Eiweiß-Quotienten

Korrelation		305d F/E
RFMD (mm)	nach Pearson	0,275
	Signifikanz (2-seitig)	0,000
	N	198

Mit einem gemischten Modell wurde der Einfluss des Fett-Eiweiß-Quotienten auf die RFMD getestet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 62 und Tabelle 63 dargestellt. Alle gewonnenen Ergebnisse sind hoch signifikant. Die Varianz zwischen den Tieren lag bei 16,11. Mit 43,35% unterlagen die Daten tierindividuellen Schwankungen.

Tabelle 62: Einfluss des Fett-Eiweiß-Quotient auf die RFMD, Schätzung fester Parameter

Parameter						Konfidenzintervall 95%	
	Schätzung	Std.-Fehler	Freiheitsgrade	T-Statistik	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	18,75	2,77	200,25	6,78	0,000	13,29	24,20
Fett-Eiweiß Quotient	11,46	2,60	199,88	4,41	0,000	6,33	16,60

Tabelle 63: Einfluss des Fett-Eiweiß-Quotient auf die RFMD, Schätzung von Kovarianzparametern

Parameter					Konfidenzintervall 95%	
	Schätzung	Std.-Fehler	Wald Z	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
Residuum	21,05	0,67	31,51	0,000	19,78	22,40
Konstanter Term (Subjekt Varianz=Tierindiv.Nr.)	16,11	1,82	8,87	0,000	12,92	20,09

Der lineare Verlauf ist als Streudiagramm in Abbildung 41 dargestellt. Die geradlinige Tendenz wird durch die Funktionsgleichung $y=0,88+5,07E^{-3}*x$ beschrieben.

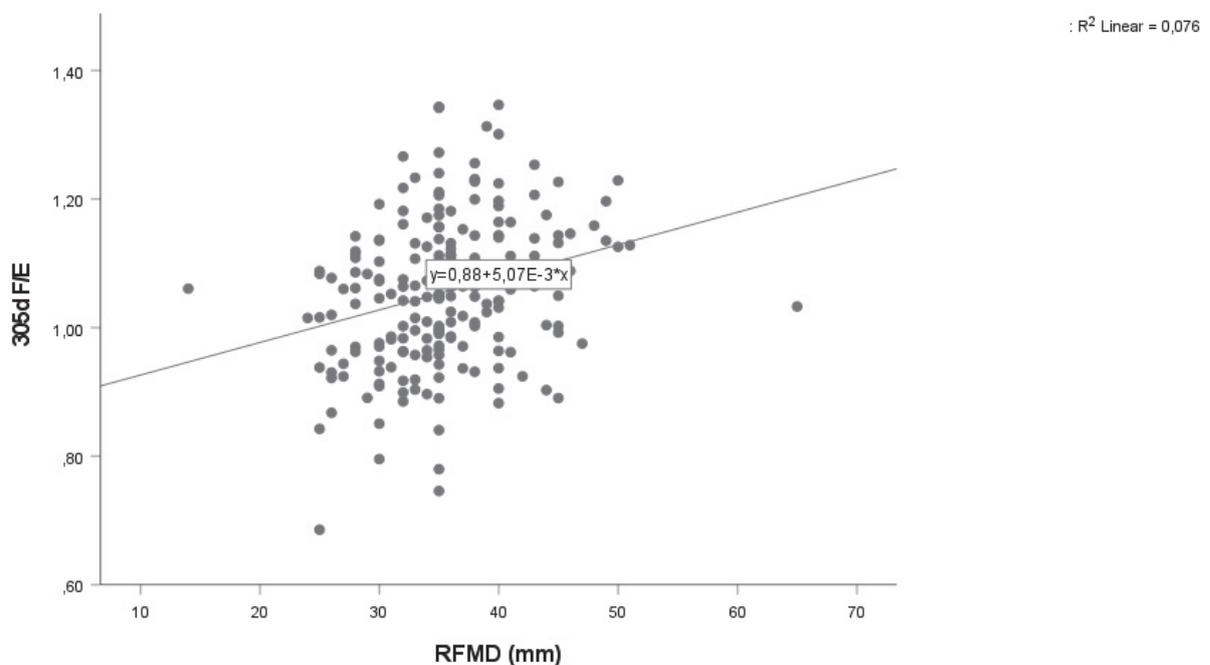


Abbildung 41: Fett-Eiweiß-Quotient in Abhängigkeit von der RFMD zur Kalbung

4.3.4 Zusammenhang zwischen der Rückenfettmuskeldicke und verschiedenen Fruchtbarkeitsparametern

4.3.4.1 Zwischenkalbezeit

Abbildung 42 zeigt den Verlauf der RFMD über die Laktation. Zusätzlich wurden die Tiere anhand ihrer Zwischenkalbezeit (ZKZ) kategorisiert. Mit der höchsten durchschnittlichen RFMD in die Laktation starteten Kühe mit einer Zwischenkalbezeit von 381-420 Tagen. Die mittlere RFMD zur Kalbung hatten Kühe mit einer Zwischenkalbezeit von >420 Tagen. Die geringste RFMD war mit einer ZKZ von <381 Tagen verbunden. Die niedrigste RFMD in der Laktation wurde von Kühen mit >420d ZKZ zwischen dem 81. und 100. Tag p.p. erreicht. Kühe mit einer Zwischenkalbezeit von 381 bis 420 erreichten den Tiefpunkt zwischen dem 121. und 180. Tag p.p.

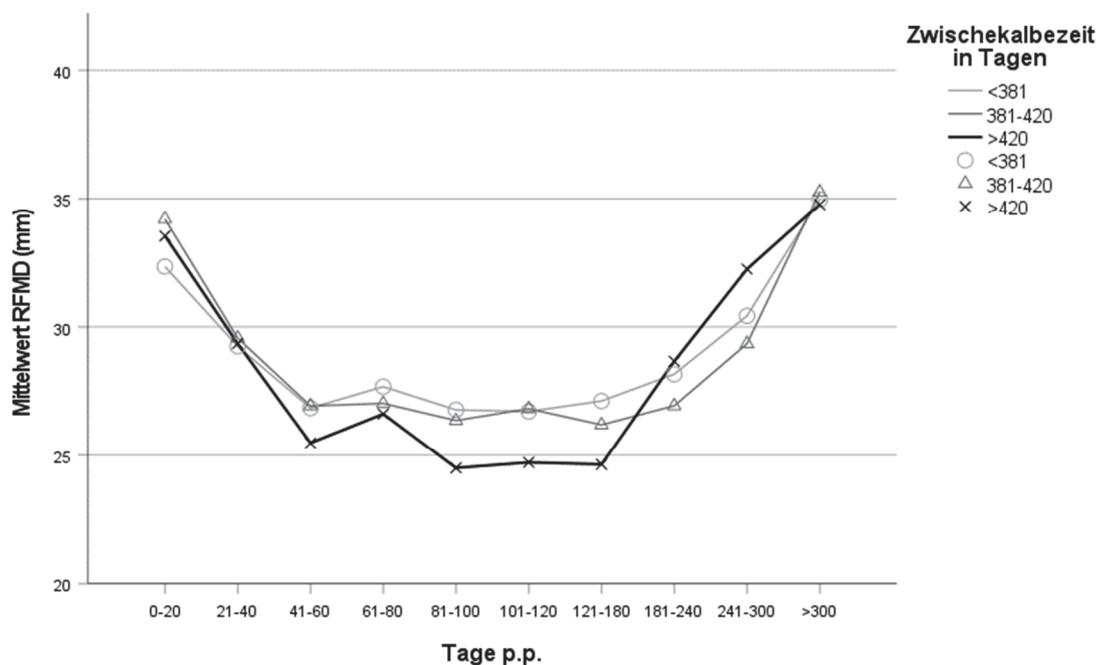


Abbildung 42: Verläufe der RFMD in Abhängigkeit von den Tagen p.p. und der ZKZ

Die Korrelation von der RFMD zum Zeitpunkt der Kalbung und der Zwischenkalbezeit wurde nach Pearson bestimmt. Der Koeffizient liegt bei -0,028 mit einer zweiseitigen Signifikanz von 0,694. Folglich gibt es keine signifikante Korrelation zwischen der RFMD zur Kalbung und der Zwischenkalbezeit.

Tabelle 64: Korrelation von der RFMD zur Kalbung und der Zwischenkalbezeit

Korrelation		ZKZ in Tagen
RFMD (mm)	nach Pearson	-0,028
	Signifikanz (2-seitig)	0,694
	N	198

Mit einem gemischten Modell wurde der Einfluss der Zwischenkalbezeit auf die RFMD berechnet (Tabelle 65, 66). Die Ergebnisse zeigen keinen signifikanten Zusammenhang ($p > 0,05$). Die Streuung der Daten zwischen den Tieren lag bei 17,72. Die Varianz der Daten durch tierindividuelle Einflüsse beträgt 45,72%.

Tabelle 65: Einfluss der Zwischenkalbezeit auf die RFMD, Schätzung fester Parameter

Parameter						Konfidenzintervall 95%	
	Schätzung	Std.-Fehler	Freiheitsgrade	T-Statistik	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	33,61	1,95	210,10	17,22	0,000	29,76	37,46
Zwischenkalbezeit	-0,007	0,005	211,38	-1,43	0,154	-0,02	0,003

Tabelle 66: Einfluss der Zwischenkalbezeit auf die RFMD, Schätzung von Kovarianzparametern

Parameter					Konfidenzintervall 95%	
	Schätzung	Std.-Fehler	Wald Z	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
Residuum	21,04	0,67	31,51	0,000	19,77	22,39
Konstanter Term (Subjekt Varianz=Tierindiv.Nr.)	17,72	1,97	8,99	0,000	14,25	22,04

Abbildung 43 zeigt das dazugehörige Streudiagramm. Die eingetragenen Werte zeigen optisch keinen gerichteten Zusammenhang der zwei untersuchten Parameter. Es ist ein leichter Abfall der Tendenzgeraden zu sehen. Die Funktionsformel wird durch $y = 4,28E^{-2} - 0,3x$ beschrieben.

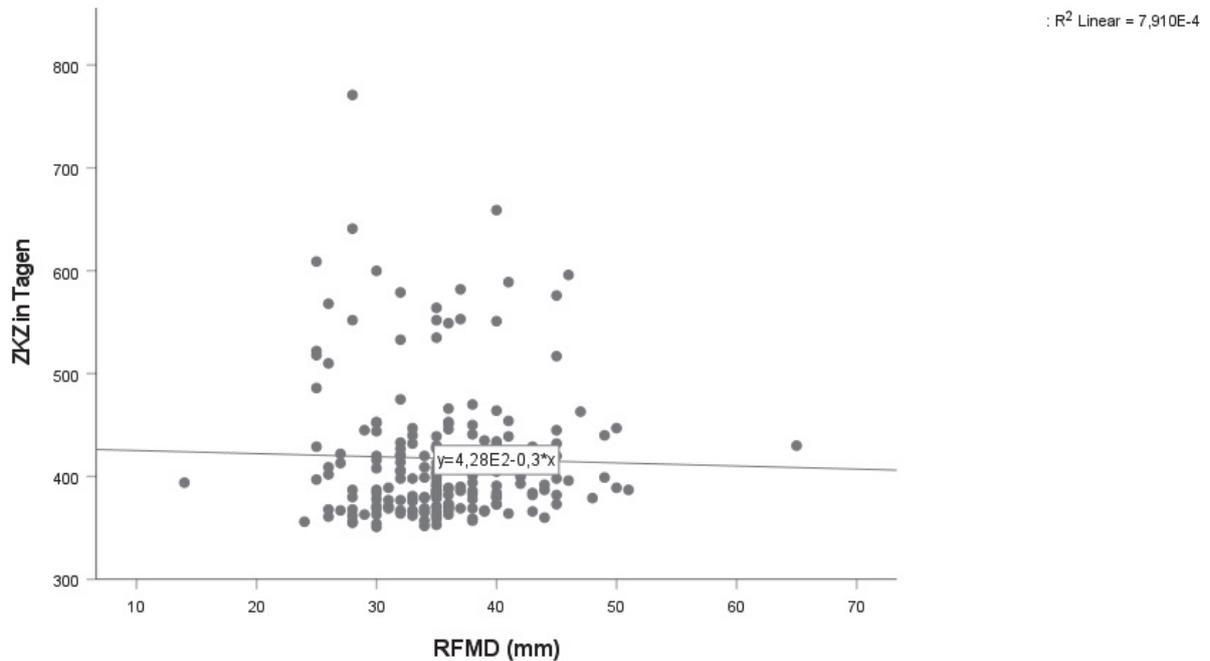


Abbildung 43: Zwischenkalbezeit in Abhängigkeit von der RFMD zur Kalbung

4.3.4.2 Besamungshäufigkeit

Die Verläufe der RFMD über die Laktation sind kategorisiert nach der Anzahl der Besamungen (Abbildung 44). Mit der durchschnittlich niedrigsten RFMD starten Kühe mit einer Besamungshäufigkeit von >3 in die Laktation und sie erreichen auch die durchschnittlich niedrigste RFMD zwischen dem 101. und 120. Laktationstag. Die zweitniedrigste RFMD zum Laktationsbeginn zeigen Kühe mit einer Besamung. Der Tiefpunkt der RFMD liegt bei diesen Tieren am 81. bis 100. Tag p.p. und ist höher als bei den drei übrigen Kategorien. Die zweithöchste RFMD zum Laktationsstart haben Tiere mit zwei Besamungen. Sie erreichen mit dem Laktationsverlauf ihren Tiefpunkt zwischen dem 81. und 100. Tag p.p. und sind im Vergleich der RFMD-Tiefpunkte die zweitniedrigsten. Die größte RFMD zu Beginn der Laktation zeigen Kühe mit drei Besamungen. Ihr Tiefpunkt der RFMD ist der zweithöchste und wird zwischen dem 121. und 180. Tag p.p. erreicht.

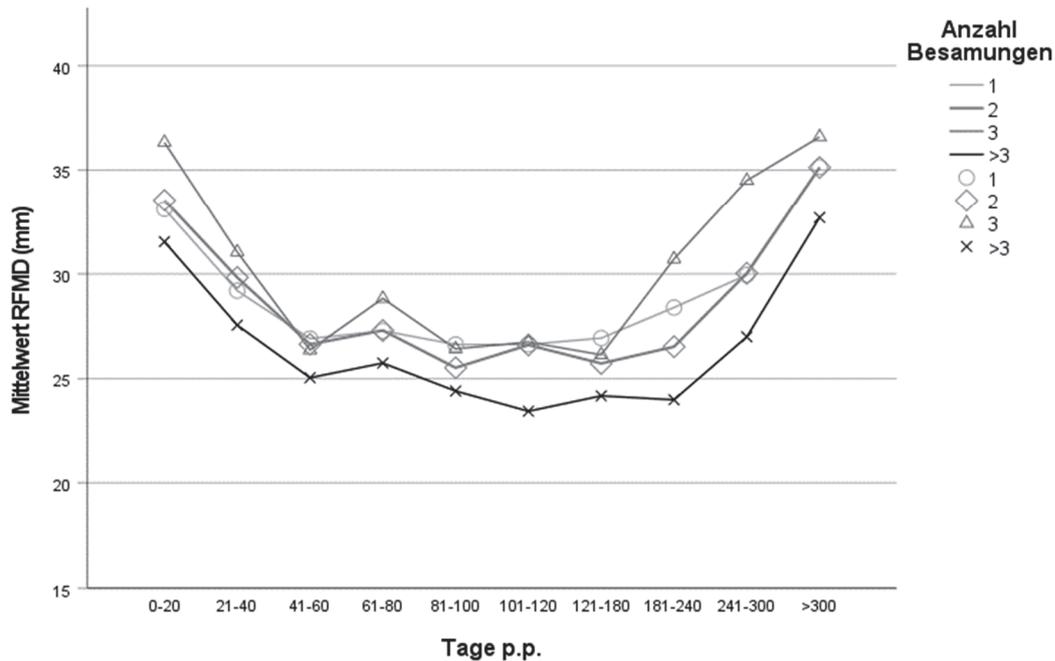


Abbildung 44: Verläufe der RFMD in Abhängigkeit von den Tagen p.p. und der Besamungshäufigkeit

Die Korrelation nach Pearson ist in Tabelle 67 dargestellt und wurde mit $-0,013$ bestimmt mit einer zweiseitigen Signifikanz von $0,855$. Damit gibt es keine signifikante Korrelation zwischen der RFMD zur Kalbung und der Besamungshäufigkeit.

Tabelle 67: Korrelation von der RFMD zur Kalbung und der Besamungshäufigkeit

Korrelation		Besamungshäufigkeit
RFMD (mm)	nach Pearson	$-0,013$
	Signifikanz (2-seitig)	$0,855$
	N	198

Der Einfluss der Besamungshäufigkeit auf die RFMD wurde durch ein gemischtes Modell berechnet. Die Ergebnisse zeigen keinen signifikanten Einfluss ($p > 0,05$). Die Varianz zwischen den Tieren lag bei $17,78$. $45,80\%$ der Varianz der Daten unterlag tierindividuellen Schwankungen.

Tabelle 68: Einfluss der Besamungshäufigkeit auf die RFMD, Schätzung fester Parameter

Parameter						Konfidenzintervall 95%	
	Schät-zung	Std.-Fehler	Freiheits-grade	T-Statistik	Sig.	Unter-grenze	Ober-grenze
Konstanter Term	31,30	0,52	205,35	60,38	0,000	30,28	32,33
Besamungs-häufigkeit	-0,22	0,20	211,13	-1,09	0,279	-0,61	0,18

Tabelle 69: Einfluss der Besamungshäufigkeit auf die RFMD, Schätzung von Kovarianzparametern

Parameter					Konfidenzintervall 95%	
	Schätzung	Std.-Fehler	Wald Z	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
Residuum	21,04	0,67	31,51	0,000	19,78	22,40
Konstanter Term (Subjekt Varianz=Tierindiv.Nr.)	17,78	1,98	8,98	0,000	14,30	22,12

Das Streudiagramm der beiden Parameter zeigt Abbildung 45. Optisch gibt es keinen Zusammenhang zwischen der RFMD zur Kalbung und der Besamungshäufigkeit. Die errechnete Trendlinie folgt der Funktion $y=2,24-3,39E^{-3}*x$ und zeigt ein geringgradiges Gefälle.

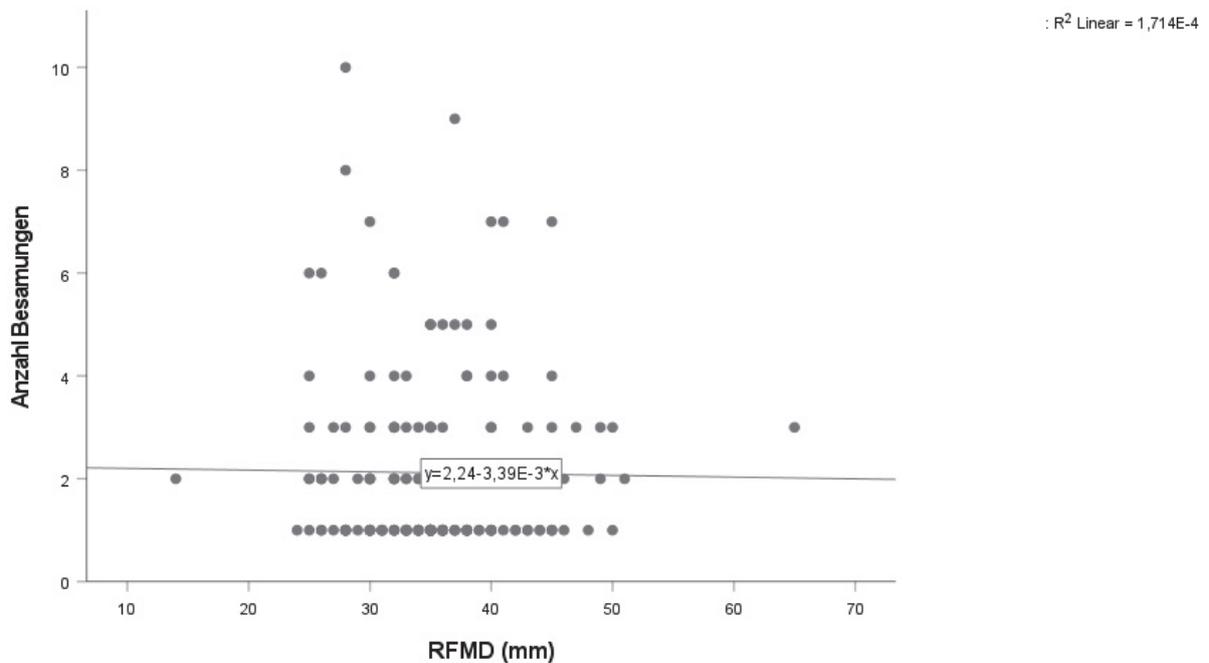


Abbildung 45: Besamungshäufigkeit in Abhängigkeit von der RFMD zur Kalbung

4.4 Ergebnisübersicht im multivariablen Modell

Das multivariable Modell zeigt die gemeinsame Untersuchung der Faktoren Untersuchungstag, BCS, Zwischenkalbezeit, 100-Tage-Milchleistung, 305-Tage Fett-Eiweiß-Quotient sowie die festen Untersuchungszeitpunkte. Die Milchleistungs- und Fruchtbarkeitsdaten wurden unabhängig von ihrer Zugehörigkeit zum Untersuchungszeitpunkt 1 und 2 ausgewertet. Einen signifikanten Zusammenhang im multivariablen Modell zeigten die Faktoren Tage in Milch, BCS, 100-Tage Milchleistung, 305-Tage Fett-Eiweiß-Quotient und den im gesamten betrachteten Untersuchungszeitpunkten. Keine Signifikanz gab es bei der Laktationszahl, der Zwischenkalbezeit und speziell dem Untersuchungszeitpunkt 7 (Tabelle 70,71,72). Die Häufigkeiten und Streuungen der Residuen sind in Abbildung 46, 47 dargestellt.

Tabelle 70: Ergebnisübersicht der Einflüsse auf die RFMD, Tests auf feste Effekte

Quelle	Zähler Freiheitsgrade	Nenner Freiheitsgrade	F-Wert	Sig.
Konstanter Term	1	213,46	14,57	0,000
Laktationsnr.	1	206,68	0,85	0,359
Tage in Milch	1	1148,80	26,29	0,000
BCS	1	1090,76	13,51	0,000
ZKZ	1	214,42	3,07	0,081
100-Tage Milchleistung	1	200,90	6,58	0,011
F/E Quotient	1	200,32	17,04	0,000
US-Zpkt.	1	1091,82	118,07	0,000

Tabelle 71: Ergebnisübersicht der Einflüsse auf die RFMD, Schätzung fester Parameter

Parameter						Konfidenzintervall 95%	
	Schätzung	Std.-Fehler	Freiheitsgrade	T-Statistik	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	11,51	4,32	239,89	2,667	0,08	3,01	20,02
Laktationsnr.	0,14	0,15	206,68	0,92	0,359	-0,16	0,44
Tage in Milch	0,02	0,003	1148,80	5,12	0,000	0,01	0,02
BCS	-0,49	0,13	1090,76	-3,68	0,000	-0,75	-0,23
ZKZ	-0,01	0,005	214,42	-1,75	0,081	-0,02	0,001
100-Tage-Milchleistung	0,001	4,37*E ⁻⁴	200,90	2,57	0,011	2,60*E ⁻⁴	0,002
F/E Quotient	11,39	2,76	200,32	4,13	0,000	5,95	16,84
US-Zpkt. 1	4,24	0,42	1079,65	10,09	0,000	3,41	5,06
US-Zpkt. 2	4,76	0,44	1087,75	10,82	0,000	3,90	5,63
US-Zpkt. 3	9,76	1,18	1167,87	8,26	0,000	7,44	12,08
US-Zpkt. 4	6,97	1,15	1170,38	6,04	0,000	4,70	9,23
US-Zpkt. 5	4,96	1,13	1171,48	4,41	0,000	2,75	7,16
US-Zpkt. 6	2,87	1,09	1171,80	2,62	0,009	0,72	5,01
US-Zpkt. 7	1,29	1,01	1175,48	1,28	0,202	-0,69	3,27
US-Zpkt. 9	0	0					

Tabelle 72: Ergebnisübersicht der Einflüsse auf die RFMD, Schätzung von Kovarianzparametern

Parameter					Konfidenzintervall 95%	
	Schätzung	Std.-Fehler	Wald Z	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
Residuum	10,36	0,45	23,11	0,000	9,52	11,28
Konstanter Term (Subjekt Varianz=Tierindiv.Nr.)	17,38	1,92	9,05	0,000	13,99	21,58

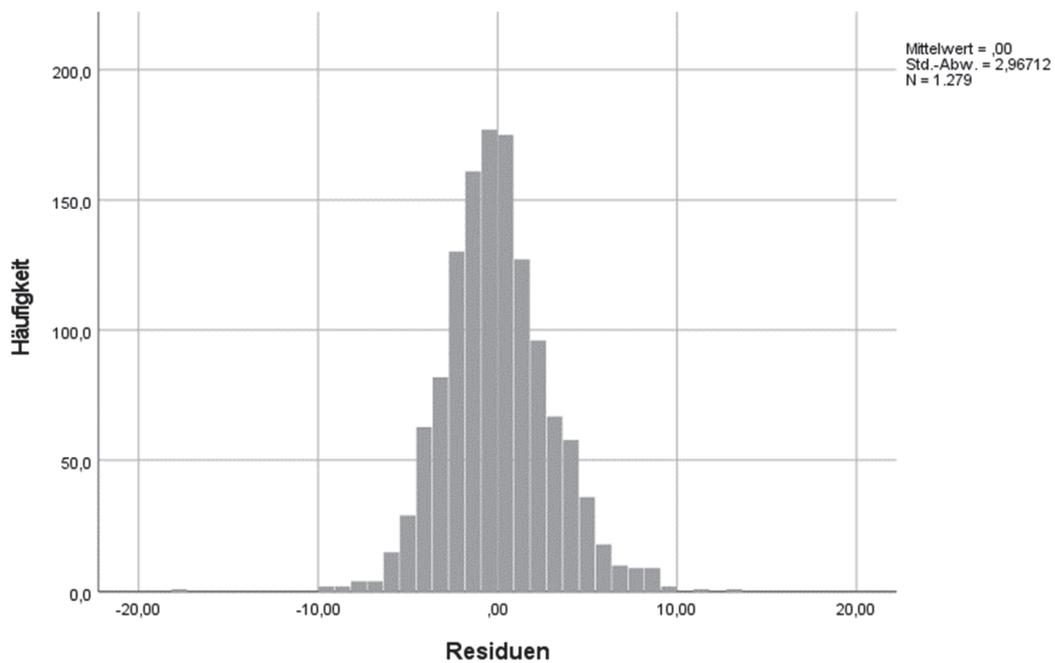


Abbildung 46: Ergebnisübersicht, Häufigkeit der Residuen

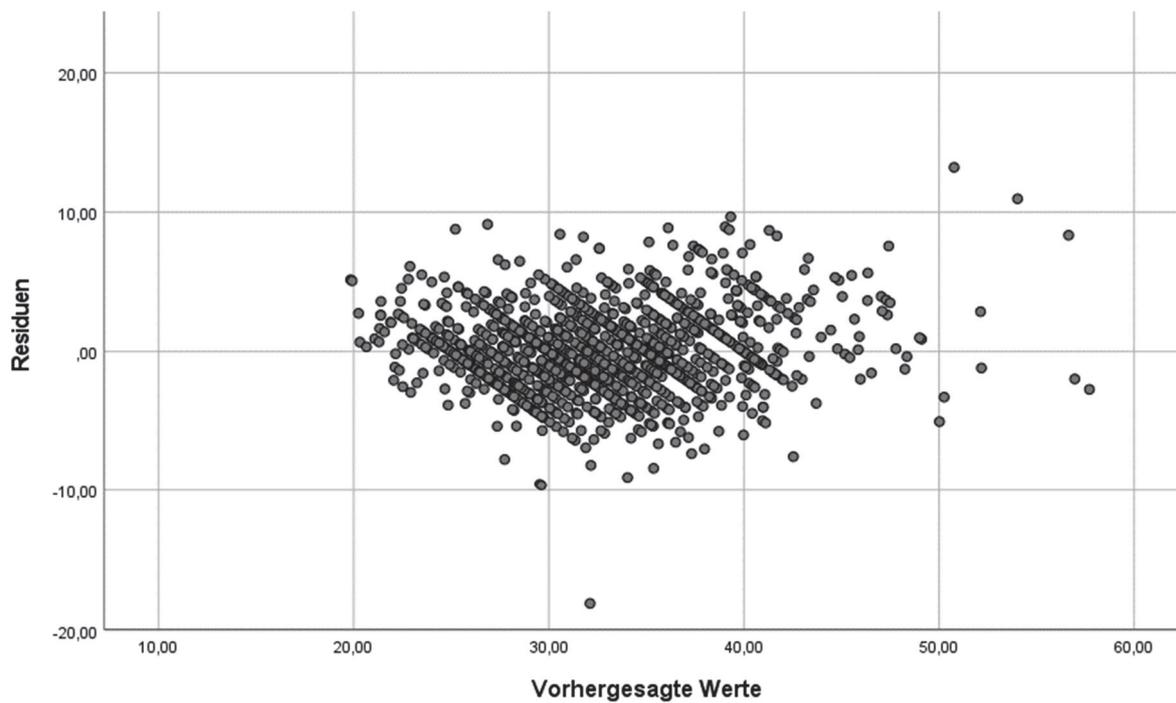


Abbildung 47: Ergebnisübersicht, Homoskedastizität

5 Diskussion

Durch die gezielte Optimierung der Milchviehbetriebe hinsichtlich der Tierzucht, Tierhaltung und Fütterung konnte in den letzten Jahrzehnten eine enorme Steigerung der Milchleistung erzielt werden (Staufenbiel 1992, Wüstermann und Çaglar 2016). Eine grundlegende Voraussetzung für die hohe Milchleistung ist ein effizienter Energiestoffwechsel und eine gute energetische Versorgung (Staufenbiel et al. 2003). Ausschlaggebend hierfür sind unter anderem die körpereigenen Energiereserven in Form von Fett und Protein (Scholte et al. 2017). Eine optimale Konditionierung zu Beginn der Laktation ist damit entscheidend für den späteren Erfolg in der Laktation (Staufenbiel et al. 2003, Daetz 2009, Adermann 2015). Diese Studie untersucht die RFMD als neue Messmethode zur Einschätzung der Körperkondition. Die RFMD wurde dabei in Bezug zu den wissenschaftliche anerkannten Methoden der RFD nach Staufenbiel (1992), dem BCS nach Edmonson et al. (1989) und der Lebendmassewägung gesetzt. Zusätzlich wurde die RFMD auf ihre Bedeutung hinsichtlich der Milchleistungen und Fruchtbarkeiten untersucht.

5.1 Laktations- und Altersabhängigkeit der Rückenfettmuskeldicke

Die altersabhängige Dicke des Musculus gluteus medius (Muskeldicke) wurde anhand der Laktationszahl bestimmt. Die subkutane Fettschicht unterliegt hingegen keinem altersbedingtem Einfluss. Nach Staufenbiel et al. (1993) sind Kühe innerhalb der ersten Laktation noch im Wachstum und setzen Protein unabhängig von der Kondition an. Die statistische Auswertung der Probanden zeigte hingegen nur einen signifikanten Unterschied zwischen der ersten und dritten Laktation sowie der ersten und sechsten Laktation. Grafisch zeigte sich nur eine sehr geringe durchschnittliche Steigerung der RFMD von der ersten zur zweiten, bzw. dritten Laktation. Im gemischten Modell unter Berücksichtigung des tierindividuellen Einflusses konnte ein allgemein signifikanter Zusammenhang zwischen der RFMD und der Laktationszahl nachgewiesen werden. Die Auswertung stützt die Annahme der Wachstumsleistung und des Proteinansatzes von Staufenbiel et al. (1993).

Nach der sechsten Laktation ist eine Abnahme der durchschnittlichen RFMD mit einer weiteren kurzen Erhöhung zwischen der achten und zehnten Laktation. Die Anzahl der Kühe mit mehr als sechs Laktationen ist jedoch sehr niedrig und lässt nur vermuten, dass es eine Tendenz gibt. Für zuverlässigere Aussagen bedürfte es einer Studie mit einer größeren Tierzahl.

5.2 Rückenfettmuskeldicke als Konditionsparameter

5.2.1 Rückenfettmuskeldicke und Rückenfettdicke 1

Diese Studie untersucht die RFMD als Messmethode zur Konditionsevaluierung in Milchviehbetrieben. Die aktuell genaueste objektive Messmethode ist die sonographische Messung der Rückenfettdicke (RFD1) (Staufenbiel 1992, Klawuhn und Staufenbiel 1997). Der Messpunkt liegt auf der Verbindungslinie zwischen dem Sitzbein- und Hüftbeinhöcker in der Mitte des kaudalen Viertels und kaudalen Fünftels der Gesamtstrecke (Klawuhn und Staufenbiel 1997, Schröder und Staufenbiel 2006). Die Messung der RFMD liegt zentral auf derselben Verbindungslinie. Durch die zentrale Lage dieses Messpunktes ist es auch für Ungeübte leicht möglich diese Methodik zu erlernen. Die Annahme wurde durch die Messfehlerbestimmung bestätigt. Die Messung der RFD1 beruht auf der alleinigen Abnahme der subkutanen Fettschicht. Tamminga et al. (1997) und Kuhla et al. (2016) bewiesen in ihren Studien, dass die Energiegewinnung auch auf der Mobilisation von Muskelprotein beruht. Mit der RFMD Messmethode wird am Becken sowohl die Mobilisation von subkutanem Fett als auch die von Muskelprotein (M. gluteus medius) erfasst.

Die Probanden wurde mit einer durchschnittlichen RFD1 von $23,6 \pm 9,3$ mm trockengestellt. Nach Daetz (2009) liegt die optimale Kondition zum Trockenstellen bei 20 bis 25 mm RFD1. Im optimalen Bereich lagen 29,9% der Kühe, 34,5% waren unterkonditioniert und 35,6% waren überkonditioniert. Bezieht man die prozentualen Anteile auf die RFMD, läge diese zum Trockenstellen bei 30 bis 35 mm. Von der Trockenstehperiode bis zum Beginn der Vorbereitungsperiode (21 Tage a.p.) bauten die Kühe im Mittel 2,4 mm RFD1 an Kondition auf. Bis sieben Tage vor der Kalbung nahm die RFD1 um 1 mm zu. Anschließend fiel die Kondition bis zur Abkalbung auf $24,7 \pm 8,3$ mm. Derselbe Verlauf wurde auch für die RFMD dokumentiert. Zum Trockenstellen betrug die durchschnittliche RFMD 32,6 mm. Ein Zuwachs von 4,0 mm wurde bis zum Eintritt in die Vorbereitungsperiode verzeichnet und nochmal um +0,8 mm bis eine Woche vor dem errechneten Kalbetermin. Auch bei der RFMD konnte dann ein Abfall bis zur Kalbung auf 35,4 mm gemessen werden.

Die optimale Kondition zum Zeitpunkt der Kalbung von Mehrkalbskühen sollte nach Staufenbiel (1997) zwischen 20 und 30 mm RFD1 liegen. Basierend auf den Studienresultaten von Staufenbiel (1997) kalbten 59,9% mit einer optimalen, 17,7% mit einer zu geringen und 22,4% mit einer zu hohen Kondition. Bezieht man diese Anteile auf die RFMD, so lägen hier die Referenzwerte für eine optimale Konditionierung zur Kalbung zwischen 31 und 40 mm. Die gemessenen Konditionsdaten der RFD1 reichten dabei von 5 mm bis 58 mm. Die Schwankungsbreite der Daten ist damit sehr hoch. 5 mm RFD1 kann aufgrund der Hautdicke von 5 mm als die geringste mögliche Kondition betrachtet werden. Eine Ursache für die großen Schwankungen waren die stark variierenden Zwischenkalbezeiten. Tiere mit einer hohen

Zwischenkalbezeit verfetteten zum Ende der Laktation. Die hohe Kondition spiegelte sich anschließend auch in der Kondition zur Kalbung wider. Umgekehrt schafften es Kühe mit einer hohen Milchleistung und einer frühen Konzeption nicht, ihre Energiereserven wieder aufzufüllen. Die starke Schwankungsbreite zeigte sich auch anhand der Messung der RFMD. Die Messwerte lagen zum Zeitpunkt der Kalbung zwischen 14mm und 65mm.

Erstkalbskühe hingegen sollten nur mit einer durchschnittlichen RFD1 von 15-20mm kalben (Adermann 2015). Die Messwerte reichten hier von 12mm bis 35mm RFD1. Anhand dieser Grundlage hatten 42,6% der Tiere eine optimale Kondition, 16,4% waren unter- und 41% überkonditioniert. Bezogen auf die RFMD als Konditionsparameter läge der optimale Bereich bei 27-32mm. Die Messwerte bei dieser Methode variierten zwischen 14mm und 45mm.

Bei der Betrachtung des grafischen Konditionsverlaufes fiel eine starke Parallelität sowohl bei den Erstkalbskühen als auch den Mehrkalbskühen auf. Die Korrelationen nach Pearson waren mit 0,693 bei den Erstkalbskühen und 0,794 bei Mehrkalbskühen hoch und unterstrichen die optische Parallelität der beiden Messmethoden. Die ausgewerteten Streudiagramme zeigten den linearen Zusammenhang der beiden Parameter. Aufgrund dessen wurde der concordance correlation coefficient (CCC) kalkuliert. Die Ergebnisse zeigten eine starke Korrelation von 0,37. Jedoch konnte ein geringgradig höherer Anstieg der RRD1 im Vergleich zur RFMD verzeichnet werden. Für die Intensität der Änderung wurde grafisch die erste Ableitung der kubischen Funktion des Konditionsverlaufs bestimmt und die punktuelle Änderung tabellarisch gegenübergestellt. Bei beiden Konditionsparametern liegt der Konditionstiefpunkt und der Übergang von der negativen zur positiven Energiebilanz bei 130d p.p. Die Analyse zeigte eine deutlich stärkere Zu- und Abnahme seitens der RFMD-Messung. Der Konditionstiefpunkt lag sehr spät in der Laktation und wich um etwa 50 Tage von der Referenzkurve des optimalen Konditionsverlaufs von Schröder und Staufenbiel (2003) ab.

Betrachtet man die MD, so wird ausschließlich die Mobilisation von Protein und intramuskulärem Fett erfasst. Beim Vergleich der Verläufe von der Vorbereitungsperiode über die Laktation bis zum Trockenstellen fällt zunächst ein paralleler Verlauf auf. Die MD erreichte allerdings den Tiefpunkt bereits 21d p.p. Mit fortschreitender Laktation bis zum Trockenstellen ist ein Anstieg der MD zu verzeichnen. Die RFD1 stieg erst nach dem Konditionstiefpunkt am 63.d p.p. bis zum Trockenstellen wieder an. Die Korrelationsanalyse zwischen den beiden Parametern bestätigt mit einem $r=0,314$ für Jungkühe und einem $r=0,462$ für Mehrkalbskühe den Zusammenhang. Er ist allerdings nicht so stark ausgeprägt wie zwischen der RFD1 und der RFMD. Der Zusammenhang von MD und RFD1 wurde ebenfalls mit dem concordance correlation coefficient errechnet. Der kalkulierte Wert lag bei 0,26 und fiel somit, wie bereits

durch die Korrelation nach Pearson angedeutet, niedriger aus. Die Ergebnisse bestätigen die Resultate der Studien von Tamminga et al. (1997) und Kuhla et al. (2016).

Der Einfluss der Tage in Milch auf die RFD1 und die RFMD wurde im gemischten Modell nachgewiesen. Die Ergebnisse waren mit $p < 0,001$ hoch signifikant. Die Ergebnisse der gleichzeitigen Mobilisation von Fett und Protein zur Energiegewinnung von Tamminga et al. (1997) und Kuhla et al. (2016) können somit anhand der Untersuchungsergebnisse bestätigt werden.

Beim Vergleich der Konditionsverläufe der beiden Messmethode unter Berücksichtigung des 95%igen Konfidenzintervalls fiel ein deutlicher Unterschied bei den Konditionstiefpunkten auf. Aufgrund der Hautdicke von 5mm kann keine Rückenfettdicke 1 unter diesem Wert gemessen werden. In diesem Fall ist die Fettschicht bei dieser Messung 0mm. Die Muskeldickenmessung hat hier den Vorteil, dass die Muskulatur weiterhin als Energiequelle genutzt werden, kann auch wenn die Fettschicht vollständig mobilisiert wurde. Es konnte folglich bisher kein absolutes Minimum festgestellt werden. Bei der Konditionsbeurteilung einer Herde ist das Ausmaß einer Kachexie eines Einzeltieres weniger relevant. Eine RFD1 von 5mm gilt ohnehin als zu gering.

5.2.2 Rückenfettmuskeldicke und Body Condition Score

Der Body Condition Score ist die am häufigsten angewandte Methode zur Beurteilung der Körperkondition. Sie beruht auf einer subjektiven palpatorischen und visuellen Einschätzung der subkutanen Fettauflagerung an acht verschiedenen Körperregionen (Edmonson et al. 1989, Staufenbiel et al. 2003). Die Bonitierung basiert in der Regel auf einer Skala von 1 bis 5 in 0,25 Schritten (Edmonson et al. 1989). Die Vorteile des BCS ist die schnelle und kostengünstige Durchführbarkeit. Es wird kein technisches Material benötigt und die Evaluierung kann sowohl bei stehenden als auch mobilen Tieren durchgeführt werden. Der Nachteil dieser Methode ist die Subjektivität und die damit verbundene schlechte Vergleichbarkeit der Werte zwischen verschiedenen Untersuchern (Staufenbiel 1997, Hussein et al. 2013). Die RFMD-Messung hingegen ist eine objektive Messmethode mit einem definieren Messpunkt und Messwerte im Millimeterbereich. Hierfür wird allerdings ein entsprechendes Ultraschallgerät und fixierte Tiere benötigt. Auch beansprucht die Durchführung der ultraschallgestützten Messung bei geübten Personal deutlich mehr Zeit als die visuelle BC-Scoring.

Die Pearson Korrelation zwischen dem Body Condition Score und der RFMD liegt bei 0,762 und ist als hoch einzustufen. Dies konnte auch durch die visuelle Analyse des Streudiagramms bestätigt werden. Den starken Zusammenhang der beiden Parameter unter Berücksichtigung

des tierindividuellen Einflusses zeigten die Auswertungen des gemischten Modells. Die Ergebnisse waren hoch signifikant mit $p < 0,001$.

Der optimale Body Condition Score zur Kalbung wurde von Metzner et al. (1993) mit 3,5 (3,25-3,75) definiert. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen die Studien von Dirksen et al. (1992), Roche et al. (2007) und Waltner et al. (1993). Im Durchschnitt lag die Kondition bei $3,1 \pm 0,6$. In optimaler Kondition befanden sich nach Metzner et al. (1993) 35,8% der Tiere, 57,1% waren unterkonditioniert und nur 7,1% überkonditioniert. Die Werte variierten zwischen 1,5 und 4,0. Die Referenzwerte der RFMD lägen anhand dieser Daten zwischen 32 und 44mm.

Der Verlauf des BCS über die Laktation spiegelt den Konditionsverlauf der RFMD wider. Der Body Condition Score sank mit Beginn der Laktation und erreichte den Tiefpunkt zwischen dem 101. und 120. Tag p.p. Die RFMD fiel gleichlaufend zum BCS. Der durchschnittliche Konditionstiefpunkt wurde allerdings schon zwischen dem 81. und 100. Tag p.p. erreicht. Bei beiden Methoden wurde ein vergleichbarer, gleichmäßiger Anstieg bis zum Trockenstellen festgestellt.

5.2.3 Rückenfettmuskeldicke und Lebendmasse

Das Wiegen der Tiere ist eine altbewährte Methode der Konditionsbeurteilung. In vielen modernen Milchviehbetrieben wird die Lebendmasse bei jeder Melkung am Melkroboter erfasst und dient den Landwirten und Tierärzten zur Datenauswertung. Bei korrekter Kalibrierung und fehlerfreier Benutzung ist das Wiegen eine genaue und objektive Methode. Die Durchführung der Messung ist einfach, bedarf keiner Übung und findet häufig automatisiert statt. Ein zusätzlicher Vorteil liegt, wie auch bei der Messung der RFMD, in der gemeinsamen Erfassung der Fett- und Proteindepots. Die erhobenen Werte unterliegen jedoch sehr hohen Schwankungen. Faktoren wie die Füllung des Verdauungstraktes, die Masseänderungen der inneren Organe und die Gewichtszunahme während der Trächtigkeit haben einen großen Einfluss (Staufenbiel et al. 1993, Schröder und Staufenbiel 2006). Hinzu kommt die Wachstumsleistung von Erstkalbskühen.

Die Probanden wurden mit einem durchschnittlichen Körpergewicht (kg) von $755,8 \pm 95,1$ trockengestellt. Nach der Kalbung wurde das durchschnittliche Gewicht mit $707,0 \pm 75,8$ dokumentiert. Zu berücksichtigen ist hierbei jedoch das Gewicht des Kalbes, des Fruchtwassers und der Gebärmutter. Mit Laktationsbeginn war auch hier ein deutlicher Gewichtsverlust erkennbar. Der Konditionstiefpunkt lag bei $664,2 \pm 67,1$ zwischen dem 41. und 60. Tag nach der Kalbung. Die Lebendmasse zeigte im Vergleich zur RFMD den Konditionstiefpunkt der Probanden 40 Tage früher an. Dieser enorme Unterschied lässt sich Anhand der Feststellungen von Staufenbiel et al. (1993) erklären. Hinzu kommt der

ungleichmäßige Lebendmasseverlust bei der Fetteinschmelzung. Nach Moe et al. (1971), Robinson (1986) und Staufenbiel et al. (1987) kommt es bei der Mobilisierung von Fett zu einer geringeren Verdrängung von Wasser und damit zur Einlagerung von Flüssigkeit im Gewebe. Dies geht mit einem geringeren Gewichtsverlust bei der Fettmobilisation einher.

Die Auswertung der Lebendmasse erfolgte separat für Jung- und Mehrkalbskühe. Die Korrelation nach Pearson zwischen der RFD und der Lebendmasse betrug bei Erstkalbskühen 0,408. Dieser Wert kann noch als hoch betrachtet werden, fällt aber im Vergleich zu den Korrelationen der anderen Konditionsmessgrößen niedriger aus. Dies lässt sich durch die oben genannten Einflussfaktoren erklären. Die Ergebnisse des gemischten Modells unter Berücksichtigung des tierindividuellen Einflusses waren hoch signifikant mit $p < 0,001$. Bei Mehrkalbskühe lag die Pearson-Korrelation bei 0,574. Die Berechnung des gemischten Modells ergab auch hier einen signifikanten Zusammenhang.

5.3 Zusammenhang zwischen Rückenfettmuskeldicke und verschiedenen Milchleistungsparametern

Die abgelieferte Milch ist die finanzielle Haupteinnahmequelle von Milchviehbetrieben. Daher ist es aus betriebswirtschaftlicher Sicht entscheidend, die Milchleistung so hoch wie möglich zu halten. Mit Beginn der Laktation steigt die Milchleistung sprunghaft an. Der damit plötzlich ansteigende Energiebedarf kann über die Futteraufnahme nicht gedeckt werden (Lucy 2001). Daher ist die Mobilisation von körpereigenen Energiedepots ein wichtiger Faktor für eine hohe Milchleistung (van der Drift et al. 2012, Kuhla et al. 2016, Scholte et al. 2017). Die Grundbausteine werden dabei in der Konditionsentwicklung im letzten Drittel der Trächtigkeit und der Trockenstehphase gelegt. Nach Bauman und Currie (1980) werden 33% der produzierten Milch auf der Basis körpereigener Energiereserven gebildet.

5.3.1 Rückenfettmuskeldicke und 100-Tage-Milchleistung

Die 100-Tage-Milchleistung ist geprägt durch einen starken Anstieg der Milchleistung post partum und einen geringen gleichmäßigen Abfall der Milchmenge nach der Leistungsspitze. In den ersten 100 Tagen p.p. nehmen viele Faktoren Einfluss auf die Milchleistung. Das Frühpuerperium birgt für Milchkühe das höchste Gesundheitsrisiko hinsichtlich Stoffwechselerkrankungen, Milchfieber und Erkrankungen des Geschlechtsapparats. Hinzu kommen die ersten Besamungen zwischen 80 und 100 Tage p.p. (Staufenbiel et al. 1989, von Leesen et al. 2014, Reshalaitihan et al. 2019). Ohne Energiereserven kann eine Kuh diese Phase nicht optimal durchlaufen. Nach Staufenbiel et al. (1992) ist eine Erhöhung der Körperkondition mit einer Milchleistungssteigerung verbunden. Bei einer Überkonditionierung

tritt hingegen aufgrund der gesundheitlichen Komplikationen der gegenteilige Effekt ein (Zhao et al. 2019).

Im Untersuchungsbetrieb wurden durchschnittlich 4434 ± 743 kg Milch in den ersten 100 Tagen ermolken. Die Werte reichen dabei von 2740 kg bis 6356 kg. Die Varianz der Daten ist sehr hoch. Die durchschnittliche Differenz der Milchleistung zwischen dem leistungsstärksten und dem leistungsschwächsten Tier lag bei 36,2 kg/Tag. Ähnlich sieht es auch bei der RFMD aus. Die durchschnittliche RFMD innerhalb der ersten 100 Tage p.p. lag bei $27,5 \pm 4,0$ mm mit einer Spannweite zwischen 19,2 mm und 42,8 mm.

Die Korrelation der RFMD als Konditionsparameter und der 100-Tage-Milchleistung wurde nach Pearson berechnet und betrug 0,219 ($p=0,02$). Den genauen Zusammenhang zeigte das gemischte Modell unter Berücksichtigung des tierindividuellen Einflusses. Die Ergebnisse waren hoch signifikant mit $p < 0,006$. Somit gibt es einen signifikanten Zusammenhang zwischen den beiden Parametern. Anhand des Streudiagramms wurde eine lineare Trendlinie erstellt. Diese zeigte eine Milchleistungssteigerung von 26,0 kg Milch pro 1 mm RFMD-Zunahme. Die Ergebnisse der RFMD gegenüber der 100-Tage-Milchleistung spiegeln dabei die Ergebnisse der Gegenüberstellung RFD1 und 100-Tage Milchleistung von Staufenbiel et al. (1992) wider. Eine negative Auswirkung bei einer Überkonditionierung konnte nicht festgestellt werden.

5.3.2 Rückenfettmuskeldicke und 305-Tage-Milchleistung

Die 305-Tage-Milchleistung ist die meistgenutzte Methode zum Vergleich der Milchleistung. Sie gibt die Leistung über die gesamte Laktation wieder und umfasst den sprunghaften Leistungsanstieg post partum mit dem darauffolgenden kontinuierlichen Abfall der Milchmenge bis zum 305. Laktationstag.

Der Milchviehbestand wies eine durchschnittliche Milchleistung von 11213 ± 1175 kg bei Erstlaktierenden und 12382 ± 1798 kg bei Mehrkalbskühen auf. Die Werte befanden sich zwischen 7398 und 16700 kg.

Eine gute Kondition zur Kalbung unterstützt die postpartale Lipolyse und führt dadurch zu einer höheren Milchleistung (Staufenbiel et al. 1991, Zhao et al. 2019). Nach Schröder und Staufenbiel (2002) gibt es auch einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Milchleistung und dem Konditionsverlauf. Bei einer höheren Milchleistung kommt es aufgrund des höheren Energiebedarfs auch zu einer längeren Mobilisation von Fett als bei Kühen mit einer niedrigeren Milchmenge (Gallo et al. 1996).

Die Korrelation zwischen der 305-Tage-Milchleistung und der RFMD als Konditionsparameter wurde nach Pearson bestimmt und lag bei 0,285. Der Wert ist als schwach positiv einzustufen. Unter Berücksichtigung des tierindividuellen Einflusses wurde zusätzlich ein gemischtes Modell berechnet. Die Ergebnisse zeigten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der RFMD zur Kalbung und der 305-Tage-Milchleistung. Die Grafik des RFMD-Verlaufs über die Laktation, kategorisiert nach der Milchleistung, zeigte das gleiche Ergebnis. Kühe, die in die höchste Milchleistungskategorie (>13000kg) eingestuft wurden, starteten auch mit der höchsten Kondition in die Laktation. Mit sinkender Milchleistung nahm auch die Kondition zum Laktationsbeginn ab. Ab dem Zeitpunkt der Kalbung kam es zu einer allmählichen Annäherung der nach Milchleistung kategorisierten Konditionskurven. Die längste Mobilisation konnte bei Kühen mit >13000kg festgestellt werden. Sie erreichten erst spät in der Laktation die positive Energiebilanz. Weitere Unterschiede konnten hier nicht festgestellt werden. Hingegen konnten die Ergebnisse von Gallo et al. (1996) anhand dieser Studie bestätigt werden. Die Resultate von Staufenbiel et al. (1991) und Schröder und Staufenbiel (2002) konnten hingegen nur teilweise bestätigt werden. Eine positive Wirkung der höheren Körperkondition auf die postpartale Lipolyse konnte lediglich anhand der visuellen Grafikanalyse vermutet werden. Die Unterschiede waren aber gering und wurden durch statistische Tests bestätigt. Auch die einzelnen Konditionsverläufe zeigten optisch keinen entscheidenden Unterschied. Nur eine längere Mobilisation der körpereigenen Energiereserven wurde bei einer sehr hohen Milchleistung durch die visuelle Analyse bestätigt.

5.3.3 Rückenfettmuskeldicke und Fett-Eiweiß-Quotient

Der Fett-Eiweiß-Quotient gilt als Indikatorwert zur Evaluierung der Energieversorgung von Milchkühen (Buttchereit et al. 2010). Er wird mathematisch aus der gemolkenen Fettmenge (kg) und der Eiweißmenge (kg) errechnet. Ein optimaler Quotient liegt nach Mahlkow-Nerge (2009) zwischen 1,1 und 1,5. Ein erhöhter Fett-Eiweiß-Quotienten kann auf eine Ketose und ein zu geringer Wert auf eine Azidose hinweisen. Somit spiegelt dieser Wert auch bedingt die korrekte Fütterung wider. Nach Heuer et al. (1999) gibt es einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Fett-Eiweiß-Quotienten, der Körperkondition und der Milchleistung.

Durchschnittlich lag der Fett-Eiweiß-Quotient des untersuchten Betriebes bei $1,06 \pm 0,16$. Dabei lagen die Werte zwischen 0,69 und 1,35.

Die Pearson Korrelation zwischen der RFMD und dem Fett-Eiweiß-Quotient beträgt 0,275 mit einer zweiseitigen Signifikanz von $p < 0,001$. Der Zusammenhang ist damit als gering zu bewerten. Genauer wurde der Zusammenhang im gemischten Modell unter Berücksichtigung des tierindividuellen Einflusses bestimmt. Die Ergebnisse zeigten einen hochsignifikanten

Zusammenhang zwischen dem Fett-Eiweiß-Quotienten und der RFMD als Konditionsparameter. Das Ergebnis bestätigt die Studienergebnisse von Heuer et al. (1999). Nach Mahlkow-Nerge (2009) bewegten sich jedoch einige Tiere bei einem durchschnittlichen Fett-Eiweiß-Quotienten von 1,06 am Rande der Azidose. Mit einem Höchstwert von 1,35 bewegten sich die Tiere jedoch nicht über die gesamte Laktation im Bereich eines Energiemangels. Zu beachten ist dabei, dass dieser Quotient den Durchschnitt eines Tieres über die gesamte Laktation widerspiegelt. Ein ketotischer Quotient zu Beginn der Laktation kann über den restlichen Verlauf der Laktation ausgeglichen und somit nicht ausgeschlossen werden.

5.4 Zusammenhang zwischen Rückenfettmuskeldicke und verschiedenen Fruchtbarkeitsparametern

Die Fruchtbarkeit ist neben der Milchleistung einer der wichtigen Faktoren für die betriebswirtschaftliche Effizienz eines Milchviehbetriebes. Sie unterliegt verschiedenen Einflüssen (Staufenbiel et al. 1993, Roche et al. 2009). Ein Störfaktor ist eine hohe Milchleistung. Dennoch muss eine hohe Milchleistung eine gute Fruchtbarkeit nicht ausschließen. Entscheidend ist die Konditionierung. Markusfeld et al. (1997) und Agenas et al. (2003) stellten fest, dass die Grundbausteine bereits in der Trockenstehphase gelegt werden. Eine optimale Versorgung und Konditionierung der Tiere in diesem Abschnitt schafft die Voraussetzung für eine hohe Milchleistung bei guter Fruchtbarkeit und guter Tiergesundheit (Daetz 2009, Adermann 2015, Barletta et al. 2017, Wang et al. 2020).

5.4.1 Rückenfettmuskeldicke und Zwischenkalbezeit

Die Zwischenkalbezeit beschreibt den Zeitraum zwischen zwei Kalbungen. Sie ist betriebsspezifisch und abhängig von der freiwilligen und der unfreiwilligen Wartezeit.

Heuwieser et al. (1994) stellten fest, dass es einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Fruchtbarkeit und der Kondition gibt. Eine Überkonditionierung ging mit einer schlechteren Fruchtbarkeit und einer verzögerten Konzeption einher. Nach der Skalierung von Edmonson et al. (1989) war jedoch ein BCS von ≥ 3 als fördernd zu sehen.

Die Zwischenkalbezeit des Betriebes lag durchschnittlich bei $417,2 \pm 62,5$ d. Alle erhobenen Werte lagen dabei zwischen 351 und 682 Tagen. Damit variieren die Daten der Zwischenkalbezeit stark.

Der Pearson Korrelationskoeffizient zwischen der RFMD und der Zwischenkalbezeit lag bei -0,028 mit einer zweiseitigen Signifikanz von 0,694 und ist nicht signifikant. Die Ergebnisse des

gemischten Modells unter Berücksichtigung des tierindividuellen Einflusses zeigten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Zwischenkalbezeit und der RFMD als Konditionsparameter. Die Signifikanz des Modells lag bei 0,154. Die RFMD hat damit keinen Einfluss auf die Fruchtbarkeit wie es in den anderen Studien von Staufenbiel et al. (2003), Heuwieser et al. (1994), Markusfeld et al. (1997) und Agenas et al. (2003) gezeigt werden konnte. Dafür kann es verschiedene Ursachen geben. Mögliche Ursachen sind eine schlechte Versorgung der Tiere hinsichtlich Energie, Mineralstoffe und Vitamine. Auch die Erfahrung des Besamungstechnikers, Besamungszeitpunkt und Samenqualität haben Einfluss. Die Aussagekraft des Parameters RFMD zur Zwischenkalbezeit muss an einer größeren Tierzahl überprüft werden.

5.4.2 Rückenfettmuskeldicke und Besamungshäufigkeit

Die Besamungshäufigkeit ist die Anzahl der Besamungen pro Tier. Der Mittelwert der Besamungshäufigkeit ist der Besamungsindex, welcher als gängiger Fruchtbarkeitsparameter in der Bestandsbetreuung herangezogen wird. Ein optimaler Besamungsindex liegt nach der Landwirtschaftskammer (2008) bei $<1,75$.

Barletta et al. (2017) stellte die Körperkondition von hochleistenden Milchkühen der Fruchtbarkeit gegenüber. Die größten Besamungserfolge konnten in einer Phase mit einer Konditionszunahme und nicht beim Konditionsverlust erzielt werden. Gestützt werden die Resultate durch die Studien von Luttgenau et al. (2016), Agenas et al. (2003) und Markusfeld et al. (1997). Nach Pedron et al. (1993) hat die Kondition zur Kalbung einen starken Einfluss auf den späteren Konditionsverlauf der Kühe. Überkonditionierte Kühe wiesen eine deutlich längere negative Energiebilanz auf als Kühe mit niedriger Kondition. Folglich verschlechterte sich die Fruchtbarkeit und die Besamungshäufigkeit nahm zu.

Der Besamungsindex der Probanden lag bei $2,1 \pm 1,6$. Die Werte reichten dabei von 1 und 10 Besamungen pro Kuh. Die Pearson Korrelation beträgt $-0,013$ bestimmt und ist nicht signifikant ($p=0,855$). Das gemischte Modell zeigte unter Berücksichtigung des tierindividuellen Einflusses keinen signifikanten Zusammenhang ($p=0,279$) zwischen der RFMD als Konditionsparameter und der Besamungshäufigkeit. Die grafische Analyse zeigte lediglich, dass die Körperkondition zum Zeitpunkt der Kalbung einen geringen Einfluss auf die Besamungshäufigkeit hatte. Mit mehr als drei Besamungen zeigten sich vor allem Tiere mit sehr schlechter Kondition, Kühe mit einer oder zwei Besamungen wiesen eine mittlere RFMD zur Kalbung auf.

Der Besamungsindex liegt mit 2,12 deutlich über dem Referenzwert von $<1,75$ der Landwirtschaftskammer (2008). Der nicht nachweisbare Zusammenhang zwischen der RFMD

und der Besamungshäufigkeit steht im Widerspruch mit den Studienergebnissen von Luttgenau et al. (2016) und Barletta et al. (2017). Ursächlich für den fehlenden Zusammenhang kann eine schlechte Energie-, Mineralstoff- oder Vitaminversorgung sein. Darüber hinaus kann auch das betriebsinterne Reproduktionsmanagement sowie verschiedene externe Faktoren (Herdenstress, Temperatur, bauliche Veränderungen, etc.), die ausgewählten Bullen und die Samenqualität Einfluss auf die Anzahl der durchgeführten Besamungen genommen haben. Eine ausführliche Studie hinsichtlich der RFMD-Messung und der Fruchtbarkeit ist für weitere Aussagen erforderlich.

6 Schlussfolgerungen

1. Die RFMD unterliegt einem signifikanten Alterseinfluss. Es kann ein langsamer und gleichmäßiger Anstieg der Durchschnittswerte bis zur sechsten Laktation festgestellt werden. Die Messwerte der RFMD spiegeln wie die der anerkannten Rückenfettdicke (RFD1) die Veränderungen der Körperkondition im Laktationsverlauf zuverlässig wider. Aufgrund der engen Korrelation zwischen den beiden Methoden RFMD und der Rückenfettdicke kann die Messung der Rückenfettmuskeldicke analog zur Rückenfettdicke zur Optimierung der Tiergesundheit, Milchleistung und Fruchtbarkeit in Milchviehbetrieben herangezogen werden.
2. Die Rückenfettmuskeldickenmessung ist eine Alternative zur klassischen Rückenfettdickenmessung. Die beiden Methoden korrelieren signifikant eng miteinander und deren Konditionsverläufe sind nahezu identisch. Es konnte jedoch eine etwas stärkere Änderung der RFD pro Zeiteinheit dokumentiert werden. Anhand der vorliegenden Analysen gab es keinen Mehrwert der RFMD gegenüber RFD. Lediglich das Auffinden des Messpunktes ist bei der Rückenfettmuskeldicke einfacher. Die beiden Messmethoden sind daher als gleichwertig zu betrachten. Bei der RFMD konnte kein absolutes Minimum der Kondition dokumentiert werden. Ein weiterer Konditionsabbau ist jedoch durch die Mobilisierung von Protein möglich. Abgeleitet aus dem Vergleich mit der optimalen Kondition der RFD ergeben sich folgende Referenzwerte für die RFMD:

Zeitpunkt	Referenzwert der RFD (mm)	Referenzwert der RFMD
Trockenstellen	20-25mm (Daetz 2009)	30-35mm
Kalbung (Mehrkalbskühe)	20-30mm (Staufenbiel 1997)	31-40mm
Kalbung (Erstkalbskühe)	15-20mm (Adermann 2015)	27-32mm

Beim direkten Vergleich vom Body Condition Score und der RFMD ist aufgrund der Subjektivität und der schlechten Vergleichbarkeit der BCS-Werte, die RFMD dem Body Condition Score vorzuziehen. Beim Vergleich der Rückenfettmuskeldickenmessung und der Lebendmassewägung ist die RFMD der Wägung aufgrund des fehlenden Einflusses diverser Faktoren überlegen.

3. Die Rückenfettmuskeldickenmessung registriert neben der Abnahme des Körperfettes auch die Mobilisierung von Protein zur Energiegewinnung. Bei der ausschließlichen Betrachtung der Muskeldicke (MD) ist ein enger Zusammenhang zur Rückenfettdicke

zu verzeichnen. Die Annahme der gemeinsamen Mobilisation von Fett und Protein wird dadurch bestätigt. Aufgrund des engen Zusammenhangs von RFD und RFMD sowie von RFD und MD ist die Dokumentation der Proteinmobilisation nicht essenziell für die Einschätzung der Körperkondition und ihrer Entwicklung über die Laktation. Die RFD liefert auch bei der ausschließlichen Betrachtung der Fettdepots zuverlässige Werte.

4. Es gibt einen direkten signifikanten Zusammenhang zwischen der Rückenfettmuskeldicke und der 100-Tage-Milchleistung. Auch der Fett-Eiweiß-Quotient korreliert signifikant mit dem Konditionsparameter. Zu den Fruchtbarkeitskennwerten Zwischenkalbezeit und Besamungshäufigkeit konnte keine signifikante Beziehung nachgewiesen werden.

7 Zusammenfassung

Ziel der Arbeit war es, die Methode der Rückenfettmuskeldickenmessung (RFMD) in Bezug zu den wissenschaftlich anerkannten Methoden zur Beurteilung der Körperkondition von Milchkühen zu setzen. Zu prüfen war, ob die RFMD zuverlässige, reproduzierbare und aussagekräftige Informationen zur Körperkondition von Milchkühen liefert, die neue Methode Vorteile gegenüber den bekannten Methoden (BCS, Lebendmasse, RFD) hat, die Muskeldicke in einem Zusammenhang zur Rückenfettdicke (RFD) steht, die Proteindepots essenziell für die Einschätzung der Körperkondition sind und ob es einen Zusammenhang zwischen der RFMD zur Kalbung und der Milchleistung sowie der Fruchtbarkeit gibt. Dazu wurden 3671 Messungen bei 339 Kühen zu verschiedenen Zeitpunkten vor und nach der Kalbung durchgeführt. Unter den Probanden waren 262 Mehrkalbskühe und 77 Jungkühe.

Bei der Betrachtung der erhobenen Daten wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Laktationszahl und der Rückenfettmuskeldicke festgestellt. Mit steigender Laktationszahl wurde ein leichter Anstieg der RFMD gesehen. Dies ist bei der Nutzung der Messmethode bei der Erhebung auf Bestandsebene zu berücksichtigen.

Die Gegenüberstellung der RFMD mit den wissenschaftlich anerkannten Methoden der Rückenfettdickenmessung, dem Body Condition Score und der Lebendmassewägung ergab einen signifikanten Zusammenhang. Daraus konnte geschlossen werden, dass die Rückenfettmuskeldickenmessung zuverlässige Werte zur Konditionsbeurteilung liefert. Bei der Gegenüberstellung der RFMD mit dem BCS ist die neue Messmethode dem BCS aufgrund der Objektivität vorzuziehen. Auch bei der Lebendmassewägung ist die Rückenfettmuskeldickenmessung der Wägung vorzuziehen. Die RFMD unterliegt geringeren Einflussfaktoren. Beim Vergleich der RFMD mit der RFD fällt eine enge Übereinstimmung der Messwerte auf. Die beiden Untersuchungsmethoden können als nahezu identisch betrachtet werden. Sie unterscheiden sich lediglich im einfacheren Auffinden des Rückenfettmuskeldickenmesspunktes und am fehlenden Minimalwert der RFMD.

Über den Vergleich der Referenzwerte der Rückenfettdicke können für die Rückenfettmuskeldicke folgende Referenzwerte empfohlen werden:

Zeitpunkt	Referenzwert der RFMD
Trockenstellen	30-35mm
Kalbung (Mehrkalbskühe)	31-40mm
Kalbung (Erstkalbskühe)	27-32mm

Die RFMD zeigte eine deutliche Abnahme in der Früh-laktation, welche aus der Mobilisation von Fett und Protein zur Energiegewinnung resultiert. Die getrennte Auswertung der unmittelbaren Muskeldicke bestätigt die Mobilisation von Protein. Aufgrund der identischen Resultate der Rückenfettdicken- und der Rückenfettmuskeldickenmessung ist die Dokumentation der Proteinmobilisation nicht essenziell für die Einschätzung der Körperkondition. Die Rückenfettdicke liefert bereits ausreichend verlässliche Konditionswerte zur Beurteilung der Dynamik des Energiestoffwechsels von Milchkühen.

Ein signifikanter Zusammenhang konnte zwischen der Rückenfettmuskeldicke und der 100-Tage-Milchleistung sowie dem Fett-Eiweiß-Quotient festgestellt werden. Ein Zusammenhang zur 305-Tage-Milchleistung gab es nicht. Des Weiteren zeigten sich auch keine signifikanten Beziehungen zwischen der RFMD und den Fruchtbarkeitsparametern Zwischenkalbezeit und Besamungshäufigkeit.

Aufgrund der engen Korrelation zwischen der Rückenfettmuskeldicke und den Konditionsparametern, mit besonderem Augenmerk auf die Rückenfettdicke, kann die Rückenfettmuskeldickenmessung als Methode im Herdenmanagement zur Optimierung der Tiergesundheit, Milchleistung und Fruchtbarkeit in Milchviehbetrieben empfohlen werden. Allerdings kann kein Mehrwert im Vergleich zu den Aussagen der Rückenfettdickenmessung erkannt werden.

8 Summary

Comparison of ultrasonographic measurement of backfat thickness with combined measurement of backfat-muscle thickness as a measure for body condition assessment of dairy cows

The aim of the work was to relate the method of backfat-muscle thickness measurement (BFMT) to the scientifically recognised methods for assessing the body condition of dairy cows. It was to be tested whether BFMT provides reliable, reproducible and meaningful information on the body condition of dairy cows, whether the new method has advantages over the known methods (BCS, live weight, BFT), whether muscle thickness is related to backfat thickness (BFT), whether protein depots are essential for the assessment of body condition and whether there is a correlation between BFMT at calving and milk yield as well as fertility. For this purpose, 3671 measurements were taken in 339 cows at different times before and after calving. Among the subjects were 262 multiparas cows and 77 uniparas.

When looking at the data collected, a significant correlation was found between the lactation number and the backfat-muscle thickness. A slight increase in BFMT was seen with increasing lactation number. This should be taken into account when using the measurement method in the herd level survey.

The comparison of the BFMT with the scientifically recognised methods of backfat thickness measurement, the body condition score and live mass weighing showed a significant correlation. It could be concluded that the backfat-muscle thickness measurement provides reliable values for condition assessment. When comparing the BFMT with the BCS, the new measurement method is preferable to the BCS due to its objectivity. Backfat-muscle thickness measurement is also preferable to weighing for live mass weighing. The BFMT is subject to fewer influencing factors. When comparing the BFMT with the BFT, a close agreement of the measured values is noticeable. The two examination methods can be considered almost identical. They only differ in the easier finding of the backfat-muscle thickness measurement point and the missing minimum value of the BFMT.

By comparing the reference values of the backfat thickness, the following reference values can be recommended for the backfat-muscle thickness:

time	Reference value of the BFMT
Start of the dry period	30-35mm
Calving (multiparas)	31-40mm
Calving (primiparas)	27-32mm

The BFMT showed a clear decrease in early lactation resulting from the mobilisation of fat and protein for energy production. The separate evaluation of the immediate muscle thickness confirms the mobilisation of protein. Due to the identical results of the backfat thickness and backfat-muscle thickness measurements, the documentation of protein mobilisation is not essential for the assessment of body condition. The backfat thickness already provides sufficiently reliable condition values for assessing the dynamics of the energy metabolism of dairy cows.

A significant correlation was found between backfat-muscle thickness and 100-day milk yield as well as the fat-protein ratio. There was no correlation with 305-day milk yield. Furthermore, there were no significant relationships between BFMT and the fertility parameters intercalving period and insemination frequency.

Due to the close correlation between backfat-muscle thickness and the condition parameters, with special attention to backfat thickness, backfat-muscle thickness measurement can be recommended as a method in herd management for optimising animal health, milk yield and fertility in dairy farms. However, no added value can be recognised in comparison to the statements of the backfat thickness measurement.

9 Literaturverzeichnis

Adermann, J. (2015): Einfluss der Körperkondition von hochtragenden Färsen auf den Geburtsverlauf, die Kälbergeburtsmasse und die Menge und Qualität des Erstkolostrums sowie auf Milchleistung, Fruchtbarkeit und Erkrankungsinzidenz in der ersten Laktation. Promotionsschrift, Freie Universität Berlin

Agenas, S., Burstedt, E. and Holtenius, K. (2003): Effects of feeding intensity during the dry period. 1. Feed intake, body weight, and milk production. *Journal of Dairy Science* 86(3): 870-882 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73670-4

Ahrens, S. (2021), 18.10.2021 statista, Milchleistung je Kuh in Deutschland in den Jahren 1900 bis 2020. from de.statista.com/statistik/daten/studie/153061/umfrage/durchschnittlicher-milchertrag-je-kuh-in-deutschland-seit-2000/

Andrews, A. H., Laven, R. and Maisey, I. (1991): Treatment and control of an outbreak of fat cow syndrome in a large dairy herd. *Veterinary Record* 129(10): 216-229

Baird, G. D. (1982): Primary ketosis in the high-producing dairy cow: clinical and subclinical disorders, treatment, prevention, and outlook. *Journal of Dairy Science* 65(1): 1-10

Baird, G. D., Hibbitt, K. G. and Hunter, G. D. (1968): Biochemical aspects of bovine ketosis. *Biochemical Journal* 107(5): 683-689

Barletta, R. V., Maturana Filho, M., Carvalho, P. D., Del Valle, T. A., Netto, A. S., Renno, F. P., Mingoti, R. D., Gandra, J. R., Mourao, G. B., Fricke, P. M., Sartori, R., Madureira, E. H. and Wiltbank, M. C. (2017): Association of changes among body condition score during the transition period with NEFA and BHBA concentrations, milk production, fertility, and health of Holstein cows. *Theriogenology* 104: 30-36 DOI: 10.1016/j.theriogenology.2017.07.030

Bauman, D. E. and Currie, W. B. (1980): Partitioning of Nutrients During Pregnancy and Lactation: A Review of Mechanisms Involving Homeostasis and Homeorhesis. *Journal of Dairy Science* 63(9): 1514-1529 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(80)83111-0

Bell, A. W., Burhans, W. S. and Overton, T. R. (2000): Protein nutrition in late pregnancy, maternal protein reserves and lactation performance in dairy cows. *Proceedings of the Nutrition Society* 59(1): 119-126 DOI: 10.1017/s0029665100000148

Bines, J. A. and Hart, I. C. (1982): Metabolic Limits to Milk Production, Especially Roles of Growth Hormone and Insulin. *Journal of Dairy Science* 65(8): 1375-1389 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(82)82358-8

BLE (2020), 18.10.2021 Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Milchindustrieverband, Strukturwandel in der Milcherzeugung. from milchindustrie.de/wp-content/uploads/2020/06/Milchkuhalter_Kuhbestand_Leistung_Milchmenge_ab-1950_November.pdf

BMEL (2020a), 18.10.2021 Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Entwicklungen am deutschen Milchmarkt – ein Überblick. from bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/agrarmaerkte/entwicklungen-milchmarkt-de.html;jsessionid=97052D1F45E983FB7735B802F1B50C12.live852#doc9926bodyText2

BMEL (2020b), 18.10.2021 Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Düngung. from bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/pflanzenbau/ackerbau/duengung.html

Bobe, G., Young, J. W. and Beitz, D. C. (2004): Invited review: pathology, etiology, prevention, and treatment of fatty liver in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 87(10): 3105-3124 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(04)73446-3

Boisclair, Y., Grieve, D. G., Stone, J. B., Allen, O. B. and MacLeod, G. K. (1986): Effect of prepartum energy, body condition, and sodium bicarbonate on production of cows in early lactation. *Journal of Dairy Science* 69(10): 2636-2647 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(86)80711-1

Botts, R. L., Hemken, R. W. and Bull, L. S. (1979): Protein reserves in the lactating dairy cow. *Journal of Dairy Science* 62(3): 433-440 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(79)83263-4

Burgers, E. E. A., Kok, A., Goselink, R. M. A., Hogeveen, H., Kemp, B. and van Knegsel, A. T. M. (2021): Effects of extended voluntary waiting period from calving until first insemination on body condition, milk yield, and lactation persistency. *Journal of Dairy Science* 104(7): 8009-8022 DOI: 10.3168/jds.2020-19914

Butler, W. R. and Smith, R. D. (1989): Interrelationships Between Energy Balance and Postpartum Reproductive Function in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* 72(3): 767-783 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(89)79169-4

Buttchereit, N., Stamer, E., Junge, W. and Thaller, G. (2010): Evaluation of five lactation curve models fitted for fat:protein ratio of milk and daily energy balance. *Journal of Dairy Science* 93(4): 1702-1712 DOI: 10.3168/jds.2009-2198

Cadorniga-Valino, C., Grummer, R. R., Armentano, L. E., Donkin, S. S. and Bertics, S. J. (1997): Effects of fatty acids and hormones on fatty acid metabolism and gluconeogenesis in bovine hepatocytes. *Journal of Dairy Science* 80(4): 646-656 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(97)75983-6

Caixeta, L. S., Giesy, S. L., Krumm, C. S., Perfield, J. W. N., Butterfield, A., Schoenberg, K. M., Beitz, D. C. and Boisclair, Y. R. (2017): Effect of circulating glucagon and free fatty acids on hepatic FGF21 production in dairy cows. *American Journal of Physiology – Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 313(5): R526-R534 DOI: 10.1152/ajpregu.00197.2017

Caixeta, L. S., Herman, J. A., Johnson, G. W. and McArt, J. A. A. (2018): Herd-Level Monitoring and Prevention of Displaced Abomasum in Dairy Cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 34(1): 83-99 DOI: 10.1016/j.cvfa.2017.10.002

Cameron, R. E., Dyk, P. B., Herdt, T. H., Kaneene, J. B., Miller, R., Bucholtz, H. F., Liesman, J. S., Vandehaar, M. J. and Emery, R. S. (1998): Dry cow diet, management, and energy balance as risk factors for displaced abomasum in high producing dairy herds. *Journal of Dairy Science* 81(1): 132-139 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(98)75560-2

Chebel, R. C., Mendonca, L. G. D. and Baruselli, P. S. (2018): Association between body condition score change during the dry period and postpartum health and performance. *Journal of Dairy Science* 101(5): 4595-4614 DOI: 10.3168/jds.2017-13732

Coppock, C. E. (1985): Energy Nutrition and Metabolism of the Lactating Dairy-Cow. *Journal of Dairy Science* 68(12): 3403-3410 DOI: DOI 10.3168/jds.S0022-0302(85)81253-4

- Curtis, C. R., Erb, H. N., Sniffen, C. J., Smith, R. D. and Kronfeld, D. S. (1985): Path analysis of dry period nutrition, postpartum metabolic and reproductive disorders, and mastitis in Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 68(9): 2347-2360 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(85)81109-7
- Daetz, C. (2009): Untersuchungen zur Konditionsentwicklung bei Milchkühen in der Trockenstehperiode mittels ultrasonographischer Messung der Rückenfettdicke und deren Einfluss auf Leistung, Fruchtbarkeit und Tiergesundheit in der Früh-laktation. Promotionsschrift, Freie Universität Berlin
- Daniel, R. C. (1983): Motility of the rumen and abomasum during hypocalcaemia. *Canadian Journal of Comparative Medicine* 47(3): 276-280
- de Haas, Y., Pryce, J. E., Calus, M. P., Wall, E., Berry, D. P., Lovendahl, P., Krattenmacher, N., Miglior, F., Weigel, K., Spurlock, D., Macdonald, K. A., Hulsegge, B. and Veerkamp, R. F. (2015): Genomic prediction of dry matter intake in dairy cattle from an international data set consisting of research herds in Europe, North America, and Australasia. *Journal of Dairy Science* 98(9): 6522-6534 DOI: 10.3168/jds.2014-9257
- Demeyer, D. and Doreau, M. (1999): Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. *Proceedings of the Nutrition Society* 58(3): 593-607 DOI: 10.1017/s0029665199000786
- Dirksen, G., Ahrens, F., Schön, J., Mayer, E. and Liebich, H. G. (1992): Vorbereitungsfütterung der trockenstehenden Kuh im Hinblick auf Ernährungszustand und Status von Pansenschleimhaut und Pansenflora bei der Kalbung., *Berliner und Münchener tierärztliche Wochenschrift* 105: 1-4
- Dirksen, G., Liebich, H. G., Brosi, G., Hagemester, H. and Mayer, E. (1984): Morphologie der Pansenschleimhaut und Fettsaureresorption beim Rind--bedeutende Faktoren für Gesundheit und Leistung. *Zentralblatt fuer Veterinärmedizin. Reihe A* 31(6): 414-430
- Domecq, J. J., Skidmore, A. L., Lloyd, J. W. and Kaneene, J. B. (1997): Relationship between body condition scores and conception at first artificial insemination in a large dairy herd of high yielding Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 80(1): 113-120 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(97)75918-6
- Domecq, J. J., Skidmore, A. L., Lloyd, J. W. and Kaneene, J. B. (1997): Relationship between body condition scores and milk yield in a large dairy herd of high yielding Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 80(1): 101-112 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(97)75917-4
- Duffield, T. (2000): Subclinical ketosis in lactating dairy cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 16(2): 231-253
- Duplessis, M., Cue, R. I., Santschi, D. E., Lefebvre, D. M. and Girard, C. L. (2018): Short communication: Relationships among plasma and milk vitamin B12, plasma free fatty acids, and blood beta-hydroxybutyrate concentrations in early lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science* 101(9): 8559-8565 DOI: 10.3168/jds.2018-14477
- Edmonson, A. J., Lean, I. J., Weaver, L. D., Farver, T. and Webster, G. (1989): A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 72(1): 68-78 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(89)79081-0
- Emery, R. S., Liesman, J. S. and Herdt, T. H. (1992): Metabolism of long chain fatty acids by ruminant liver. *Journal of Nutrition* 122(3): 832-837 DOI: 10.1093/jn/122.suppl_3.832

Fortin, A., Reid, J. T., Maiga, A. M., Sim, D. W. and Wellington, G. H. (1981): Effect of Level of Energy Intake and Influence of Breed and Sex on Growth of Fat Tissue and Distribution in the Bovine Carcass. *Journal of Animal Science* 53(4): 982-991 DOI: 10.2527/jas1981.534982x

Friedman, M. I., Harris, R. B., Ji, H., Ramirez, I. and Tordoff, M. G. (1999): Fatty acid oxidation affects food intake by altering hepatic energy status. *American Journal of Physiology* 276(4): R1046-1053 DOI: 10.1152/ajpregu.1999.276.4.R1046

Friggens, N. C., Andersen, J. B., Larsen, T., Aaes, O. and Dewhurst, R. J. (2004): Priming the dairy cow for lactation: a review of dry cow feeding strategies. *Animal Research* 53(6): 453-473 DOI: 10.1051/animres:2004037

Fronk, T. J., Schultz, L. H. and Hardie, A. R. (1980): Effect of Dry Period Overconditioning on Subsequent Metabolic Disorders and Performance of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 63(7): 1080-1090 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(80)83050-5

Gallo, L., Carnier, P., Cassandro, M., Mantovani, R., Bailoni, L., Contiero, B. and Bittante, G. (1996): Change in Body Condition Score of Holstein Cows as Affected by Parity and Mature Equivalent Milk Yield. *Journal of Dairy Science* 79(6): 1009-1015 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(96)76452-4

Gerloff, B. J. (1988): Feeding the dry cow to avoid metabolic disease. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 4(2): 379-390

Giesecke, D. (1987): Lipidmobilisation und Insulinfunktion bei Kühen mit hoher Milchleistung. Paul Parcey

Giesecke, D. (1991): Metabolische Leistungsgrenzen bei Kühen. *Monatshefte für Veterinärmedizin* 46: 531-535

Giesecke, D., Beck, U. and Emmanuel, B. (1985): Ketogenic regulation by certain metabolites in rumen epithelium. *Comparative Biochemistry and Physiology B* 81(4): 863-867

Goff, J. P. (2006): Major advances in our understanding of nutritional influences on bovine health. *Journal of Dairy Science* 89(4): 1292-1301 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72197-X

Goff, J. P. and Horst, R. L. (1997): Physiological Changes at Parturition and Their Relationship to Metabolic Disorders. *Journal of Dairy Science* 80(7): 1260-1268 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(97)76055-7

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

Grummer, R. R., Mashek, D. G. and Hayirli, A. (2004): Dry matter intake and energy balance in the transition period. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 20(3): 447-470 DOI: 10.1016/j.cvfa.2004.06.013

Hady, P. J., Domecq, J. J. and Kaneene, J. B. (1994): Frequency and Precision of Body Condition Scoring in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* 77(6): 1543-1547 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(94)77095-8

- Hammon, H. M., Sturmer, G., Schneider, F., Tuchscherer, A., Blum, H., Engelhard, T., Genzel, A., Staufenbiel, R. and Kanitz, W. (2009): Performance and metabolic and endocrine changes with emphasis on glucose metabolism in high-yielding dairy cows with high and low fat content in liver after calving. *Journal of Dairy Science* 92(4): 1554-1566 DOI: 10.3168/jds.2008-1634
- Hamudikuwanda, H., Gallo, G., Block, E. and Downey, B. R. (1996): Adipose tissue progesterone concentrations in dairy cows during late pregnancy and early lactation. *Animal Reproduction Science* 43(1): 15-23 DOI: 10.1016/0378-4320(96)01468-6
- Harder, I., Stamer, E., Junge, W. and Thaller, G. (2019): Lactation curves and model evaluation for feed intake and energy balance in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 102(8): 7204-7216 DOI: 10.3168/jds.2018-15300
- Hart, I. C., Bines, J. A. and Morant, S. V. (1979): Endocrine control of energy metabolism in the cow: correlations of hormones and metabolites in high and low yielding cows for stages of lactation. *Journal of Dairy Science* 62(2): 270-277 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(79)83235-X
- Herdt, T. H. (2000): Ruminant adaptation to negative energy balance. Influences on the etiology of ketosis and fatty liver. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 16(2): 215-230
- Heuer, C., Schukken, Y. H. and Dobbelaar, P. (1999): Postpartum body condition score and results from the first test day milk as predictors of disease, fertility, yield, and culling in commercial dairy herds. *Journal of Dairy Science* 82(2): 295-304 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(99)75236-7
- Heuwieser, W., Ferguson, J. D., Guard, C. L., Foote, R. H., Warnick, L. D. and Breickner, L. C. (1994): Relationships between administration of GnRH, body condition score and fertility in Holstein dairy cattle. *Theriogenology* 42(4): 703-714
- Horst, R. L., Goff, J. P., Reinhardt, T. A. and Buxton, D. R. (1997): Strategies for preventing milk fever in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 80(7): 1269-1280 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(97)76056-9
- Hostens, M., Fievez, V., Leroy, J. L., Van Ranst, J., Vlaeminck, B. and Opsomer, G. (2012): The fatty acid profile of subcutaneous and abdominal fat in dairy cows with left displacement of the abomasum. *Journal of Dairy Science* 95(7): 3756-3765 DOI: 10.3168/jds.2011-5092
- Hussein, H. A., Westphal, A. and Staufenbiel, R. (2013): Relationship between body condition score and ultrasound measurement of backfat thickness in multiparous Holstein dairy cows at different production phases. *Australian Veterinary Journal* 91(5): 185-189 DOI: 10.1111/avj.12033
- Huzzey, J. M., Veira, D. M., Weary, D. M. and von Keyserlingk, M. A. (2007): Prepartum behavior and dry matter intake identify dairy cows at risk for metritis. *Journal of Dairy Science* 90(7): 3220-3233 DOI: 10.3168/jds.2006-807
- Jaurena, G. and Moorby, J. M. (2017): Lactation and body composition responses to fat and protein supplies during the dry period in under-conditioned dairy cows. *Journal of Dairy Science* 100(2): 1107-1121 DOI: 10.3168/jds.2016-11012
- Kim, I. H. and Suh, G. H. (2003): Effect of the amount of body condition loss from the dry to near calving periods on the subsequent body condition change, occurrence of postpartum diseases, metabolic parameters and reproductive performance in Holstein dairy cows. *Theriogenology* 60(8): 1445-1456

- Klawuhn, D. (1992): Vergleich der Rückenfettdicke mit dem über die Gesamtkörperwasserbestimmung ermittelten Körperfettgehalte beim Rind. Promotionsschrift, Humboldt-Universität Berlin
- Klawuhn, D. and Staufenbiel, R. (1997): Aussagekraft der Rückenfettdicke zum Körperfettgehalt beim Rind. *Tierärztliche Praxis* 25 (G): 133-138
- Klawuhn, D. and Staufenbiel, R. (1998): Die Ermittlung der Körperzusammensetzung über die Gesamtkörperwasserbestimmung mit Phenazon zur Beschreibung des Körperfettansatzes beim Rind; 2. Mitteilung: Zusammenhang zwischen Körperfettgehalt und Rückenfettdicke. *Deutsche tierärztliche Wochenschrift* 105: 54-57
- Kuhla, B., Metges, C. C. and Hammon, H. M. (2016): Endogenous and dietary lipids influencing feed intake and energy metabolism of periparturient dairy cows. *Domestic Animal Endocrinology* 56: S2-S10 DOI: 10.1016/j.domaniend.2015.12.002
- Kuhla, B., Nurnberg, G., Albrecht, D., Gors, S., Hammon, H. M. and Metges, C. C. (2011): Involvement of skeletal muscle protein, glycogen, and fat metabolism in the adaptation on early lactation of dairy cows. *Journal of Proteome Research* 10(9): 4252-4262 DOI: 10.1021/pr200425h
- Landwirtschaftskammer, T. (2008), 18.10.2021 Landwirtschaftskammer Tirol, Fruchtbarkeit beim Rind. from tirol.lko.at/fruchtbarkeit-beim-rind-informationsbrosch%C3%BCre+2400+2530590
- Lasso, T. G., Melendez, F. N. and Scofield, J. (1982): Condition score of Holstein cows and its relation to production and fertility in the humid tropics. *Tropical Animal Health and Production* 7: 198-203
- Lee, J.-Y. and Kim, I.-H. (2006): Advancing parity is associated with high milk production at the cost of body condition and increased periparturient disorders in dairy herds. *Journal of Veterinary Science* 7(2): 161-166
- Leuthold, G. and Reinecke, P. (1987): Züchtung auf Futteraufnahmevermögen, Möglichkeiten und Probleme. *Tierzucht* 41: 228-230
- Loeffler, S. H., de Vries, M. J. and Schukken, Y. H. (1999): The effects of time of disease occurrence, milk yield, and body condition on fertility of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 82(12): 2589-2604 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(99)75514-1
- Lucy, M. C. (2001): Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end. *Journal of Dairy Science* 84(6): 1277-1293 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(01)70158-0
- Luttgenau, J., Purschke, S., Tsousis, G., Bruckmaier, R. M. and Bollwein, H. (2016): Body condition loss and increased serum levels of nonesterified fatty acids enhance progesterone levels at estrus and reduce estrous activity and insemination rates in postpartum dairy cows. *Theriogenology* 85(4): 656-663 DOI: 10.1016/j.theriogenology.2015.10.003
- Maden, M., Yildiz, R., Col, R., Arican, M., Ider, M., Garip, M. and Tras, B. (2018): The evaluation of hemostatic dysfunction and disseminated intravascular coagulation in dairy cows with abomasal displacement. *Polish Journal of Veterinary Sciences* 21(4): 769-778 DOI: 10.24425/pjvs.2018.125590
- Mahlkow-Nerge, K. (2009): Fett-Eiweiß-Quotient – viel beachteter Milchkenntwert; Wie aussagekräftig ist er zur Einschätzung der Energieversorgung?, *Nutztierpraxis aktuell* 1: 50-52

- Mansfeld, R., Heuwieser, W., Metzner, M. and Schäfer, M. (2000): Die fortlaufende Konditionsbeurteilung - Unverzichtbarer Bestandteil der Fütterungsüberwachung beim Milchrind. *Milchpraxis* 38(4): 180-184
- Markusfeld, O., Galon, N. and Ezra, E. (1997): Body condition score, health, yield and fertility in dairy cows. *Veterinary Record* 141(3): 67-72
- McNamara, J. P. (1991): Regulation of adipose tissue metabolism in support of lactation. *Journal of Dairy Science* 74(2): 706-719 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78217-9
- McParland, S., Kennedy, E., Lewis, E., Moore, S. G., McCarthy, B., O'Donovan, M. and Berry, D. P. (2015): Genetic parameters of dairy cow energy intake and body energy status predicted using mid-infrared spectrometry of milk. *Journal of Dairy Science* 98(2): 1310-1320 DOI: 10.3168/jds.2014-8892
- Megahed, A. A., Hiew, M. W. H., Ragland, D. and Constable, P. D. (2019): Changes in skeletal muscle thickness and echogenicity and plasma creatinine concentration as indicators of protein and intramuscular fat mobilization in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science* 102(6): 5550-5565 DOI: 10.3168/jds.2018-15063
- Melendez, P., Pooock, S. E., Pithua, P., Pinedo, P., Manriquez, D., Moore, S. G., Neal, J. D. and Taylor, J. F. (2019): Genome-wide study to detect single nucleotide polymorphisms associated with visceral and subcutaneous fat deposition in Holstein dairy cows. *Animal* 13(3): 487-494 DOI: 10.1017/S1751731118001519
- Metz, S. H. M. and van den Bergh, S. G. (1977): Regulation of fat mobilization in adipose tissue of dairy cows in the period around parturition. *The Journal of Agricultural Science* 25: 198-211
- Metzner, M., Heuwieser, W. and Klee, W. (1993): Body Condition Scoring in Dairy-Herd Health Management. *Der Praktische Tierarzt* 74(11): 991-998
- Moe, P. W., Tyrrell, H. F. and Flatt, W. P. (1971): Energetics of body tissue mobilization. *Journal of Dairy Science* 54(4): 548-553 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(71)85886-1
- Morrow, D. A. (1976): Fat cow syndrome. *Journal of Dairy Science* 59(9): 1625-1629 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(76)84415-3
- Morrow, D. A., Hillman, D., Dade, A. W. and Kitchen, Y. (1979): Clinical investigation of a dairy herd with the fat cow syndrome. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 174(2): 161-167
- Neves, R. C., Leno, B. M., Bach, K. D. and McArt, J. A. A. (2018): Epidemiology of subclinical hypocalcemia in early-lactation Holstein dairy cows: The temporal associations of plasma calcium concentration in the first 4 days in milk with disease and milk production. *Journal of Dairy Science* 101(10): 9321-9331 DOI: 10.3168/jds.2018-14587
- Newman, J. C. and Verdin, E. (2014): Ketone bodies as signaling metabolites. *Trends in Endocrinology and Metabolism* 25(1): 42-52 DOI: 10.1016/j.tem.2013.09.002
- O'Hara, E. A., Holtenius, K., Bage, R., von Bromssen, C. and Emanuelson, U. (2020): An observational study of the dry period length and its relation to milk yield, health, and fertility in two dairy cow breeds. *Preventive Veterinary Medicine* 175: 104876 DOI: 10.1016/j.prevetmed.2019.104876

- Overton, T. R. and Waldron, M. R. (2004): Nutritional Management of Transition Dairy Cows: Strategies to Optimize Metabolic Health. *Journal of Dairy Science* 87: E105-E119 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(04)70066-1
- Pedron, O., Cheli, F., Senatore, E., Baroli, D. and Rizzi, R. (1993): Effect of body condition score at calving on performance, some blood parameters, and milk fatty acid composition in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 76(9): 2528-2535 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(93)77588-8
- Pennington, J. A., Albright, J. L. and Callahan, C. J. (1986): Relationships of sexual activities in estrous cows to different frequencies of observation and pedometer measurements. *Journal of Dairy Science* 69(11): 2925-2934 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(86)80748-2
- Pires, J. A., Delavaud, C., Faulconnier, Y., Pomies, D. and Chilliard, Y. (2013): Effects of body condition score at calving on indicators of fat and protein mobilization of periparturient Holstein-Friesian cows. *Journal of Dairy Science* 96(10): 6423-6439 DOI: 10.3168/jds.2013-6801
- Reid, I. M. (1973): An ultrastructural and morphometric study of the liver of the lactating cow in starvation ketosis. *Experimental and Molecular Pathology* 18(3): 316-330
- Reinhardt, T. A., Horst, R. L. and Goff, J. P. (1988): Calcium, phosphorus, and magnesium homeostasis in ruminants. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 4(2): 331-350
- Reshalaitihan, M., Wynn, S., Teramura, M., Sato, T. and Hanada, M. (2019): Effect of parity number on the dry matter intake of dairy cows during the first week after calving. *Journal of Animal Science* 91(1) DOI: 10.1111/asj.13314
- Robelin, J. (1978): Development with Age of the Anatomical Composition of the Carcass of Bulls. Patterns of Growth and Development in Cattle: A Seminar in the EEC Programme of Coordination of Research on Beef Production held at Ghent, October 11-13, 1977: 47-56 DOI: 10.1007/978-94-009-9756-1_4
- Roberts, C. J., Reid, I. M., Rowlands, G. J. and Patterson, A. (1981): A fat mobilisation syndrome in dairy cows in early lactation. *Veterinary Record* 108(1): 7-9
- Robinson, J. J. (1986): Changes in Body-Composition during Pregnancy and Lactation. *Proceedings of the Nutrition Society* 45(1): 71-80 DOI: Doi 10.1079/Pns19860037
- Roche, J. R., Friggens, N. C., Kay, J. K., Fisher, M. W., Stafford, K. J. and Berry, D. P. (2009): Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *Journal of Dairy Science* 92(12): 5769-5801 DOI: 10.3168/jds.2009-2431
- Roche, J. R., Macdonald, K. A., Burke, C. R., Lee, J. M. and Berry, D. P. (2007): Associations among body condition score, body weight, and reproductive performance in seasonal-calving dairy cattle. *J Dairy Sci* 90(1): 376-391 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(07)72639-5
- Rodriguez, Z., Shepley, E., Ferro, P. P. C., Moraes, N. L., M. Antunes A, J., Cramer, G. and Caixeta, L. S. (2021): Association of Body Condition Score and Score Change during the Late Dry Period on Temporal Patterns of Beta-Hydroxybutyrate Concentration and Milk Yield and Composition in Early Lactation of Dairy Cows. *Animals (Basel)* 11(4) DOI: 10.3390/ani11041054
- Rossow, N. and Staufenbiel, R. (1983): Störung des Lipidstoffwechsels bei der Milchkuh unter besonderer Berücksichtigung der Lipolyse. *Monatshefte für Veterinärmedizin* 38: 404-409

- Rukkwamsuk, T., Kruij, T. A. and Wensing, T. (1999): Relationship between overfeeding and overconditioning in the dry period and the problems of high producing dairy cows during the postparturient period. *Veterinary Quarterly* 21(3): 71-77 DOI: 10.1080/01652176.1999.9694997
- Rutter, L. M. and Randel, R. D. (1984): Postpartum nutrient intake and body condition: effect on pituitary function and onset of estrus in beef cattle. *Journal of Animal Science* 58(2): 265-274
- Saul, G. (1983): The composition, fat distribution and yield of carcass beef from steers and heifers when entire, spayed, pregnant or fitted with an intravaginal device. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 23(123): 354-360 DOI: 10.1071/EA9830354
- Schaff, C., Borner, S., Hacke, S., Kautzsch, U., Sauerwein, H., Spachmann, S. K., Schweigel-Rontgen, M., Hammon, H. M. and Kuhla, B. (2013): Increased muscle fatty acid oxidation in dairy cows with intensive body fat mobilization during early lactation. *Journal of Dairy Science* 96(10): 6449-6460 DOI: 10.3168/jds.2013-6812
- Scholte, C. M., Rezamand, P., Tsai, C. Y., Amiri, Z. M., Ramsey, K. C. and McGuire, M. A. (2017): The effects of elevated subcutaneous fat stores on fatty acid composition and gene expression of proinflammatory markers in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science* 100(3): 2104-2118 DOI: 10.3168/jds.2016-11605
- Schröder, U. and Staufienbiel, R. (2002): Konditionsbeurteilung per Ultraschall in der Herdenbetreuung; Teil 1: Rückenfettdicke und Milchleistung. *Tierärztliche Praxis* 30 (G): 362-368
- Schröder, U. and Staufienbiel, R. (2003): Konditionsbeurteilung per Ultraschall in der Herdenbetreuung; Teil 2: Rückenfettdicke und Fruchtbarkeit. *Tierärztliche Praxis* 31 (G): 243-247
- Schröder, U. and Staufienbiel, R. (2003): Konditionsbeurteilung per Ultraschall in der Herdenbetreuung; Teil 3: Berechnung von Referenzwerten. *Tierärztliche Praxis* 31 (G): 300-305
- Schröder, U. and Staufienbiel, R. (2006): Invited Review: Methods to Determine Body Fat Reserves in the Dairy Cow with Special Regard to Ultrasonographic Measurement of Backfat Thickness. *Journal of Dairy Science* 89: 1-14
- Senatore, E. M., Butler, W. R. and Oltenacu, P. A. (1996): Relationships between energy balance and post-partum ovarian activity and fertility in first lactation dairy cows. *Animal Science* 62(1): 17-23 DOI: 10.1017/S1357729800014260
- Sidhu, K. S. and Emery, R. S. (1972): Regulation of blood fatty acids and glycerol in lactating cows. *Journal of Dairy Science* 55(7): 926-930 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(72)85598-X
- Sidhu, K. S. and Emery, R. S. (1973): Blood fatty acids and glycerol response to diet and norepinephrine. *Journal of Dairy Science* 56(2): 258-260 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(73)85158-6
- Smith, T. H. and McNamara, J. P. (1990): Regulation of Bovine Adipose Tissue Metabolism During Lactation. 6. Cellularity and Hormone-Sensitive Lipase Activity as Affected by Genetic Merit and Energy Intake. *Journal of Dairy Science* 73(3): 772-783 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(90)78730-9
- Spicer, L. J., Tucker, W. B. and Adams, G. D. (1990): Insulin-like growth factor-I in dairy cows: relationships among energy balance, body condition, ovarian activity, and estrous behavior. *Journal of Dairy Science* 73(4): 929-937 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(90)78749-8
- Spiekers, H. (2000): Den Start in die Laktation optimieren. *Milchpraxis* 38(4): 186-190

- Spitzer, J. C., Warner, M. B. and Richards, M. W. (1986): Effect of Varying Levels of Postpartum Nutrition and Body Condition at Calving on Subsequent Reproductive Performance in Beef Cattle. *Journal of Animal Science* 62(2): 300-306 DOI: 10.2527/jas1986.622300x
- Spurlock, D. M., Dekkers, J. C. M., Fernando, R., Koltcs, D. A. and Wolc, A. (2012): Genetic parameters for energy balance, feed efficiency, and related traits in Holstein cattle. *Journal of Dairy Science* 95(9): 5393-5402 DOI: 10.3168/jds.2012-5407
- Staples, C. R., Thatcher, W. W. and Clark, J. H. (1990): Relationship between ovarian activity and energy status during the early postpartum period of high producing dairy cows. *Journal of Dairy Science* 73(4): 938-947 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(90)78750-4
- Staufenbiel, R. (1992): Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes - Untersuchungskonzept und Messung der Rückenfettdicke. *Monatshefte für Veterinärmedizin* 47: 467-474
- Staufenbiel, R. (1993): Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes unter besonderer Berücksichtigung der Messung der Rückenfettdicke und der Untersuchung von Fettgewebe. Habilitationsschrift, Freie Universität Berlin
- Staufenbiel, R. (1997): Konditionsbeurteilung von Milchkühen mit Hilfe der sonographischen Rückenfettdickenmessung. *Der Praktische Tierarzt* 27: 87-92
- Staufenbiel, R. (1999): Hinweise zur Therapie der Gebärparese der Milchkuh - Teil 1. *Veterinärspiegel (Nutztiere)* 1: 31-40
- Staufenbiel, R. (1999): Prophylaxe der Gebärparese. *Veterinärspiegel (Nutztiere)* 3: 262-267
- Staufenbiel, R., Arndt, G., Schröder, U. and Gelfert, C.-C. (2004): Körperkondition und Stoffwechselstabilität als Grundlage für hohe Milchleistung bei ungestörter Fruchtbarkeit von Milchkühen - ein Beitrag zur Ableitung von Referenzwerten. *Deutsche tierärztliche Wochenschrift* 111: 214-220
- Staufenbiel, R., Lachmann, I., Bauer, J. and Staufenbiel, B. (1993): Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes - Beziehungen der Rückenfettdicke zur Energieaufnahme und zur Energiebilanz. *Monatshefte für Veterinärmedizin* 48: 58-66
- Staufenbiel, R., Langhans, J., Bauer, J., Dargel, D., Rossow, N. and Leuthold, G. (1989): Untersuchung zur Beurteilung der postpartalen Energiebilanz der Milchkuh. *Monatshefte für Veterinärmedizin* 44: 594-598
- Staufenbiel, R., Lauritsen, L., Staufenbiel, B. and Rossow, N. (1989): Beziehung zwischen der Rückenfettdicke im postpartalen Zeitraum und dem Leistungsvermögen bei Jungkühen. *Monatshefte für Veterinärmedizin* 44: 836-840
- Staufenbiel, R., Lügner, D., Lügner, E. and Rossow, N. (1990): Zur Beurteilung des Leberfettgehalts bei der Milchkuh. *Monatshefte für Veterinärmedizin* 45: 532-537
- Staufenbiel, R., Meier, R., Hackbarth, K.-H., Staufenbiel, B. and Rossow, N. (1992): Untersuchung zum optimalen Fettansatz bei der Milchkuh. *Monatshefte für Veterinärmedizin* 47: 125-136
- Staufenbiel, R., Rossow, N. and Jacobi, U. (1987): Zur Milchproduktion aus der Sicht des Energie- und Fettstoffwechsels. Bericht der Humboldt-Universität Berlin 11: 26

- Staufenbiel, R. and Schröder, U. (2004): Körperkonditionsbeurteilung mittels Ultraschallmessung - Teil 2: Physiologische Grundlagen. *Veterinärspiegel (Nutztiere)* 3: 227-230
- Staufenbiel, R. and Schröder, U. (2005): Körperkonditionsbeurteilung mittels Ultraschallmessung. *Veterinärspiegel (Nutztiere)* 1: 31-40
- Staufenbiel, R., Schröder, U., Gelfert, C.-C. and Panicke, L. (2003): Körperkondition und Stoffwechselstabilität als Grundlage für eine Hohe Milchleistung bei ungestörter Fruchtbarkeit und allgemeiner Gesundheit von Milchkühen. *Archives Animal Breeding* 46(6): 513-526
- Staufenbiel, R., Staufenbiel, B., Lachmann, I. and Lukas, H. (1991): Fettstoffwechsel und Fruchtbarkeit der Milchkuh. *Der Praktische Tierarzt* 22: 18-25
- Staufenbiel, R., Staufenbiel, B., Rossow, N. and Klukas, H. (1993): Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes - Beziehungen der Rückenfettdicke zur Milchleistung, Fruchtbarkeit und zu klinisch-chemischen Parametern. *Monatshefte für Veterinärmedizin* 48: 3-11
- Staufenbiel, R., Staufenbiel, B., Rossow, N. and Wiedemann, F. (1993): Energie und Fettstoffwechsel des Rindes - Vergleich der Aussage der Rückenfettdicke mit anderen Untersuchungsgrößen. *Monatshefte für Veterinärmedizin* 48: 167-174
- Swick, R. W. and Benevenga, N. J. (1977): Labile protein reserves and protein turnover. *Journal of Dairy Science* 60(4): 505-515 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(77)83896-4
- Tamminga, S., Luteijn, P. A. and Meijer, R. G. M. (1997): Changes in composition and energy content of liveweight loss in dairy cows with time after parturition. *Livestock Production Science* 52(1): 31-38 DOI: 10.1016/S0301-6226(97)00115-2
- Tchkonina, T., Thomou, T., Zhu, Y., Karagiannides, I., Pothoulakis, C., Jensen, M. D. and Kirkland, J. L. (2013): Mechanisms and metabolic implications of regional differences among fat depots. *Cell Metabolism* 17(5): 644-656 DOI: 10.1016/j.cmet.2013.03.008
- Van Arendonk, J. A. M., Nieuwhof, G. J., Vos, H. and Korver, S. (1991): Genetic aspects of feed intake and efficiency in lactating dairy heifers. *Livestock Production Science* 29(4): 263-275 DOI: 10.1016/0301-6226(91)90103-W
- van der Drift, S. G. A., Houweling, M., Schonewille, J. T., Tielens, A. G. M. and Jorritsma, R. (2012): Protein and fat mobilization and associations with serum β -hydroxybutyrate concentrations in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 95(9): 4911-4920 DOI: 10.3168/jds.2011-4771
- van der Drift, S. G. A., Houweling, M., Schonewille, J. T., Tielens, A. G. M. and Jorritsma, R. (2012): Protein and fat mobilization and associations with serum beta-hydroxybutyrate concentrations in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 95(9): 4911-4920 DOI: 10.3168/jds.2011-4771
- van Knegsel, A. T., van den Brand, H., Dijkstra, J., van Straalen, W. M., Heetkamp, M. J., Tamminga, S. and Kemp, B. (2007): Dietary energy source in dairy cows in early lactation: energy partitioning and milk composition. *Journal of Dairy Science* 90(3): 1467-1476 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(07)71632-6
- von Leesen, R., Tetens, J., Stamer, E., Junge, W., Thaller, G. and Krattenmacher, N. (2014): Effect of genetic merit for energy balance on luteal activity and subsequent reproductive performance in primiparous Holstein-Friesian cows. *Journal of Dairy Science* 97(2): 1128-1138 DOI: 10.3168/jds.2013-7185

- Waltner, S. S., McNamara, J. P. and Hillers, J. K. (1993): Relationships of body condition score to production variables in high producing Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 76(11): 3410-3419 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(93)77679-1
- Wang, J., Zhang, C., Zhao, Q., Li, C., Jin, S. and Gu, X. (2020): Metabolic Profiling of Plasma in Different Calving Body Condition Score Cows Using an Untargeted Liquid Chromatography-Mass Spectrometry Metabolomics Approach. *Animals* 10(9) DOI: 10.3390/ani10091709
- Wanner, M. (1991): Fütterung und Fruchtbarkeit der Milchkuh. *Der Praktische Tierarzt* 27: 9-11
- Weber, C., Hametner, C., Tuchscherer, A., Losand, B., Kanitz, E., Otten, W., Singh, S. P., Bruckmaier, R. M., Becker, F., Kanitz, W. and Hammon, H. M. (2013): Variation in fat mobilization during early lactation differently affects feed intake, body condition, and lipid and glucose metabolism in high-yielding dairy cows. *Journal of Dairy Science* 96(1): 165-180 DOI: 10.3168/jds.2012-5574
- Wilkens, M. R., Nelson, C. D., Hernandez, L. L. and McArt, J. A. A. (2020): Symposium review: Transition cow calcium homeostasis-Health effects of hypocalcemia and strategies for prevention. *Journal of Dairy Science* 103(3): 2909-2927 DOI: 10.3168/jds.2019-17268
- Wilson, G. F., Mackenzie, D. D., Brookes, I. M. and Lyon, G. L. (1988): Importance of body tissues as sources of nutrients for milk synthesis in the cow, using ¹³C as a marker. *British Journal of Nutrition* 60(3): 605-617
- Wittenburg, H., Henseler, G. and Hoffmann, L. (1974): [Utilization of feed energy for milk production. 9. Chemical composition of milk of high-yielding cows in the early stage of lactation]. *Arch Tierernähr* 24(2): 139-148
- Wood, J. D. (1984): Fat deposition and the quality of fat tissue in meat animals. 407-435
- Wüstermann and Çağlar (2016): Berichte über Landwirtschaft; Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft. 94(3): 1-18
- Zhang, G. and Ametaj, B. N. (2020): Ketosis an Old Story Under a New Approach. *Dairy* 1(1): 42-60
- Zhao, W., Chen, X., Xiao, J., Chen, X. H., Zhang, X. F., Wang, T., Zhen, Y. G. and Qin, G. X. (2019): Prepartum body condition score affects milk yield, lipid metabolism, and oxidation status of Holstein cows. *Asian-Australasia Journal of Animal Science*: 1889-1896 DOI: 10.5713/ajas.18.0817
- Zurek, E., Foxcroft, G. R. and Kennelly, J. J. (1995): Metabolic status and interval to first ovulation in postpartum dairy cows. *Journal of Dairy Science* 78(9): 1909-1920 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(95)76816-3

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lebendmasse-Energie-Zyklus nach Coppock (1985)	4
Abbildung 2: Lokalisation des Körperfettgewebes und ihre Anteile am Gesamtkörperfett (Klawuhn 1992)	5
Abbildung 3: Lokalisation des RFD-Messpunktes aus Schröder und Staufenbiel (2006)	10
Abbildung 4: Ultrasonographische Darstellung der Rückenfettdicke (Schröder und Staufenbiel 2006)	11
Abbildung 5: Stratigraphie der Haut am RFD-Messpunkt (Staufenbiel 1997)	11
Abbildung 6: Referenzkurve für die Rückenfettdicke/Kondition in der Laktation (Staufenbiel et al. 2003)	16
Abbildung 7: Messpunkt der Muskeldicke (Megahed et al. 2019)	32
Abbildung 8: Verlauf und Streuung der RFD1 von Beginn der Vorbereitungsperiode bis zur 9. Woche post partum und zum Trockenstellen in Untersuchung 1	37
Abbildung 9: Verlauf und Streuung der RFD1 in Untersuchung 2	39
Abbildung 10: Verlauf und Streuung der RFMD von Beginn der Vorbereitungsperiode bis zur 9. Woche post partum und zum Trockenstellen in Untersuchung 1	40
Abbildung 11: Verlauf und Streuung der RFMD in Untersuchung 2	41
Abbildung 12: Verlauf und Streuung der MD von Beginn der Vorbereitungsperiode bis zur 9. Woche post partum und zum Trockenstellen in Untersuchung 1	43
Abbildung 13: Verlauf und Streuung der MD in Untersuchung 2	44
Abbildung 14: Verlauf und Streuung der RFD2 von Beginn der Vorbereitungsperiode bis zur 9. Woche post partum und zum Trockenstellen in Untersuchung 1	45
Abbildung 15: Verlauf und Streuung der RFD2 in Untersuchung 2	46
Abbildung 16: Verlauf und Streuung der Lebendmasse in Untersuchung 2	47
Abbildung 17: Verlauf und Streuung des BCS in Untersuchung 2	48
Abbildung 18: RFMD zum Zeitpunkt der Kalbung in Abhängigkeit von der Anzahl der Laktationen	54
Abbildung 19: Verlauf der RFMD in der 1. und >1. Laktation	55
Abbildung 20: Vergleichender Verlauf von RFMD und RFD1 zu den festen Untersuchungszeitpunkten bei Erstkalbskühen	56
Abbildung 21: RFD1 in Abhängigkeit von der RFMD bei Erstkalbskühen	57
Abbildung 22: Vergleichender Verlauf von RFMD und RFD1 zu den festen Untersuchungszeitpunkten bei Mehrkalbskühen	58
Abbildung 23: RFD1 in Abhängigkeit von der RFMD bei Mehrkalbskühen	59
Abbildung 24: Concordance correlation coefficient der RFMD und der RFD1	60

Abbildung 25: Streuung der Residuen der concordance correlation von RFMD und RFD1 ..	60
Abbildung 26: Kubische Funktion des Verlaufs der RFMD von Mehrkalbskühen	61
Abbildung 27: Kubische Funktion des Verlaufs der RFD1 von Mehrkalbskühen	62
Abbildung 28: Änderungsrate der Konditionsparameter RFMD und RFD1	63
Abbildung 29: Verlauf von MD und RFD1 zu den festen Untersuchungszeitpunkten bei Erstkalbskühen	66
Abbildung 30: RFD1 in Abhängigkeit von der MD bei Erstkalbskühen	67
Abbildung 31: Verlauf von MD und RFD1 zu den festen Untersuchungszeitpunkten bei Mehrkalbskühen	68
Abbildung 32: RFD1 in Abhängigkeit von der MD bei Mehrkalbskühen.....	69
Abbildung 33: Concordance correlation coefficient der MD und der RFD1	70
Abbildung 34: Streuung der Residuen der concordance correlation von MD und RFD1	70
Abbildung 35: BCS in Abhängigkeit von der RFMD	72
Abbildung 36: LM in Abhängigkeit von der RFMD bei Erstkalbskühen	74
Abbildung 37: LM in Abhängigkeit von der RFMD bei Mehrkalbskühen	75
Abbildung 38: 100-Tage Milchleistung in Abhängigkeit von der RFMD zur Kalbung	77
Abbildung 39: RFMD in Abhängigkeit von den Tagen p.p. und der 305d FCM	78
Abbildung 40: 305d FCM in Abhängigkeit von der RFMD zur Kalbung	80
Abbildung 41: Fett-Eiweiß-Quotient in Abhängigkeit von der RFMD zur Kalbung	81
Abbildung 42: Verläufe der RFMD in Abhängigkeit von den Tagen p.p. und der ZKZ.....	82
Abbildung 43: Zwischenkalbezeit in Abhängigkeit von der RFMD zur Kalbung.....	84
Abbildung 44: Verläufe der RFMD in Abhängigkeit von den Tagen p.p. und der Besamungshäufigkeit.....	85
Abbildung 45: Besamungshäufigkeit in Abhängigkeit von der RFMD zur Kalbung.....	86
Abbildung 46: Ergebnisübersicht, Häufigkeit der Residuen	89
Abbildung 47: Ergebnisübersicht, Homoskedastizität	89

11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beurteilung der Körperkondition von Kühen verbal, mithilfe des Body Condition Score (BCS) und der Rückenfettdicke (RFD).....	12
Tabelle 2: Anzustrebende Kondition zum Trockenstellen und der Vorbereitungsperiode.....	14
Tabelle 3: Anzustrebende Körperkondition zur Kalbung.....	15
Tabelle 4: Die optimale Körperkondition von Holstein Kühen (Metzner et al. 1993).....	16
Tabelle 5: Fruchtbarkeitskennzahlen in Abhängigkeit von der Veränderung des BCS nach dem Abkalben (Metzner et al. 1993)	20
Tabelle 6: Vorschlag zur Bewertung des Leberfettgehaltes nach Staufenbiel et al. (1990)...	22
Tabelle 7: Haltungsgruppen und Haltungsformen.....	27
Tabelle 8: Gruppeneinteilung der Tiere mit den dazugehörigen Fütterungsparametern.....	29
Tabelle 9: Kodierung der Untersuchungszeitpunkte	30
Tabelle 10: Laktationszahlen und Anteile in der (Untersuchungszeitpunkt 1-7+9)	31
Tabelle 11: Laktationszahlen und Anteile in der Herde auf Basis der letzten Bestandsmessung am 05.12.2018 (Untersuchungszeitpunkt 8).....	31
Tabelle 12: Übersicht der Untersuchungsparameter.....	32
Tabelle 13: Bestimmung der Messgenauigkeit, Doppelmessung RFD1	35
Tabelle 14: Bestimmung der Messgenauigkeit, Doppelmessung RFMD	35
Tabelle 15: Bestimmung der Messgenauigkeit, Doppelmessung RFD2	35
Tabelle 16: Einfaktorielle Varianzanalyse der Messwiederholungen für die RFD1, RFMD und RFD2.....	36
Tabelle 17: Statistische Kennzahlen zur RFD1 zu allen definierten Untersuchungszeitpunkten in der Laktation in Untersuchung 1	37
Tabelle 18: Statistische Kennzahlen zur RFD1 in Untersuchung 2.....	38
Tabelle 19: Statistische Kennzahlen zur RFMD zu allen definierten Untersuchungszeitpunkten in der Laktation in Untersuchung 1	40
Tabelle 20: Statistische Kennzahlen zur RFMD in Untersuchung 2.....	41
Tabelle 21: Statistische Kennzahlen zur MD zu allen definierten Untersuchungszeitpunkten in der Laktation in Untersuchung 1	42
Tabelle 22: Statistische Kennzahlen zur MD zum Untersuchungszeitpunkt 8 in Untersuchung 2	44
Tabelle 23: Statistische Kennzahlen der RFD2 zu allen definierten Untersuchungszeitpunkten in der Laktation in Untersuchung 1	45
Tabelle 24: Statistische Kennzahlen der RFD2 in Untersuchung 2	46

Tabelle 25: Statistische Kennzahlen zur Lebendmasse zum Zeitpunkt der Kalbung und des Trockenstellens in Untersuchung 1	47
Tabelle 26: Statistische Kennzahlen zur Lebendmasse in Untersuchung 2	47
Tabelle 27: Statistische Kennzahlen zum Body Condition Score in Untersuchung 2	48
Tabelle 28: Statistische Kennzahlen der 100-Tage Milchleistung	49
Tabelle 29: Statistische Kennzahlen der 305-Tage-Milchleistung	49
Tabelle 30: Statistische Kennzahlen der Inhaltsstoffe der 305-Tage-Milchleistung	50
Tabelle 31: Statistische Kennzahlen des 305-Tage Fett-Eiweiß-Quotienten	50
Tabelle 32: Statistische Kennzahlen der Fruchtbarkeit von Kühen	50
Tabelle 33: Einfaktorielle ANOVA der RFMD und der Laktationszahl	51
Tabelle 34: Mehrfachvergleiche von RFMD und Laktationszahl	52
Tabelle 35: Einfluss der Laktationsnummer auf die RFMD, Schätzung fester Parameter	53
Tabelle 36: Einfluss der Laktationsnummer auf die RFMD, Schätzung von Kovarianzparametern	53
Tabelle 37: Korrelation von RFMD und RFD1 bei Erstkalbskühen	56
Tabelle 38: Korrelation von RFMD und RFD1 bei Mehrkalbskühen	58
Tabelle 39: Punktuelle Änderungsrate der Kondition mit Differenzen zwischen RFMD und RFD1 bei Mehrkalbskühen	63
Tabelle 40: Einfluss der Tage in Milch auf die RFD1 bei Mehrkalbskühen, Schätzung fester Parameter	64
Tabelle 41: Einfluss der Tage in Milch auf die RFD1 bei Mehrkalbskühen, Schätzung von Kovarianzparametern	64
Tabelle 42: Einfluss der Tage in Milch auf die RFMD bei Mehrkalbskühen, Schätzung fester Parameter	64
Tabelle 43: Einfluss der Tage in Milch auf die RFMD bei Mehrkalbskühen, Schätzung von Kovarianzparametern	65
Tabelle 44: Korrelation von MD und RFD1 bei Erstkalbskühen	66
Tabelle 45: Korrelation von MD und RFD1 bei Mehrkalbskühen	68
Tabelle 46: Korrelation von RFMD und BCS	71
Tabelle 47: Einfluss des BCS auf die RFMD, Schätzung fester Parameter	71
Tabelle 48: Einfluss des BCS auf die RFMD, Schätzung von Kovarianzparametern	71
Tabelle 49: Korrelation von RFMD und LM bei Erstkalbskühen	72
Tabelle 50: Einfluss der LM auf die RFMD bei Erstkalbskühen, Schätzung fester Parameter	73
Tabelle 51: Einfluss der LM auf die RFMD bei Erstkalbskühen, Schätzung von Kovarianzparametern	73
Tabelle 52: Korrelation von RFMD und LM bei Mehrkalbskühen	74

Tabelle 53: Einfluss der LM auf die RFMD bei Mehrkalbskühen, Schätzung fester Parameter.....	75
Tabelle 54: Einfluss der LM auf die RFMD bei Mehrkalbskühen, Schätzung von Kovarianzparametern	75
Tabelle 55: Korrelation von der RFMD zur Kalbung und der 100-Tage Milchleistung	76
Tabelle 56: Einfluss der 100-Tage Milchleistung auf die RFMD, Schätzung fester Parameter.....	76
Tabelle 57: Einfluss der 100-Tage Milchleistung auf die RFMD, Schätzung von Kovarianzparametern	76
Tabelle 58: Korrelation von der RFMD zur Kalbung und der 305d Milchleistung.....	78
Tabelle 59: Einfluss der 305-Tage Milchleistung auf die RFMD, Schätzung fester Parameter.....	79
Tabelle 60: Einfluss der 305-Tage Milchleistung auf die RFMD, Schätzung von Kovarianzparametern	79
Tabelle 61: Korrelation von der RFMD zur Kalbung und dem 305d Fett-Eiweiß-Quotienten.	80
Tabelle 62: Einfluss des Fett-Eiweiß-Quotient auf die RFMD, Schätzung fester Parameter .	81
Tabelle 63: Einfluss des Fett-Eiweiß-Quotient auf die RFMD, Schätzung von Kovarianzparametern	81
Tabelle 64: Korrelation von der RFMD zur Kalbung und der Zwischenkalbezeit.....	83
Tabelle 65: Einfluss der Zwischenkalbezeit auf die RFMD, Schätzung fester Parameter	83
Tabelle 66: Einfluss der Zwischenkalbezeit auf die RFMD, Schätzung von Kovarianzparametern	83
Tabelle 67: Korrelation von der RFMD zur Kalbung und der Besamungshäufigkeit.....	85
Tabelle 68: Einfluss der Besamungshäufigkeit auf die RFMD, Schätzung fester Parameter	86
Tabelle 69: Einfluss der Besamungshäufigkeit auf die RFMD, Schätzung von Kovarianzparametern	86
Tabelle 70: Ergebnisübersicht der Einflüsse auf die RFMD, Tests auf feste Effekte	87
Tabelle 71: Ergebnisübersicht der Einflüsse auf die RFMD, Schätzung fester Parameter	88
Tabelle 72: Ergebnisübersicht der Einflüsse auf die RFMD, Schätzung von Kovarianzparametern	88

12 Publikationsverzeichnis

Grottendieck, T., Schmitt, R., Engelhard, T., Staufenbiel, R.:

Vergleich der Aussage der ultrasonographischen Messung der Rückenfettdicke und der Muskeldicke als Methoden zur Körperkonditionsbeurteilung.

45. Internationale Leipziger Laborfortbildung „Tradition und Zukunft in der Veterinärmedizin“

08. und 09. Oktober 2021, Leipzig, Klinik für Kleintiere der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig

Tagungsband: M. Fürll (Hrsg), Merkur – Druck- und Kopierzentrum GmbH & Co. KG, Leipzig, 2021, ISBN 978-3-00-070116-0, Seite 30-31

13 Danksagung

Zu Beginn möchte ich mich ganz herzlich bei Prof. Dr. Staufenbiel für die Überlassung des Themas bedanken. Ihre freundliche und kompetente Unterstützung beim Erlernen der praktischen Fähigkeiten haben mich gleich zu Beginn dazu ermutigt diese Arbeit zu schreiben.

Durch Ihr fundiertes Wissen, dass Sie mit mir in etlichen Gesprächen geteilt und versucht haben näher zu bringen, haben Sie mich immer wieder aufs Neue herausgefordert die Dinge bis ins Detail zu betrachten. So konnte ich im Laufe der Zeit nicht nur diese Doktorarbeit schreiben, sondern auch einen persönlichen Wissenszuwachs erlangen, der mich in meiner weiteren Laufbahn als Tierarzt immer begleiten wird. Und obwohl diese Doktorarbeit mehr Zeit in Anspruch genommen hat als anfänglich gedacht, so haben Sie mich stets zum Durchhalten ermutigt und zur Fertigstellung der Arbeit motiviert. Vielen Dank, dass Sie sich meiner angenommen haben.

Ein großer Dank gilt auch Herrn Thomas Engelhard und seinem Team des LLG Iden. Seine kompetente Unterstützung und Beratung haben die Entstehung und Durchführung dieser Arbeit möglich gemacht. Des Weiteren gilt mein Dank Herrn Hilmar Zarwel, dem Herdenmanager des LLG Iden und seinen Stallkollegen, die die logistische Durchführung der Untersuchungen ermöglichten. Durch seine tägliche Arbeit war und ist ein unbeschwerter und unkomplizierter Umgang mit den Tieren während solcher wissenschaftlichen Untersuchungen überhaupt erst möglich. Dieser Tatsache gebührt mein voller Respekt.

Mein Dank gilt auch Frau Roswitha Merle, die sich immer sehr große Mühe bei der Statistikberatung gegeben hat und auf jede verzweifelte Frage eine Antwort oder einen Lösungsweg parat hatte. Sie sind ein bedeutender Teil für die Entstehung dieser Dissertation.

Meinen Eltern Dr. Arnd und Ulrike Grottendieck danke ich von ganzem Herzen, dass sie mich jederzeit bei meinen Vorhaben während des Studiums und der Doktorarbeit unterstützt und mir diesen Weg ermöglichen haben. Ich wäre heute nicht dort, wenn ihr mir nicht als gutes Vorbild und Motivator zur Seite gestanden hättet.

Meiner Frau Jennifer Grottendieck danke ich für die praktische Unterstützung während der Untersuchungen im Stall, der Hilfe bei der Erstellung endlos erscheinender Exceltabellen und dem unzähligen Korrekturlesen. Zu guter Letzt muss ich mich bei meinem Sohn Paul Grottendieck bedanken, dafür dass er die Schreib- und Arbeitspausen mit seinem Kinderlachen erhellt hat.

14 Finanzierungsquellen und Interessenskonflikte

Die Arbeit wurde finanziell unterstützt durch die Lehr- und Versuchsanstalt des Landes Sachsen-Anhalt in Iden. Es besteht kein Interessenskonflikt durch die finanzielle Unterstützung der Arbeiten.

15 Selbstständigkeitserklärung

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

Bramsche, 11.10.2022

Tobias Grottendieck



9 783967 291858
mbvberlin mensch und buch verlag

49,90 Euro | ISBN: 978-3-96729-185-8