

Verhältnis von Körperkondition zu
Milchparametern während der
Laktation bei Fleckvieh-
Milchkühen in Bayern

von Theresa Rabus

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

**Verhältnis von Körperkondition
zu Milchparametern während
der Laktation bei Fleckvieh-
Milchkühen in Bayern**

von Theresa Rabus
aus Weißenburg in Bayern
München, 2024



Aus dem Zentrum für Klinische Tiermedizin
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-
Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Innere Medizin und Chirurgie
der Wiederkäuer

Arbeit angefertigt unter der Leitung von:
Univ.-Prof. Dr. Gabriela Knubben-Schweizer

Mitbetreuung durch:

Dr. Yury Zablotski



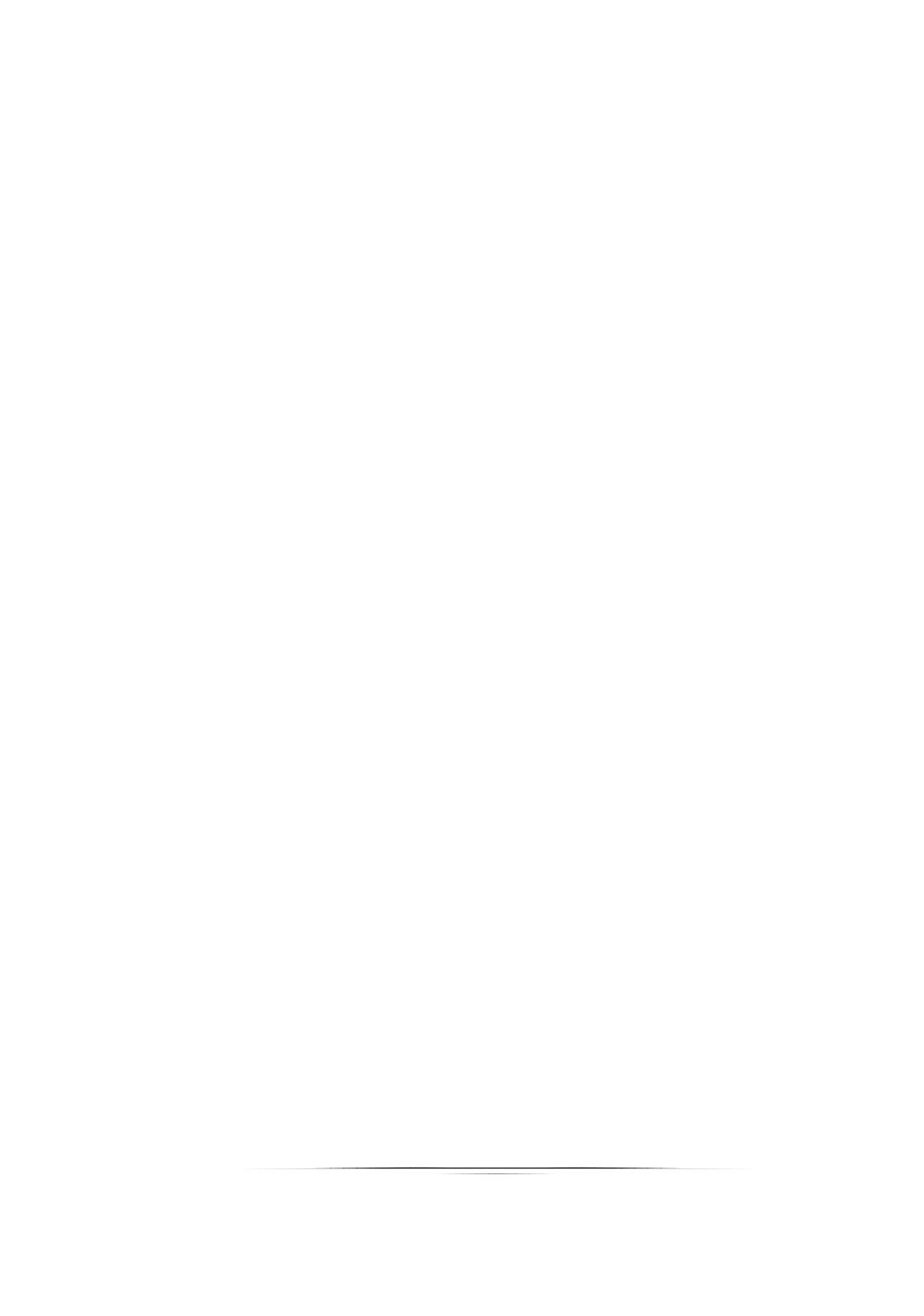
Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen
Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München

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

Berichterstatterin: Univ.-Prof. Dr. Gabriela
Knubben-Schweizer

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. Ellen Kienzle

Tag der Promotion: 06.07.2024



MEINEN LIEBEN



Inhaltsverzeichnis

I.	EINLEITUNG	1
II.	LITERATURÜBERSICHT	5
1.	Body Condition Score.....	5
2.	Körperkondition	9
2.1	Normalkondition.....	14
2.2	Unterkondition	17
2.3	Überkondition.....	19
3.	Zweinutzungsrasen	20
4.	Parität	25
5.	Milchparameter.....	27
5.1	Milchmenge.....	27
5.2	Milchproteingehalt.....	32
5.3	Milchfettgehalt.....	35
6.	Laktationsphasen	38
III.	PUBLIKATION	43
IV.	DISKUSSION	55
1.	Normalkondition als Zielkondition	55
2.	Milchproteingehalt als wichtigster Parameter	58
3.	Milchfettgehalt nur in der Mitte der Laktation signifikant	60

4. Milchmenge und Körperkondition in negativem Zusammenhang	61
5. Trockenstehzeit enorm wichtig.....	63
6. Mitte der Laktation ebenfalls wichtig.....	67
7. Paritätsunterschiede	69
V. SCHLUSSFOLGERUNGEN	73
VI. ZUSAMMENFASSUNG.....	77
VII. SUMMARY	81
VIII. LITERATURVERZEICHNIS	83
IX. TABELLENVERZEICHNIS	121
X. DANKSAGUNG	123

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

BCS	body condition score
bzw.	beziehungsweise
DMI	dry matter intake Aufnahmekapazität von Trockenmasse
dpp	days post partum
etc.	et cetera
ggfs.	gegebenenfalls
NEB	negative Energiebilanz
o. ä.	oder ähnlichem
Tab.	Tabelle
v. a.	vor allem
z. B.	zum Beispiel

I. EINLEITUNG

Die Gesundheit und das Wohlbefinden von Milchkühen wird durch ihre Körperkondition erheblich beeinflusst (ROCHE et al. 2007a). Die Körperkondition der Kühe unterliegt durch die Laktation einem stetigen Wandel und steuert somit auch die Gesundheit, den Energiestatus, den Reproduktionserfolg, das Wohlbefinden aber auch die Produktivität (METZNER et al. 1993; JONES et al. 2016). Die gewaltige Beanspruchung des Metabolismus in der Hochphase der Laktation lässt sich nicht gänzlich vermeiden. Doch ein großes Ziel der Milchwirtschaft ist es, diese Beanspruchung und den damit einhergehenden Verlust an Körperkondition so gering und so kurz wie möglich zu halten. Denn eine Körperkondition abseits der empfohlenen Werte (über- oder unterkonditioniert) erhöht die Wahrscheinlichkeit für Krankheiten und senkt die Produktivität (ROCHE et al. 2013; DOMECCQ et al. 1997).

Die Körperkondition der gängigsten Milchkurassen (v. a. Holstein Friesian und deren Kreuzungen) wurde in den letzten Jahren vielfach untersucht und deren Einfluss auf unterschiedlichste Parameter (Milchmenge, Klauengesundheit, etc.) umfangreich dokumentiert. Doch über die Körperkondition von Zweinutzungsrassen, wie z. B. dem bayerischen Fleckvieh, ist weniger bekannt. Vor allem die Abweichung von der Zielkondition und daraus resultierenden Veränderungen mit ihren Auswirkungen auf Gesundheit und Produktivität wurden bisher unzureichend studiert. Zudem wurden meist gut geführte Vollerwerbsbetriebe (BERRY et al. 2007) mit dementsprechend vorrangig Milchkühen in guter Körperkondition (WALTNER et al. 1993) bzw. Tieren, deren Körperkondition sehr ähnlich war (ROCHE et al. 2007a), untersucht.

Insbesondere die Beziehung zwischen der Körperkondition und den Milchparametern Milchmenge, Milchfett- und Milchproteingehalt wurde bei Fleckvieh-Rindern bisher nicht so detailliert

untersucht wie zum Beispiel das Verhältnis von Körperkondition zu Körpergewicht (LEDINEK & GRUBER 2014; BERRY et al. 2002) oder von Körperkondition zu Fruchtbarkeit (BANOS et al. 2004; HOSSEIN-ZADEH & AKBARIAN-TEFAGHI 2015). Vor allem der Milchproteingehalt wurde oft vernachlässigt. Fleckvieh als Zweinutzungsrasse wird aber nicht ausschließlich zur Milchgewinnung gezüchtet, sondern auch zur Fleischproduktion. Daher könnte der Milchproteingehalt eine wichtigere Rolle für Fleckvieh-Kühe spielen als bisher angenommen.

Die vorliegende Studie soll die Frage klären, inwieweit der Milchproteingehalt die Körperkondition von bayerischem Fleckvieh beeinflusst. Hierfür wurden 4.881 Beobachtungen ausgewertet, die sich ausschließlich auf das bayerische Fleckvieh beziehen. Eine solche Studie in diesem Ausmaß liegt – soweit bekannt – nicht vor.

Ziel dieser Arbeit ist es, den Prozentsatz an über-, unter- und normalkonditionierten Kühen bei

bayerischem Fleckvieh in verschiedenen Laktationsstadien zu ermitteln. Des Weiteren soll der Einfluss der Körperkondition auf unterschiedliche Produktionsparameter (Milchmenge, Fett- und Proteingehalt in der Milch) erörtert werden. Es gilt herauszufinden, ob bayerisches Fleckvieh eher unter- oder überkonditioniert ist und wie hoch der Anteil an normalkonditionierten Tieren ist. Die Einteilung in fünf Laktationsphasen soll helfen, einen genauen Überblick über die kritischen Zeiträume der Laktation zu erhalten. Zudem sollen neue Kenntnisse über den Unterschied zwischen primi- und multiparen Fleckvieh-Kühen bezüglich Milchmenge, Milchfettgehalt und Milchproteingehalt gewonnen werden. Die Ergebnisse können anschließend helfen, potentielle Verbesserungen in der Milchviehhaltung aufzuzeigen, um nicht nur die Produktivität von bayerischem Fleckvieh zu erhöhen, sondern auch deren Gesundheit und Wohlbefinden.

II. LITERATURÜBERSICHT

1. Body Condition Score

Der Body Condition Score (BCS) von Milchkühen ist einer der wichtigsten Parameter im Hinblick auf Gesundheit, Energiebilanz, Reproduktionserfolg, Produktivität und Langlebigkeit (METZNER et al. 1993; JONES et al. 2016). Dieser wurde eingeführt, um die Körperkondition von Milchkühen objektiv beurteilen zu können. Mittlerweile hat sich der BCS zu einem wichtigen Tool im Herdenmanagement entwickelt (METZNER et al. 1993; ROCHE et al. 2013), da die Beurteilung der Kondition von Einzeltieren einen verlässlichen Indikator für das Wohlbefinden und die Produktivität der gesamten Herde darstellt (ROCHE et al. 2009). Durch die Beobachtung, Dokumentation und Auswertung dieser Daten können Rückschlüsse auf den Gesundheitszustand der Herde geschlossen werden.

Die Erfassung des BCS ist eine weltweit anerkannte Methode, da sie relativ einfach und kostengünstig eingesetzt werden kann (WALTNER et al. 1993). Durch das gezielte Bewerten anhand dieses Schemas können Landwirte und Landwirtinnen eigenständig die Körperkondition ihrer Tiere im Auge behalten und metabolische Erkrankungen wie Hypokalzämie in der Früh lactation vermeiden (VENJAKOB & BORCHARDT 2021).

Da die Bedeutung der Körperkondition von Milchkühen bereits seit Jahrhunderten bekannt ist, wurde über viele Jahre versucht ein einheitliches System zur objektiven Beurteilung dieser zu entwickeln (ROCHE et al. 2009). LOWMAN et al. (1973) waren die Ersten, welche ein Schema mit einer 4-Punkte-Skala für Milchkühe entwickelten. Weltweit wurden ähnliche Modelle entwickelt (0-5 in England durch MULVANEY (1977), 1-8 in Australien durch EARLE (1976), 1-5 in Amerika durch WILDMAN et al. (1982) und EDMONSON et al. (1989), 1-10 in Australien durch MACDONALD & ROCHE (2004) und

ROCHE et al. (2004)). Heute wird überwiegend die 5-Punkte-Skala nach EDMONSON et al. (1989) verwendet.

Mit der Zeit wurde erkannt, wie wichtig diese Beurteilung ist und die Erhebung des BCS wurde immer präziser durchgeführt. Während früher meist nur die Lendenwirbel und der Schwanzansatz visuell bewertet wurden, erfolgt dies heute an acht definierten Stellen der Tiere, um die Fett- und Muskelsubstanz auf bzw. zwischen Knochenvorsprüngen visuell beurteilen zu können. Dazu gehören die Dornfortsätze sowie die Querfortsätze der Lendenwirbel, die Verbindungslinie zwischen ihnen, der Übergang von den Querfortsätzen zur Hungergrube (auf der rechten Seite, um eine Verfälschung durch die Füllung des rechtsseitigen Pansens zu vermeiden), die Hüft- und Sitzbeinhöcker sowie der Bereich zwischen Sitzbein und Hüfthöcker, die Zone zwischen den Hüfthöckern und die Beckenausgangsgrube (METZNER et a. (1993), ROCHE et al. (2004)). Es gibt mehrere Abwandlungen,

beispielsweise Ergänzungen durch Palpation, doch grundsätzlich gilt ein sehr hoher BCS als adipös, während ein sehr niedriger BCS als kachektisch anzusehen ist (Tab. 1).

Tabelle 1: BCS-Einteilung nach EDMONSON et al. (1989), modif. nach M. Metzner

	NOTE	Dorsalfortsätze	Verbindungslinie Dorsal- zu Querfortsätzen	Querfortsätze	Übergang zur Hängegrube	Hüthöcker & Sitzbeinhöcker	Bereich mittl. Hüft- & Sitzbeinhöcker	Bereich zwisch. Hüthöckern	Deckenausgangsgrube
HOCHGRADIG ABGEMAGERT (Kachektisch)	1.00	treten stark hervor, 'sägezahnähnlich'	stief eingesenkt	1/2 sichtbar	deutlicher Säms eingesenken	extrem hart, steil aufsteigend	völlige Flächeneinheit	extrem eingesenken	schief, V-förmig, Knochen stark hervorstehend
	1.25								
	1.50								
	1.75			1/2 Länge sichtbar					
	2.00	einzeln erkennbar	deutlich eingesenkt	1/2 - 1/3 Länge sichtbar	vorstehender Säms	vorstehend	sehr eingesenken		rund, U-förmig, Knochen hervorstehend
KNOCHEN-VORSPRÜNGE GUT SICHTBAR	2.25								
	2.50			1/2 - 1/4 Länge sichtbar	mäßig vorstehend	glatt	dünne Flächenauflege	deutlich eingesenken	erste Anzeichen von Fett
	2.75	deutlich hervorstehende Rückertlinie	leichte konk.äe Linie	1/2 - 1/4 sichtbar	kaum vorstehend	glatt	eingesenken	mäßig eingesenken	angedeutet, Knochen weich
	3.00			1/4 sichtbar	kaum vorstehend	glatt	eingesenken	mäßig eingesenken	angedeutet, Knochen weich
	3.25	Dorsalfortsätze undeutlich, weiche Flächeneinie	keine Neigung	Querfortsätze angedeutet	deutliche Leiste, Querforts. nicht einzeln sichtbar	gut bedeckt	nicht eingesenken	leicht eingesenken	leicht eingesenken
KNOCHEN-VORSPRÜNGE ANGEDEUTET	3.75				nicht vorstehend	abgerundet	flach	flach	verfüllt, Knochen abgerundet
	4.00	Dorsalfortsätze nicht erkennbar, Rückertlinie flach	fast waagrecht	glatte, runde Kante	abgerundet	abgerundet	flach	flach	verfüllt, Knochen abgerundet
	4.25								
	4.50			Kante kaum erkennbar	in Fettschicht verschwinden	in Fettschicht verschwinden			ausgefüllt mit Fett, Knochen im Fett eingesenken
	4.75								
HOCHGRADIG VERFETTET	6.00	Dorsalfortsätze von Fettschicht verdeckt	abgerundet (konvex)	in Fettschicht verschwinden	vorgewölbt	abgerundet	abgerundet	abgerundet	

Für Fleischrassen ist eine 9-Punkte-Skala üblich (WAGNER et al. 1988), wobei auch eine 5- (MARLOWE et al. 1962) bzw. eine 5 bis 15-Skala (SPELBRING et al. 1977) bekannt sind.

Das hier angewendete Bewertungsschema folgt der BCS-Einteilung für Milchvieh in eine 5-Punkte-Skala mit 0,25 Einheiten von EDMONSON et al. (1989), später modifiziert nach METZNER et al. (1993) und nimmt Rücksicht auf die Rassen Fleckvieh und Braunvieh.

2. Körperkondition

Um die Körperkondition von Milchkühen beurteilen zu können, wird zuerst der BCS visuell (ggfs. noch palpatorisch) erfasst und anschließend in einen kategorischen Wert (normal-, über- oder unterkonditioniert) umgewandelt. Diese Einteilung in drei Kategorien macht es möglich, die Körperkondition von Milchkühen verschiedener Rassen miteinander zu vergleichen. Hierbei werden die rassetypischen Eigenschaften miteinbezogen.

Eine Hochleistungsmilchkuh der Rasse Holstein Friesian mit einem BCS von 2,5 erscheint zwar subjektiv magerer, weist jedoch objektiv die gleiche Körperkondition wie eine Zweinutzungskuh der Rasse

Fleckvieh mit BCS über 3 auf, da Holstein Friesian grundsätzlich durch einen schlankeren Körperbau gekennzeichnet sind. Daher gibt es unterschiedliche rassespezifische BCS-Ober- und Untergrenzen zur Konditionseinteilung.

Da die Körperkondition vor allem durch die Laktation beeinflusst wird, wird diese ebenfalls in die Berechnung einbezogen. Die nachfolgende Tabelle 2 zeigt die Einteilung des BCS in die drei unterschiedlichen Körperkonditionen für Fleckvieh, unterteilt nach Laktationsphasen anhand der Tage post partum (KRITZINGER et al. 2009; KRITZINGER & SCHODER 2009a, 2009b; MARTIN et al. 2014; HEUWIESER & MANSFELD 1992).

II.

LITERATURÜBERSICHT

Tabelle 2: Körperkondition von bayerischem Fleckvieh zu unterschiedlichen Laktationsphasen, ausgehend von Tagen post partum und BCS

Laktations- phase	Tage post partum	Normal- kondition	Über- kondition	Unter- kondition
1.1 Drittel	0 - 29	3.30 - 4.25	>4.25	<3.30
1.2 Drittel	30 - 99	3.25 - 4.00	>4.00	<3.25
2. Drittel	100 - 199	3.25 - 3.75	>3.75	<3.25
3. Drittel	200 - 299	3.25 - 4.25	>4.25	<3.25
Trocken- steher	<0 & >299	3.75 - 4.25	>4.25	<3.75

Für Holstein Friesian liegen die Werte teils deutlich niedriger, wie aus nachfolgender Tabelle 3 zu entnehmen ist.

II.

LITERATURÜBERSICHT

Tabelle 3: Körperkondition von Holstein Friesian zu unterschiedlichen Laktationsphasen, ausgehend von Tagen post partum und BCS

Laktations- phase	Tage post partum	Normal- kondition	Über- kondition	Unter- kondition
1.1 Drittel	0 - 29	2.75 - 3.75	>3.75	<2.75
1.2 Drittel	30 - 99	2.50 - 3.40	>3.40	<2.50
2. Drittel	100 - 199	2.50 - 3.25	>3.25	<2.50
3. Drittel	200 - 299	2.75 - 3.75	>3.75	<2.75
Trocken- steher	<0 & >299	3.25 - 3.75	>3.75	<3.25

Neben dem Laktationsstadium beeinflusst vor allem auch die Ernährung die Körperkondition von Milchkühen (COFFEY et al. 2004; BERRY et al. 2006; MCCARTHY et al. 2007). Der Zugang zu frischem Gras sowie verschiedene Fütterungsstrategien haben einen unmittelbaren Effekt auf die Körperkondition (RUEGG & MILTON 1995; WASHBURN et al. 2002), ebenso wie

die Haltung der Tiere (Weide oder Stall) und die Führung des Betriebs (z. B. Krankheitsprävention (WALSH et al. 2008)). Diese Parameter wurden bei den Modellberechnungen für diese Studie bewusst herausgerechnet, um präzisere Werte für die hier zu klärenden Fragen zu erhalten. Eine weitere Studie könnte hier noch mehr Klarheit schaffen. Außerdem gibt es Studienergebnisse, welche vermuten lassen, dass Milchkühe Fehler im Fütterungsmanagement ausgleichen können (BROSTER & BROSTER 1998).

Selbstverständlich gibt es auch noch andere Möglichkeiten zur Erfassung der Körperkondition einer Milchkuh. So gibt es auch die Variante, die Körpermasse in kg als Ansatzpunkt zur Bestimmung der Kondition zu verwenden. Dieser Indikator eignet sich jedoch aufgrund seiner geringen Praktikabilität (HARBECK & GRAVERT 1981) und der starken Abhängigkeit von Größe (STAUFENBIEL 1992) und Bemuskelung des einzelnen Tieres nicht sonderlich gut.

Eine weitere Variante stellt die Messung der Rückenfettdicke dar. Hierzu wird das subkutane Fettd Depot mittels Ultraschall gemessen, wodurch eine objektive Quantifizierung des Körperfettgehaltes möglich ist (STAUFENBIEL et al. 1989). Diese nicht-invasive Messung kann an mehreren Körperstellen durchgeführt werden (Glutealregion, Lendenwirbelsäule oder im Bereich der letzten Rippen) (SCHÄFERS 2000), ist jedoch um einiges aufwendiger zu erfassen als der BCS.

2.1 Normalkondition

Die meisten Studien beziehen sich auf eine Abweichung vom Standard, also auf eine Über- oder Unterkonditionierung der Tiere. Die Normalkondition von bayerischem Fleckvieh und deren Beziehung zu den Milchparametern Milchmenge, Milchfett- sowie Milchproteingehalt wurde daher noch nicht detailliert untersucht.

Viele Autorinnen und Autoren sind sich jedoch einig, dass eine Normalkondition angestrebt werden sollte.

ROCHE et al. (2009) empfehlen zum Beispiel einen Abkalbe-BCS zwischen 3,0 und 3,25 (normalkonditioniert bei Holstein Friesian in Laktationsphase 1.1) um metabolische Erkrankungen nach der Abkalbung durch Über- oder Unterkondition zu verhindern. Ein BCS von 3,5 (entspricht ebenfalls Normalkondition) ist laut ROCHE et al. (2007c) der beste Bereich für Milchproduktion von Holstein Friesian. BERRY et al. (2007) empfehlen dies ebenfalls (3,75).

Im Hinblick auf Fleckvieh-Milchkühe gibt es wenige Studien, die eine konkrete Körperkondition empfehlen. ERDEM et al. (2015) empfehlen zum Beispiel einen BCS unter 3. Dieser wäre ideal für eine hohe Milchproduktion von tschechischen Fleckvieh-Kühen und würde in jeder Laktationsphase einer Unterkonditionierung entsprechen. JÍLEK et al. (2008) hingegen zeigen, dass Fleckvieh-Tiere mit einem BCS unter 3,5 im ersten Monat der Laktation höhere Milchmengen in den ersten fünf Monaten der Laktation

produzieren als Fleckvieh-Tiere mit einem BCS über 3,5.

Tieren mit einer Körperkondition im Optimalbereich fällt es nicht nur leichter ihre Körperreserven zu mobilisieren, um die Milchproduktion zu steigern (BUTLER 2014), sondern sie weisen auch eine höhere Erfolgsrate bei künstlicher Besamung und Konzeption (BATES & SALDIAS 2019) auf. Normalkonditionierte Kühe produzieren zudem eine größere Milchmenge als überkonditionierte Kühe (GARNSWORTHY & TOPPS 1982a; TREACHER et al. 1986).

Dementsprechend sollte immer eine Normalkondition angestrebt werden. Um dies zu erreichen, muss diese vorweg definiert werden und auch die jeweiligen Abweichungen (Über- oder Unterkondition) genau betrachtet werden. Anhand der akkuraten Bestimmung von BCS und Körperkondition kann dann eine Aussage getroffen werden, ob sich die Milchkuh in – sowohl gesundheitlich aber auch wirtschaftlich – optimaler Körperkondition befindet.

2.2 Unterkondition

Von Unterkondition spricht man (je nach Laktationsstadium und Rasse), wenn der BCS sehr niedrig ist. Ein BCS <2 wird sogar mit Kachexie gleichgesetzt (PraeRi 2020). Dies ist ein deutliches Zeichen für Gesundheitsprobleme (z. B. chronische Krankheiten) und Missmanagement des Betriebs (z. B. langanhaltende Unterversorgung).

Tiere mit einem niedrigen BCS sind anfälliger für metabolische Erkrankungen wie Milchfieber (ROCHE et al. 2013; PRYCE et al. 2001; SCHUSTER et al. 2020) und haben niedrigere Konzeptionsraten (DOMEQ et al. 1997; PRYCE et al. 2001; HOEDEMAKER et al. 2009) als normalkonditionierte Tiere. Da das Fettgewebe vor allem kurz nach der Kalbung einen wichtigen Puffer für die Leistungsfähigkeit darstellt, ist eine Unterkonditionierung für den gesamten Organismus schädlich (SCHÄFERS 2000). Auch die Produktivität unterkonditionierter Tiere in Milchmenge gemessen fällt geringer aus (SOUISSI & BOURAOUI 2019;

DOMECQ et al. 1997) und das Risiko für infektiöse Erkrankungen wie Endometritis ist erhöht (MALONE et al. 1998; JAJA et al. 2017; HEUER et al. 1999). Bei Milchkühen mit einem sinkenden BCS erhöht sich die Wahrscheinlichkeit für Lahmheiten (RANDALL et al. 2018; GREEN et al. 2014), da durch das verminderte Fettpolster im Hornschuh mehr Läsionen entstehen (OEHM et al. 2020; LIM et al. 2015; NEWSOME et al. 2017). Auch das Risiko für Sprunggelenksverletzungen und Nackenläsionen ist bei mageren Tieren deutlich erhöht (PraeRi 2020). Bei einer Erhöhung der Körperkondition um 0,5 BCS-Punkte und somit mehr Fettauflagerungen kann das Risiko für schwerwiegende Verletzungen zum Teil um bis zu 18 % gesenkt werden (PraeRi 2020).

All diese Auswirkungen einer Unterkonditionierung führen nicht nur zu Schmerzen, Leiden und Schäden der Tiere, sondern auch zu unnötig hohen Kosten durch Leistungsverluste und verfrühte Abgänge (PraeRi 2020). Aus diesen Gründen sollte eine Unterkonditionierung stets vermieden werden.

2.3 Überkondition

Tiere mit einem erhöhten BCS sind anfälliger für metabolische Funktionsstörungen wie Milchfieber, Ketose oder Dystokie (SUNDRUM 2015; LOCHER et al. 2015; KELLOGG 2010) sowie für reduzierte Fruchtbarkeit (CORREA et al. 1990; JORRITSMA et al. 2001; HEUER et al. 1999). Auch die Wahrscheinlichkeit für peripartale gesundheitliche Probleme wird durch einen hohen BCS während der Trockenstehphase erhöht (RUKKWAMSUK et al. 1999). Eine antepartale Überkonditionierung erhöht das Risiko für eine subklinische oder sogar klinische Ketose in der Startphase der Laktation deutlich (SCHÄFERS 2000). Weitere Erkrankungen wie Labmagenverlagerungen (STAUFENBIEL 1992), Mastitiden oder Endometritiden werden ebenfalls mit einer Überkondition zum Ende der Trockenstehphase in Zusammenhang gebracht (SCHÄFERS 2000). In einer Studie über tschechisches Fleckvieh wurde nachgewiesen, dass ein erhöhter BCS einen deutlichen

Zusammenhang mit Ovarialzysten aufweist (STADNIK et al. 2017).

Dass die Milchleistung in Folge der genannten Erkrankungen sinkt und somit ein wirtschaftlicher Schaden entsteht, ist selbstverständlich. Aus diesem Grund sollte eine Überkonditionierung bei Milchkühen verhindert werden.

3. Zweinutzungsrasen

Die meisten Studien bezüglich der Körperkondition oder des BCS von Milchkühen wurden nur mit einer geringen Anzahl an Kühen (ROCHE et al. 2009; PIRES et al. 2013) und hauptsächlich mit Holstein Friesian durchgeführt (ROCHE et al. 2009; WALTNER et al. 1993). Studien über ausschließlich Fleckvieh sind rar und meist regional (ERDEM et al. 2015; JÍLEK et al. 2008) oder thematisch begrenzt (z. B. Ovarialzysten (ZULU et al. 2002)). Eine Studie über bayerisches Fleckvieh und dessen Körperkondition in Beziehung zu Milchparametern in unterschiedlichen

Laktationsphasen existiert meines Wissens nach bisher noch nicht.

Genetische Unterschiede in Populationen haben allerdings deutlich gezeigt, dass es eine Differenz der Körperkondition von bis zu 60 % innerhalb dieser Gruppe gleich gemanagter Tiere geben kann (BERRY et al. 2008). Weitere Studien haben bewiesen, dass sich alle Produktionsparameter zwischen verschiedenen Rassen unterscheiden (PICCAND et al. 2013): hier wurden vier verschiedene Rassen (Holstein Friesian, Fleckvieh, Braunvieh und Neuseeländische Holstein Friesian) im Hinblick auf ihre Produktivität in weidebasierten Betrieben in der Schweiz verglichen. Das Fazit nach drei Jahren mit 134 Kühen war, dass alle Produktionsparameter durch die jeweilige Rasse beeinflusst werden.

Daher ist eine Studie über ausschließlich Fleckvieh von enormer Bedeutung und kann zahlreiche Erkenntnisse bringen, vor allem inwiefern sich diese Rasse von den

bisher besser untersuchten Rassen wie Holstein Friesian unterscheidet.

Zweinutzungsrasen wurden generell bisher nur sehr selten für Studien herangezogen, da der Fokus zumeist auf der Milch- oder der Fleischproduktion liegt. Es ist aber bekannt, dass es deutliche Unterschiede zwischen den Rassen gibt. So zeigen andere Zweinutzungsrasen als Fleckvieh wie das Montbéliarde- oder Normanderind signifikant höhere BCS-Werte verglichen mit Holstein Friesian (WALSH et al. 2008). Des Weiteren wird Fleckvieh oft als robuster und resistenter gegenüber Krankheiten beschrieben (SCHICHTL 2007).

Grundsätzlich werden alle Milchkühe zum Höhepunkt ihrer Laktation dünner und verlieren an Körpergewicht. Doch das gilt nicht für alle Tiere im selben Ausmaß (JÍLEK et al. 2008): Rassen, die für eine hohe Milchmenge gezüchtet wurden, wie z. B. Holstein Friesian (BERRY et al. 2003), haben eine höhere Prädisposition deutlich dünner zu werden

(VEERKAMP 1998; PRYCE et al. 2002) als Rassen mit einer genetisch niedrigeren Milchprädisposition (GRAINGER et al. 1985; VEERKAMP & BROTHERSTONE 1997; BUCKLEY et al. 2000). Zweinutzungsrassen wie das Fleckvieh werden nicht nur zum Zwecke der Milchgewinnung gezüchtet, sondern auch zur Fleischproduktion. Hier ist ein zu großer Verlust an Körpermasse auch ein Verlust an Wert.

Außerdem zeigen Milchkurassen, die genetisch auf eine höhere Milchmenge gezüchtet wurden, generell niedrigere BCS-Werte (VEERKAMP & BROTHERSTONE 1997; BUCKLEY et al. 2000). Im Vergleich zwischen Fleckvieh, Holstein Friesian und Braunvieh zeigten die Holstein-Kühe den niedrigsten BCS und Fleckvieh den höchsten, unabhängig vom Alter der Tiere (ZABLOTSKI et al. 2022). Die Unterschiede waren signifikant.

In anderen Fleckvieh-Studien wurden ähnliche, aber auch widersprechende Ergebnisse gefunden: JÍLEK et

al. (2008) untersuchten zum Beispiel über zwei Jahre 1.085 tschechische Fleckvieh-Rinder, allerdings nur auf zwei gleich geführten Betrieben. Dies könnte der Grund dafür sein, dass einige ihrer Resultate nicht statistisch signifikant sind. In einem anderen Versuch wurden 621 Kühe auf einem Betrieb in der Türkei untersucht (ERDEM et al. 2015). Auch hier wurden identische, aber auch nicht identische Ergebnisse wie in anderen Fleckvieh-Studien erhoben. Die größte Studie bezüglich Fleckvieh-Rindern wurde über 8 Jahre mit 47.839 Aufzeichnungen und 2.794 Herden in Italien durchgeführt (FRIGO et al. 2013). Hier wurden nicht nur die genetischen Unterschiede bezüglich der Körperkondition untersucht, sondern vor allem auch die Bemuskelung. Da lediglich Erstkalbinnen herangezogen wurden, sind die Ergebnisse allerdings nicht mit den meisten anderen Fleckvieh-Studien zu vergleichen. Erstkalbinnen weisen nämlich in der Startphase der Laktation einen geringeren Verlust an Körperkondition auf als multipare Kühe (ROCHE et al. 2007b; MÄNTYSAARI & MÄNTYSAARI 2010).

Die limitierte Anzahl an Studien, Betrieben, Herden und Einzeltieren kann zu unzureichenden und inkongruenten Ergebnissen im Hinblick auf die Beziehung zwischen Körperkondition und Milchparametern bei Fleckvieh führen. Zumal es explizit zu bayerischem Fleckvieh gar keine Studien gibt, sondern nur aus anderen Ländern. Dies zeigt die Wichtigkeit weiterer rassespezifischer sowie regionaler Untersuchungen.

4. Parität

In den meisten Studien zeigt sich bezüglich der Körperkondition kein großer Unterschied zwischen Parität 2 oder höher (ROCHE et al. 2007b). In der Wissenschaft scheint hier auch kein klarer Konsens zu herrschen, wie die Einteilung der Parität vorzunehmen ist. Es gibt genügend Studien, welche ausnahmslos mit multiparen Kühen arbeiten (BERRY et al. 2003), während andere ausschließlich primipare Tiere heranziehen (PRYCE & HARRIS 2006; BANOS et al. 2004).

Dass es einen Unterschied zwischen Erstkalbinnen und multiparen Milchkühen gibt, wurde aber bereits in zahlreichen Studien bestätigt. So zeigen multipare Kühe beispielsweise erhöhte Wahrscheinlichkeiten für Lahmheit als Tiere in ihrer ersten Laktation (OEHM et al. 2022). Aber auch alle Milchparameter (Milchmenge, Milchfettgehalt und Milchproteingehalt) werden durch Parität beeinflusst (ROCHE et al. 2007b). Vor allem die Körperkondition steht in einer engen Beziehung zur Parität einer Milchkuh (DECHOW et al. 2002; PRYCE et al. 2001; FRIGGENS et al. 2007). Primipare Tiere zeigen durchschnittlich eine höhere Körperkondition (HOEDEMAKER et al. 2009) und diese fällt auch nach der Kalbung nicht so deutlich ab wie bei multiparen Tiere (MÄNTYSAARI & MÄNTYSAARI 2010; MAO et al. 2004). Dennoch dauert die komplette Erholung der Körperreserven nach der Laktation bei Erstkalbinnen länger und findet ggfs. aufgrund der noch vorhandenen Wachstumsphase nicht immer vollständig statt (GALLO et al. 1996).

5. Milchparameter

5.1 Milchmenge

Milchmenge und Körperkondition werden oft spiegelbildlich dargestellt: mit steigender Milchmenge sinkt die Körperkondition (ROCHE et al. 2009; FRIGO et al. 2013). In einem Zeitfenster von 40 bis 100 Tagen nach der Kalbung sinkt die Körperkondition auf ihren Tiefpunkt, während die produzierte Milchmenge ihr Maximum erreicht (FRIGGENS et al. 2004; PRYCE & HARRIS 2006; ROCHE et al. 2006). Anschließend wendet sich der Verlauf ins Gegenteil: die Körperkondition steigt wieder an, während die Milchmenge sinkt (COFFEY et al. 2004; BERRY et al. 2006; MCCARTHY et al. 2007). Zahlreiche weitere Publikationen beweisen den negativen Zusammenhang von Überkondition und Milchmenge (VEERKAMP & BROTHERSTONE 1997; JÍLEK et al. 2008; ROCHE et al. 2005; STOCKDALE 2004).

Grund für diesen teils rasanten Abfall der Körperkondition zu Beginn der Laktation ist die

negative Energiebilanz (NEB), welcher die Kuh zu diesem Zeitpunkt durch die steigende Milchmenge ausgesetzt ist. Durch die enorme Milchproduktion übersteigt der Energiebedarf der Milchkuh die mögliche Energieaufnahme und so muss sie auf ihre Energiereserven zurückgreifen (AGENÄS et al. 2003; COFFEY et al. 2002). Diese, vor allem Fett-, Mobilisierung kann bis zu 30 % der benötigten Energie in der Früh lactation übernehmen (BINES & MORANT 1983). Der Trugschluss, dass erhöhte Fettreserven die Milchmenge in der gesamten Laktation steigern können (DOMECQ et al. 1997; MARKUSFELD et al. 1997; PEDRON et al. 1993), gilt als überholt, obwohl die Mobilisierung der Körperreserven und die Milchproduktivität eng zusammenhängen (PRYCE et al. 2002). Im Gegenteil zeigen Studien, dass Milchkühe mit einer vergleichsweise niedrigeren Milchmenge eine erhöhte Körperkondition während der gesamten Laktation zeigen (HORAN et al. 2005).

Der negative Zusammenhang zwischen Körperkondition und Milchmenge wird noch

deutlicher, wenn man Tiere direkt miteinander vergleicht, wie bei GARNSWORTHY & TOPPS (1982a): dünnere Tiere produzieren mehr Milch als dickere. Der Grund hierfür liegt vor allem in der Aufnahmekapazität von Trockenmasse (DMI), die bei dünneren Tieren aufgrund der Platzverhältnisse im Magen-Darm-Trakt deutlich erhöht ist. Nichtsdestotrotz kann die Futteraufnahme in der Frühlaktation zum Teil nur 40-48 % der für die Milchproduktion benötigten Energie darstellen (BUCKLEY et al. 2003). Daher verliert die Milchkuh, und insbesondere die Hochleistungsmilchkuh, immer an Körperkondition zu Beginn der Laktation (JÍLEK et al. 2008).

Andere Studien hingegen verneinen den Zusammenhang zwischen Körperkondition und Milchproduktion (GARNSWORTHY & TOPPS 1982b; GARNSWORTHY & JONES 1993; RUEGG & MILTON 1995) und finden keine signifikanten Ergebnisse bezüglich der Körperkondition vor Abkalbung und der nachfolgenden Milchproduktion (JÍLEK et al. 2008).

Allerdings wurden diese Studien mit nur geringen Datenmengen erhoben und vor allem unterkonditionierte Tiere waren unterrepräsentiert.

Auch wenn Fleckvieh-Kühe eine Zweinutzungsrasse darstellen, werden sie dennoch auf hohe Milchleistung selektiert. Um dies gewährleisten zu können, ist die Betrachtung der Körperkondition unerlässlich. In einer Studie über tschechisches Fleckvieh wurde gezeigt, dass Kühe mit einem BCS unter 3,5 im ersten Monat der Laktation (entspricht Normalkondition sowie Unterkondition) die höchsten Milchmengen über die ersten fünf Laktationsmonate produzierten im Vergleich zu der Gruppe mit einem BCS über 3,5 (JÍLEK et al. 2008). Weitere Studien bestätigen dies: unter- bzw. normalkonditionierte Kühe produzieren mehr Milch als überkonditionierte Tiere in der nächsten Laktation (GARNSWORTHY & JONES 1987; TREACHER et al. 1986).

Eine Publikation über Fleckvieh in der Türkei bestätigt die Theorie von mehr Milch bei sinkender

Körperkondition (ERDEM et al. 2015): der durchschnittliche BCS war zu Beginn der Laktation am geringsten, während die Milchleistung im Vergleich zu anderen Laktationszeitpunkten zeitgleich am höchsten war. Daraus resultiert die Empfehlung für das dortige Herdenmanagement, die hiesigen Milchkühe in einem “moderaten” BCS-Bereich von unter 3 zu halten. Dies würde sogar einer Unterkondition für Fleckvieh-Milchkühe entsprechen.

Es sollte jedoch beachtet werden, dass eine zu deutliche Unterkonditionierung der Milchkühe die Milchmenge auch wieder reduzieren kann. Einige Faktoren hierfür wurden bereits genannt. Des Weiteren zeigen DOMEcq et al. (1997), dass eine Zunahme von einem BCS-Punkt bei dünnen Kühen während der Trockenstehphase zu insgesamt 545 kg mehr Milch in den ersten 120 Tagen der nachfolgenden Laktation führt. Daher ist nicht eine Unterkondition, sondern die Normalkondition während der gesamten Laktation zu empfehlen.

5.2 Milchproteingehalt

Vor allem der Milchproteingehalt wurde bisher noch nicht in Zusammenhang mit der Körperkondition von bayerischen Fleckvieh-Milchkühen gebracht.

Der Milchproteingehalt wird vorrangig durch den Energiestoffwechsel beeinflusst. Weitere Faktoren wie Reproduktion, Produktionsparameter (v. a. Milchmenge), Genetik, Rasse aber auch Erkrankungen spielen nur eine untergeordnete Rolle (RICHARDT 2004). Tiere mit einem Proteingehalt von unter 3,2 % zeigen einen Energiemangel, während bei Kühen mit einem Milchproteingehalt von über 3,8 % ein Energieüberschuss vorliegt. Beides kann wie bereits beschrieben zu schwerwiegenden Stoffwechselstörungen führen. Damit genügend Protein in der Milch gebildet werden kann, muss die Milchkuh nicht nur mit ausreichend Energie, sondern auch mit ausreichend nutzbarem Rohprotein versorgt werden. Dieses wird von Mikroorganismen im Pansen genutzt und je besser die Lebensbedingungen für diese

dort sind, desto höher ist der Proteingehalt in der Milch (SWISSGENETICS 2021).

ROCHE et al. (2007a) zeigten beispielsweise, dass der BCS weder vor noch nach der Kalbung den Milchproteingehalt in den ersten 60 bzw. 270 Tagen der Laktation signifikant beeinflusst. HOLTER et al. (1990) bestätigen, dass bei Tieren mit einem niedrigerem Abkalbe-BCS keine anderen Proteinwerte auftraten als bei den Tieren mit höherem oder normalen BCS. Diese Studien wurde allerdings mit Holstein Friesian bzw. Jersey-Kühen durchgeführt, also reinen Milchviehrassen.

In anderen Studien wurde der Einfluss von Milchprotein auf die Körperkondition nachgewiesen. So fand HECKEL (2009) einen signifikanten Unterschied in den Milchproteingehalten von peripartal erkrankten Milchkühen: diese hatten höhere Werte als die gesunden Tiere. Auch DECHOW et al. (2002) zeigten auf, dass vor allem Rassen, welche grundsätzlich mehr Körperkondition in der

Frühlaktation verlieren, höhere Milchproteingehalte aufweisen.

Die unterschiedlichen Ergebnisse aus der Literatur sind vermutlich auf die rassespezifischen Unterschiede zurückzuführen. Vor allem die Zweinutzungsrasen sind hier deutlich unterrepräsentiert. Die wenigen Studien zu Milchproteingehalten bei Fleckvieh zeigen vergleichbare Ergebnisse: 3,35 % bei tschechischem Fleckvieh (JÍLEK et al. 2008); 3,43 % bei italienischem Fleckvieh (FRIGO et al. 2013) und 3,31 % bei schweizerischem Fleckvieh (PICCAND et al. 2013). Vergleicht man diese Milchproteinwerte von Fleckvieh-Kühen mit den Werten von Holstein Friesian-Kühen, so weisen letztere immer niedrigere Werte auf (3-3,6 % (RICHARDT 2004); 3,1 % (YANG et al. 2013); 3,2 % (RODRIQUEZ et al. 1985); 3,2 % (PICCAND et al. 2013)). Dies deutet schon auf einen Bedarf an rassespezifischen Untersuchungen hin, dem mit dieser Arbeit nachgegangen wird.

5.3 Milchfettgehalt

Der Gehalt an Fett in der Milch wird einerseits durch interne Faktoren wie Genetik, Parität, Milchleistungsparameter und Laktationsphase beeinflusst, andererseits aber auch durch externe Faktoren wie Klima, Futter, Wohlbefinden oder Haltung (GLATZ-HOPPE et al. 2020; FOX & MCSWEENEY 1998; CAO et al. 2010; YANG et al. 2013; RODRIQUEZ et al. 1985). Synthetisiert wird das Milchfett im Euter aus Essigsäure, welche im Pansen durch die Zellulose-Verdauung der essigsäurebildenden Bakterien entsteht. Die Essigsäure wird anschließend durch die Pansenzotten absorbiert und im Euter umgewandelt. Die Menge der entstehenden Essigsäure wird vor allem durch den Pansen-pH-Wert entschieden: je stabiler dieser ist, umso mehr Essigsäure wird gebildet (SWISSGENETICS 2021). Wie bereits beim Milchproteingehalt beschrieben, ist also eine ausgewogene und optimale Versorgung durch artgerechte Fütterung der Milchkuh essentiell.

Der Anteil an Fett in der Milch nimmt mit steigender Milchmenge ab. Dies haben zahlreiche Studien ergeben (RICHARDT 2004; HECKEL 2009). Zum einen ist dies auf den Energiemangel zu Beginn der Laktation zurückzuführen (zu diesem Zeitpunkt erreicht die Milchmenge ihr Maximum), zum anderen aber auch auf die Zusammensetzung der Milch generell.

Es besteht eine negative Korrelation zwischen dem Tiefpunkt der negativen Energiebilanz und dem Höhepunkt des Fettgehalts in den ersten Tagen der Laktation (VRIES & VEERKAMP 2000). In Studien konnte gezeigt werden, dass ein steigender Milchfettgehalt mit einer reduzierten Wahrscheinlichkeit für Überkonditionierung und einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für Unterkonditionierung einhergeht (WALTNER et al. 1993; DOMEQ et al. 1997; BOURCHIER et al. 1987). Dies könnte aufgrund der Umsetzung von Körperfett zu Milchfett geschehen. Vor allem Rassen, welche eher dazu neigen in der Frühaktation Körperkondition

abzubauen, weisen höhere Milchfettgehalte auf (DECHOW et al. 2002).

Andere Studien kommen jedoch auch zu anderen Ergebnissen. So berichtet zum Beispiel STOCKDALE (2001) von einem Anstieg von sowohl Milchmenge als auch Milchfettgehalt mit steigender Körperkondition zum Abkalbezeitpunkt. Des Weiteren kommt es zu einem steigendem Anteil an Fett in der Milch mit steigender Körperkondition bei Abkalbung (ROCHE et al. 2009; CHILLIARD 1992) bzw. zu geringeren Milchfettgehalten bei unterkonditionierten Kalbinnen als bei normal- oder überkonditionierten Kalbinnen (HOLTER et al. 1990). Diese genannten Studien wurden jeweils mit Holstein Friesian durchgeführt, was die Unterschiede erklären könnte.

Milchkühe, welche eine energetisch geringere Trockensteheration bekommen und dementsprechend magerer sind (äquivalent zu unterkonditioniert bis normalkonditioniert), zeigen deutlich höhere Milchfettwerte als Kühe, welche eine energetisch

höhere Ration während des Trockenstehens bekommen und somit eher überkonditioniert sind (AGENÄS et al. 2003). Hohe Milchfettgehalte in der Frühlaktation können also durchaus aufgrund einer ad-libitum-Fütterung während der Trockenstehphase entstehen (HOLCOMB et al. 2001). Aus diesem Grund ist ein ausgewogenes und angepasstes Fütterungsmanagement vor allem in der Trockenstehphase von höchster Priorität.

6. Laktationsphasen

Vor allem die Laktation hat einen enormen Einfluss auf die Kondition der Milchkühe (BERRY et al. 2002; BANOS et al. 2004), da diese den Energiestoffwechsel stark beansprucht (COFFEY et al. 2003; ROCHE et al. 2009). Viele Autoren sprechen von einem Spiegelbild der Laktationskurve mit der Körperkondition im Laufe der Laktation (ROCHE et al. 2009).

Die vorliegende Arbeit unterteilt die gesamte Laktation in fünf Phasen (Tabelle 4). Die klassischen Laktationsdrittel werden zu Beginn noch einmal

unterteilt (Laktationsphase 1.1 und 1.2), da hier die größten Veränderungen bezüglich der Milchmenge und somit auch anderer Parameter zu erwarten sind. Als fünfter Abschnitt gilt die Zeit des Trockenstehens.

Die künstlich fixierten Laktationsphasen können die Wirklichkeit nicht ganz korrekt darstellen, da nicht alle Kühe zu einem bestimmten Tag post partum trockengestellt werden können. Für eine verlängerte Laktation gibt es zahlreiche Gründe in den Betrieben, wie etwa keine weitere Besamung und nur noch Ausmelken bis zur Schlachtung. Die Phase des Trockenstehens umfasst daher nicht nur die komplett trockenstehenden Milchkühe, sondern auch einen gewissen Anteil an noch Milch gebenden Tieren. Vor allem Hochleistungsmilchkühe können nicht von einem Tag auf den anderen Tag ganz trocken gestellt werden. Dementsprechend produzieren sie danach noch weiter Milch, obwohl sie bereits trockengestellt werden (ODENSTEN et al. 2005). Hier können Milchmengen bis zu 30 kg am Tag erfasst werden (DINGWELL et al. 2004).

II.

LITERATURÜBERSICHT

Aus diesen Gründen wurde der fünfte Laktationsabschnitt mit den Tagen post partum <0 & >299 definiert, egal ob ein Tier zu diesem Zeitraum noch relevante Milchmengen produzierte oder nicht.

Tabelle 4: Laktationsphasen ausgehend von Tagen post partum

Laktationsphasen	Tage post partum
1.1 Drittel	0 – 29
1.2 Drittel	30 – 99
2. Drittel	100 – 199
3. Drittel	200 – 299
Trockensteher	<0 & >299

Die meisten Studien differenzieren lediglich zwischen der Zeit vor der Abkalbung und der Zeit danach. Einige weitere unterscheiden gegebenenfalls noch frühe und späte Laktation, andere geben auch mehrere verschiedene Laktationsphasen an (WATTIAUX 1996;

HORN et al. 1992; ERDEM et al. 2015). Aber schon bei einer Unterteilung in nur drei Laktationsphasen wie bei ERDEM et al. (2015) wird sichtbar, dass bereits diese Trennung signifikante Unterschiede aufdeckt: der niedrigste durchschnittliche BCS von 3,3 wurde in Laktationsphase 1 (56 - 84 Tage) entdeckt, während der höchste durchschnittliche Wert in Abschnitt 3 (Tag 196 - 224) auftrat. Dies zeigt, dass eine Unterteilung in verschiedene Laktationsphasen bezüglich der Körperkondition bei Milchkühen wichtig und nötig ist.

Grund für den deutlichen Unterschied der Körperkondition in den verschiedenen Laktationsphasen ist erneut die intensive Mobilisierung der körpereigenen Reserven zur Milchproduktion, gerade am Anfang der Laktation (ERDEM et al. 2015). Aber auch die erneute Wiedergewinnung an Körperkondition im Zusammenhang mit sinkender Milchmenge im weiteren Verlauf der Laktation macht die Wichtigkeit der Differenzierung in detaillierte Laktationsphasen deutlich.

III. PUBLIKATION**Relationship of body condition and milk parameters during lactation in Simmental cows in Bavaria, Germany**

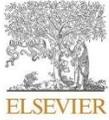
Theresa Rabus ^{a,*}, Andreas W. Oehm ^a, Gabriela Knubben-Schweizer ^a, Martina Hoedemaker^b, Kerstin Müller ^c, Yury Zablotski ^a

^a Clinic for Ruminants with Ambulatory and Herd Health Services, Ludwig-Maximilians University Munich, Sonnenstrasse 16, 85764 Oberschleissheim, Germany

^b Clinic for Cattle, University of Veterinary Medicine Hannover Foundation, Bischofsholer Damm 15, 30173 Hannover, Germany

^c Clinic for Ruminants and Swine, Freie Universität Berlin, Königsweg 65, 14163 Berlin, Germany

Preventive Veterinary Medicine 220 (2023) 106042



Contents lists available at ScienceDirect

Preventive Veterinary Medicine

journal homepage: www.elsevier.com/locate/prevetmed

Relationship of body condition and milk parameters during lactation in Simmental cows in Bavaria, Germany

Theresa Rabus^{a,*}, Andreas W. Oehm^a, Gabriela Knubben-Schweizer^a, Martina Hoedemaker^b, Kerstin Müller^c, Yury Zablotzki^a

^a Clinic for Ruminants with Ambulatory and Herd Health Services, Ludwig-Maximilians Universität Munich, Sonnenstrasse 16, 85764 Oberschleissheim, Germany

^b Clinic for Cattle, University of Veterinary Medicine Hannover Foundation, Bischofsholer Damm 15, 30173 Hannover, Germany

^c Clinic for Ruminants and Swine, Freie Universität Berlin, Königsplatz 65, 14163 Berlin, Germany

ARTICLE INFO

Keywords:

Body condition
Overconditioning
Underconditioning
Simmental

ABSTRACT

In dairy cows the body condition forms a reflection of the energy reserves of the organism. Health, welfare and productivity of dairy cows are strongly associated with changes in body condition. As lactation puts substantial demands on the metabolism of dairy cows, farm management aims at avoiding either a deficient body condition or a substantial loss of body condition within a short period of time. A body condition higher or lower than recommended (*over-* and *underconditioning* in the following) compromises dairy cow productivity. While the body condition of Holstein Friesian cows has been thoroughly explored, few is known about the consequences of deviations from a target body condition for health and productivity of cows from other breeds. This study explores the percentage of over- and underconditioned cows at different days post partum [dpp] and their association with production parameters i.e., milk yield, milk fat and milk protein content of Simmental cows on Bavarian farms, categorized by parity (primi- or multiparous). Our study displays that in Simmental cows, overconditioning is more prevalent than underconditioning. While the middle of lactation (dpp = 100–199) resulted in higher percentage of overconditioning, the dry period (dpp = < 0 & > 299) indicated a higher percentage of underconditioned cows. The dry period and the middle of lactation are therefore the most challenging lactation stages for Simmental cows. We found milk protein content to have the strongest association with over- and underconditioning in Simmental cows. The probability of overconditioning was higher with higher milk protein content for every lactation stage and the probability of underconditioning was higher with higher milk protein content in every lactation stage. This study provides a theoretical basis for potential improvements in stockbreeding, which, if implemented, could improve not only the milk yield of Simmental dairy cows, but also their health and welfare.

1. Introduction

The body condition score (BCS) of a dairy cow is an assessment of its body reserves, a critical factor in managing its health (Stockdale, 2001; Buckley et al., 2003), milk production and reproduction (Roche et al., 2009; Hoedemaker et al., 2009; Silva et al., 2021). Body condition scoring is a widely accepted, non-invasive and cost-effective method to evaluate the body condition of dairy cows (Waltner et al., 1993). The primary aim is to prevent cows from calving in either excessive or insufficient body condition, thereby avoiding production diseases, while maximizing milk production (Klopčić et al., 2011).

Particularly, emaciated cows were found to be more susceptible to

endometritis and may develop reproductive problems like a lower frequency of cycling (Hoedemaker et al., 2009; Domecq et al., 1997; Souissi and Bouraoui, 2019). On the other hand, obese cows face a higher risk of metabolic disorders (Sundrum, 2015; Locher et al., 2015; Jorritsma et al., 2001) such as ketosis, downer cow syndrome, "fat cow syndrome" with complications like fatty liver or mastitis (Morrow, 1976), or milk fever (Heuer et al., 1999; Kellogg, 2010; Bewley and Schutz, 2008). Moreover, overconditioned cows are more prone to reproductive problems, including dystocia, retained placenta, reduced fertility or higher culling rates (Halász and Jónás, 2014; Shaver, 1997; Correa et al., 1990). Differences exist among parity groups with respect to health problems. For instance, Markusfeld et al. (1997) discovered a higher risk of

* Corresponding author.

E-mail address: theresa.rabus@gmx.de (T. Rabus).

<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2023.106042>

Received 1 April 2023; Received in revised form 27 September 2023; Accepted 2 October 2023

Available online 4 October 2023

0167-5877/© 2023 The Authors. Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

retained placenta and metritis in underconditioned multiparous cows. Additionally, Roche et al. (2009) identified a parity-dependent association between BCS and uterine or mammary infections, leading them to recommend a higher calving BCS for younger cows.

Despite the existing evidence demonstrating the detrimental effects of misconditioning, the precise definitions of over- and undercondition in dairy cows remain ambiguous. These classifications are influenced by diverse factors, including lactation stage, breed and various other variables like parity. Therefore, defining overcondition and undercondition, and subsequently examining the factors influencing these separate conditions, has the potential to enhance our comprehension of the complex relationship between body condition, productivity (e.g., milk parameters) and animal welfare.

The body condition of dairy cows undergoes significant changes throughout lactation (Berry et al., 2002; Banos et al., 2004). Specifically, a dairy cow's body condition profile mirrors her milk production profile, as higher milk yield leads to a lower level of body condition, and vice versa (Roche et al., 2009). The genetic selection for milk production over the past five decades has further intensified this association, particularly for milk-oriented breeds like Holstein Friesian (Dillon et al., 2003). However, the relationship between body condition and milk parameters for Simmental dairy cows has not been thoroughly investigated. Existing publications have provided insights into the condition of Simmental cattle in Bavaria, based on the works of Kritzing et al. (2009); Kritzing and Schoder (2009a, 2009b); Martin et al. (2014); Heuwieser and Mansfeld (1992). Nevertheless, a comprehensive exploration of the over- or underconditioning in dual-purpose breeds in general and in Simmental cows in particular, remains lacking.

In this present study, we aim to bridge this gap by utilizing a dataset of thousands of observations (4881) on the Simmental dual-purpose breed. Specifically, this study aims to: 1) investigate the percentage of over- and underconditioned cows at different lactation stages and parity categories, 2) determine their association with production parameters, namely milk yield, milk fat and milk protein content, and 3) improve the examination of Simmental dual-purpose cows on Bavarian farms. To the best of our knowledge, such an analysis has not been conducted before.

2. Materials and methods

2.1. Farm recruitment and data collection

The data set was collected in an extensive, cross-sectional study, initiated and funded by the German Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL) through the Federal Office for Agriculture and Food (BLE), grant number 2814HS008. Study design, farm selection process, sampling procedure and data collection of this study are elaborated on elsewhere (Oehm et al., 2022a; Oehm et al., 2020; Abele et al., 2022; Oehm et al., 2022b). In brief, the data included information from 765 farms in three structurally different German regions (region North: federal states of Schleswig-Holstein and Lower Saxony (253 farms); region East: federal states of Mecklenburg-Western Pomerania, Brandenburg, Thuringia and Saxony-Anhalt (252 farms); region South: federal state of Bavaria (260 farms)), which were randomly selected by farm size and administrative district. In the present work, only data from study region South (260 farms) were evaluated because only in Bavaria the Simmental breed is the predominant breed. We utilized data within a 21-day window both before and after the BCS visit, as the lactation stage is critical and some stages are short, requiring close proximity between BCS scoring and milk parameter measurement. This further reduced the number of farms to only 134. Due to the Simmental focus, 15 farms were filtered out because they do not have Simmental cows, which resulted in a final number of 119 farms analyzed in this study.

The farm managers provided the data voluntarily with a written consent of interest. Further information such as breed, dpp, parity, milk yield, milk fat content and milk protein content were allocated from the LKV (Dairy Herd Improvement) and from the Milchprüfung Bayern e.V.

All farm-specific information was handled according to the principles of the German and European data protection legislation.

The researchers (15 trained veterinarians) visited the farms once between December 2016 and August 2019. Kristensen et al. (2006) confirm that the differences between raters is reduced and the BCS assessment is improved when the assessors are trained by experts. Prior to the start of this study, the observers participated in a three-day workshop training their skills in cow monitoring. This is important to ensure accurate results (Edmonson et al., 1989; Houghton et al., 1990). During the data collection, the assessors were evaluated three times with a two-day workshop including body condition scoring, training and discussion. Their Intraclass Correlation Coefficient (ICC) rose from 0.59 in the first session to 0.79 in the second and maintained this level (ICC = 0.76 in the third session).

During the farm visit, the individual ear tag number was documented for each cow (lactating and dry animals) and the cows were scored for body condition by visual observation. BCS was recorded in the 5-point scale with 0.25-unit increments presented by Edmonson et al. (1989), later modified by Metzner et al. (1993) and adapted to diverse breeds including Simmental cows by Kritzing et al. (2009); Kritzing and Schoder (2009a, 2009b); Martin et al. (2014) as well as Heuwieser and Mansfeld (1992). We extend their approach by defining undercondition as the BCS below the recommended optimum range per breed per lactation stage (displayed as categorized dpp) and overcondition as the BCS above the recommended optimum range per breed per lactation stage.

2.2. Data editing

The assessed BCS was transformed from a numeric variable into categorical variables: *overconditioning* and *underconditioning*. Table 1 shows the classification of BCS into different categories for Simmental cattle based on dpp (Kritzing et al., 2009; Kritzing and Schoder, 2009a, 2009b; Martin et al., 2014; Heuwieser and Mansfeld, 1992).

Dpp <0 & >299 includes not only dry cows but also cows which are in the dry-off period. There are several reasons why the dry lactation stage in our study still has milk yield. First, high-yielding cows are often dried-off when they still produce some milk (Odensten et al., 2005). Such animals can produce up to 25–30 kg of milk per day (Dingwell et al., 2004). Secondly, the dry-off period differs among farms and probably among cows on a particular farm. Lastly, since controlling for a strict dry period of every animal would be unmanageable, the lactation stage *dry* in this paper was defined to start with dpp >299, no matter whether or not a cow still produced milk or was already in the dry-off period.

The dairy cows were categorized into two distinct groups based on their parity: *primiparous* and *multiparous*.

2.3. Statistical analysis

All analyses were conducted using the R Statistical language [version 4.0.5; R CoreTeam (2021)] and the R Studio interface (RS Team, 2021).

We fitted six final multivariable logistic mixed effects models to estimate different conditions (over- and underconditioning as binary response variables of 0 s and 1 s). The conditions were estimated by milk

Table 1
Body condition of Simmental dairy cows in Bavaria, determined by days postpartum and body condition score.

days postpartum	overcondition	undercondition
0–29	>4.25	<3.30
30–99	>4.00	<3.25
100–199	>3.75	<3.25
200–299	>4.25	<3.25
<0 & >299	>4.25	<3.75

yield per day, milk fat percentage and milk protein percentage (further *milk parameters*) for every lactation stage and every level of parity via the interaction between a particular milk parameter and categorical variables *lactation stage* and *parity* inside of every model. Each of the models included *farm* as random effect on the intercept to account for potential clustering at the farm level and between-farm heterogeneity.,

- overcondition ~ milk x lactation stage x parity + (1|farm_id)
- overcondition ~ fat x lactation stage x parity + (1|farm_id)
- overcondition ~ protein x lactation stage x parity + (1|farm_id)
- undercondition ~ milk x lactation stage x parity + (1|farm_id)
- undercondition ~ fat x lactation stage x parity + (1|farm_id)
- undercondition ~ protein x lactation stage x parity + (1|farm_id)

The model fit was assessed by following indices of model performance: AIC, BIC, R2 (con.), R2 (marg.), ICC and RMSE.

The Odds Ratios (OR) for every condition, parity and for each lactation stage were then extracted from these models (Table 4). Three values (mean-SD, mean, mean+SD) per milk parameter were chosen automatically by the software in order to display change in probabilities of conditions (on the y-axes) with the change in a particular milk parameter per lactation stage (on the x-axes, Fig. 2).

Results with a p-value ≤ 0.05 were considered statistically significant. Due to the exploratory nature of our study, we did not perform p-value corrections for multiple testing in order to reduce the probability of Type II Error.

3. Results

3.1. Descriptive statistics

The present study uses body conditions of a total of 4881 Simmental cows from 119 farms in Bavaria. The majority of the cows were in dpp 100–199 (1371 cows) or dpp 200–299 (1224 cows; Fig. 1a), were multiparous (3554 cows; Fig. 1c) and in normal condition (3506 cows; Fig. 1b), while 899 cows were over- and 476 cows were underconditioned.

The distribution between the two different parity groups for particular dpp also showed that the cows were mostly in dpp 100–199 or dpp 200–299 (Table 2).

Table 3 illustrates the trends in milk production throughout lactation. It is evident that the median milk yield is notably high in the early stages and gradually becomes lower as dpp 100–199 begins. Additionally, both milk fat content and milk protein content exhibit a lower level from dpp 0–29 to dpp 30–99, followed by a gradually higher level, eventually reaching slightly higher levels than those observed at the beginning of lactation.

Simmental cattle had a median milk yield between 17 kg per day in dry lactation stage and 31 kg per day in the beginning of lactation (dpp

Table 2

Distribution inside of days post partum and parity of 4881 Simmental dairy cows from 119 farms in Bavaria.

	Days post partum					Total
	0–29	30–99	100–199	200–299	Dry	
Parity						
primiparous	60 (1.2 %)	275 (5. 6 %)	396 (8.1 %)	402 (8.2 %)	194 (4.0 %)	1327 (27.2 %)
multiparous	332 (6.8 %)	635 (13.0 %)	975 (20.0 %)	822 (16.8 %)	790 (16.2 %)	3554 (72.8 %)
Total	392 (8.0 %)	910 (18.6 %)	1371 (28.1 %)	1224 (25.1 %)	984 (20.2 %)	4881 (100.0 %)

30–99). The median milk fat content was between 3.86 % and 4.66 % and the median protein content in milk during the whole lactation varied between 3.22 % and 3.93 %.

On closer examination, it becomes apparent that at dpp 100–199 the percentage of being overconditioned rose up beyond 30 % (otherwise between 5.9 % in the beginning of lactation and 20.4 % in the dry period). The percentage of being underconditioned was highest in the dry period with 16.2 % of cows being affected (otherwise between 4.2 % and 12.5 %). The dry period was, therefore, the period with the most misconditioned cows.

3.2. Overconditioning

The probability of overconditioning in multiparous cows significantly decreased (all $p < = 0.009$) with increasing milk productivity in every lactation stage (Table 4 and Fig. 2), while it became significantly lower ($p = 0.01$) only in dpp 100–199 for primiparous cows (Indicators of model fit: AIC: 4174.624, BIC: 4310.979, R2 (cond.): 0.328, R2 (marg.): 0.176, ICC: 0.184, RMSE: 0.354).

In contrast, higher milk protein content resulted in a significantly higher odds of overconditioning in multiparous cows (all $p < = 0.01$) in every lactation stage. It also significantly increased the odds of overconditioning only at dpp 100–199 ($p = 0.001$), dpp 200–299 ($p = 0.001$) and dry ($p = 0.042$) lactation stages for primiparous cows (AIC: 4149.163, BIC: 4285.518, R2 (cond.): 0.312, R2 (marg.): 0.209, ICC: 0.131, RMSE: 0.355).

Higher milk fat percentage did not generally change the odds of overconditioning, except in dpp 100–199 for primiparous cows, where higher milk fat content led to significantly higher odds of overconditioning ($p = 0.029$, Table 4, Fig. 2; AIC: 4219.458, BIC: 4355.814, R2 (cond.): 0.288, R2 (marg.): 0.171, ICC: 0.142, RMSE: 0.358).

Dpp 100–199 thus became the most important lactation stage for overconditioning in Simmental cows, as all three milk parameters (milk, fat, and protein) were significantly associated with overconditioning (in

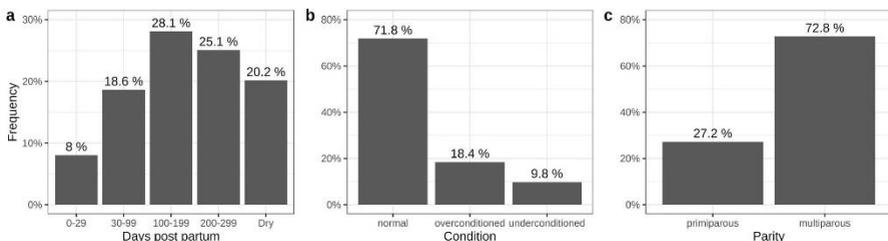


Fig. 1. Percentage distribution of days post partum (left), body condition (middle) and parity (right) of 4881 Simmental dairy cows from 119 farms in Bavaria.

Table 3

Descriptive statistics of variables included into the study, with milk yield, milk fat and protein content being continuous, while overcondition and undercondition being dichotomous (0 and 1; only 1 s are counted and displayed as percent).

Variable	Days post partum					Dry N = 984 ¹
	0-29 N = 392 ¹	30-99 N = 910 ¹	100-199 N = 1371 ¹	200-299 N = 1224 ¹		
milk yield (kg/day)	29 (26, 33)	31 (25, 36)	26 (22, 31)	22 (18, 26)		17 (14, 20)
milk fat content (%)	4.63 (4.23, 4.91)	3.86 (3.49, 4.31)	4.02 (3.62, 4.44)	4.31 (3.92, 4.76)		4.66 (4.36, 4.91)
milk protein content (%)	3.72 (3.37, 3.94)	3.22 (3.04, 3.43)	3.50 (3.32, 3.71)	3.72 (3.53, 3.94)		3.93 (3.76, 4.09)
Overconditioned	23 (5.9 %)	89 (9.8 %)	432 (31.5 %)	154 (12.6 %)		201 (20.4 %)
Underconditioned	49 (12.5 %)	90 (9.9 %)	126 (9.2 %)	52 (4.2 %)		159 (16.2 %)

¹Median (IQR); n (%)

Table 4

Odds Ratios for overconditioning (left column) and underconditioning (right column) for milk yield (top row), milk fat content (middle row) and milk protein content (bottom row) of primi- and multiparous Simmental dairy cows in Bavaria.

dpp	Overconditioning				Underconditioning			
	OR (95 % CI)		p.value		OR (95 % CI)		p.value	
	Milk (kg) - primiparous			OR (95 % CI) multiparous			OR (95 % CI) multiparous	
0-29	0.86 (0.61-1.22)		0.399	0.91 (0.84-0.98)		0.009	0.95 (0.8-1.13)	0.54 (1-1.13)
30-99	0.95 (0.88-1.03)		0.214	0.94 (0.9-0.97)		0.001	1.01 (0.92-1.1)	0.869 (0.98-1.05)
100-199	0.95 (0.91-0.99)		0.01	0.96 (0.94-0.98)		0.001	1.04 (0.97-1.12)	0.28 (0.95-1.02)
200-299	0.98 (0.9-1.07)		0.63	0.94 (0.91-0.97)		<0.001	1 (0.91-1.1)	0.957 (0.95-1.06)
Dry	0.94 (0.84-1.05)		0.276	0.93 (0.9-0.97)		<0.001	1.07 (1.01-1.14)	0.026 (1.03-1.1)
	Fat (%) - primiparous			Fat (%) - multiparous			Fat (%) - primiparous	
0-29	0.13 (0.01-2.14)		0.152	0.95 (0.49-1.86)		0.885	0.91 (0.23-3.6)	0.894 (0.38-1.01)
30-99	0.96 (0.5-1.86)		0.91	1.08 (0.76-1.52)		0.68	1.8 (0.94-3.45)	0.075 (0.63-1.3)
100-199	1.45 (1.04-2.03)		0.029	1.12 (0.91-1.39)		0.287	0.7 (0.36-1.35)	0.285 (0.47-0.92)
200-299	0.95 (0.49-1.86)		0.884	0.94 (0.71-1.25)		0.665	0.49 (0.22-1.11)	0.086 (0.82-2.17)
Dry	1.73 (0.81-3.69)		0.153	1.16 (0.85-1.6)		0.35	0.89 (0.53-1.48)	0.647 (0.71-1.53)
	Protein (%) - primiparous			Protein (%) - multiparous			Protein (%) - primiparous	
0-29	39.61 (0.01-104691.48)		0.36	5.55 (1.77-18.02)		0.003	4.51 (0.18-110.74)	0.356 (0.07-0.44)
30-99	3.99 (0.76-21.01)		0.102	5.23 (2.27-12.05)		<0.001	0.11 (0.02-0.72)	0.021 (0.07-0.48)
100-199	3.55 (1.63-7.76)		0.001	2.74 (1.69-4.45)		<0.001	0.18 (0.05-0.68)	0.011 (0.06-0.28)
200-299	8.28 (2.26-30.29)		0.001	2.22 (1.21-4.1)		0.01	0.13 (0.03-0.58)	0.008 (0.11-1.02)
Dry	5.68 (1.07-30.31)		0.042	3.12 (1.68-5.78)		<0.001	0.14 (0.04-0.46)	0.001 (0.15-0.67)

primiparous cows, while two parameters (milk and protein) were associated with overconditioning in multiparous cows. Multiparous cows displayed a stronger association with milk parameters during lactation compared to primiparous cows.

3.3. Underconditioning

In contrast to overconditioning, the probability of underconditioning is significantly lower with higher milk protein content in almost every lactation stage (all p-values \leq 0.021, Fig. 2 and Table 4), except dpp 0-29 in primiparous and dpp 200-299 for multiparous cows, where no effect was found (AIC: 2866.397, BIC: 3002.752, R2 (cond.): 0.250, R2 (marg.): 0.138, ICC: 0.130, RMSE: 0.279).

Contrary to milk protein content, milk fat content revealed no

association with underconditioning throughout lactation, except for significantly lower odds of underconditioning ($p = 0.015$) associated with higher fat percentage in dpp 100-199 in multiparous cows (AIC: 2938.206, BIC: 3074.562, R2 (cond.): 0.218, R2 (marg.): 0.091, ICC: 0.140, RMSE: 0.282).

High milk yield was found to be associated with higher odds of underconditioning only in the dry lactation stage in primiparous cows ($p = 0.026$) and in dpp 0-29 ($p = 0.05$) and dry ($p = 0.001$) lactation stages in multiparous cows (AIC: 2935.200, BIC: 3071.555, R2 (cond.): 0.224, R2 (marg.): 0.079, ICC: 0.158, RMSE: 0.281). In other lactation stages, in both primiparous and multiparous cows, there was no association between elevated milk yield and underconditioning.

Milk protein once again emerged as the most critical milk parameter related to body condition, as there were significantly lower levels of

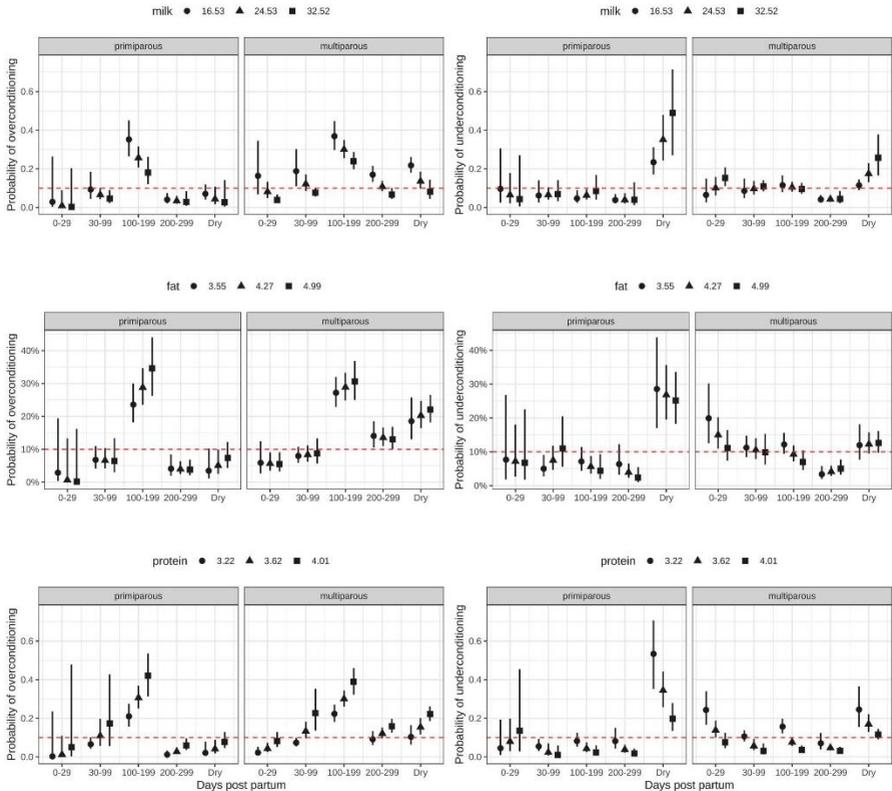


Fig. 2. Probabilities of overconditioning (2 columns on the left) and underconditioning (2 columns on the right) estimated for milk yield (top row), fat content (middle row) and protein content (bottom row) for days post partum of Simmental dairy cows in Bavaria, stratified into primiparous and multiparous. The three values of each parameter (mean-SD, mean and mean+SD) were meant to uncover existing trends between the magnitude of the parameter and the probability of a given condition. The horizontal dashed line at 10 % is the recommended threshold for misconditioning (Kellogg, 2010), which is not supposed to be exceeded.

underconditioning associated with increasing protein content in nearly every lactation stage. The dry stage emerged as the most critical lactation stage for underconditioning. In this stage, both milk protein content and milk yield exhibited associations with underconditioning in both primiparous and multiparous Simmental dairy cows.

3.4. Parity

Due to limited data availability, a more refined categorization of parity (into e.g. 1, 2, 3+) was not feasible. Even within these two broad categories, the confidence intervals appear quite wide, primarily due to the relatively limited amount of data available for each lactation stage, specific condition and parity group when compared to the scenario where no such separation was made.

Our models suggest that there are differences between primiparous and multiparous Simmental dairy cows in Bavaria (Fig. 2). Specifically,

the model for milk yield indicates that multiparous cows have a slightly higher probability of overconditioning in comparison to primiparous cows in every lactation stage. In the models for fat and protein content, multiparous cows exhibit a higher probability of overconditioning at the end of lactation, particularly in dpp 200 – 299 and dry lactation stages, while the differences between primiparous and multiparous cows in dpp 0 – 29, dpp 30 – 99 and 100 – 199 are less pronounced.

The most significant difference in the probability of underconditioning is observed in the dry stage, where the probability of underconditioning is higher in primiparous cows compared to multiparous cows for all three parameters (milk, fat and protein). In other lactation stages, there are no noticeable differences between primiparous and multiparous animals in any of the milk parameters.

4. Discussion

This study explores the relationship between body condition and milk parameters in German Simmental cows stratified by stages of lactation and parity. German Simmental cows were chosen in order to reduce the gap in literature about such a relationship for dual-purpose breeds. Similarly to previous studies on Holstein Friesian breed which postulated that higher milk yield and higher milk fat percentage lead to a lower level of the body condition score of cows (Vries and Veerkamp, 2000; Pedron et al., 1993), German Simmental in our study exhibited reduced probability to be overconditioned.

However, in contrast to studies in Holstein Friesian, which did not find milk protein content to be associated with a change in BCS, our results indicate a strong relationship between body condition and milk protein content for dual-purpose cows, where higher milk protein percentage is positively correlated with overconditioning and negatively correlated with underconditioning in both primi- and multiparous cows. Furthermore, we demonstrate that explicitly studying over- and undercondition of dairy cows is a valuable tool that might help to improve the welfare of the animals. In particular, our results uncover an exalted probability of overcondition in the middle of lactation (dpp = 100–199) and an exalted probability of undercondition in the dry stage (dpp = < 0 & > 299), which is highly concerning and needs to be addressed.

4.1. Breed

Although the relationship between body condition and milk parameters is breed-dependent (Roche et al., 2007; Piccand et al., 2013; Zablotki et al., 2022), studies about dual-purpose cattle have been scant and mainly investigate the interplay between body condition and reproduction whereas milk parameters often play a secondary role (Aeberhard et al., 2001; Gillund et al., 2001). Thus, by focusing on dual-purpose Simmental cattle, this study provides new insights into the relationship between body condition and milk parameters.

To the best of our knowledge, this is the first study about body condition and its relationship with milk parameters in Simmental dairy cows in Bavaria. Exploring dual-purpose breeds is important since they do not only provide meat alongside milk, but they are also able to populate mountainous areas, where Holstein Friesians are not used often. Furthermore, Simmental cows are often more robust and resistant to diseases (Schicht, 2007). Besides, dual-purpose breeds have more muscle than dairy breeds (Bewley and Schutz, 2008) and Holstein Friesian for example deposit more of their fat intra-abdominally than Simmental (Otto, 1990). Therefore, body condition changes in dual-purpose cows are more due to changes in muscle content as compared to dairy cows, where these changes are mostly due to fat content (Campeneere et al., 2000).

However, most of the studies focus on Holstein Friesian dairy cows (Pires et al., 2013; Buckley et al., 2003), so that current knowledge about the relationship between body condition and milk parameters might be highly biased towards the milk-oriented Holstein breed. Some studies draw a comparison with Jersey cows (Roche et al., 2007) or Brown Swiss (Piccand et al., 2013), but we only found a few small studies focusing on the Simmental breed exploring the association of BCS (not the body condition) and milk parameters (Jilek et al., 2008; Erdem et al., 2015). Although the patterns of BCS-change might be similar across dual-purpose breeds and dairy breeds (Aeberhard et al., 2001), it is worth to have a deeper look in the differences.

Our study included 4881 animals from 119 Bavarian farms and found similar (Jilek et al., 2008) as well as different (Erdem et al., 2015) results compared with only a few other studies conducted on Simmental cattle. Some studies used less data (Piccand et al., 2013; Jilek et al., 2008) or had another focus, for example the seasons (Erdem et al., 2015) or muscularity (Frigo et al., 2013).

A limited number of studies, farms, herds and animals might have resulted in incomplete or incongruent results about the relationship

between body condition and milk parameters in dual-purpose cows. A significant correlation between protein and body condition uncovered in our study suggests the necessity for more breed-specific research.

4.2. Body condition

There is an agreement in literature that positive milk yield responds to lower BCS (Waltner et al., 1993; Erdem et al., 2015; Jilek et al., 2008). Our results corroborate this statement and demonstrate that the probability of being overconditioned is lower when higher amount of milk produced. Interestingly, despite the dual-purposefulness of the Simmental cattle, the producers' focus of Simmental herds is mostly on milk yield.

In contrast to Holstein Friesian breed, where higher milk yield raises the probability of underconditioning during the whole lactation, there is no similar effect in Simmental breed (Fig. 2). Particularly, in dpp 200–299, the probability of underconditioning is very low (<10 %) and rising milk yield has no effect on the probability of underconditioning in any parity.

According to the literature, less than 10 % of the herd should be over- or underconditioned (Kellogg, 2010). While we agree with this recommendation, our results unfortunately exhibit, that this rarely happens in our data set. Particularly, our results display that preventive measures against overconditioning should be applied in the middle of lactation, while measures against underconditioning should be applied in the end (dry stage) for both parity levels and the beginning of lactation for multiparous cows.

4.3. Body condition and protein

While previous research has often did not find any relationship between protein percentage in milk and the body condition in Holstein Friesian cows (Hoiter et al., 1990), this study underlines that milk protein is in fact an important predictor of body condition in Simmental cows in every lactation stage for multiparous and most of lactations stages for primiparous cows.

The energy supply along with other factors such as genetics, milk performance or diseases has a major influence on the milk protein content (Richardt, 2004). The reason for higher milk protein percentage in fat cows is the disordered energy balance. Milk protein mirrors the rumen microbiome: the more microbes, the more milk protein because when there are enough precursors (starch, amino acids, urea) available, the protein biosynthesis works well. Low milk protein percentages (<3.00 %) indicate an insufficient energy supply, higher ones (>3.80 %) a (too) high-energy feeding (Swissgenetics, 2021). This coincides with our results: higher milk protein content increases the probability of being overconditioned for both parities.

Some studies reassure the relation between milk protein percentage and welfare of dairy cows. Heckel (2009) found significantly higher milk protein values in peripartally diseased cows. Other studies observed the opposite (Dechow et al., 2002). The role of milk protein content in dual-purpose cattle might not be as harmful though, because they have a higher percentage of body-muscles and lower percentage of body-fat compared to Holstein Friesian cows (Rosenberger et al., 2004).

The disagreements with the literature are presumably due to the breed differences, mainly driven by the dual-purposefulness of Simmental. A few studies which examined the protein percentage in milk of Simmental cows found similar results (Jilek et al., 2008; 3.35 %; Frigo et al., 2013; 3.43 %; Piccand et al., 2013; 3.31 %) to ours (3.22–3.93 %) while studies analyzing Holstein Friesian cows consistently reported different results (Richardt, 2004; 2.8 %–3.2 %; Yang et al., 2013; 3.02 %; Rodriguez et al., 1985; 3.20 %).

4.4. Body condition and milk yield

The negative relationship between overconditioning and milk yield

T. Rabus et al.

Preventive Veterinary Medicine 220 (2023) 106042

found in this study has been also reported previously (Veerkamp and Brotherstone, 1997; Roche et al., 2005; Stockdale, 2004). A total of 40–100 days after calving, BCS declines whereas the lactation climaxes (Friggens et al., 2004; Pryce and Harris, 2006; Roche et al., 2006). Afterward, the body condition score shows a shift towards an increase as the milk yield drops (Coffey et al., 2004; Berry et al., 2006; McCarthy et al., 2007). A negative association between nadir body condition and milk production is often presented in the literature and regularly described as a mirror image (Roche et al., 2009; Frigo et al., 2013). Garnsworthy and Topps (1982a) also saw a negative effect, but with differences between fat and thin cows. On the one hand fat cows take longer to begin regaining lost body condition than thin cows (Pedron et al., 1993). On the other hand, thinner cows produced more milk than the fatter ones due to a greater dry matter intake (DMI). The results of our study do not confirm this statement: the probability of underconditioning rises with higher amount of milk produced only in the dry lactation stage and in multiparous cows only in the very beginning of lactation (dpp 0–29).

However, there are studies which did not find any relationship between body condition and milk yield (Garnsworthy and Topps, 1982b; Ruegg and Milton, 1995; Broster and Broster, 1998). It needs to be noted that in these studies, the amount of data was small, mainly Holstein-Friesian breed was studied and the underconditioned cows were often underrepresented.

The reason for the lower level of body condition with higher amount of milk is the negative energy balance (NEB) the cow enters which is driven by the high milk production. This production exceeds the energy intake (Buckley et al., 2003) and the dairy cow needs to take her energy reserves from mobilization of body fat (Agenäs et al., 2003; Coffey et al., 2002). This can make up to 30 % of the whole energy intake in early lactation (Bines and Morant, 1983). As “mobilization of body fat reserves and milk production are closely related” (Pryce et al., 2002), fat reserves are often seen as fostering the amount of milk (Domecq et al., 1997; Markusfeld et al., 1997; Pedron et al., 1993). Horan et al. (2005) prove this hypothesis by turning the arguments around: cows with lower milk yield were reported to have a higher body condition during the whole lactation. Our results maintain these statements: due to the energy conversion from body to product, the probability of underconditioning is higher in the dry stage with higher amount of milk even in dual-purpose breed, like Simmental.

However, severe underconditioning might greatly reduce milk yield. Domecq et al. (1997) state that an increase of one BCS-point in thin cows during the dry stage leads to 545 kg more milk in the first 120 days of lactation. Our results demonstrate, that higher milk yield results into a lower level in over- and no change (except of dry period) in underconditioning.

4.5. Body condition and fat

With higher milk quantity, the percentage of milk fat usually drops (Richardt, 2004; Heckel, 2009). This is due to the lack of energy in the beginning of lactation and due to the composition of the milk which is influenced by external factors such as climate, feeding or animal welfare and by internal factors such as genetics, parity or lactation stages (Glatz-Hoppe et al., 2020; Fox and McSweeney, 1998; Cao et al., 2010).

Lesser overconditioning and higher underconditioning with growing milk fat content found in our study might be due to the conversion from body-fat into milk-fat. This negative correlation between the nadir of the NEB and the peak of the fat percentage in the first days of lactation has also been found in other studies (Vries and Veerkamp, 2000; Domecq et al., 1997; Bourchier et al., 1987). Dechow et al. (2002) confirm: especially breeds which are more prone to lose body condition in early lactation have higher fat percentage in milk.

Our results disagree with the results from studies which report a positive correlation between nadir of the NEB and the peak of the fat-percentage (Stockdale, 2001; Chilliard, 1992; Holter et al., 1990).

These studies were conducted with Holstein Friesian cows, which might explain the differences of the results. Frigo et al. (2013) found different milk fat percentages (3.93 %) in Simmental cows as compared to our study (>4.02 %, except dpp 0–29), however, they only explored primiparous cows.

The percentage of fat in milk is only significantly related with body condition in dpp 100–199 in our study for overconditioning in primiparous and for underconditioning in multiparous cows. Other authors also found milk fat content not always to be important (Heckel, 2009).

4.6. Parity

In previous research, it has been established that all milk parameters (milk yield, fat and protein content) are influenced by parity ($p < 0.05$), but parities two and higher do not exhibit differential effects due to body condition score or BCS changes, as reported by Roche et al. (2007). Consequently, this study categorizes dairy cows into two groups based on parity: primiparous and multiparous.

Prior investigations have adopted various approaches. Some exclusively focused on multiparous cows (Berry et al., 2003), while others concentrated solely on primiparous cows (Pryce and Harris, 2006; Banos et al., 2004). Additionally, there have been studies that differentiated between parity groups but did not find significant differences between parities (Roche et al., 2006). In our study, we have identified certain distinctions between parities, consistent with observations made by other researchers.

Several authors have reported an association between parity and cows BCS (Dechow et al., 2002; Pryce et al., 2001; Roche et al., 2007). Hoedemaker et al. (2009) demonstrated that the mean BCS in primiparous cows was higher than in multiparous cows by 0.12 BCS points. This observation aligns with the findings of Roche et al. (2007), who noted that “first-parity cows calved at the highest BCS” and observed a tendency for BCS at nadir to be lower in older animals, a trend also supported by others (Mao et al., 2004). Friggens et al. (2007) identified significant differences between parities in terms of body energy change, particularly in the early lactation stages.

The higher probability of underconditioning during the dry period in primiparous cows, as found in our study, may be attributed to the fact that they are still growing (Roche et al., 2009). This growth phase might lead to a slower and less extensive recovery in primiparous dairy cows (Gallo et al., 1996). Additionally, the higher probability of overconditioning observed at the end of lactation in multiparous cows in our study could be attributed to reduced energy demands, as cows produce less milk during this period. If multiparous cows continue to be fed the same amount of feed, they may consume more energy than required, resulting in overconditioning. These findings underscore the necessity for management adjustments. Primiparous Simmental dairy cows should receive preferential treatment during the late lactation stages to ensure they do not enter their second parity with insufficient body condition, while multiparous cows should get a different diet.

4.7. Lactation stages

The present study separates the whole lactation into five lactation stages because the ideal body condition is highly dependent on the lactation stages (Ferguson, 1996). This is important because it gives more insights and a deeper understanding of the relationships between body condition and milk parameters. Significant differences can be observed even between the initial stages of lactation (dpp 0–29 and dpp 30–99), particularly in terms of milk protein content in relation to underconditioning in multiparous cows.

Most of the studies only differentiate between nadir/calving and post calving (if applicable early and late) BCS, some classify three stages of lactation (Erdem et al., 2015: 1 = $70 \pm 14d$, 2 = $140 \pm 14d$, 3 = $210 \pm 14d$). Yet even in this small differentiation a significant difference exists among the lactation stages (Erdem et al., 2015): the lowest BCS

T. Rabus et al.

Preventive Veterinary Medicine 220 (2023) 106042

mean (3.30) was detected in the first lactation stage (56–84 days), the highest (3.40) in the third (196–224 days). Erdem et al. (2015) explain this by an intensive body reserve mobilization related with milk production at the beginning of lactation and then regaining body reserves with dropping milk yield in later lactation stages. This view is supported by other studies which analyzed different lactation stages (Wattiaux, 1996; Horn et al., 1992).

The reason for overconditioning in dpp 100–199 might be due to the change from lactation climax to milk drop 100 days after calving and the associated change to positive energy balance (Friggens et al., 2004; Coffey et al., 2004; McCarthy et al., 2007). The energy intake is slowly again adequate to fulfill the energy needs of the dairy cow and even exceed them - the cow is getting overconditioned.

The reason for underconditioning in the dry period might be the rising energy demand due to the gravidity (Moe and Tyrrell, 1972). In contrast, the DMI declines around 30% in the same time (Bertics et al., 1992; Grummer, 1993). At this point, the energy requirement in late gravidity rises up to 75% compared to equally heavy, non-pregnant cows (Moe and Tyrrell, 1972). Therefore, the effectiveness of body condition buildup in the dry stage is less than in other lactation stages (Gearhart et al., 1990; Wildman et al., 1982). One possible explanation for the high number of underconditioned animals during the dry lactation stage is the reduced amount of food provided to the animals. Additionally, dairy cows are often fed with hay only, aiming to reduce the probability of overconditioning at the start of the next lactation (PraeRi, 2020).

The ideal implementation approach would be a two-phase feeding during the dry stage. Subclassifying dry cows into two groups allows for the implementation of distinct feeding strategies. In the beginning of the dry stage, one group can be fed low-energy feed, while the other group can be prepared for lactation at the end of the dry stage with high-energy forage. PraeRi (2020) reveals that only about 60% of Bavarian farms actually choose the two-phase feeding. One possible explanation for this situation could be the relatively small average herd size in Bavaria. Consequently, it may not be practical or feasible to separate every stage individually. As a result, cows in the dry stage were often grouped together with heifers or dairy cows in the late lactation stage (PraeRi, 2020). There is definitely a need for action to get Simmental dairy cows out of over- or undercondition for their best productivity during all lactation stages.

4.8. Limitations of the study

The cross-sectional nature of data collection entails certain limitations due to the study design. It is important to be aware that exposures as well as outcomes are assessed at the same time, thus, this might be a potential source of bias (Oehm et al., 2022a, 2022b).

Furthermore, the data of the present study were collected with voluntary participation of the farmers. This might have led to a selection of only motivated and proactive farmers with good stockbreeding conditions on their farms or those which have specific problems in their management and want to solve them. This could hide the true prevalence of misconditioned cows in the Bavarian dairy cow population, so that such true prevalence might be higher or lower.

Another limitation of the study is that we did not conduct multiple testing in the statistical analysis. This was not feasible due to the limited dataset resulting from the complexity of the interaction models. Additionally, the quality of the data may be constrained by the one-time collection during the BCS assessment. Furthermore, the milk parameters were not monitored on a daily basis. These factors contribute to a higher risk of Type II Error (missing a discovery), leading to the decision not to adjust p-values for multiple testing in this study.

Our study adopts a novel approach by distinguishing between overcondition and undercondition, in contrast to most studies (Roche et al., 2007) that utilize BCS. While this approach presents challenges when comparing our study to others, it facilitates more accurate

comparisons among breeds since a specific body condition (either over- or undercondition) may correspond to different BCS values in various breeds.

5. Conclusions

This paper aims to bridge the knowledge gap regarding Simmental dairy cows and their relationship between body condition and milk parameters, with a particular emphasis on the significance of milk protein content. Our study highlights the mid-lactation and dry stages as critical periods where the likelihood of over- or underconditioning is notably elevated. Implementing targeted improvements in livestock management tailored to the various lactation stages may contribute to enhanced milk yield, as well as the overall health and welfare of Simmental dairy cows in Bavaria.

Funding

This research was supported by the German Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL) through the Federal Office for Agriculture and Food (BLE), grant number 2814HS008.

CRedit authorship contribution statement

MH developed the concept of the PraeRi study, applied for funding and provided the overall management of the study. YZ initiated and conceptualized this study. TR and YZ conducted statistical analyses, interpreted the results and wrote the manuscript. MH, GK, AO and KEM were involved in the collection and cleaning the data. All authors revised the final version of the manuscript.

Declaration of Competing Interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

References

- Abele, G.E., Zablotski, Y., Feist, M., Jensen, K.C., Stockel, A., Campeid, A., Merle, R., Oehm, A.W., 2022. Prevalence of and Factors Associated with Swellings of the Ribs in The Stall Housed Dairy Cows in Germany. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269726>.
- Aeberhard, K., Bruckmaier, R.M., Kuepfer, U., Blum, J.W., 2001. Milk yield and composition, nutrition, body conformation traits, body condition scores, fertility and diseases in high-yielding dairy cows – part 1. *J. Vet. Med. Ser. A* 88, 97–110. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0442.2001.00292.x>.
- Agarwal, S., Burstedt, E., Holtenius, K., 2003. Effects of feeding intensity during the dry period. 1. feed intake, body weight, and milk production. *J. Dairy Sci.* 86 (March), 870–882. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(03\)73670-4](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(03)73670-4).
- Banos, G., Brotherton, S., Coffey, M.P., 2004. Evaluation of body condition score measured throughout lactation as an indicator of fertility in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 87 (August), 2669–2676. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(04\)73393-7](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(04)73393-7).
- Berry, D.P., Buckley, F., Dillon, P., Evans, R.D., Rath, M., Veerkamp, R.F., 2002. Genetic parameters for level and change of body condition score and body weight in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85, 2030–2039. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74280-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74280-X).
- Berry, D.P., Buckley, F., Dillon, P., Evans, R.D., Rath, M., Veerkamp, R.F., 2003. Genetic relationships among body condition score, body weight, milk yield, and fertility in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86, 2193–2204. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73809-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73809-0).
- Berry, D.P., Veerkamp, R.F., Dillon, P., 2006. Phenotypic profiles for body weight, body condition score, energy intake, and energy balance across different parities and concentrate feeding levels. *Livest. Sci.* 104 (October), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.02.012>.
- Bertics, S.J., Grummer, R.R., Cadorniga-Valino, C., Stoddard, E.E., 1992. Effect of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration and early lactation. *J. Dairy Sci.* 75, 1914–1922. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77951-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77951-X).
- Bewley, J.M., Schatz, M.M., 2008. Review: an interdisciplinary review of body condition scoring for dairy cattle. *Prof. Anim. Sci.* 24, 507–520.
- Bines, J.A., Morant, S.V., 1983. The effect of body condition on metabolic changes associated with intake of food by the cow. *Br. J. Nutr.* 50, 81–89. <https://doi.org/10.1079/BJN19830074>.

T. Rabus et al.

Preventive Veterinary Medicine 220 (2023) 106042

- Bourchier, C., Garnsworthy, P., Hutchinson, J., Benton, T., 1987. The relationship between milk yield, body condition and reproductive performance in high yielding dairy cows. *Proc. Br. Soc. Anim. Prod.* (1972) 2–2. <https://doi.org/10.1017/S030822960034450>.
- Broster, W., Broster, V., 1998. Body score of dairy cows. *J. Dairy Res.* 65, 155–173. <https://doi.org/10.1017/S0022039997002550>.
- Buckley, F., O'Sullivan, K., Mee, J.F., Evans, R.D., Dillon, P., 2003. Relationships among milk yield, body condition, cow weight, and reproduction in spring-calving Holstein-Friesians. *J. Dairy Sci.* 86 (July), 2308–2319. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(03\)73823-5](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(03)73823-5).
- Campeneere, S., De, C.V., Bouquec, Fiems, L.O., 2000. In vivo estimation of body composition in cattle. *Nutr. Abstr. Rev. Ser. B. Livest. Feeds Feed.* 70, 495–508.
- Cao, Z., Huang, W., Wang, T., Wang, Y., Wen, W., Ma, M., Li, S., 2010. Effects of parity, days in milk and milk production and milk compositions on milk urea nitrogen in Chinese Holstein. *J. Anim. Vet. Adv.* 9, 688–695.
- Chilliard, Y., 1992. Physiological constraints to milk production: factors which determine nutrient partitioning, lactation persistency and mobilization of body reserves. *World Rev. Anim. Prod.* 19, 2–26.
- Coffey, M.P., Simm, G., Brotherton, S., 2002. Energy balance profiles for the first three lactations of dairy cows estimated using random regression. *J. Dairy Sci.* 85 (October), 2669–2678. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(02\)74352-X](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(02)74352-X).
- Coffey, M.P., Simm, G., Oldham, J.D., Hill, W.G., Brotherton, S., 2004. Genotype and diet effects on energy balance in the first three lactations of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87, 4318–4326. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(04\)73577-8](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(04)73577-8).
- Correa, M.T., Curtis, C.R., Erb, H.N., Scarlett, J.M., Smith, R.D., 1990. An ecological analysis of risk factors for postpartum disorders of holstein-friesian cows from thirty-two new york farms. *J. Dairy Sci.* 73, 1515–1524. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(90\)78819-4](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(90)78819-4).
- Dechow, C.D., Rogers, G.W., Clay, J.S., 2002. Heritability and correlations among body condition score loss, body condition score, production and reproductive performance. *J. Dairy Sci.* 85 (November), 3062–3070. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(02\)74393-2](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(02)74393-2).
- Dillon, P., Snijders, S., Buckley, F., Harris, B., O'Connor, P., Mee, J.F., 2003. A comparison of different dairy cow breeds on a seasonal grass-based system of milk production. 2. Reproduction and survival. *Livest. Prod. Sci.* 83, 35–42 [https://doi.org/10.1016/S0304-1016\(03\)00162-6](https://doi.org/10.1016/S0304-1016(03)00162-6).
- Dingwell, R.T., Leslie, K.E., Schukken, Y.H., Sargeant, J.M., Timms, L.L., Duffield, T.F., Keeffe, G.P., Kelton, D.F., Lissens, K.D., Conklin, J., 2004. Association of cow and quarter-level factors at drying-off with new intramammary infections during the dry period. *Prev. Vet. Med.* 63 (April), 75–89. <https://doi.org/10.1016/J.PREVETMED.2004.01.012>.
- Domecq, J.J., Skidmore, A.L., Lloyd, J.W., Kaneene, J.B., 1997. Relationship between body condition scores and milk yield in a large dairy herd of high yielding holstein cows. *J. Dairy Sci.* 80, 101–112. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(97\)75917-4](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(97)75917-4).
- Edmonson, A.J., Jan, J., Lean, Weaver, L.D., Farver, T., Webster, G., 1989. A body condition scoring chart for holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72 (January), 68–78. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(89\)79081-0](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(89)79081-0).
- Erdem, H., Atasver, S., Kul, E., 2015. Relations of body condition score with milk yield and reproduction traits in simmental cows. *Large Anim. Rev.* 21, 321–234.
- Ferguson, James D., 1996. Implementation of a body condition scoring program in dairy herds – feeding and managing the transition cow. *Proc. Penn. Annu. Conf., Univ. PA., Cent. Anim. Health Product., Kennett Sq., PA.*
- Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., 1998. Dairy Chemistry and Biochemistry. *Blackie Academic and Professional.* London, UK.
- Friggens, N.C., Ingvartsen, K.L., Emmans, G.C., 2004. Prediction of body lipid change in pregnancy and lactation. *J. Dairy Sci.* 87 (April), 988–1000. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(04\)73244-0](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(04)73244-0).
- Friggens, N.C., Berg, P., Thelgaard, P., Korsgaard, I.R., Ingvartsen, K.L., Lovendahl, P., Jensen, J., 2007. Breed and parity effects on energy balance profiles through lactation: evidence of genetically driven body energy change. *J. Dairy Sci.* 90 (November), 5291–5305. <https://doi.org/10.3168/JDS.2007.00175>.
- Frigo, E., Samers, A.B., Vicario, D., Bagnato, A., Pedron, O., 2013. Heritabilities and genetic correlations of body condition score and muscularity with productive traits and their trend functions in italian simmental cattle. *Ital. J. Anim. Sci.* 12, 240–246. <https://doi.org/10.4081/ijas.2013.440>.
- Gallo, L., Garnier, P., Cassandro, M., Mantovani, R., Bailoni, L., Contiero, B., Bittante, G., 1996. Change in body condition score of holstein cows as affected by parity and mature equivalent milk yield. *J. Dairy Sci.* 79 (June), 1009–1015. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(96\)76452-4](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(96)76452-4).
- Garnsworthy, P.C., Topps, J.H., 1982a. The effect of body condition of dairy cows at calving on their food intake and performance when given complete diets. *Anim. Sci.* 35, 113–119.
- Garnsworthy, P.C., Topps, J.H., 1982b. The effects of body condition at calving, food intake and performance in early lactation on blood composition of dairy cows given complete diets. *Anim. Sci.* 35, 121–125.
- Gearhart, M.A., Curtis, C.R., Erb, H.N., Smith, R.D., Sniffen, C.J., Chase, L.E., Cooper, M. D., 1990. Relationship of changes in condition score to cow health in Holsteins. *J. Dairy Sci.* 73, 3132–3140. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(90\)79002-9](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(90)79002-9).
- Gillund, P., Relsken, O., Gröhn, Y.T., Karlborg, K., 2001. Body condition related to ketosis and reproductive performance in Norwegian dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84, 1390–1396. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(01\)70170-1](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(01)70170-1).
- Glath-Hoppe, J., Boldt, A., Spiekers, H., Mohr, E., Losand, B., 2020. Relationship between milk constituents from milk testing and health, feeding, and metabolic data of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 103, 10175–10194. <https://doi.org/10.3168/JDS.2019-17981>.
- Grummer, R.R., 1993. Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76, 3882–3896. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(93\)77729-2](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(93)77729-2).
- Halász, A., Jónás, E., 2014. Optimised dairy cow feeding economy in Hungary. *Appl. Stud. Agribus. Comm.* 8 (September), 69–72. <https://doi.org/10.19041/apstruc/2014/23/8>.
- Heuer, C., Schukken, Y.H., Döbelaer, P., 1999. Postpartum body condition score and results from the first dry day milk as predictors of disease, fertility, yield, and culling in commercial dairy herds. *J. Dairy Sci.* 82, 295–304. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(99\)75236-7](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(99)75236-7).
- Heuvelink, W., Mansfeld, R., 1992. Beurteilung Der körperkondition Bei Milchkuhen. Teil 2. *Milchprax.* 30, 10–14.
- Hoedemaker, M., Prange, D., Gundelach, Y., 2009. Body condition change ante- and postpartum, health and reproductive performance in German Holstein cows. *Reprod. Domest. Anim.* 44 (April), 167–173. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2007.00992.x>.
- Holter, J.B., Słomicki, M.J., Hayes, H.H., Bozak, C.K., Urban, W.E., McGilliard, M.L., 1990. Effect of prepartum dietary energy on condition score, postpartum energy, nitrogen partitions, and lactation production responses. *J. Dairy Sci.* 73, 3502–3511. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(90\)79050-9](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(90)79050-9).
- Horan, B., Dillon, P., Faverdin, P., Delaby, L., Buckley, F., Rath, M., 2005. The Interaction of Strain of Holstein-Friesian Cows and Pasture-Based Feed Systems on Milk Yield, Body Weight, and Body Condition Score. *J. Dairy Sci.* 88 (March), 1231–1243. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(05\)72790-9](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(05)72790-9).
- Horn, H.H., Van, C.H., Wilcox, D.Lorenzo, M.A., 1992. Large dairy herd management. Print; distribution arranged for by Management Services, American Dairy Science Association, Champaign, IL.
- Houghton, P.L., Lemenger, R.P., Moss, G.E., Hendrix, K.S., 1990. Prediction of postpartum beef cow body composition using weight to height ratio and visual body condition score. *J. Anim. Sci.* 68, 1428–1437.
- Jilek, F., Pyloun, P., Kubsova, M., Štěpánková, M., Bouška, J., Volek, J., Frellich, J., Rajmon, R., 2008. Relationships among body condition score, milk yield and reproduction in Czech Fleckvieh cows. *Czech J. Anim. Sci.* 53, 357–367.
- Jorritsma, R., Jorritsma, H., Schukken, Y.H., Bartlett, P.C., Wensing, T., Wentink, G.H., 2001. Prevalence and indicators of post partum fatty infiltration of the liver in nine commercial dairy herds in the Netherlands. *Livest. Prod. Sci.* 68 (February), 53–60. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00208-6](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00208-6).
- Kellogg, W., 2010. Body condition scoring with dairy cattle. *Agric. Nat. Resour.* <http://www.usars.usda.edu/>.
- Morrow, D.A., 1976. Fat cow syndrome. *J. Dairy Sci.* 59 (September), 1625–1629. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(76\)8415-3](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(76)8415-3).
- Pedron, O., Chelli, F., Senatore, E., Baroli, D., Rizzi, R., 1993. Effect of body condition score at calving on performance, some blood parameters, and milk faty acid composition in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76, 2528–2535. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(93\)77588-8](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(93)77588-8).
- Piccardi, V., Gattelli, E., Meier, S., Schori, F., Kunz, P.L., Roche, J.R., Thomet, P., 2013. Production and reproduction of fleckvieh, brown swiss, and 2 strains of holstein-friesian cows in a pasture-based, seasonal-calving dairy system. *J. Dairy Sci.* 96 (August), 5352–5363. <https://doi.org/10.3168/JDS.2012.6444>.
- Pires, J.A.A., Delavaud, C., Faulconnier, Y., Pomiès, D., Chilliard, Y., 2013. Effects of body condition score at calving on indicators of fat and protein mobilization of periparturient Holstein-Friesian cows. *J. Dairy Sci.* 96 (October), 6423–6439. <https://doi.org/10.3168/JDS.2013.6801>.
- PræriL 2020. Tiergesundheit, Hygiene Und Biosicherheit In Deutschen Milchkuhbetrieben – Eine Prävalenzstudie (PræriL, Abschlussbericht, June). https://bet.tiho-hannover.de/præri/pages/69#_AB_.
- Pryce, J.E., Harris, B.L., 2006. Genetics of body condition score in New Zealand dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89 (November), 4424–4432. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(06\)72490-0](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(06)72490-0).
- Pryce, J.E., Coffey, M.P., Simm, G., 2001. The relationship between body condition score and reproductive performance. *J. Dairy Sci.* 84, 1508–1515. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(01\)70184-1](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(01)70184-1).
- Pryce, J.E., Coffey, M.P., Brotherton, S.H., Wooliams, J.A., 2002. Genetic relationships between calving interval and body condition score conditional on milk yield. *J. Dairy Sci.* 85 (June), 1590–1595. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(02\)74229-X](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(02)74229-X).
- Richardt, W., 2004. Milchinhaltstoffe Als Indikatoren Für Die Fütterung Und Gesundheit von Milchkuhen. *Dtsch. Vilomix Tierernähr.* 1–13.
- Roche, J.R., Berry, D.P., Lee, J.M., Kolver, E.S., 2006. Holstein-Friesian strain and feed effects on milk production, body weight, and body condition score profiles in grazing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89, 3532–3543. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(06\)72393-1](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(06)72393-1).
- Roche, J.R., Lee, J.M., Macdonald, K.A., Berry, D.P., 2007. Relationships among body condition score, body weight, and milk production variables in pasture-based dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90, 3802–3815. <https://doi.org/10.3168/JDS.2006-740>.
- Roche, J.R., Berry, D.P., Lee, J.M., Macdonald, K.A., Boston, R.C., 2007. Describing the body condition score change between successive calvings: a novel strategy generalizable to diverse cohorts. *J. Dairy Sci.* 90, 4378–4396. <https://doi.org/10.3168/JDS.2006-729>.
- Rodriguez, L.A., Mekonnen, G., Wilcox, C.J., Martin, F.G., Krienke, W.A., 1985. Effects of relative humidity, maximum and minimum temperature, pregnancy, and stage of lactation on milk composition and yield. *J. Dairy Sci.* 68 (April), 973–978. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(85\)80917-6](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(85)80917-6).
- Rosenberger, Götz, Dodenhoff, Krogmeier, Emmerling, Lutz, and Anzenberger. 2004. *Übersetzung Der Züchtungsstrategie Beim Fleckvieh, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft.* <http://www.lfl.bayern.de/>.

T. Rabus et al.

Preventive Veterinary Medicine 220 (2023) 106042

- Ruegg, P.L., Milton, R.L., 1995. Body condition scores of Holstein Cows on Prince Edward Island, Canada: relationships with yield, reproductive performance, and disease. *J. Dairy Sci.* 78, 552–564. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76066-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76066-8).
- Schicht, V., 2007. Einfluss Der Kreuzung von Deutschen Holsteins Und Deutschen Fleckvieh Auf Milchleistung, Milchqualität Und Allgemeine Gesundheitsmerkmale in Einem Automatisierten Melksystem.
- Shaver, R.D., 1997. Nutritional risk factors in the etiology of left displaced abomasum in dairy cows: a review. *J. Dairy Sci.* 80, 2449–2453. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)716197-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)716197-6).
- Silva, Severiano R., Araújo, José P., Guedes, Cristina, Silva, Flávio, Almeida, Mariana, Cerequeira, Joaquim L., Salama, K., 2021. Precision Technologies to Address Dairy Cattle Welfare: Focus on Lameness, Mastitis and Body Condition. <https://doi.org/10.3390/ani11082253>.
- Souissi, W., Bouraoui, R., 2019. Relationship between body condition score, milk yield, reproduction, and biochemical parameters in dairy cows. *Lact. Farm Anim.* (www.in.tehopen.com).
- Stockdale, C.R., 2001. Body condition at calving and the performance of dairy cows in early lactation under Australian Conditions: a review. *Aust. J. Exp. Agric.* 41, 823–839.
- Stockdale, C.R., 2004. Effects of level of feeding of concentrates during early lactation on the yield and composition of milk from grazing dairy cows with varying body condition score at calving. *Aust. J. Exp. Agric.* 44, 1–9. <https://doi.org/10.1071/EA03021>.
- Sundrum, A., 2015. Metabolic disorders in the transition period indicate that the dairy cows' ability to adapt is overstressed. *Animals* 5, 978–1020. <https://doi.org/10.3390/ani5040395>.
- Team, R Core, 2021. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Swisgenetics, 2021. Milchfettgehalt interpretieren. Die Herde Kontroll 1–3. (<https://die-fruchtbare-kuh.ch/herde/die-herde-kontrollieren/milchweisweis-gehalt-interpretieren/>).
- Heckel, F., 2009. Periparturales Stoffwechsel-Und Gesundheitsstatus Sowie Fruchtbarkeit Bei Unterschiedlichen Milchleistungen von Schwarzbunten Kühen. (<https://nbs-veo.livng.org/urn:nbn:de:bsz:15-20091111-101035-5>).
- Klopić, M., Hancock, A., Rey Bewley, J., 2011. Body condition scoring of dairy cows. *Biotech. Fac. Dep. Anim. Sci.* <https://doi.org/DOI:978-961-6204-54-5>.
- Kristensen, E., Dueholm, L., Vink, D., Andersen, J.E., Jakobsen, E.B., Illum-Nielsen, S., Petersen, F.A., Enevoldsen, C., 2006. Within- and across-person uniformity of body condition scoring in danish holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 89 (September), 3721–3728. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72413-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72413-4).
- Kritziinger, F., Schoder, G., 2009a. Gesund Und Fit Bringt Optimale Leistung - körperkonditionsbeurteilung für Fleckvieh. Oberösterr. Tiergesundheitsdienst Linz 1–2.
- Kritziinger, F., Schoder, G., 2009b. Gesund Und Fit Bringt Optimale Leistung - körperkonditionsbeurteilung für Holstein. Oberösterr. Tiergesundheitsdienst Linz 1–2.
- Kritziinger, F., Schoder, G., Mader, C., Winkler, R., 2009. Gesund Und Fit Bringt Optimale Leistung - körperkonditionsbeurteilung für Brauvieh. Brauvieh Tirol. U. Tirol. Tiergesundheitsdienst Innsbr.
- Locher, L., Häusser, S., Laubenthal, L., Singh, S.P., Winkler, J., Kinoshita, A., Kenéz, Á., et al., 2015. Effect of increasing body condition on key regulators of fat metabolism in subcutaneous adipose tissue depot and circulation of nonlactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 98 (February), 1057–1068. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8710>.
- Mao, L.L., Sioniewski, K., Madsen, P., Jensen, J., 2004. Changes in body condition score and in its genetic variation during lactation. *Livest. Prod. Sci.* 89 (August), 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2003.12.005>.
- Markusdottir, O., Galon, N., Ezra, E., 1997. Body condition score, health, yield and fertility in dairy cows. *Vet. Rec.* 141, 67–72.
- Martin, R., Mansfeld, R., Hoedemaker, M., deKruif, A., Hoedemaker, M., Mansfeld, R. (Eds.), *Milchleistung Und Fütterung - Tierärztliche Bestandsbetreuung Beim Milchrind*, 3rd ed. Enke Verlag.
- McCarthy, S., Berry, D.P., Dillon, P., Rath, M., Moran, B., 2007. Influence of Holstein-Friesian strain and feed system on body weight and body condition score lactation profiles. *J. Dairy Sci.* 90, 1859–1869. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-501>.
- Metzner, M., Heuvelink, W., Klee, W., 1993. Die Beurteilung Der körperkondition (Body Condition Scoring) Im Herdenmanagement. *Der Prakt. Tierarzt* 74, 991–998. (<http://www.researchgate.net/publication/330296568>).
- Moe, P.W., Tyrrell, H.F., 1972. Metabolizable energy requirements of pregnant dairy cows. *J. Dairy Sci.* 55 (April), 480–483. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(72\)85519-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(72)85519-X).
- Odensten, M.O., Chilliard, Y., Holtenius, K., 2005. Effects of two different feeding strategies during dry-off on metabolism in high-yielding dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88 (June), 2072–2082. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72884-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72884-8).
- Oehm, A.W., Jorsens, K.C., Tautenhahn, A., Mueller, K.-E., Feist, M., Merle, F., 2020. Factors associated with lameness in the small housed dairy cows in South Germany. *Front. Vet. Sci.* 7, 601640 <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.601640>.
- Oehm, A.W., Merle, R., Tautenhahn, A., Jensen, K.C., Mueller, K.-E., Feist, M., Zablotski, Y., 2022a. Identifying Cow - Level Factors and Farm Characteristics Associated with Locomotion Scores in Dairy Cows Using Cumulative Link Mixed Models. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263294>.
- Oehm, A.W., Springere, A., Jordan, D., Strube, C., Knubben-Schweizer, G., Jensen, K.C., Zablotski, Y., 2022b. A Machine Learning Approach Using Partitioning Around Medoids Clustering and Random Forest Classification to Model Groups of Farms in Regard to Production Parameters and Bulk Tank Milk Antibody Status of Two Major Internal Parasites in Dairy Cows. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0271413>.
- Otto, K.L., 1990. Relationship Between Body Condition Score, Ultrasonic Fat Measurement, and Composition of 9–11th Rib Tissues in Holstein Dairy Cows. *MS Thesis. Cornell Univ., Ithaca, NY*.
- Roche, J.R., Kolver, E.S., Kay, J.K., 2005. Influence of precalving feed allowance on periparturient metabolic and hormonal responses and milk production in grazing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88, 677–689. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72732-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72732-6).
- Roche, J.R., Friggens, N.C., Kay, J.K., Fisher, M.W., Stafford, K.J., Berry, D.P., 2009. Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *J. Dairy Sci.* 92, 1–11. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2431>.
- Team, R Studio, 2021. RStudio: Integrated Development Environment for r, Boston, MA, US.
- Veerkamp, R.F., Brotherstone, S., 1997. Genetic correlations between linear type traits, food intake, liveweight and condition score in Holstein Friesian cattle. *Anim. Sci.* 64, 385–392.
- Vries, M.J., De Veeckamp, R.F., 2000. Energy balance of dairy cattle in relation to milk production variables and fertility. *J. Dairy Sci.* 83, 62–69. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74856-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74856-9).
- Waltner, S.S., McNamara, J.P., Hillers, J.K., 1993. Relationships of body condition score to production variables in high producing holstein dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 76, 3410–3419.
- Wattiaux, M.A., 1996. Reproduction and Genetic Selection. The Bab-cock Institute University of Wisconsin 240 Agriculture Hall 1450 Lin-den Drive Madison WI 5370-1562, USA.
- Wildman, E.E., Jones, G.M., Wagner, P.E., Boman, R.L., Trout, H.F., Lesch, T.N., 1982. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *J. Dairy Sci.* 65 (March), 495–501. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(82\)82223-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(82)82223-6).
- Yang, L., Yang, Q., Yi, M., Pang, Z.H., Xiong, B.H., 2013. Effects of seasonal change and parity on raw milk composition and related indices in Chinese Holstein cows in Northern China. *J. Dairy Sci.* 96 (November), 6863–6868. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6846>.
- Zablotski, Y., Knubben-Schweizer, G., Hoedemaker, M., Campe, A., Müller, K., Merle, R., Dopfer, D., Oehm, A.W., 2022. Non-linear change in body condition score over lifetime is associated with breed in dairy cows in Germany. *Vet. Anim. Sci.* 18 (December), 100275 <https://doi.org/10.1016/j.vas.2022.100275>.

IV. DISKUSSION

Die vorliegende Arbeit soll die Beziehung zwischen der Körperkondition und den Milchparametern von Fleckvieh-Milchkühen in Bayern, ausgehend von Laktationsphase und Parität, untersuchen. Mit den erarbeiteten Ergebnissen können nicht nur diese Zusammenhänge verdeutlicht werden, sondern vor allem Wissensdefizite über Zweinutzungsrasen ausgeglichen werden.

1. Normalkondition als Zielkondition

Während in den meisten Studien die Abweichungen vom Standard, also Über- oder Unterkondition, diskutiert werden, wird in der präsentierten Arbeit auch die Normalkondition untersucht. Die genaue Betrachtung der Normalkondition zeigt, dass es eine deutlich geringere Wahrscheinlichkeit für diese in der Mitte der Laktation (dpp = 100 - 199) sowie in der Trockenstehzeit (dpp < 0 & > 299) gibt. Während die Tiere in ersterer vermehrt überkonditioniert sind, sind

trockenstehende Milchkühe vermehrt unterkonditioniert.

Wenn man den Empfehlungen von KELLOGG (2010) folgt, sollten maximal 10 % der Herde über- oder unterkonditioniert sein. Eine andere Verteilung führt nicht nur zu wirtschaftlichen Verlusten, sondern beeinflusst auch die Gesundheit und das Wohlbefinden der gesamten Herde negativ. Betrachtet man die Ergebnisse der vorliegenden Studie über Fleckvieh in Bayern, so zeigt sich, dass dies zu keiner Zeit erreicht wird. Durchschnittlich sind nur ca. 80 % der Milchkühe normalkonditioniert, in $dpp = 100 - 199$ sowie $dpp < 0$ & > 299 sogar nur lediglich ca. 60 %. Dies zeigt, dass vor allem in diesen beiden Phasen akuter Handlungsbedarf besteht. Maßnahmen gegen eine Überkonditionierung sollten daher in der Mitte der Laktation greifen, während Maßnahmen gegen eine Unterkonditionierung vor allem die Trockensteher betreffen.

ROCHE et al. (2009) empfehlen ebenfalls eine Normalkondition bei Milchkühen. Hier wurden zwar Holstein-Kühe untersucht, doch auch dort wurde ein Abkalbe-BCS von 3,0 - 3,25 empfohlen, was der Normalkondition zu Beginn der Laktation bei Holstein Friesian-Kühen entspricht. Diese Verfassung ist am besten, um reduzierte Produktivität oder metabolische Erkrankungen zu verhindern, welche bei höherem oder niedrigeren BCS wahrscheinlicher sind.

Auch für die weitere Laktation wird eine Normalkondition (bzw. ein BCS von 3,5) für Holstein Friesian-Milchkühe laut Literatur empfohlen (ROCHE et al. 2007c), um eine maximale Milchproduktion zu gewährleisten. Andere Autorinnen und Autoren wie z. B. BERRY et al. (2007) oder ERDEM et al. (2015) empfehlen minimal abweichende Werte, doch der Konsens geht in Richtung Normalkondition.

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass die Wahrscheinlichkeit für Normalkondition in der Mitte der Laktation mit steigender Milchmenge ebenfalls

steigt. Da eine hohe Milchmenge das Ziel eines Milchviehbetriebs ist, sollte in allen Laktationsphasen auf eine Normalkondition gesetzt werden, denn nur so zeigt Milchvieh beste Produktivität während der gesamten Laktation. Obwohl das Fleckvieh in Bayern als Zweinutzungsrasse gehalten wird, liegt der Fokus doch deutlich auf der Milchleistung. Daher sollte eine Normalkondition für sie angestrebt werden, um eine hohe Milchleistung zu erzielen.

2. Milchproteingehalt als wichtigster Parameter

Im Gegensatz zu Untersuchungen an Holstein Friesian-Kühen, welche die Relevanz des Milchproteingehalts bezüglich der Körperkondition verneinen, zeigt die vorliegende Arbeit, dass es bei bayerischem Fleckvieh sehr wohl eine enge Beziehung zwischen Körperkondition und Proteingehalt in der Milch gibt.

Alle Modelle bezüglich Körperkondition und Milchproteingehalt zeigen signifikante Werte für jede Laktationsphase: die Wahrscheinlichkeit für

Überkondition erhöht sich mit steigendem Milchproteingehalt, während die Wahrscheinlichkeit für Unterkondition mit steigendem Milchproteingehalt sinkt. In anderen Worten: je höher der Milchproteingehalt, umso fetter (oder weniger dünn) ist die Fleckvieh-Kuh in Bayern.

Der Proteingehalt in der Milch kann also als Hinweis für eine Überkondition der Milchkuh genutzt werden und somit indirekt als Marker für mögliche Gesundheitsprobleme, welche in Zusammenhang mit dieser Überkondition stehen.

Insgesamt zeigt sich der Milchproteingehalt als der wichtigste Milchparameter in Bezug auf die Körperkondition für Fleckvieh-Kühen, da hier signifikante Ergebnisse in jeder Laktationsphase deutlich sind (egal ob primi- oder multipar). Für Milchmenge und Milchfettgehalt ist dies nicht der Fall.

Interessant wäre, ob sich die Aussage bezüglich der Relevanz von Milchproteingehalt auf weitere Zweinutzungsrasen übertragen lässt oder dies ein

Phänomen der Fleckvieh-Milchkühe in Bayern ist. Dies könnte eine weitere Forschungsarbeit klären.

3. Milchfettgehalt nur in der Mitte der Laktation signifikant

Im Gegensatz zum Milchproteingehalt sinkt der Milchfettgehalt mit steigender Überkonditionierung und wächst mit steigender Unterkonditionierung. Die vermehrte Unterkondition mit steigendem Fettgehalt in der Milch könnte durch die Verstoffwechslung von Körperfett hin zu Milchfett erklärt werden.

Dieser negative Zusammenhang zwischen dem Tiefpunkt der Körperkondition und dem Höhepunkt des Milchfettgehalts in der Startphase der Laktation wurde von mehreren Studien bestätigt (VRIES and VEERKAMP 2000; DOMEQ et al. 1997; BOURCHIER et al. 1987). Dies geschieht vor allem aufgrund der NEB, die sich zu Beginn der Laktation an ihrem Tiefpunkt befindet.

Vor allem Milchviehrassen, welche in der Früh lactation stark an Körperkondition verlieren, haben höhere Milchfettgehalte (DECHOW et al. 2002). So zeigen Studien mit Holstein Friesian-Kühen eine positive Korrelation zwischen dem Tiefpunkt der NEB und dem Höhepunkt des Milchfettgehalts (STOCKDALE 2001; CHILLARD 1992; HOLTER et al. 1990).

Allerdings war in der vorliegenden Studie nur die Mitte der Laktation (dpp 100 – 199) statistisch signifikant. Ein Zusammenhang von Milchfettgehalt und Körperkondition kann für multipare Kühe in diesem Zeitraum für überkonditionierte Tiere und für primipare Kühe für unterkonditionierte Tiere hergestellt werden.

4. Milchmenge und Körperkondition in negativem Zusammenhang

In der vorliegenden Studie zeigte sich ein negativer Zusammenhang zwischen Überkondition und produzierter Milchmenge. Dieser konnte bereits in

mehreren anderen Studien belegt werden (VEERKAMP and BROTHERSTONE 1997; ROCHE et al. 2005; STOCKDALE 2004). Die Körperkondition und die Milchleistung verhalten sich spiegelbildlich: direkt nach der Abkalbung sinkt die Körperkondition, während die Milchmenge steigt (FRIGGENS et al. 2004; PRYCE and HARRIS 2006; ROCHE et al. 2006). Anschließend kehrt es sich ins Gegenteil: die Körperkondition steigt wieder an, während die Milchmenge sinkt (COFFEY et al. 2004; BERRY et al. 2006; MCCARTHY et al. 2007).

Hauptgrund für diesen negativen Zusammenhang ist erneut die NEB. Zu Beginn der Laktation übersteigt die hohe Milchproduktion die mögliche Energieaufnahme der Milchkuh (BUCKLEY et al. 2003), wodurch diese gezwungen ist, körpereigene (Fett-) Reserven zu mobilisieren (COFFEY et al. 2002; AGENÄS et al. 2003). Gerade in der Früh-laktation kann dies bis zu 30 % der gesamten Energieaufnahme ausmachen (BINES and MORANT 1983).

Kühe mit geringerer Milchmenge haben nachweislich eine höhere Körperkondition während der gesamten Laktation (HORAN et al. 2005). Dies konnte in der vorliegenden Studie bestätigt werden: es ist anzunehmen, dass die Wahrscheinlichkeit einer Unterkondition bei höherer Milchmenge aufgrund der Energie-Umwandlung von Körperkondition zu Milchproduktion steigt. Signifikante Werte konnten allerdings nur in der Trockenstehphase erzielt werden sowie in der Früh-laktation (dpp 0 – 99) bei multiparen Kühen.

5. Trockenstehzeit enorm wichtig

Die Trockenstehzeit (dpp < 0 & > 299) zeigt die meisten signifikanten Ergebnisse in Bezug auf Unterkondition. Die Wahrscheinlichkeit für eine Unterkonditionierung steigt hier mit zunehmender Milchmenge sowie steigendem Milchfettgehalt und sinkt deutlich mit steigendem Milchproteingehalt. Während die Wahrscheinlichkeit für eine Normalkondition im Laufe der Laktation bei ca. 80 %

liegt, sinkt diese Wahrscheinlichkeit in der Trockenstehphase auf ca. 60 % ab. Die Trockenstehzeit ist hiermit die Phase mit den meisten misskonditionierten Kühen. Da sowohl eine Unter- als auch eine Überkondition die Gesundheit sowie das Wohlbefinden und damit die Produktivität der Milchkühe beeinträchtigt, sollte dies zwingend vermieden werden. Das Ziel sollte stets eine Normalkondition der Milchkühe sein.

Gründe für die Unterkondition in dieser Periode kann der erhöhte Energiebedarf im Rahmen der fortschreitenden Trächtigkeit sein (MOE & TYRRELL 1972). Dieser steht im harten Kontrast zur Aufnahmekapazität des Magen-Darm-Traktes. Aufgrund des fortschreitenden Platzbedarfs des heranwachsenden Kalbes verringert sich die DMI auf bis zu 30 % (BERTICS et al. 1992; GRUMMER 1993), während der Energiebedarf gleichzeitig steigt. In der Spätgravidität kann dieser erhöhte Energiebedarf bis zu 75 % höher sein als bei gleich schweren, nicht-trächtigen Kühen (MOE & TYRRELL 1972). Aufgrund

dessen ist der Körperaufbau und der Erhalt der Körperkondition in der Trockenstehphase deutlich geringer als in anderen Laktationsphasen (GEARHART et al. 1990; WILDMAN et al. 1982). Eine Unterkondition ist die Folge, wenn nicht angemessen gegengesteuert wird.

Eine weitere Erklärung für die vermehrte Unterkondition während der Trockenstehphase könnte eine reduzierte Futtermenge zu dieser Zeit sein. Milchkühe werden während des Trockenstehens oft bewusst reduziert gefüttert, beispielsweise nur mit Heu bzw. Silage gestreckt mit z. B. Stroh, um die Wahrscheinlichkeit einer Verfettung zu reduzieren (PraeRi 2020). Eine solche Verfettung würde in der darauffolgenden Laktation bzw. bereits bei der Geburt des Kalbes zu Problemen führen. Um diese Probleme zu vermeiden, füttern Landwirte und Landwirtinnen oft eher reduziert bzw. limitiert. Wird aber nicht nur die Futtermenge, sondern auch der Energiegehalt falsch an die aktuelle Phase der Milchkuh angepasst, kommt es zu einer Unterkondition. Dies sollte vor

allem in der Transitphase zwingend vermieden werden, um das Tier nicht bereits vor der nächsten Laktation zu schwächen.

Eine groß angelegte Studie konnte bezüglich Über- und Unterkondition zu verschiedenen Laktationszeitpunkten bereits nahezu identische Resultate wie die hier präsentierten vorweisen (PraeRi 2020). Dort wurde ebenfalls ein Anstieg an unterkonditionierten Tieren in der Spätlaktation sowie der Trockenstehzeit und ein Anstieg an überkonditionierten Tieren gegen Mitte der Laktation festgestellt. Der hohe Anteil an unterkonditionierten Milchkühen in der Trockenstehzeit ist auch wirtschaftlich bedenklich, da diese Tiere mit einer Disposition für metabolische Erkrankungen in die kommende Laktation starten (HOEDEMAKER et al. 2009), was unnötige Kosten (durch z. B. Leistungsverluste) sowie Ausfälle (durch z. B. verfrühte Abgänge) verursacht (PraeRi 2020).

Allerdings gilt es zu bedenken, dass diese Gruppe nicht nur „echte“ Trockensteher umfasst. Es wurden auch Tiere miteingefasst, die eine verlängerte Laktation aufgrund von Krankheit, Abgang o. ä. durchlaufen. So könnten unterkonditionierte Kühe, die z. B. aufgrund von chronischen Erkrankungen wie Gliedmaßenproblemen abgegangen werden, überrepräsentiert sein. Auch Tiere, die nur noch bis zu ihrem Schlachtermin gemolken und gemästet werden, könnten die überkonditionierten Tiere in dieser Gruppe verfälschen.

6. Mitte der Laktation ebenfalls wichtig

In der Mitte der Laktation ist ein deutlicher Anstieg an überkonditionierten Tieren zu verzeichnen. Während die Wahrscheinlichkeit für eine Überkondition in allen anderen Phasen zwischen 5,9 % und 20,4 % beträgt, steigt sie in $dpp = 100 - 199$ auf über 30 % an. Diese Studie zeigt grundsätzlich eine negative Korrelation zwischen der produzierten Milchmenge und Überkondition während aller Laktationsphasen auf.

Dies scheint sinnig, da die Energie, welche zur Milchproduktion genutzt wird, stets mit dem Körperaufbau konkurriert.

Eine Erklärung für den deutlichen Anstieg an überkonditionierten Tieren in der Mitte der Laktation könnte der Wechsel von Laktationshöhepunkt zu sinkender Milchmenge sein, welcher ca. 100 Tage nach der Kalbung einsetzt (FRIGGENS et al. 2004; PRYCE & HARRIS 2006; ROCHE et al. 2006; COFFEY et al. 2004; BERRY et al. 2006; MCCARTHY et al. 2007). Im Laufe dieses Umschwungs ist die Energieaufnahme über das Futter nach und nach wieder in der Lage die Energiereserven, welche die erhöhte Milchproduktion benötigt hatte, aufzufüllen. Da die Milchmenge im weiteren Verlauf der Laktation nun weiter abnimmt, überschreitet die Energieaufnahme irgendwann die benötigte Energiemenge des täglichen Bedarfs.

In Folge dessen wird die Energie wieder in Form von Reserven gespeichert, das Tier verfettet. Allein dieser Zusammenhang verdeutlicht, wie wichtig eine

angepasste Fütterung ist, um Milchkühe optimal durch die Laktation zu führen und sie bestmöglich zu unterstützen.

7. Paritätsunterschiede

Die vorliegende Studie unterteilt die untersuchten Tiere in primi- und multipar. Eine noch detailliertere Unterteilung war aufgrund der Daten nicht möglich. Bereits diese einzige Einteilung ergab teils sehr weite Konfidenzintervalle. Eine Unterscheidung ist trotzdem erforderlich, da es zum Teil deutliche Unterschiede zwischen Paritätsgruppen in anderen Studien gibt, vor allem hinsichtlich Gesundheit und Körperkondition. So haben unterkonditionierte, multipare Milchkühe ein höheres Risiko für Erkrankungen des Reproduktionstrakts wie Metritis oder retinierte Plazenta als normal- oder überkonditionierte multipare Milchkühe (MARKUSFELD et al. 1997). Weitere Gesundheitsprobleme wie Infektionen der Milchdrüsen werden ebenfalls mit Parität und Körperkondition in Zusammenhang gebracht. Daher

empfehlen ROCHE et al. (2009) beispielsweise für Erstkalbinnen einen höheren Abkalbe-BCS als für Milchkühe in höherer Parität.

Aus den Ergebnissen geht hervor, dass multipare Kühe während der gesamten Laktation eine höhere Wahrscheinlichkeit für Überkondition haben als primipare Kühe. Vor allem gegen Ende der Laktation und während des Trockenstehens ist diese Wahrscheinlichkeit im Hinblick auf Milchfett- und Milchproteingehalt signifikant. Daher sollten präventive Maßnahmen gegen eine Überkondition vorwiegend bei multiparen Kühen angewendet werden.

Im Gegensatz dazu ist die Wahrscheinlichkeit für eine Unterkondition für primipare Fleckvieh-Rinder in Bayern größer als für multipare Rinder, hauptsächlich während der Trockenstehzeit. Ein Grund für die noch höhere Wahrscheinlichkeit der Unterkondition bei primiparen als bei multiparen Milchkühen könnte das noch andauernde Wachstum sein (ROCHE et al. 2009).

Dieses führt zu einer langsameren und weniger deutlichen Erholung der Körperreserven (GALLO et al. 1996). Wichtig wäre also auch hier, ein angepasstes Management, vor allem im Bereich der Fütterung, um Erstkalbinnen während der folgenden Trockenstehzeit nicht zu dünn werden zu lassen.

V. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Abschließend können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

1. die Normalkondition sollte die angestrebte Körperkondition von bayerischem Fleckvieh in seiner Nutzung als Milchkuh sein, um die Gesundheit und das Wohlbefinden der Tiere zu verbessern
2. die Körperkondition von bayerischem Fleckvieh ist eng mit dem Milchproteingehalt verbunden, sodass mit steigender Körperkondition auch der Proteingehalt in der Milch steigt
3. der Milchproteingehalt kann einen indirekten Marker für überkonditionierte Kühe darstellen und so einen indirekten Marker für Gesundheit und Produktivität von bayerischem Fleckvieh
4. im Gegensatz zu Holstein Friesian steigt bei bayerischem Fleckvieh mit steigendem

Milchfettgehalt die Wahrscheinlichkeit für Unterkonditionierung, signifikant allerdings nur in dpp 100 – 199

5. die Wahrscheinlichkeit einer Unterkondition steigt mit steigender Milchmenge, signifikant allerdings nur in der Trockenstehphase (dpp 0 –99) bei multiparen Kühen
6. eine kritische Phase im Laufe der Laktation von bayerischem Fleckvieh, vor allem von Erstkalbinnen, ist die Trockenstehzeit (dpp = < 0 & > 299), da hier die Tiere zu Unterkondition neigen
7. eine weitere kritische Phase im Laufe der Laktation von bayerischem Fleckvieh, vor allem von multiparen Kühen, ist die Mitte der Laktation (dpp = 100 - 199), da hier die Tiere zu einer Verfettung neigen

V.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

8. generell neigen multipare Kühe während der gesamten Laktation eher zu Überkonditionierung als primipare Kühe

VI. ZUSAMMENFASSUNG**Theresa Rabus (2024)****Verhältnis von Körperkondition zu
Milchparametern während der Laktation bei
Fleckvieh-Milchkühen in Bayern**

Gesundheit, Wohlbefinden und Produktivität von Milchkühen hängen stark von der Körperkondition ab. Da die Laktation hohe Anforderungen an den Stoffwechsel von Milchkühen stellt, ist es das Ziel der modernen Milchviehwirtschaft, die Kühe in einer optimalen Körperkondition zu halten. Zudem beeinträchtigt eine höhere oder niedrigere Körperkondition außerhalb der empfohlenen Grenzen die Produktivität der Milchkuh. Während die Körperkondition von Holstein Friesian-Kühen gründlich erforscht wurde, ist nur wenig über die Folgen einer Abweichung vom Soll-Zustand für die Gesundheit und Produktivität von Kühen anderer Rassen bekannt. Diese Studie (4.881 Beobachtungen)

untersucht den Anteil über- und unterkonditionierter bayerischer Fleckvieh-Kühe zu verschiedenen Laktationsphasen und den Zusammenhang mit Produktionsparametern (Milchprotein-, Milchfettgehalt und Milchmenge), unterteilt nach Parität. Sie zeigt, dass bei Fleckvieh-Kühen eine Überkonditionierung häufiger vorkommt als eine Unterkonditionierung. Während die Mitte der Laktation (dpp = 100 - 199) einen höheren Prozentsatz an überkonditionierten Kühen aufweist, zeigt die Trockenstehphase (dpp = < 0 & > 299) einen höheren Prozentsatz an unterkonditionierten Kühen. Es stellte sich heraus, dass der Milchproteingehalt einen indirekten Marker für Überkondition darstellen kann: je höher der Milchproteingehalt, desto höher die Wahrscheinlichkeit einer Überkonditionierung.

Diese Studie liefert eine theoretische Grundlage für mögliche Verbesserungen in der Milchviehhaltung, die nicht nur die Milchleistung von Fleckvieh-Milchkühen, sondern auch deren Gesundheit und Wohlbefinden verbessern könnten. Es sollte stets eine

Normalkondition in jeder Laktationsphase angestrebt werden, um bayerisches Fleckvieh zur besten Produktivität anzuregen.

VII. SUMMARY**Theresa Rabus (2024)**

Relationship of body condition and milk
parameters during lactation in

Simmental cows in Bavaria, Germany

The health, well-being and productivity of dairy cows depend heavily on body condition. Since lactation places high demands on the metabolism of dairy cows, the goal of modern dairy farming is to keep the cows in optimal body condition. In addition, higher or lower body condition than recommended affects the productivity of the dairy cow. While the body condition of Holstein Friesian cows has been thoroughly explored, little is known about the consequences of deviation from a target body condition on the health and productivity of cows of other breeds. This study (4,881 observations) examines the proportion of over- and underconditioned Bavarian Simmental cows at different lactation stages and their relationship with

production parameters (milk protein content, milk fat content and milk yield) divided according to parity. It shows that overconditioning occurs more frequently than underconditioning in Simmental cows. While the middle of lactation (dpp = 100 - 199) shows a higher percentage of overconditioned cows, the dry period (dpp = < 0 & > 299) shows a higher percentage of underconditioned cows. It was shown that milk protein content can be an indirect marker of overconditioning: the higher the milk protein content, the higher the likelihood of overconditioning.

This study provides a theoretical basis for potential improvements in dairy farming that could not only enhance the milk production of Simmental dairy cows, but also their health and welfare. A normal condition should always be aimed for in every lactation stage in order to encourage Bavarian Simmental cattle to achieve the best productivity.

VIII. LITERATURVERZEICHNIS

Agenäs, S., E. Burstedt, and K. Holtenius. 2003. "Effects of Feeding Intensity During the Dry Period. 1. Feed Intake, Body Weight, and Milk Production." *Journal of Dairy Science* 86 (March): 870–82. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(03\)73670-4](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(03)73670-4).

Banos, G., S. Brotherstone, and M. P. Coffey. 2004. "Evaluation of Body Condition Score Measured Throughout Lactation as an Indicator of Fertility in Dairy Cattle." *Journal of Dairy Science* 87 (August): 2669–76. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(04\)73393-7](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(04)73393-7).

Bates, A. J., and B. Saldias. 2019. "A Comparison of Machine Learning and Logistic Regression in Modelling the Association of Body Condition Score and Submission Rate." *Preventive Veterinary Medicine* 171 (November): 104765. <https://doi.org/10.1016/J.PREVETMED.2019.104765>.

Berry, D. P., F. Buckley, P. Dillon, R. D. Evans, M. Rath, and R. F. Veerkamp. 2002. "Genetic Parameters for Level and Change of Body Condition Score and Body Weight in Dairy Cows." *Journal of Dairy Science* 85: 2030–39. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74280-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74280-X).

Berry, D. P., F. Buckley, P. Dillon, R. D. Evans, M. Rath, and R. F. Veerkamp. 2003. "Genetic Relationships Among Body Condition Score, Body Weight, Milk Yield, and Fertility in Dairy Cows." *Journal of Dairy Science* 86: 2193–2204. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73809-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73809-0).

Berry, D. P., R. F. Veerkamp, and P. Dillon. 2006. "Phenotypic Profiles for Body Weight, Body Condition Score, Energy Intake, and Energy Balance Across Different Parities and Concentrate Feeding Levels." *Livestock Science* 104 (October): 1–12. <https://doi.org/10.1016/J.LIVSCI.2006.02.012>.

Berry, D. P., F. Buckley, and P. Dillon. 2007. "Body Condition Score and Live-Weight Effects on Milk

Production in Irish Holstein-Friesian Dairy Cows.”
Animal: An International Journal of Animal Bioscience
1 9: 1351–59.
<https://doi.org/10.1017/S1751731107000419>.

Berry, D. P., J. R. Roche, and M. P. Coffey. 2008. “Body Condition Score and Fertility—More Than Just a Feeling.” *M.D. Royal, N.C. Friggens, R.F. Smith (Eds.), Fertility in Dairy Cows: Bridging the Gaps, British Society of Animal Science, Cambridge University Press, Cambridge, UK (2008), pp. 107-118.*

Bertics, S. J., R. R. Grummer, C. Cadorniga-Valino, and E. E. Stoddard. 1992. “Effect of Prepartum Dry Matter Intake on Liver Triglyceride Concentration and Early Lactation.” *Journal of Dairy Science* 75: 1914–22.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77951-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77951-X).

Bines, J. A., and S. V. Morant. 1983. “The Effect of Body Condition on Metabolic Changes Associated with Intake of Food by the Cow.” *British Journal of Nutrition* 50: 81–89. <https://doi.org/10.1079/BJN19830074>.

Bourchier, C., P. Garnsworthy, J. Hutchinson, and T. Benton. 1987. "The Relationship Between Milk Yield, Body Condition and Reproductive Performance in High Yielding Dairy Cows." *Proceedings of the British Society of Animal Production* (1972), 2–2. <https://doi.org/10.1017/S0308229600034450>.

Broster, W., and V. Broster. 1998. "Body Score of Dairy Cows." *Journal of Dairy Research* 65: 155–73. <https://doi.org/10.1017/S0022029997002550>.

Buckley, F., P. Dillon, M. Rath, and R. F. Veerkamp. 2000. "The Relationship Between Genetic Merit for Yield and Live Weight, Condition Score, and Energy Balance of Spring Calving Holstein Friesian Dairy Cows on Grass Based Systems of Milk Production." *Journal of Dairy Science* 83 (August): 1878–86. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(00\)75060-0](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(00)75060-0).

Buckley, F., K. O'Sullivan, J. F. Mee, R. D. Evans, and P. Dillon. 2003. "Relationships Among Milk Yield, Body Condition, Cow Weight, and Reproduction in Spring-

Calved Holstein-Friesians." *Journal of Dairy Science* 86 (July): 2308–19. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(03\)73823-5](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(03)73823-5).

Butler, S. T. 2014. "Nutritional Management to Optimize Fertility of Dairy Cows in Pasture-Based Systems." *Animal* 8 (January): 15–26. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000834>.

Cao, Z., W. Huang, T. Wang, Y. Wang, W. Wen, M. Ma, and S. Li. 2010. "Effects of Parity, Days in Milk, Milk Production and Milk Compositions on Milk Urea Nitrogen in Chinese Holstein." *Journal of Animal and Veterinary Advances* 9: 688–95. <http://dx.doi.org/10.3923/javaa.2010.688.695>.

Chilliard, Y. 1992. "Physiological Constraints to Milk Production: Factors Which Determine Nutrient Partitioning, Lactation Persistency and Mobilization of Body Reserves." *World Review of Animal Production*, 19–26.

Coffey, M. P., G. Simm, and S. Brotherstone. 2002. "Energy Balance Profiles for the First Three Lactations of Dairy Cows Estimated Using Random Regression." *Journal of Dairy Science* 85 (October): 2669–78. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(02\)74352-X](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(02)74352-X).

Coffey, M. P., G. Simm, W. G. Hill, and S. Brotherstone. 2003. "Genetic Evaluations of Dairy Bulls for Daughter Energy Balance Profiles Using Linear Type Scores and Body Condition Score Analyzed Using Random Regression." *Journal of Dairy Science* 86: 2205–12. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73810-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73810-7).

Coffey, M. P., G. Simm, J. D. Oldham, W. G. Hill, and S. Brotherstone. 2004. "Genotype and Diet Effects on Energy Balance in the First Three Lactations of Dairy Cows." *Journal of Dairy Science* 87: 4318–26. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73577-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73577-8).

Correa, M. T., C. R. Curtis, H. N. Erb, J. M. Scarlett, and R. D. Smith. 1990. "An Ecological Analysis of Risk Factors for Postpartum Disorders of Holstein-Friesian Cows from Thirty-Two New York Farms." *Journal of Dairy Science* 73: 1515–24. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(90\)78819-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(90)78819-4).

Dechow, C. D., G. W. Rogers, and J. S. Clay. 2002. "Heritability and Correlations Among Body Condition Score Loss, Body Condition Score, Production and Reproductive Performance." *Journal of Dairy Science* 85 (November): 3062–70. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(02\)74393-2](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(02)74393-2).

Dingwell, R. T., K. E. Leslie, Y. H. Schukken, J. M. Sargeant, L. L. Timms, T. F. Duffield, G. P. Keefe, D. F. Kelton, K. D. Lissemore, and J. Conklin. 2004. "Association of Cow and Quarter-Level Factors at Drying-Off with New Intramammary Infections During the Dry Period." *Preventive Veterinary Medicine* 63

(April): 75–89.

<https://doi.org/10.1016/J.PREVETMED.2004.01.012>.

Domecq, J. J., A. L. Skidmore, J. W. Lloyd, and J. B. Kaneene. 1997. "Relationship Between Body Condition Scores and Milk Yield in a Large Dairy Herd of High Yielding Holstein Cows." *Journal of Dairy Science* 80: 101–12. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)75917-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)75917-4).

Earle, D. F. 1976. "A Guide to Scoring Dairy Cow Condition." *Journal of Agriculture (Victoria)* 74: 228–31.

Edmonson, A. J., Ian J Lean, L. D. Weaver, T. Farver, and G. Webster. 1989. "A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows." *Journal of Dairy Science* 72 (January): 68–78. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(89\)79081-0](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(89)79081-0).

Erdem, H., S. Atasever, and E. Kul. 2015. "Relations of Body Condition Score with Milk Yield and

Reproduction Traits in Simmental Cows.” *Large Animal Review* 21: 321–234.

<https://hdl.handle.net/20.500.12513/4247>

Fox, P. F., and P. L. H. McSweeney. 1998. “Dairy Chemistry and Biochemistry.” *Blackie Academic and Professional, London, UK*.

Friggens, N. C., K. L. Ingvarlsen, and G. C. Emmans. 2004. “Prediction of Body Lipid Change in Pregnancy and Lactation.” *Journal of Dairy Science* 87 (April): 988–1000. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73244-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73244-0).

Friggens, N. C., P. Berg, P. Theilgaard, I. R. Korsgaard, K. L. Ingvarlsen, P. Løvendahl, and J. Jensen. 2007. “Breed and Parity Effects on Energy Balance Profiles Through Lactation: Evidence of Genetically Driven Body Energy Change.” *Journal of Dairy Science* 90 (November): 5291–5305. <https://doi.org/10.3168/JDS.2007-0173>.

Frigo, E., A. B. Samorè, D. Vicario, A. Bagnato, and O. Pedron. 2013. “Heritabilities and Genetic Correlations

of Body Condition Score and Muscularity with Productive Traits and Their Trend Functions in Italian Simmental Cattle.” *Italian Journal of Animal Science* 12: 240–46. <https://doi.org/10.4081/ijas.2013.e40>.

Gallo, L., P. Garnier, M. Cassandro, R. Mantovani, L. Bailoni, B. Contiero, and G. Bittante. 1996. “Change in Body Condition Score of Holstein Cows as Affected by Parity and Mature Equivalent Milk Yield.” *Journal of Dairy Science* 79 (June): 1009–15. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(96\)76452-4](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(96)76452-4).

Garnsworthy, P. C., and G. P. Jones. 1987. “The Influence of Body Condition at Calving and Dietary Protein Supply on Voluntary Food Intake and Performance in Dairy Cows.” *Animal Science* 44: 347–53. <https://doi.org/10.1017/S0003356100012277>.

Garnsworthy, P. C., and G. P. Jones. 1993. “The Effects of Dietary Fibre and Starch Concentrations on the Response by Dairy Cows to Body Condition at Calving.”

Animal Science 57: 15–21.
<https://doi.org/10.1017/S0003356100006553>.

Garnsworthy, P. C., and J. H. Topps. 1982a. “The Effect of Bodycondition of Dairy Cows at Calving on Their Food Intake and Performance When Given Complete Diets.” *Animal Science* 35: 113–19.
<https://doi.org/10.1017/S0003356100000878>.

Garnsworthy, P. C., and J. H. Topps. 1982b. “The Effects of Bodycondition at Calving, Food Intake and Performance in Early Lactation on Blood Composition of Dairy Cows Given Complete Diets.” *Animal Science* 35: 121–25.
<https://doi.org/10.1017/S000335610000088X>.

Gearhart, M. A., C. R. Curtis, H. N. Erb, R. D. Smith, C. J. Sniffen, L. E. Chase, and M. D. Cooper. 1990. “Relationship of Changes in Condition Score to Cow Health in Holsteins.” *Journal of Dairy Science* 73: 3132–40.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(90\)79002-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(90)79002-9).

Glatz-Hoppe, J., A. Boldt, H. Spiekers, E. Mohr, and B. Losand. 2020. "Relationship Between Milk Constituents from Milk Testing and Health, Feeding, and Metabolic Data of Dairy Cows." *Journal of Dairy Science* 103: 10175–94. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17981>.

Grainger, C., A. W. F. Davey, and C. W. Holmes. 1985. "Performance of Friesian Cows with High and Low Breeding Indexes 1. Stall Feeding and Grazing Experiments and Performance During the Whole Lactation." *Animal Science* 40: 379–88. <https://doi.org/10.1017/S0003356100040101>.

Green, L. E., J. N. Huxley, C. Banks, and M. J. Green. 2014. "Temporal Associations Between Low Body Condition, Lameness and Milk Yield in a UK Dairy Herd." *Preventive Veterinary Medicine* 113 (January): 63–71. <https://doi.org/10.1016/J.PREVETMED.2013.10.009>.

Grummer, R. R. 1993. "Etiology of Lipid-Related Metabolic Disorders in Periparturient Dairy Cows." *Journal of Dairy Science* 76: 3882–96.

[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77729-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77729-2).

Harbeck, K. D., and H. O. Gravert. 1981. "Körpermaße als Indikator von Gewichtsveränderungen bei Milchkühen." *Kieler Milchwissenschaftliche Forschungsberichte*, 197–203.

Heckel, F. 2009. "Peripartaler Stoffwechsel- und Gesundheitsstatus sowie Fruchtbarkeit bei unterschiedlichen Milchleistungen von Schwarzbunten Kühen." Dissertation, Universität Leipzig. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:15-20091111-101035-5>.

Heuer, C., Y. H. Schukken, and P. Dobbelaar. 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: 295–304. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75236-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75236-7).

Heuwieser, W., and R. Mansfeld. 1992. "Beurteilung der Körperkondition bei Milchkühen, Teil 2." *Milchpraxis* 30: 10–14.

Hoedemaker, M., D. Prange, and Y. Gundelach. 2009. "Body Condition Change Ante- and Postpartum, Health and Reproductive Performance in German Holstein Cows." *Reproduction in Domestic Animals* 44 (April): 167–73. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2007.00992.x>.

Holcomb, C. S., H. H. Van Horn, H. H. Head, M. B. Hall, and C. J. Wilcox. 2001. "Effects of Prepartum Dry Matter Intake and Forage Percentage on Postpartum Performance of Lactating Dairy Cows." *Journal of Dairy Science* 84: 2051–58. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74649-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74649-8).

Holter, J. B., M. J. Slotnick, H. H. Hayes, C. K. Bozak, W. E. Urban, and M. L. McGilliard. 1990. "Effect of Prepartum Dietary Energy on Condition Score, Postpartum Energy, Nitrogen Partitions, and Lactation Production

Responses." *Journal of Dairy Science* 73: 3502–11.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(90\)79050-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(90)79050-9).

Horan, B., P. Dillon, P. Faverdin, L. Delaby, F. Buckley, and M. Rath. 2005. "The Interaction of Strain of Holstein-Friesian Cows and Pasture-Based Feed Systems on Milk Yield, Body Weight, and Body Condition Score." *Journal of Dairy Science* 88 (March): 1231–43. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72790-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72790-9).

Horn, H. H. Van, C. H. Wilcox, and M. A. DeLorenzo. 1992. *Large Dairy Herd Management*. Champaign, IL: Print.; distribution arranged for by Management Services, American Dairy Science Association.

Hosseini-Zadeh, N. Ghavi, and M. Akbarian-Tefaghi. 2015. "Factors Affecting Body Condition Score and Its Relationship with Productive and Reproductive Performances of Holstein Cows." *Iranian Journal of Applied Animal Science*. Vol. 5.

<https://www.researchgate.net/publication/276275340>.

Jaja, I. F., B. Mushonga, E. Green, and V. Muchenje. 2017. "Seasonal Prevalence, Body Condition Score and Risk Factors of Bovine Fasciolosis in South Africa." *Veterinary and Animal Science* 4 (December): 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2017.06.001>.

Jílek, F., P. Pytloun, M. Kubešová, M. Štípková, J. Bouška, J. Volek, J. Frelich, and R. Rajmon. 2008. "Relationships Among Body Condition Score, Milk Yield and Reproduction in Czech Fleckvieh Cows." *Czech Journal of Animal Science* 53: 357–67.

Jones, C. M., J. Heinrichs, and V. A. Ishler. 2016. "Body Condition Scoring as a Tool for Dairy Herd Management." *Penn State Extension*, 14.

Jorritsma, R., H. Jorritsma, Y. H. Schukken, P. C. Bartlett, T. Wensing, and G. H. Wentink. 2001. "Prevalence and Indicators of Post Partum Fatty Infiltration of the Liver in Nine Commercial Dairy Herds in the Netherlands."

Livestock Production Science 68 (February): 53–60.
[https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00208-6](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00208-6).

Kellogg, W. 2010. "Body Condition Scoring with Dairy Cattle." *Agriculture and Natural Resources*.
<https://www.uaex.uada.edu>.

Kritzinger, F., and G. Schoder. 2009a. "Gesund und fit bringt optimale Leistung - Körperkonditionsbeurteilung für Fleckvieh." *Oberösterreichischer Tiergesundheitsdienst Linz*, 1–2.
https://www.tgd.at/images/Broschueren/Tir_TGD_Fleckvieh_AK3-1.pdf.

Kritzinger, F., and G. Schoder. 2009b. "Gesund und fit bringt optimale Leistung - Körperkonditionsbeurteilung für Holstein." *Oberösterreichischer Tiergesundheitsdienst Linz*, 1–2.
https://www.tgd.at/images/Broschueren/Tir_TGD_Holstein_AK3.pdf.

Kritzinger, F., G. Schoder, C. Mader, and R. Winkler. 2009. "Gesund und fit bringt optimale Leistung - Körperkonditionsbeurteilung für Braunvieh." *Braunvieh Tirol u. Tiroler Tiergesundheitsdienst Innsbruck*. https://www.t-tgd.at/images/Broschueren/Tir_TGD_Braunvieh_AK4.pdf.

Ledinek, M., and L. Gruber. 2014. "Erhebungen von Körpermaßen und BCS im Laktationsverlauf und ihre Beziehungen zu Lebendmasse und Energiebilanz." *41. Viehwirtschaftliche Fachtagung*, 31–44.

Lim, P. Y., J. N. Huxley, J. A. Willshire, M. J. Green, A. R. Othman, and J. Kaler. 2015. "Unravelling the Temporal Association Between Lameness and Body Condition Score in Dairy Cattle Using a Multistate Modelling Approach." *Preventive Veterinary Medicine* 118 (March): 370–77. <https://doi.org/10.1016/J.PREVETMED.2014.12.015>.

Locher, L., S. Häussler, L. Laubenthal, S. P. Singh, J. Winkler, A. Kinoshita, Á. Kenéz, et al. 2015. "Effect of

Increasing Body Condition on Key Regulators of Fat Metabolism in Subcutaneous Adipose Tissue Depot and Circulation of Nonlactating Dairy Cows.” *Journal of Dairy Science* 98 (February): 1057–68. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8710>.

Lowman, B. G., N. Scott, and S. Somerville. 1973. “Condition Scoring of Cattle.” *East of Scotland College of Agriculture, Bulletin No. 6, Edinburgh, UK*.

Macdonald, K. A., and J. R. Roche. 2004. “Condition Scoring Made Easy: Condition Scoring Dairy Herds.” *1st Ed. Dexcel Ltd., Hamilton, New Zealand*.

Malone, J. B., R. Gommès, J. Hansen, J. M. Yilma, J. Slingenberg, F. Snijders, O. F. Nchet, and E. Ataman. 1998. “A Geographic Information System on the potential distribution and abundance of *Fasciola hepatica* and *F. gigantica* in East Africa based on food and agriculture organization databases.” *Veterinary Parasitology* 78: 87–101. [https://doi.org/10.1016/S0304-4017\(98\)00137-X](https://doi.org/10.1016/S0304-4017(98)00137-X).

Mao, I. L., K. Sloniewski, P. Madsen, and J. Jensen. 2004. "Changes in Body Condition Score and in Its Genetic Variation During Lactation." *Livestock Production Science* 89 (August): 55–65. <https://doi.org/10.1016/J.LIVPRODSCI.2003.12.005>.

Markusfeld, O., N. Galon, and E. Ezra. 1997. "Body Condition Score, Health, Yield and Fertility in Dairy Cows." *The Veterinary Record* 141: 67–72. <https://doi.org/10.1136/vr.141.3.67>.

Marlowe, T. J., R. J. Freund, and J. B. Graham. 1962. "Influence of Age, Breed, Flesh Condition, Nursing, and Season on Weight and Grade of Beef Cattle." *Journal of Animal Science* 21 (May): 346–54. <https://doi.org/10.2527/JAS1962.212346X>.

Martin, R., R. Mansfeld, M. Hoedemaker, and A. deKruif. 2014. *Milchleistung und Fütterung - Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind*. Edited by A deKruif, M Hoedemaker, and R Mansfeld. 3rd ed. Enke Verlag.

Mäntysaari, P., and E. Mäntysaari. 2010. "Predicting Early Lactation Energy Balance in Primiparous Red Dairy Cattle Using Milk and Body Traits." *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science* 60: 79–87.

<https://doi.org/10.1080/09064702.2010.496002>.

Mccarthy, S., D. P. Berry, P. Dillon, M. Rath, and B. Horan. 2007. "Influence of Holstein-Friesian Strain and Feed System on Body Weight and Body Condition Score Lactation Profiles." *J. Dairy Sci* 90: 1859–69.
<https://doi.org/10.3168/jds.2006-501>.

Metzner, M., W. Heuwieser, and W. Klee. 1993. "Die Beurteilung der Körperkondition (Body Condition Scoring) im Herdenmanagement." *Der Praktische Tierarzt* 74: 991–98.
<https://www.researchgate.net/publication/33029650>.

Moe, P. W., and H. F. Tyrrell. 1972. "Metabolizable Energy Requirements of Pregnant Dairy Cows." *Journal of Dairy Science* 55 (April): 480–83.

[https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(72\)85519-X](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(72)85519-X).

Mulvaney, P. 1977. "Dairy Condition Scoring." *Handout No. 4468. National Institute for Research in Dairying. Reading, UK.*

Newsome, R. F., M. J. Green, N. J. Bell, N. J. Bollard, C. S. Mason, H. R. Whay, and J. N. Huxley. 2017. "A Prospective Cohort Study of Digital Cushion and Corium Thickness. Part 1: Associations with Body Condition, Lesion Incidence, and Proximity to Calving." *Journal of Dairy Science* 100 (June): 4745–58. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12012>.

Odensten, M. O., Y. Chilliard, and K. Holtenius. 2005. "Effects of Two Different Feeding Strategies During Dry-Off on Metabolism in High-Yielding Dairy Cows." *Journal of Dairy Science* 88 (June): 2072–82. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(05\)72884-8](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(05)72884-8).

Oehm, A. W., K. C. Jensen, A. Tautenhahn, K-E. Mueller, M. Feist, and R. Merle. 2020. "Factors Associated with Lameness in Tie Stall Housed Dairy Cows in South Germany." *Frontiers in Veterinary Science* 7: 601640. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.601640>.

Oehm, A. W., R. Merle, A. Tautenhahn, K. C. Jensen, K-E. Mueller, M. Feist, and Y. Zablotski. 2022. "Identifying Cow - Level Factors and Farm Characteristics Associated with Locomotion Scores in Dairy Cows Using Cumulative Link Mixed Models." *PLoS One* 17(1): e0263294. Published 2022 Jan 28. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263294>.

Pedron, O., F. Cheli, E. Senatore, D. Baroli, and R. Rizzi. 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: 2528-35. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77588-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77588-8).

Piccand, V., E. Cutullic, S. Meier, F. Schori, P. L. Kunz, J. R. Roche, and P. Thomet. 2013. "Production and Reproduction of Fleckvieh, Brown Swiss, and 2 Strains of Holstein-Friesian Cows in a Pasture-Based, Seasonal-Calving Dairy System." *Journal of Dairy Science* 96 (August): 5352–63. <https://doi.org/10.3168/JDS.2012-6444>.

Pires, J. A. A., C. Delavaud, Y. Faulconnier, D. Pomiès, and Y. Chilliard. 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 (October): 6423–39. <https://doi.org/10.3168/JDS.2013-6801>.

PraeRi. 2020. "Tiergesundheit, Hygiene Und Biosicherheit in Deutschen Milchkuhbetrieben - Eine Prävalenzstudie (PraeRi). Abschlussbericht," June. https://ibei.tiho-hannover.de/praeeri/pages/69#_AB.

Pryce, J. E., M. P. Coffey, and G. Simm. 2001. "The Relationship Between Body Condition Score and Reproductive Performance." *Journal of Dairy Science*

84: 1508–15. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70184-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70184-1).

Pryce, J. E., M. P. Coffey, S. H. Brotherstone, and J. A. Woolliams. 2002. “Genetic Relationships Between Calving Interval and Body Condition Score Conditional on Milk Yield.” *Journal of Dairy Science* 85 (June): 1590–95. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(02\)74229-X](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(02)74229-X).

Pryce, J. E., and B. L. Harris. 2006. “Genetics of Body Condition Score in New Zealand Dairy Cows.” *Journal of Dairy Science* 89 (November): 4424–32. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(06\)72490-0](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(06)72490-0).

Randall, L. V., M. J. Green, L. E. Green, M. G. G. Chagunda, C. Mason, S. C. Archer, and J. N. Huxley. 2018. “The Contribution of Previous Lameness Events and Body Condition Score to the Occurrence of Lameness in Dairy Herds: A Study of 2 Herds.” *Journal of Dairy Science* 101 (February): 1311–24. <https://doi.org/10.3168/JDS.2017-13439>.

Richardt, W. 2004. "Milchinhaltstoffe als Indikatoren für die Fütterung und Gesundheit von Milchkühen." *Deutsche Vilomix Tierernährung*, 1-13.

Roche, J. R., P. Dillon, C. R. Stockdale, L. H. Baumgard, and M. J. VanBaale. 2004. "Relationships Among International Body Condition Scoring Systems." *Journal of Dairy Science* 87 (September): 3076-79. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(04\)73441-4](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(04)73441-4).

Roche, J. R., E. S. Kolver, and J. K. Kay. 2005. "Influence of Precalving Feed Allowance on Periparturient Metabolic and Hormonal Responses and Milk Production in Grazing Dairy Cows." *Journal of Dairy Science* 88: 677-89. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72732-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72732-6).

Roche, J. R., D. P. Berry, and E. S. Kolver. 2006. "Holstein-Friesian Strain and Feed Effects on Milk Production, Body Weight, and Body Condition Score Profiles in Grazing Dairy Cows." *Journal of Dairy*

Science 89: 3532–43.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72393-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72393-1).

Roche, J. R., J. M. Lee, K. A. Macdonald, and D. P. Berry. 2007a. “Relationships Among Body Condition Score, Body Weight, and Milk Production Variables in Pasture-Based Dairy Cows.” *Journal of Dairy Science* 90: 3802–15. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-740>.

Roche, J. R., D. P. Berry, J. M. Lee, K. A. Macdonald, and R. C. Boston. 2007b. “Describing the Body Condition Score Change Between Successive Calvings: A Novel Strategy Generalizable to Diverse Cohorts.” *Journal of Dairy Science* 90: 4378–96. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-729>.

Roche, J. R., K. A. Macdonald, C. R. Burke, J. M. Lee, and D. P. Berry. 2007c. “Associations Among Body Condition Score, Body Weight, and Reproductive Performance in Seasonal-Calving Dairy Cattle.” *Journal of Dairy Science* 90: 376–91.

[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)72639-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)72639-5).

Roche, J. R., N. C. Friggens, J. K. Kay, M. W. Fisher, K. J. Stafford, and D. P. Berry. 2009. "Body Condition Score and Its Association with Dairy Cow Productivity, Health, and Welfare." *Journal of Dairy Science*. American Dairy Science Association. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2431>.

Roche, J. R., J. K. Kay, N. C. Friggens, J. J. Loor, and D. P. Berry. 2013. "Assessing and Managing Body Condition Score for the Prevention of Metabolic Disease in Dairy Cows." *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 29 (July): 323–36. <https://doi.org/10.1016/J.CVFA.2013.03.003>.

Rodriquez, L. A., G. Mekonnen, C. J. Wilcox, F. G. Martin, and W. A. Krienke. 1985. "Effects of Relative Humidity, Maximum and Minimum Temperature, Pregnancy, and Stage of Lactation on Milk Composition and Yield." *Journal of Dairy Science* 68 (April): 973–78.

[https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(85\)80917-6](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(85)80917-6).

Ruegg, P. L., and R. L. Milton. 1995. "Body Condition Scores of Holstein Cows on Prince Edward Island, Canada: Relationships with Yield, Reproductive Performance, and Disease." *Journal of Dairy Science* 78: 552–64. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76666-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76666-8).

Rukkwamsuk, T., T. Wensing, and M. J. H. Geelen. 1999. "Effect of Overfeeding During the Dry Period on the Rate of Esterification in Adipose Tissue of Dairy Cows During the Periparturient Period." *Journal of Dairy Science* 82 (June): 1164–69. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(99\)75339-7](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(99)75339-7).

Schäfers, M. 2000. "Untersuchungen zur Körperkonditionsbeurteilung bei Milchkühen der Rasse "Fleckvieh" unter den Haltungsbedingungen des nördlichen Oberbayerns." Dissertation, LMU München:

Faculty of Veterinary Medicine.
<https://doi.org/10.5282/edoc.17560>.

Schichtl, V. 2007. "Einfluss der Kreuzung von Deutschen Holsteins und Deutschem Fleckvieh auf Milchleistung, Milchqualität und allgemeine Gesundheitsmerkmale in einem automatischen Melksystem." Dissertation, LMU München: Faculty of Veterinary Medicine.
<https://doi.org/10.5282/edoc.7613>.

Schuster, J. C., H. W. Barkema, A. De Vries, D. F. Kelton, and K. Orsel. 2020. "Invited Review: Academic and Applied Approach to Evaluating Longevity in Dairy Cows." *Journal of Dairy Science* 103: 11008–24.
<https://doi.org/10.3168/jds.2020-19043>.

Souissi, W., and R. Bouraoui. 2019. "Relationship Between Body Condition Score, Milk Yield, Reproduction, and Biochemical Parameters in Dairy Cows." *Lactation in Farm Animals*.
www.intechopen.com.

Spelbring, M. C., T. G. Martin, and K. J. Drewry. 1977. "Maternal Productivity of Crossbred Angus × Milking Shorthorn Cows. I. Cow and Calf Weights and Scores." *Journal of Animal Science* 45 (November): 969–75. <https://doi.org/10.2527/JAS1977.455969X>.

Stadnik, L., S. Atasever, J. Ducháek, L. Stadnik, S. Atasever, and J. Ducháček. 2017. "Effects of Body Condition Score and Daily Milk Yield on Reproduction Traits of Czech Fleckvieh Cows." *Animal Reproduction* 14 (August): 1264–69. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR944>.

Staufenbiel, R. 1992. "Untersuchungen zum optimalen Fettansatz bei der Milchkuh." *Monatshefte für Veterinärmedizin*. 47: 125–36.

Staufenbiel, R., L. Lauritsen, B. Staufenbiel, and N. Rossow. 1989. "Beziehungen zwischen der Rückenfettdicke im postpartalen Zeitraum und dem Leistungsvermögen von Jungkühen." *Monatshefte für Veterinärmedizin*. 44: 836–40.

Stockdale, C. R. 2001. "Body Condition at Calving and the Performance of Dairy Cows in Early Lactation Under Australian Conditions: A Review." *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41: 823–39. <https://doi.org/10.1071/EA01023>.

Stockdale, C. R. 2004. "Effects of Level of Feeding of Concentrates During Early Lactation on the Yield and Composition of Milk from Grazing Dairy Cows with Varying Body Condition Score at Calving." *Australian Journal of Experimental Agriculture* 44: 1–9. <https://doi.org/https://doi.org/10.1071/EA03021>.

Sundrum, A. 2015. "Metabolic Disorders in the Transition Period Indicate That the Dairy Cows' Ability to Adapt Is Overstressed." *Animals* 5: 978–1020. <https://doi.org/10.3390/ani5040395>.

Swissgenetics. 2021. "Milchfettgehalt Interpretieren." *Die Herde Kontrollieren*, 1–3. <https://die-fruchtbare-kuh.ch/herde/die-herde-kontrollieren/milcheiweissgehalt-interpretieren/>. 11.02.2024.

Treacher, R. J., I. M. Reid, and C. J. Roberts. 1986. "Effect of Body Condition at Calving on the Health and Performance of Dairy Cows." *Animal Production* 43: 1–6. <https://doi.org/10.1017/S0003356100018286>.

Veerkamp, R. F. 1998. "Selection for Economic Efficiency of Dairy Cattle Using Information on Live Weight and Feed Intake: A Review." *Journal of Dairy Science* 81: 1109–19. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75673-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75673-5).

Veerkamp, R. F., and S. Brotherstone. 1997. "Genetic Correlations Between Linear Type Traits, Food Intake, Liveweight and Condition Score in Holstein Friesian Cattle." *Animal Science* 64: 385–92. <https://doi.org/10.1017/S1357729800015976>.

Venjakob, P., and S. Borchardt. 2021. "Zusammenhang zwischen peripartaler Hypocalcämie und Erkrankungen in der Früh lactation von Milchkühen." *Tierärztliche Umschau* 4-2021: 6-11.

Vries, M. J. De, and R. F. Veerkamp. 2000. "Energy Balance of Dairy Cattle in Relation to Milk Production Variables and Fertility." *Journal of Dairy Science* 83: 62–69. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74856-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74856-9).

Wagner, J. J., K. S. Lusby, J. W. Oltjen, J. Rakestraw, R. P. Wettemann, and L. E. Walters. 1988. "Carcass Composition in Mature Hereford Cows: Estimation and Effect on Daily Metabolizable Energy Requirement During Winter." *Journal of Animal Science* 66: 603–12. <https://doi.org/10.2527/JAS1988.663603X>.

Walsh, S., F. Buckley, K. Pierce, N. Byrne, J. Patton, and P. Dillon. 2008. "Effects of Breed and Feeding System on Milk Production, Body Weight, Body Condition Score, Reproductive Performance, and Postpartum Ovarian Function." *Journal of Dairy Science* 91: 4401–13. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0818>.

Waltner, S. S., J. P. McNamara, and J. K. Hillers. 1993. "Relationships of Body Condition Score to Production Variables in High Producing Holstein Dairy Cattle."

Journal of Dairy Science 76: 3410–19.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77679-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77679-1).

Washburn, S. P., S. L. White, J. T. Green, and G. A. Benson. 2002. "Reproduction, Mastitis, and Body Condition of Seasonally Calved Holstein and Jersey Cows in Confinement or Pasture Systems." *Journal of Dairy Science* 85 (January): 105–11.
[https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(02\)74058-7](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(02)74058-7).

Wattiaux, M. A. 1996. *Reproduction and Genetic Selection*. The Bab-cock Institute University of Wisconsin 240 Agriculture Hall 1450 Linden Drive Madison WI 5370-1562 USA.

Wildman, E. E., G. M. Jones, P. E. Wagner, R. L. Boman, H. F. Troutt, and T. N. Lesch. 1982. "A Dairy Cow Body Condition Scoring System and Its Relationship to Selected Production Characteristics." *Journal of Dairy Science* 65 (March): 495–501.

[https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(82\)82223-6](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(82)82223-6).

Yang, L., Q. Yang, M. Yi, Z. H. Pang, and B. H. Xiong. 2013. "Effects of Seasonal Change and Parity on Raw Milk Composition and Related Indices in Chinese Holstein Cows in Northern China." *Journal of Dairy Science* 96 (November): 6863–69. <https://doi.org/10.3168/JDS.2013-6846>.

Zablotski, Y., G. Knubben-Schweizer, M. Hoedemaker, A. Campe, K. Müller, R. Merle, D. Dopfer, and A. W. Oehm. 2022. "Non-Linear Change in Body Condition Score over Lifetime Is Associated with Breed in Dairy Cows in Germany." *Veterinary and Animal Science* 18 (December): 100275. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2022.100275>.

Zulu, V. C., Y. Sawamukai, K. Nakada, K. Kida, and M. Moriyoshi. 2002. "Relationship Among Insulin-Like Growth Factor-i, Blood Metabolites and Postpartum Ovarian Function in Dairy Cows." *The Journal of*

VIII.

LITERATURVERZEICHNIS

Veterinary Medical Science Vol. 64.

<https://doi.org/10.1292/jvms.64.879>.

IX. TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Tabelle 1: BCS-Einteilung nach EDMONSON et al. (1989), modif. nach M. Metzner.....	8
Tabelle 2: Körperkondition von bayerischem Fleckvieh zu unterschiedlichen Laktationsphasen, ausgehend von Tagen post partum und BCS.....	11
Tabelle 3: Körperkondition von Holstein Friesian zu unterschiedlichen Laktationsphasen, ausgehend von Tagen post partum und BCS.....	12
Tabelle 4: Laktationsphasen ausgehend von Tagen post partum.....	40

X. DANKSAGUNG

Mein erster Dank gilt meiner Doktormutter Gabi Knubben-Schweizer, die mir dieses Thema überlassen hat und mir schon während der Studienzeit viel Freude bereitet hat: Ich werde unsere Videos über die kleine Zwergschlammschnecke immer in Ehren halten, danke!

Ein besonderer Dank geht an meinen Betreuer Yury. Danke für deine Unterstützung, danke für deine Geduld und danke vor allem für deine Motivation, egal welche Schwierigkeiten aufgetaucht sind. Ich hätte mir keinen besseren Betreuer wünschen können!

Franzi... Ich sehe uns noch zusammen in diesem Bus in Finnland sitzen und dein überraschtes Gesicht als ich vom Tiermedizin-Studium fantasiere... Mir kommen die Tränen und mir fehlen die Worte aber du wusstest schon immer besser als ich was ich fühle und denke. Kitchen-Twins für immer und ewig, du bist meine Seele <3

Das Gute an einer Familie: man ist nie alleine. Das Schlechte an einer Familie: man ist nie alleine. Danke Mama, danke Papa. Ohne eure bedingungslose Unterstützung und vor allem eure große Liebe wäre dieses Studium nie möglich gewesen. Wir sind die Rabussen, wir schaffen das!

Ein weiteres großes Dankeschön geht an die Tierarztpraxis Theilenhofen. Lieber Heinz, liebe Barbara, vielen Dank für euer Vertrauen. Ohne diese wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Danke an alle meine Freunde, die mich seit Jahren begleiten, mich ohne zu fragen unterstützen und zu jeder Tages- und Nachtzeit für mich da sind: Meike, Sabine, Martina, Friends on Tour, ...

Und an die Liebe meines Lebens: Du bist mein Anker, mein Halt, mein bester Freund. Ich weiß es war nie leicht und ich bin mir sicher, dass es nie leicht wird. Aber ich liebe es und will mit dir bis ans Ende gehen – mit unserer kleinen Farm, egal wie viele Mitglieder es noch werden.