

Die fortlaufende Körperkonditionsbeurteilung von Milchkühen  
und deren Zusammenhänge mit Stoffwechselfparametern und  
Rassenunterschieden im peripartalen Zeitraum

Von Nicola Carina Panne

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

Die fortlaufende Körperkonditionsbeurteilung von Milchkühen  
und deren Zusammenhänge mit Stoffwechselfparametern und  
Rassenunterschieden im peripartalen Zeitraum

Von Nicola Carina Panne

Aus Weilburg

München 2024

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

Lehrstuhl für Physiologie und Pathologie  
der Fortpflanzung

Arbeit angefertigt unter der Leitung von  
Univ.-Prof. Dr. Rolf Mansfeld

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

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

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Rolf Mansfeld

Korreferent/en: Prof. Dr. Armin M. Scholz

Tag der Promotion: 06. Juli 2024



Diese Arbeit wurde gemäß der §6 Abs. 2 der Promotionsordnung der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München als kumulative Dissertation verfasst.

In dieser Schrift sind folgende wissenschaftliche Artikel enthalten:

Nicola Carina Panne, Rolf Mansfeld

"Methoden zur fortlaufenden Körperkonditionsbeurteilung von Milchkühen - Eine Übersicht"

Tierärztliche Praxis Ausgabe G Großtiere Nutztiere 2022; 50: 1-13; DOI 10.1055/a-1975-6726; eingereicht: Juli 22; akzeptiert: November 22

Nicola Carina Panne, Rolf Mansfeld, Julia Gerke, Martin Kammer, Stefan Plattner, Sarah Plattner, Christian Baumgartner

„Zusammenhänge zwischen Körperkondition von Milchkühen im peripartalen Zeitraum und ausgewählten Stoffwechselfparametern unter Berücksichtigung verschiedener Rassen“

Tierärztliche Praxis Ausgabe G Großtiere Nutztiere 2024; eingereicht: November 23; akzeptiert: Februar 2024

*Für meine Familie*

## **INHALTSVERZEICHNIS**

<b>I. EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>II. LITERATURÜBERSICHT</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Energiestoffwechsel der Milchkuh</b> .....	<b>3</b>
1.1. Negative Energiebilanz .....	3
1.2. Fettmobilisation in der Frühlaktation .....	4
1.3. Subklinische und klinische Ketose .....	6
<b>2. Blutparameter</b> .....	<b>9</b>
2.1. Freie Fettsäuren.....	9
2.2. Beta-Hydroxy-Butyrat.....	10
2.3. Leberenzyme.....	11
<b>III. PUBLIKATIONEN</b> .....	<b>13</b>
<b>1. Methoden zur fortlaufenden Körperkonditionsbeurteilung von Milchkühen – eine Übersicht</b> .....	<b>13</b>
<b>2. Zusammenhänge zwischen Körperkondition von Milchkühen im peripartalen Zeitraum und ausgewählten Stoffwechselfparametern unter Berücksichtigung verschiedener Rassen</b> .....	<b>27</b>
<b>IV. WEITERE ERGEBNISSE</b> .....	<b>53</b>
<b>1. Zusammenhänge zwischen Körperkondition, Stoffwechselfparametern und Laktationszahl</b> .....	<b>53</b>
<b>2. Differenz der Körperkondition zur Vorwoche unter Berücksichtigung von Rasse und Laktationszahl</b> .....	<b>58</b>
<b>3. Zusammenhänge zwischen den Stoffwechselfparametern und der Körperkonditionsveränderung im peripartalen Zeitraum</b> .....	<b>63</b>
<b>V. DISKUSSION</b> .....	<b>67</b>
<b>1. Diskussion der Methoden</b> .....	<b>67</b>
<b>2. Diskussion der Ergebnisse</b> .....	<b>68</b>
<b>VI. SCHLUSSFOLGERUNG</b> .....	<b>72</b>
<b>VII. ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>73</b>

---

<b>VIII.</b>	<b>SUMMARY .....</b>	<b>75</b>
<b>IX.</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>77</b>
<b>X.</b>	<b>DANKSAGUNG .....</b>	<b>83</b>

**ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS**

AMS	Automatisches Melksystem
a.p.	Ante partum
AST	Aspartat-Aminotransferase
BCS	Body Condition Score/ Scoring
BFT	Backfat thickness
BFTM	Backfat thickness measurement
BHB	Beta-Hydroxy-Butyrat
BP	Blutprobe
BV	Braunvieh
CK	Creatinkinase
dAST	Durchschnittliche Aspartat- Aminotransferase
dBCS	Durchschnittlicher Body Condition Score
DIM	Day in milk
dGGT	Durchschnittliche Gamma- Glutamyltransferase
dGLDH	Durchschnittliche Glutamatdehydrogenase
dRFD	Durchschnittliche Rückenfett dicke
FL	Fleckvieh
FSM- IRMi	Frühwarnsystem für Stoffwechselstörungen von Milchkühen mit Hilfe der Absorptionsspektren der Milch
GGT	Gamma- Glutamyltransferase
GLDH	Glutamatdehydrogenase
HF	Holstein Friesian
LKV	Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V.
LMU	Ludwig-Maximilians- Universität München
MPR	Milchprüfing Bayern e.V.
NEB	Negative Energiebilanz

NEFA	Non-esterified fatty acids, nicht veresterte freie Fettsäuren
NEL	Nettoenergie Laktation
p.p.	Post partum
PMAS	Poor metabolic adaptation syndrome
R	Korrelation
R <sup>2</sup>	Determinationskoeffizient
RFD	Rückenfett dicke
RFDM	Rückenfett dickemessung
VLDL	Very-low-density- Lipoprotein

## I. EINLEITUNG

Der Fettstoffwechsel der Kuh unterliegt physiologischen Schwankungen innerhalb des Laktationszyklus (Rossow et al. 1989). Durch die zeitliche Verschiebung zwischen bedarfsdeckender Futteraufnahme und steigender Milchleistung in der Früh-laktation entsteht eine Phase negativer Energiebilanz (NEB) von bis zu 12 Wochen nach der Kalbung (Martens und Breves 2010). Die NEB kann durch die Mobilisierung von Körperfett überbrückt werden (Schröder und Staufenbiel 2006). Ab 4 Wochen post partum (p.p.) steigt die Futteraufnahmekapazität der Kuh an (Martens und Breves 2010). Sobald der Energiegewinn den Energieverbrauch übersteigt, setzt die Lipogenese ein und das mobilisierte Körperfett wird wieder aufgebaut (Metzner et al. 1993). Die Veränderung der Rückenfettdicke des Tieres spiegelt die Lipolyse- und Lipogeneserate wieder (Staufenbiel et al. 1991; Rossow et al. 1989).

Durch die periodische Körperkonditionsbeurteilung im peri- und postpartalen Zeitraum ist eine Überprüfung des Energiestatus der Milchkuh und der leistungsgerechten Energieversorgung der Herde möglich (Schröder und Staufenbiel 2004a; Fischer und Engelhard 1996). Die Rückenfettdickemessung (RFDM) eignet sich auf Herdenebene als wichtiges Instrument für das Gesundheits-Monitoring bei Milchkühen. Das Body Condition Scoring (BCS) ist sowohl auf Einzel- als auch auf Herdenebene ein geeignetes Werkzeug, um die Tiere bezüglich ihrer Energiebilanz zu beurteilen. Die Gesundheit einer Herde basiert vornehmlich auf einer physiologischen Lipolyserate (Koster et al. 2015) und einem möglichst geringen Konditionsverlust nach der Kalbung (Rossow et al. 1991; Nogalski et al. 2012).

Einige Autoren stellen bei der Beurteilung von Rückenfettdicke (RFD) und BCS Unterschiede zwischen verschiedenen Rassen fest (Klawuhn und Staufenbiel 1997; Mansfeld et al. 2000; Mösenfechtel et al. 2000). Klawuhn und Staufenbiel (1997) weisen trotz der rassespezifischen Unterschiede auf eine einheitliche Einstufung des Verlustes der RFD hin (1mm Rückenfett entspricht 5kg Körperfett) (Klawuhn und Staufenbiel 1997). Einen bedeutsamen Faktor für das Gesundheitsmonitoring aller Rassen stellt die maximale Körperkonditionsdifferenz im peripartalen Zeitraum dar. Ein Konditionsverlust von mehr als 0,5 BCS-Einheiten wirkt sich

negativ auf den Kalzium-Haushalt aus (Çolakoğlu et al. 2019) und hat häufiger Nachgeburtsverhaltungen und Ketose zur Folge (Nogalski et al. 2012).

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Zusammenhänge zwischen der Körperkondition und ausgewählten Stoffwechselfparametern im peri- und postpartalen Zeitraum bei drei verschiedenen Milchviehrassen (Holstein Friesian (HF), Fleckvieh (FL), Braunvieh (BV)) und unterschiedlichen Altersklassen darzustellen.

Die Daten des Projekts „MetAlarm“ dienen der Präzisierung der „Stoffwechsel-Doppelampel“ des Milchprüfing Bayern e.V., welche durch das vorangegangene Projekt „Frühwarnsystem für Stoffwechselstörungen von Milchkühen mit Hilfe der Absorptionsspektren der Milch“ (FSM-IRMi) erstmals etabliert werden konnte. Die Doppel-Ampel ist Teil der monatlichen Milchleistungsprüfung des Milchprüfing Bayern e.V. und dient der Vorhersage der Tiergesundheit bezüglich der Stoffwechselstabilität von Milchkühen. Anhand von Risikostufen bietet sie dem Betriebsleiter und den bestandsbetreuenden Tierärzt:innen ein „Frühwarnsystem“ zur regelmäßigen Beurteilung des Energiestatus und der Stoffwechselgesundheit der gesamten laktierenden Herde.

Im Übersichtsartikel (Publikation 1) werden die Grundlagen der Körperkonditionsbeurteilung von Milchkühen aufgeführt und deren Methoden (BCS und RFD), beispielhaft am HF, anhand von Bildern mit schematisierter Darstellung der Beurteilungspunkte am Tier dargestellt. Außerdem wird eine Empfehlung für die optimale Körperkondition im jeweiligen Laktationsstadium ausgearbeitet. Im Originalartikel (Publikation 2) werden die Ergebnisse der Studie präsentiert, welche sich mit den Körperkonditionsveränderungen und Hinweisen auf Stoffwechselfpathologien im peri- und postpartalen Zeitraum bei drei verschiedenen Rassen und unterschiedlichen Altersklassen beschäftigen.

## II. LITERATURÜBERSICHT

### 1. Energiestoffwechsel der Milchkuh

Der Energiebedarf einer Milchkuh unterscheidet sich in verschiedenen Phasen der Laktation. Der Lebendmasse-Energie-Zyklus (Schröder und Staufenbiel 2004c) beschreibt den periodischen Verlauf der Veränderung der Lebendmasse in unterschiedlichen Laktationsstadien. Nach der Kalbung wird Körperfett durch Lipolyse mobilisiert, um den Energiebedarf zu decken. Das verlorene Körperfett wird in der 2. Hälfte der Laktation wieder aufgebaut. Für das Tiergesundheitsmanagement ist es essenziell, diese Abläufe als Grundlage für eine gesunde Milchkuh zu nutzen und Haltung, Fütterung und Management dementsprechend auszurichten.

#### 1.1. Negative Energiebilanz

Eine Kuh mit guter Milchleistung benötigt nach der Geburt des Kalbes mehr Energie für die Milchproduktion als sie mit dem Futter aufnehmen kann (Mansfeld et al. 2000). Durch den rasanten Anstieg der Milchproduktion erreicht die Kuh schon 4-14 Wochen p.p. ihre maximale Tagesmilchleistung (Martens und Breves 2010; Schröder und Staufenbiel 2004c). Schon 4 Wochen vor der Kalbung bis 4 Wochen nach der Kalbung ist die Futteraufnahme deutlich reduziert (Martens und Breves 2010). Die maximale Futteraufnahmekapazität wird erst 4-11 Wochen p.p. erreicht (Schröder und Staufenbiel 2004c; Martens und Breves 2010). Der Höhepunkt der Stoffwechselbelastung der frischlaktierenden Milchkuh liegt 2-6 Wochen nach der Kalbung (Stöber 2006). Bei einer Milchleistung von ca. 45 kg/Tag ist eine Trockenmasseaufnahme von etwa 25 kg notwendig, um den Bedarf zu decken. Dabei muss eine Energiekonzentration (Nettoenergie Laktation, NEL) von 7,3 MJ/kg Trockenmasse vorliegen, was eine sehr gute Grundfutterqualität mit optimaler Energiedichte voraussetzt. Es ist davon auszugehen, dass die Trockenmasseaufnahme einer Milchkuh begrenzt ist und die Futteraufnahmekapazität p.p. herabgesetzt ist (Martens und Breves 2010). Aufgrund dessen und aufgrund des Energieverlustes durch die steigende Milchleistung in der Früh-laktation verschiebt sich die Energiebilanz ins Negative (Staufenbiel et al. 1991). Boge et al. (2021) beschreiben, dass Jungkühe schon 20 Tage ante partum (a.p.) in eine NEB kommen können. Diese metabolische



Entwicklung basiert auf Konkurrenz von Glukoneogenese, Fettverbrennung und Lipolyse (Stöber 2006). Es entsteht ein Energiedefizit (Martens und Breves 2010), was eine Veränderung von einer anabolen hin zu einer katabolen Stoffwechsellage bedeutet (Stöber 2006). Die negative Energiebilanz kann bis zu 12 Wochen p.p. andauern (Martens und Breves 2010; Staufenbiel et al. 1991). Kohlenhydrate sind nur bedingt leicht mobilisierbar, da sie der laufenden Gluconeogenese entnommen werden müssen und bei akutem Energiebedarf nicht ausreichend zur Verfügung stehen (körpereigene Reserven 2-3kg) (Stöber 2006). Der Energieträger Fett kann bis zu 80% des Energieflusses bewerkstelligen (körpereigene Reserven 40-60 kg) (Stöber 2006). Die NEB wird dementsprechend durch Mobilisation der Fettreserven (Lipolyse) ausgeglichen, wodurch sich die Futteraufnahme weiter vermindern kann, da die Fettsäuren appetitmindernd wirken können (Martens und Breves 2010; Metzner et al. 1993). Die anfallenden Stoffwechselprodukte der Fettsäureoxidation werden für die Milchfettsynthese und zur Energiegewinnung genutzt (Rossow). Boge et al. (2021) ging im Herdenmittel vom Körperkonditions-Tiefpunkt am Laktationstag 121 aus. Die negative Bilanz stellt sich im letzten Laktationsdrittel ein. Ab diesem Zeitpunkt können verlorene Fettreserven durch Lipogenese wieder aufgebaut werden und die Energiebilanz verschiebt sich ins Positive (Schröder und Staufenbiel 2004c). Es ist sehr wichtig, hohe Energieverfügbarkeit in der Ration, gute Futteraufnahme der Kühe und minimale Abnahme der Körpersubstanz zu erreichen (Heuwieser und Mansfeld 1992). Schröder und Staufenbiel (2003) weisen darauf hin, dass bei einer ausgeprägten Energiemangelsituation auch in der Folgelaktation Schwierigkeiten beim Aufbau von Körpermasse bestehen können.

## **1.2. Fettmobilisation in der Frühaktation**

Während Propionsäure aus der Vormagenverdauung der Kohlenhydrate hauptsächlich über die Pansenschleimhaut resorbiert und zur intrahepatischen Glukoneogenese genutzt wird, werden andere mikrobiell gebildete Fettsäuren (Acetat) im Pansen, Nahrungsfette oder Fett als Substrat eines Kohlenhydratüberschusses in den Fettdepots eingelagert (Liponeogenese) (Kirchgeßner et al. 2011). Die Einlagerung von Fett in Adipozyten subkutanen Fetts ist vorrangig gegenüber der Einlagerung in das Körperhöhlenfettgewebe (Stöber 2006).

Die Lipomobilisation ist eine Folge des stattfindenden Glukosemangels während

der Phase der NEB. Freie Fettsäuren (Non-esterified fatty acids, NEFA) und Glycerin werden aus dem Körperfett mobilisiert und zur Leber transportiert, dort findet im Rahmen der Lipolyse die  $\beta$ -Oxidation statt (Kirchgeßner et al. 2011; Stöber 2006). Die  $\beta$ -Oxidation steht in Konkurrenz mit der Gluconeogenese bezüglich des Substrats Oxalacetat. Da die Gluconeogenese vorrangig stattfindet, können die freigesetzten Fettsäuren nur teils genutzt und zu Ketonkörpern weiter verarbeitet werden (Stöber 2006). Die Fettsäure-Reste werden zu Triglyceriden verstoffwechselt und als VLDL (Very-low-density-Lipoprotein) aus der Leber geschleust (Stöber 2006). Übersteigt die Resynthesierung die Ausschleusung, kommt es zu einer vermehrten Einlagerung von Fett in die Leberzellen und somit zu einer intrazellulären Leberverfettung (Stöber 2006; Rossow) (Abb.1).

Durch gesteigerte Gluconeogenese und Fettmobilisation gelingt es der Milchkuh die metabolische Situation p.p. zu überstehen und ein Gleichgewicht zwischen anabolem und katabolem Stoffwechsel herzustellen. Sind weitere Faktoren wie gesunde Trockenperiode, ungestörtes Periparturium, normale Lipomobilisationsrate und nicht mehr als 20% Einlagerung von Fett in die Hepatozyten gegeben, kann eine Früh lactation ohne nachhaltige Funktionsstörung stattfinden (Stöber 2006). Staufenbiel et al. (1989) weisen auf eine physiologische Grenze der Gesamtlipide in der Leber von 8-12% hin. Es kann in der Studie von Weber et al. (2013) nachgewiesen werden, dass Tiere mit einem geringen Leberfettanteil die höchste Futteraufnahme und die geringste NEB zeigen (Weber et al. 2013). Die Immunantwort kann durch die energetische Mangelsituation vermindert sein, da z.B. die T-Zell-Aktivierung und weitere Immunreaktionen ebenfalls zusätzliche Energie benötigen (Martens und Breves 2010). Des Weiteren wird eine verminderte Funktion der neutrophilen Granulozyten vermutet (Blömer. J. 2009). Wird viel Körperfett mobilisiert, ist ein negativer Einfluss auf den Kalzium-Stoffwechsel in der Früh lactation zu erwarten (Çolakoğlu et al. 2019). Barletta et al. (2017) weisen ebenfalls vermehrt Krankheitsfälle bei Tieren mit hohem Körperkonditionsverlust nach, verglichen mit Tieren, die keine oder wenig Verluste haben.

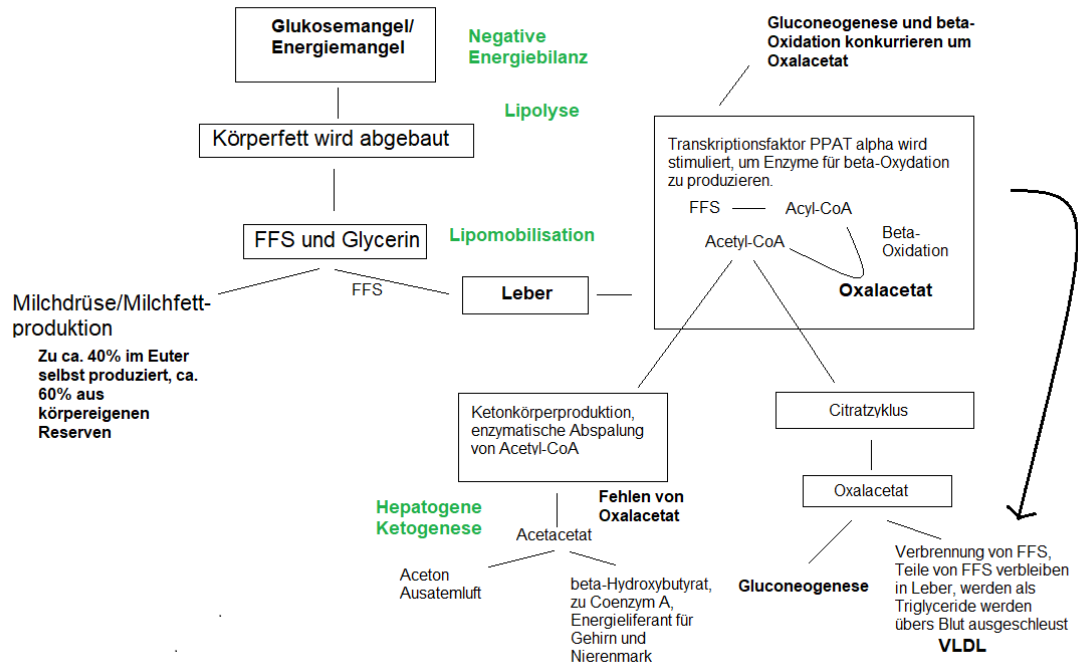


Abb. 1: Biochemische Vorgänge der Fettmobilisation der Milchkuh in Anlehnung an (Kirchgeßner et al. 2011) und (Stöber 2006). Quelle: © Nicola Panne

FFS: Freie Fettsäuren [Non-esterified fatty acids (NEFA)], PPAT  $\alpha$ : peroxisome proliferator activated receptor  $\alpha$ , VLDL: Very-low-density-Lipoprotein.

Fig. 1: Biochemical processes of fat mobilization in dairy cows based on (Kirchgeßner et al. 2011) und (Stöber 2006). Source: © Nicola Panne

FFS: [Non-esterified fatty acids (NEFA)], PPAT  $\alpha$ : peroxisome proliferator activated receptor  $\alpha$ , VLDL: Very-low-density-Lipoprotein.

### 1.3. Subklinische und klinische Ketose

Kann das metabolische Gleichgewicht aufgrund verschiedener Faktoren nicht hergestellt werden, entsteht eine pathologische Stoffwechsellaage. Parameter wie Kalbeverlauf, nutritiver Stress (alimentäre Ketose durch verminderte Futterqualität oder Futterumstellung), umweltassoziierte Stressoren und Primärerkrankungen (Mastitis, Klauenerkrankungen, Labmagenverlagerung etc.) beeinflussen das metabolische Geschehen (Fürll 2013; Stöber 2006). Durch den Vorgang der Fettmobilisation p.p. in einem physiologischen Umfang ist allenfalls eine subklinische Ketose zu erwarten (Stöber 2006).

Eine subklinische Ketose zeichnet sich durch das Überschreiten des oberen

Grenzwertes der Ketonkörper (Beta-Hydroxy-Butyrat, BHB  $\geq 1,2$  mmol/l) aus, jedoch ist das Allgemeinbefinden nicht beeinträchtigt, es zeigen sich keine klinischen Symptome und ebenfalls keine stark ausgeprägte Hypoglykämie (Stöber 2006). Auswirkungen können jedoch Milchrückgang, Beeinträchtigung der Reproduktion und Gewichtsverlust sein. Rutherford et al. (2016) beschreiben bei Tieren mit subklinischer Ketose einen verspäteten Einsatz des Östrus und eine verkürzte Östrusdauer. Außerdem kann aufgrund der subklinischen Ketose eine längere Rastzeit bei Tieren ab der 2. Laktation nachgewiesen werden (Rutherford et al. 2016).

Entgleist die Stoffwechsellage durch einen oder mehrere der oben genannten Faktoren, kann sich eine manifestierte klinische Ketose entwickeln, wobei es zu einem vermehrten Anfall an Ketonkörpern kommt (Ketogenese) (Stöber 2006). Kommt es durch Hyperlipomobilisation zu einer über 30%-gen intrazellulären Leberverfettung, wird die Funktion des Lebergewebes nachhaltig geschädigt und es kommt zu einer Hepatosteatose. Die Folgen sind eine Verringerung der stoffwechselaktiven Flächen im Leberparenchym, verringerte Entgiftungsprozesse und Schädigung der Proteinmembranen (Stöber 2006). Durch die Hyperketonämie kann das Immungeschehen eingeschränkt sein, es findet eine verminderte Produktion von Zytokinen durch Lymphozyten statt, es entsteht eine geringere Phagozytosekapazität und somit ein gehäuftes Auftreten von Infektionen (Rossow). Außerdem ist mit kurzfristigen und mittelfristigen wirtschaftlichen Folgen im Rahmen der Reproduktion zu rechnen (z.B. Nachgeburtshaltung, schwache Brunst, verlängerte Zwischenkalbezeit) (Stöber 2006). Dies bestätigen auch Schröder und Staufenbiel (2004a).

Bildungsorte der Ketonkörper sind sowohl die Pansenschleimhaut (Beta-Hydroxy-Butyrat, ruminale Ketogenese) als auch die Leber (Acetoacetat aus der  $\beta$ -Oxidation, hepatische Ketogenese) (Stöber 2006) (Tab.1).

Tab. 1 Eigenschaften der verschiedenen Ketonkörper in Anlehnung an Stöber 2006 (Stöber 2006).

Table 1 Properties of the different ketone bodies based on Stöber 2006 (Stöber 2006).

<b>Ketonkörper</b>	Acetoacetat	$\beta$ -Hydroxybutyrat	Aceton
<b>Bildungsort</b>	In der Leber, aus längerkettigen Fettsäuren, $\beta$ -Oxidation	Im Epithel des Vormagens durch aus der Vormagenverdauung anfallender Buttersäure	In der Leber entsteht aus Abspaltung von CO <sub>2</sub> von Acetoacetat
<b>Ketogenese</b>	Hepatische Ketogenese	Ruminale Ketogenese	
<b>Nutzung</b>	In extrahepatischen Geweben zur Energiegewinnung, Fettsynthese, kann durch Dehydrogenase zu $\beta$ -Hydroxybutyrat umgewandelt werden	Im Euter wird es zu Acetoacetat oxidiert, dient der Milchfettsynthese, Energielieferant für Gehirn und Niere	Teils energetisch verwendet, teils ausgeschieden (Atmenluft)
<b>Anteil</b>	Hauptanteil mit Aceton bei pathologischer Lage	Hauptanteil bei normoketonämischer Lage	Hauptanteil mit Acetoacetat bei pathologischer Lage
<b>Klinik</b>	Hohe Konzentrationen führen zu nervösen Symptomen	Ungiftig für Gewebe	Hohe Konzentrationen führen zu nervösen Symptomen

Durch eine Energiemangelsituation kommt es zur bevorzugt ausgeführten Gluconeogenese und somit zu einer nicht ausreichenden Verbrennung der Ketonkörper durch Mangel an Oxalacetat. Die Bildung der Ketonkörper übersteigt deren Verbrauch, sodass der Zustand einer klinischen Hyperketonämie erreicht werden kann (Stöber 2006). Etwa 10% der Ketonkörper werden sowohl über Harn, Blut, Milch und Atemluft ausgeschieden (Stöber 2006).

Bei einer primären Ketose kann zwischen den Symptomen einer digestiven (Fressunlust, reduziertes Wiederkauen, verminderte Motorik, Durchfall, Verstopfung etc.) und einer nervösen Ketose (Sensorium beeinträchtigt, Speicheln, unsicherer Gang etc.) unterschieden werden (Stöber 2006). Die sekundäre Ketose entsteht ausgehend von einer vorhergegangenen Erkrankung, zeigt aber die gleiche Symptomatik wie die primäre Ketose. Trembley et al. (2018) beschreiben bei einer ketotischen Stoffwechsellaage ebenfalls eine reduzierte Pansenfüllung, geringere Kontraktionen der Pansenmotorik und erhöhte Werte der Leberenzyme. Allerdings beschreiben sie in deren Studie verschiedene Gruppen des sogenannten „poor metabolic adaptation syndrome“ (PMAS). Bei diesem Krankheitsbild ist nicht vorrangig die BHB-Konzentration im Blut ausschlaggebend, sondern der NEFA-Wert und andere klinische Symptome. Das Risiko für PMAS kann durch die Fettsäure-Zusammensetzung in der Milch durch Infrarotspektroskopie dargestellt werden (Tremblay et al. 2018). Reus et al. (2023) kategorisieren Kuhtypen (ketotisch, gesund, PMAS, etc.) anhand des Fettsäuremusters in der Milch.

## **2. Blutparameter**

### **2.1. Freie Fettsäuren**

Kommt es durch einen Energiemangel zu vermehrter Lipolyse, werden Freie Fettsäuren (FFS, NEFA, Non-esterified fatty acids) und Glycerin freigesetzt und zur Leber transportiert (Klee und Hartmann 2017). Klee und Hartmann (2017) geben einen oberen Grenzwert a.p. von 0,4 mmol/l an, p.p. von 0,7-1,0 mmol/l. Furken et al. (2015) beschreiben bei Tieren mit NEFA-Konzentrationen  $\geq 1,1$  mmol/l p.p. ein höheres Risiko an klinischer und subklinischer Ketose zu erkranken, sowie das häufigere Auftreten eines Aborts bis 200 Tage p.p.. Die NEFA-Werte steigen nach der Kalbung etwa bis zum 30. Tag, was mehrere Autoren berichten (Folnožić et al. 2015; Çolakoğlu et al. 2019). Bei Tieren mit hohem Konditionsverlust steigen die NEFA-Werte signifikant deutlicher an, als bei Tieren

mit geringerem Körperkonditionsverlust (Mösenfechtel et al. 2000). Die Körperkondition an sich (BCS normal oder hoch) hat jedoch keinen Einfluss auf die folgenden NEFA-Werte (Folnožić et al. 2015). Weisen die Werte höhere Werte als 0,6 mmol/l a.p. auf, wird das Auftreten von Nachgeburtsverhaltungen, Klauenerkrankungen, Endometritiden und klinischen Ketosen begünstigt (Blömer. J. 2009). Somit kann der NEFA-Gehalt im Blut ein sinnvoller Parameter zur Früherkennung von Krankheiten sein.

## 2.2. Beta-Hydroxy-Butyrat

Die Biosynthese der Ketonkörper findet in der Leber (intramitochondrial) statt (Abb. 1) und steht in Verbindung mit dem Abbau von Körperfett (Fettsäuren) (Kirchgeßner et al. 2011). Drei aktivierte Essigsäuremoleküle (Acetyl-CoA) verbinden sich zur Bildung von Ketonkörpern (zu  $\beta$ -Hydroxy- $\beta$ -Methyl-Gluraryl-CoA) (Fuhrmann und Sallmann 2010). Acetyl-CoA wird enzymatisch abgespalten, wodurch Acetoacetat entsteht. Durch Reduzierung von Acetoacetat entsteht in NADH-abhängiger Reaktion Beta-Hydroxy-Butyrat (Fuhrmann und Sallmann 2010). Aceton entsteht durch spontane Decarboxylierung von Acetoacetat und kann mit der Atemluft ausgeschieden werden. Die Ketonkörper können durch Aktivierung mit Coenzym A als Energiequelle für Gewebe genutzt werden (Kirchgeßner et al. 2011). Einer vermehrten Bildung von Ketonkörpern geht eine verstärkte Lipolyse voraus (Abb.1). Durch Lipolyse steigt die Aktivität der  $\beta$ -Oxidation in den Hepatozyten, gleichzeitig nimmt die Produktion von Ketonkörpern zu. Die Ketonkörper werden so in eine wasserlösliche, transportierbare Form gebracht und ins Blut abgegeben (Fuhrmann und Sallmann 2010). Vornehmlich Niere und Gehirn, aber auch Herz- und Skelettmuskulatur nutzen die Ersatzprodukte in Energiemangelsituationen (Kirchgeßner et al. 2011; Fuhrmann und Sallmann 2010).

Die Ketonkörperproduktion zu Beginn der Laktation ist physiologisch. Steigt der Wert im Blut jedoch über einen oberen Grenzwert, gerät die Stoffwechsellage in pathologische Bereiche. Fürll (2013) gibt für Milchkühe a.p. einen oberen Grenzwert von  $\leq 0,62$  mmol/l an, für Tiere 3 Tage p.p.  $\leq 0,85$  mmol/l (Fürll 2013). Klee (2017) gibt einen oberen Grenzwert von  $\leq 1,0$  mmol/l an, weist aber auf einen international etablierten Grenzwert von 1,2 mmol/l hin (Klee und Hartmann 2017).

Bei Werten  $\geq 1,2$  mmol/l p.p. kann in der Folge von einem vermehrten Auftreten von Labmagenverlagerungen und Metritiden ausgegangen werden (Duffield et al. 2009).

### 2.3. Leberenzyme

Bei einer metabolischen Stoffwechsellage steigen die leberspezifischen Serumenzyme an (Stöber 2006).

Die Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) hat ihren Ursprung in den Mitochondrien der Hepatozyten. Ist dessen Aktivität erhöht, weist dies auf eine Schädigung der Leber- oder Nierenzellen hin. Des Weiteren kann die Erhöhung von GLDH auf einen verstärkten Harnstoffwechsel hindeuten (Fürll 2013). Klee (2017) weist der GLDH eine Leberspezifität zu. Die GLDH ist u.a. bei einer Fasciolose und bei Vergiftungen erhöht. Der obere physiologische Grenzwert liegt bei  $\leq 16$  U/l. Klee (2017) weist außerdem auf eine eher unspezifische Erhöhung hin und rät zu einer Verlaufskontrolle (Klee und Hartmann 2017). Fürll (2013) gibt einen oberen Grenzwert von  $< 30$  IU/l an und stellt ab einem Wert von  $> 1000$  U/l einen prognostisch ungünstigen Leberschaden fest.

Die  $\gamma$ -Glutamyl-Transferase ( $\gamma$ -GT/GGT) ist ein leberspezifisches Enzym und in der Membranstruktur lokalisiert. Sie steigt bei Leberzellschädigungen an und korreliert eng mit Leberfett- und Lebervolumenzunahmen. Die GGT kann bei Kälbern erniedrigt sein, wenn diese eine unzureichende Menge Kolostrum aufgenommen haben (Fürll 2013). Fürll (2013) gibt als Grenzwert für GGT  $< 50$  IU/l an. Klee (2017) hingegen gibt einen Grenzwert von  $\leq 36$  U/l an. Gründe für eine Erhöhung können bei erwachsenen Rindern eine Fettleber, raumfordernde Leberprozesse, Leberstauungen bei Herzerkrankungen, Fasciolose und Behinderung des Gallenabflusses sein (Klee und Hartmann 2017).

Die Aspartat-Amino-Transferase (AST) ist leber- und muskelspezifisch. Sie ist erhöht bei Schädigung der Leberzellmembran und bei Muskel- oder Uterusschäden (myogener Ursprung) (Fürll 2013). Ist dieser Parameter erhöht, ist es sinnvoll, die Creatinkinase (CK) zu bestimmen, um den Ursprungsort der AST genauer zu identifizieren. Fürll (2013) gibt einen oberen Grenzwert für AST von  $< 80$  U/l bei bis zu 1 Woche a.p. und  $< 100$  U/l bei bis zu 3 Tagen p.p. an (Fürll 2013).



Klee und Hartmann (2017) nutzen den oberen Grenzwert von  $< 80$  U/l und beschreiben eine erhöhte AST bei Hämolyse, akutem Leberschaden und akutem Skelettmuskelschaden.

### **III. PUBLIKATIONEN**

#### **1. Methoden zur fortlaufenden Körperkonditionsbeurteilung von Milchkühen – eine Übersicht**

**Methods for continous body condition scoring in dairy herds – an Overview**

Nicola Carina Panne, Rolf Mansfeld

**„Methoden zur fortlaufenden Körperkonditionsbeurteilung von Milchkühen – eine Übersicht“**

„Methods for continous body condition scoring in dairy herds – an Overview“

Tierärztliche Praxis, Ausgabe G Großtiere Nutztiere, 2022; 50: 386-398

DOI 10.1055/a-1975-672

## Methoden zur fortlaufenden Körperkonditionsbeurteilung von Milchkühen – eine Übersicht

### Methods for continuous body condition scoring in dairy herds – an Overview



Autorinnen/Autoren

Nicola Carina Panne, Rolf Mansfeld

#### Institut

Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung, Tierärztliche Fakultät, Ludwig-Maximilians-Universität München

#### Schlüsselwörter

Body Condition Scoring, Rückenfettdicke, Lipomobilisationssyndrom, Ketose, negative Energiebilanz

#### Key words

Body condition scoring, backfat thickness, fat mobilization syndrome, ketosis, negative energy balance

eingereicht 08.07.2022

akzeptiert 09.11.2022

#### Bibliografie

Tierärztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere 2022; 50: 386–398

DOI 10.1055/a-1975-6726

ISSN 1434–1220

© 2022. Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14, 70469 Stuttgart, Germany

#### Korrespondenzadresse

Nicola Carina Panne

Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung

Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

Sonnenstraße 16

85764 Oberschleißheim

Deutschland

nici2607@hotmail.com

#### ZUSAMMENFASSUNG

Die Körperkonditionsbeurteilungsmethoden Body Condition Scoring (BCS) und Rückenfettdickemessung mittels Ultraschall (RFD) beim Rind bieten gute und praktikable Möglichkeiten, die Energiebilanz einer Milchkuh in der Trockenstehphase und in der Früh lactation zu beurteilen. Für den vorliegenden Übersichtsartikel wurde eine umfangreiche Recherche der wissenschaftlichen Literatur (online und analog) durchgeführt. Die verschiedenen Arbeiten wurden in ein Literaturverwaltungsprogramm eingepflegt und kategorisiert. Das BCS ist das Mittel der Wahl, um schnell und präzise einen Überblick über die Verläufe der Körperkondition von Kühen eines Bestands während des Reproduktionszyklus zu bekommen. Die Rückenfettdicke (RFD) kann durch exakt messbare Werte vor allem bei der Einzel- oder Kleingruppenbetreuung herangezogen werden. Ziel derartiger Verfahren ist es, den Energiehaushalt der Milchkuh in der Früh lactation unter Berücksichtigung der Energieaufnahme und der Energieabgabe optimal zu steuern, um die Inzidenzen von Erkrankungen wie Fettmobilisationssyndrom und Ketose zu minimieren und dementsprechend eine bessere Tiergesundheit und optimale Leistung zu schaffen.

#### ABSTRACT

The body condition assessment methods Body Condition Scoring (BCS) and backfat thickness measurement are important methods to assess the energy status of a dairy cow in the dry period and early lactation. An extensive search of the scientific literature (online and analogue) was carried out for the presented review. Various keywords filtered important articles, which were entered into a literature management program and whose content was assigned to various categories, on which the review article is based. The BCS is the tool of choice for acquiring a rapid and precise overview of the dairy herd. The backfat thickness (RFD) may be used for more detailed investigations. The aim of aforementioned studies is to attain an optimal energy balance of the dairy cow during early lactation considering energy intake and energy output as well as to minimize diseases such as fat mobilization syndrome and ketosis, and in consequence to allow for improved animal health and optimal performance.

## Einleitung

Die Ausprägung des Unterhautfettgewebes weist auf den Ernährungszustand und die Energiebilanz einer Milchkuh hin und bildet die Grundlage für die Körperkonditionsbeurteilung [1][2]. Obwohl es tierindividuelle Unterschiede gibt und die Körperfettverteilung nicht immer einheitlich ist [2], ist die periodische Körperkonditionsbeurteilung ein aussagekräftiges, effektives Werkzeug zur Beurteilung des Energiestatus des Einzeltieres und der leistungsgerechten Energieversorgung der Herde in den verschiedenen Laktationsstadien [3][4]. Durch die Kontrolle des physiologischen Vorgangs der Lipolyse in der Früh- und der Spätlaktation können Über- und Unterkonditionierung und damit verbundene Krankheitsrisiken vermieden werden [1][3]. Die Körperkonditionsbeurteilung ist als Teil des Tiergesundheitsmanagements in die Bestandsbetreuung inkludiert. Bedeutsame Methoden zur Körperkonditionsbeurteilung sind die visuelle und/oder palpatorische Beurteilung (das sogenannte Body Condition Scoring [BCS]) und die Rückenfettdickmessung am Becken des Tieres mittels Ultraschall (RFDM).

## Der Energiestoffwechsel im Laktationsverlauf

Der Energiebedarf einer Milchkuh ist im zeitlichen Verlauf des Laktationszyklus unterschiedlich. Postpartal wird das Körperfett durch Lipolyse eingeschmolzen, da vermehrt Energie benötigt wird. In der 2. Hälfte der Laktation werden die verlorenen Fettreserven wieder aufgebaut. Dieser Vorgang unterliegt einem sich wiederholenden periodischen Ablauf [5][6]. Die Berücksichtigung des Verlaufes des Energiebedarfes in der Laktation ist sowohl Grundlage für das Gesundheitsmanagement als auch Basis für optimale Leistungsbedingungen einer Milchkuh [7].

Die maximale Tagesmilchleistung erreicht die Milchkuh 4–14 Wochen post partum (p. p.) [8][9]. Die Futteraufnahmekapazität sinkt zwischen 4 Wochen ante partum (a. p.) bis zu 4 Wochen p. p. [8] und die maximale Futteraufnahmekapazität wird erst 4–11 Wochen p. p. erreicht [8][9]. Futteraufnahme und Energieverbrauch sind zeitlich verschoben [10], weshalb die Verschiebung der Energiebilanz ins Negative (Negative Energiebilanz, NEB) unvermeidbar ist. Das Energiedefizit bedeutet eine Veränderung von einer anabolen zu einer katabolen Stoffwechsellage [10] und kann bis zu 12 Wochen p. p. anhalten [8][11]. Die für die Milchkuh nutzbare Energie in Form von Kohlenhydraten steht während der Zeit des stark ansteigenden Energiebedarfs nicht ausreichend zur Verfügung, da sie der Glukoneogenese entnommen werden muss [10]. Der Energieträger Fett aus körpereigenen Fettdepots kann allerdings ¼ des Energieflusses bewerkstelligen [10]. Die Azetatbruchstücke aus der Vormagenverdauung dienen der Fettsäuresynthese/Lipogenese im körpereigenen Fett und werden dort eingelagert (Lipodeposition) [10]. Übersteigt der Energiebedarf das Fettsäureangebot, wird das eingelagerte Depotfett durch Lipolyse in freie Fettsäuren (FFS) und Glycerin gespalten und mit dem Blut zur Leber transportiert (Lipomobilisation) [10]. Dort werden die FFS zur Energiegewinnung durch Oxalacetat verbrannt [10]. Die Verbrennung der FFS und die Glukoneogenese stehen in Konkurrenz um das Substrat Oxalacetat. Da die Glukoneogenese vorrangig ist, werden die FFS in der Leber behalten, unvollständig genutzt oder zu Ketonkörpern verstoffwechselt [10]. Die verbleibenden Fettsäu-

reste werden zu Triglyzeriden resynthetisiert und aus der Leber ausgeschleust. Übersteigt die Resynthetisierung die Ausschleusung entsteht eine intrazelluläre Leberverfettung [10][12].

Der Prozess der Ketonkörperproduktion aufgrund eines Energiemangels ist eine hepato-gene Ketogenese [5]. Eine geringgradige Ketogenese in der Früh- und Spätlaktation ist physiologisch [5]. Es kommt jedoch zu einem pathologischen Ausmaß, wenn das Energiedefizit durch eine vorangegangene Krankheit, schlechte Futterqualität oder pathologisch übermäßige Lipolyse verstärkt wird [5]. Die Ketogenese kann ein weiterer Faktor sein, der die NEB aufrechterhält oder verstärkt, denn die Ketonkörper führen zu einer Appetithemmung und damit zu einer herabgesetzten Futteraufnahme [8]. Schröder und Staufenberg [9] beschreiben den Zeitraum der NEB von Beginn der Laktation bis 5–10 Wochen p. p., bei hochleistenden Tieren bis 16 Wochen p. p. [9]. Die Körperreserven werden bis zur 4.–8. Woche p. p. eingeschmolzen, so dass die Milchkuh in diesem Zeitraum ihr minimales Körpergewicht während eines Laktationszyklus erreicht [13]. Bei Jungrindern wird eine NEB schon a. p. beobachtet [14]. Pothmann et al. [15] nennen für das österreichische Fleckvieh ähnliche zeitliche Angaben. Der damit einhergehende Tiefpunkt der Körperkondition im Herdenmittel liegt in dieser Studie am 110. Tag. Der neueren Untersuchung von Boge et al. [14] zufolge ist die niedrigste Körperkondition im Herdenmittel am Tag 121 erreicht. Eine Umkehr dieses Vorgangs, von der negativen zur positiven Energiebilanz, stellt sich im letzten Laktationsdrittel ein [9]. Schröder und Staufenberg [9] nennen den Zyklus des Ab- und Wiederaufbaus des Körperfetts und des jeweiligen Energiebedarfs den „Lebendmasse-Energie-Zyklus“ [9]. Es ist von hoher Wichtigkeit, eine optimale Trockenmasseaufnahme, hohe Energieverfügbarkeit und minimale Abnahme der Körpersubstanz zu erreichen [16].

## Material und Methoden

Für den vorliegenden Übersichtsartikel wurde eine umfangreiche Recherche der wissenschaftlichen Literatur durchgeführt. Im Einzelnen wurden die Online-Datenbanken „Web of Science Core Collection“, „MEDLINE“, „PubMed“, der Online-Katalog (OPAC) der Universitätsbibliothek der LMU München und „Google-Scholar“ von 1982 bis in die Gegenwart herangezogen. Die recherchierten Keywords in diversen Konstellationen waren „metaanalysis“, „body condition scoring“, „dairy cow“, „backfat thickness“, „ketosis“, „non-esterified fatty acids cattle“, „betahydroxybutyrate cattle“. Es wurden Arbeiten aus internationalen und nationalen wissenschaftlichen Zeitschriften verwendet. Hoch priorisiert wurden Originalartikel, folgend online publizierte Dissertationen und Lehrbücher aus dem Fachbereich Tiermedizin. Außerdem wurden Online-Artikel und analoge Literatur aus Fachzeitschriften genutzt. Die Literatur wurde in Citavi®, ein Literaturverwaltungsprogramm von „Swiss Academic Software GmbH“, Schweiz, eingepflegt und die Informationen verschiedenen inhaltlichen Kategorien (Allgemein: Energiedefizit, Lebendmasse-Energie-Zyklus, Ketose, Physiologie und Pathophysiologie; Körperkonditionsbeurteilung: BCS [Autoren, Schemata, optimaler Verlauf], RFD [Autoren, Messmethoden, optimaler Verlauf]; Management: optimale Untersuchungszeiträume) zugeordnet. Die Kategorien wurden als Grundlage für die Gliederung des Artikels genutzt.



## Körperkonditionsbeurteilung mittels Body Condition Scoring

Das BCS ist definiert als eine visuelle, palpatorische und nicht-invasive Körperkonditionsbeurteilungsmethode für Milchrinder, die von einer hinter dem Tier stehenden Person durchgeführt wird [17]. Die Fettpolster in der Unterhaut an bestimmten Körperpunkten dienen als Grundlage für die Beurteilung der Fettreserven [18]. Edmonson et al. [19] entwickelten diese Art der Körperkonditionsbeurteilung, indem sie diverse Körperpunkte der Kuh bewerteten. Häufig werden die Querfortsätze der Lendenwirbel, der Schwanzansatz, die Sitzbeinhöcker und die Hüftböcker anhand ihrer geschätzten subkutanen Fettschicht beurteilt [6][13][19]. Wichtig bei der Beurteilung ist, dass nicht nur die Fettreserven unter der Haut eine Aussage über die Körperkondition geben, sondern dass auch die darunterliegenden Muskelschichten die Bewertung beeinflussen können [11][19]. Der BCS und die Veränderung des BCS im Verlauf der Laktation und während der Trockenstehzeit enthalten bedeutende Informationen über die Energieversorgung der Kühe [20] und über die Anpassung der Futterration an den jeweiligen Bedarf in unterschiedlichen Laktationsstadien [21].

Das BCS sollte auf ebenem Boden, am stehenden Tier [21] und in einem Winkel von 0–20° zum Rücken des Tieres von hinten rechts ausgeführt werden [22]. Wenn die Benotung nicht eindeutig ist und das Tier an verschiedenen Körperstellen verschiedene Scores aufweist, wird empfohlen den Mittelwert zu bilden [16]. Generell beeinflusst die Individualität eines jeden Tieres das Ergebnis, denn nicht alle Tiere beginnen mit dem Fettabbau während der Früh-laktation in gleichen Körperregionen und auch das Verteilungsmuster der Fettdepots ist tierspezifisch [2]. Das BCS ist unabhängig von Rahmen und Körpergewicht der Kuh, weshalb der Untersucher diese beiden Aspekte unbeachtet lassen kann [21][23]. Die Korrelation zwischen den Ergebnissen verschiedener internationaler BCS-Systeme ist geringer, wenn nur die visuelle Bewertung durchgeführt wird ( $R^2 = 0,54–0,72$ ) [20].

Die am weitesten verbreitete Skala definiert Score 1 als starke, lebensbedrohliche Unterernährung und Score 5 als hochgradige Verfettung [19][21][23].

Eines der ersten visuellen und palpatorischen Konditionsbeurteilungsschemata wurde von Wildman et al. [23] in Irland entwickelt. Auf einer Skala von 1–5 ohne weitere Untereinheiten werden Thorax- und Lumbalregion der Wirbelsäule, Dornfortsätze, Beckenausgangsgrube, Hüftböcker und Sitzbeinhöcker beurteilt [23].

Edmonson et al. [19] entwickelten auf der Basis von Wildman et al. [23] und anhand der Holstein Friesian Milchkuh ein visuelles Schema [19]. In einer Skala von 1–5 werden 8 Körperpunkte in 17 Viertelpunktschritten bewertet. Durch die feine Skala kann der Einfluss der Subjektivität der BCS-Beurteilung verringert werden [19]. Die 8 zu beurteilenden Körperpunkte werden in 3 große Regionen (Lenden-, Becken-, und Schwanzregion) eingeteilt [19]. Im Lendenbereich sind Dornfortsätze der Lendenwirbelsäule, Verbindungslinien zwischen Dorn- und Querfortsätzen der Lendenwirbel, Querfortsätze der Lendenwirbel und deren Übergang zur Bauchwand auf der rechten Körperseite (Hungergrube) wichtige Anhaltspunkte [19]. Am Becken werden Hüftbeinhöcker, Sitzbeinhöcker, die Einsenkung zwischen beiden Hüftbeinhöckern und die Einsen-

kung zwischen Hüft- und Sitzbeinhöcker visuell betrachtet [19]. Die beiden letztgenannten Körperpunkte werden als die wichtigsten angesehen, da bei diesen kaum Varianz unter verschiedenen Untersuchern festzustellen ist und sie daher eine hohe Aussagekraft besitzen [19]. In der Schwanzregion gehören die Dorn- und Querfortsätze der Schwanzwirbelsäule und die Beckenausgangsgruben zu den zu beurteilenden Körperpunkten [19].

Metzner et al. [17] übersetzten das Schema von Edmonson et al. [19] ins Deutsche und modifizierten es bezüglich der Art der Beurteilung. Die Hüft- und Sitzbeinhöcker werden hier getrennt, visuell sowie auch palpatorisch beurteilt [24].

Ferguson et al. [26] konstituierten ein Schema, welches sich aus Grundlagen von Wildman et al. [23] und Edmonson et al. [19] zusammensetzt [25]. Die Skala von 1–5 mit 0,25 Schritten zwischen einer Körperkondition von 2,5 bis 4,0 ergibt sich anhand von 7 Körperpunkten, welche palpatorisch und adspektorisch beurteilt werden. Unterhalb eines BCS von 2,5 und oberhalb eines BCS von 4,0 ergeben sich 0,5 Schritte [26]. Die 7 Körperpunkte sind Sitzbeinhöcker, Darmbeinhöcker, Beckenbänder (Ligamentum sacroiliacum und Ligamentum sacrotuberale), Dornfortsätze, Lendenregion und der Übergang zur Bauchwand [26]. Ein praktischer Anhaltspunkt im Schema von Spengler Neff et al. [28], welches auf Grundlage von Wildman et al. [23] und Ferguson et al. [26] konstituiert wurde, ist die Form des Beckens in der Seitenansicht. Tiere mit einem BCS  $\leq 3,0$  zeigen ein seitlich V-förmiges Becken [26]. Tiere mit einem BCS  $\geq 3,25$  weisen ein seitlich U-förmiges Becken auf [26] (► **Abb. 6**).

In ► **Tab. 1** werden die verschiedenen Konditionsnoten stichwortartig beschrieben. Die ► **Abb. 1**, ► **Abb. 2**, ► **Abb. 3**, ► **Abb. 4** und ► **Abb. 5** zeigen Beispiele für das Body Condition Scoring in Anlehnung an Spengler Neff et al. [28] (► **Abb. 6**).

## Körperkonditionsbeurteilung mittels Rückenfettdickemessung

Die Beurteilung der RFD ist außer dem BCS eine moderne Körperkonditionsbeurteilungsmethode in Milchviehbeständen. Die RFD und deren Änderung im Verlauf ist ein wertvoller Indikator zur Einschätzung von Lipolyse und Lipogenese während des Laktationszyklus [7]. Sie wird am Becken des Tieres gemessen (► **Abb. 7**) [25]. Die Messung auf einer Körperseite ist laut Domecq et al. [29] ausreichend ( $R^2 = 0,36–0,65$ ;  $p = 0,0001–0,0002$ ).

Staufenbiel [30] etablierte die Messstelle sowohl für die Ultraschallmessung als auch für die invasive Nadelsondenmethode. Staufenbiel [30] nimmt an dieser Stelle die höchste Fettauflage in der Hintergliedmaßen- und Beckenregion an, der Ort ist leicht auffindbar und spiegelt den Gesamtkörperfettgehalt wider [30]. Die invasive, elektrische oder mechanische Nadelsondenmethode ist obsolet, da die Ultraschalltechnik eine schonendere und schnellere Methode darstellt. Zur Validierung der Ultraschallmessdaten wurde die Nadelsondenmethode von Schröder und Staufenbiel [25] als Goldstandard herangezogen [17][25].

Die Ultraschallmessung wird vornehmlich mit einem Linearscanner, 5 MHz (7,5 MHz) im B-Mode (zweidimensional) vorgenommen [1]. Der Schallkopf wird senkrecht auf die Messstelle gelegt, so dass die tiefe Faszie (Fascia trunci profunda) waagrecht im Bild erscheint [31].

► **Tab. 1** Beschreibung der Noten 1–5 des Body Condition Scoring (Merkmale, Autoren und Hinweis auf bildliche Darstellungen).

► **Table 1** Description of scores 1–5 of the body condition scoring scheme (characteristics, authors and allusion to presentations).

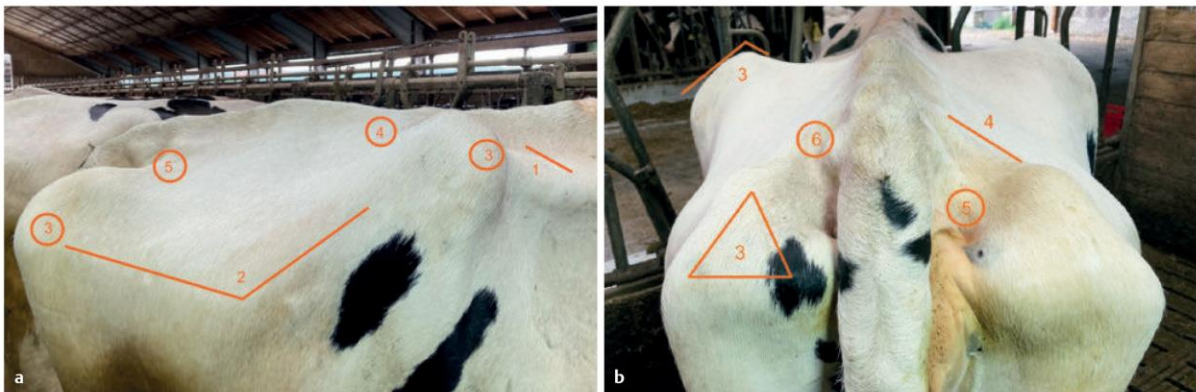
Score	Merkmale	Autoren	Bildliche Darstellung
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prägnant hervorstehende Knochenpunkte [2][25]</li> <li>• Beckenknochen, Wirbelfortsätze ohne Fett- und Fleischauflage (palpatorisch, visuell) [2][10][25]</li> <li>• Dornfortsätze einzeln erkennbar [15]</li> <li>• Querfortsätze Lendenwirbel mehr als zur Hälfte erkennbar [15], sägezahnartig [31]</li> <li>• Dammbereich: V-förmige Beckenausgangsgrube und Hohlschwanzbildung [15]</li> <li>• Mager und unterernährt [10][25]</li> </ul>	Jilg, Weinberg (1998) [2] Metzner, Heuwieser, Klee (1993) [17] Mansfeld, Heuwieser, Metzner (2000) [27] Heuwieser (1991) [21] Spengler Neff et al. (2015) [28]	
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Knochenpunkte deutlich zu erkennen, Einsenkungen zwischen beiden Hüfthöckern und zwischen Hüft- und Sitzbeinhöcker [2][15]</li> <li>• Mehr Unterhaut- und Muskelgewebe als Score 1, lederartig bei &lt; 2,5, leichte Fettauflage bei 2,5 [31]</li> <li>• Dornfortsätze der Lendenwirbelsäule einzeln ersichtlich [2][15]</li> <li>• V-förmige Hohlschwanzbildung [15]</li> <li>• Breites Beckenband von dünner Fleischauflage überzogen [10][25]</li> <li>• Querfortsätze ¼ sichtbar (2,0), bzw. ½ sichtbar (2,25) [15][31]</li> </ul>	Jilg, Weinberg (1998) [2] Metzner, Heuwieser, Klee (1993) [17] Mansfeld, Heuwieser, Metzner (2000) [27] Heuwieser (1991) [21] Spengler Neff et al. (2015) [28]	► <b>Abb. 1</b> Body Condition Score 2,25  ► <b>Abb. 2</b> Body Condition Score 2,75
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Runde Hüft- und Sitzbeinhöcker [10][30]</li> <li>• Dorn- und Querfortsätze adspektorisch nicht einzeln voneinander abgrenzbar [15]</li> <li>• Dornfortsätze leicht abgesetzt [2]</li> <li>• Wirbelsäule: abgerundeter Kamm [10][25]</li> <li>• Bänder am Schwanzansatz (Ligamentum sacroiliacum und Ligamentum sacrotuberale) erkennbar, erscheinen rund [31]</li> <li>• Keine/nur leichte Fetteinlagerungen [10]</li> <li>• V-förmiges Becken in der Seitenansicht bei ≤ 3,0 [30][31]</li> <li>• U-förmiges Becken in der Seitenansicht ≥ 3,25 [30][31]</li> <li>• Ab BCS 3,75 Verbindungslinie zwischen beiden Hüfthöckern eben [10][31], Schwanzbänder in Fett [30]</li> </ul>	Jilg, Weinberg (1998) [2] Metzner, Heuwieser, Klee (1993) [17] Mansfeld, Heuwieser, Metzner (2000) [27] Heuwieser (1991) [21] Spengler Neff et al. (2015) [28] Ferguson, Galligan, Thomsen (1994) [26]	► <b>Abb. 3</b> Body Condition Score 3,0  ► <b>Abb. 4</b> Body Condition Score 3,25  ► <b>Abb. 5</b> Body Condition Score 3,75
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lenden- und Steißregion von erheblichen Fettauflagerungen überzogen [10]</li> <li>• Dornfortsätze nicht mehr erkennbar [2][15]</li> <li>• Keine Vertiefung zwischen Hüfthöckern, eher gewölbt [2][15]</li> <li>• Am Schwanzansatz Faltenbildung durch Fetteinlagerung bis in Dammbereich [10]</li> <li>• Schwanzbänder nicht sichtbar [30]</li> <li>• Wirbel und dessen Fortsätze nur noch durch Druckeinwirkung zu spüren und abgrenzbar [25]</li> <li>• Beckenlinie gerade noch eingeknickt (4,0) [31]</li> <li>• Sitzbeinhöcker unsichtbar (4,5) [31]</li> <li>• Hüfthöcker gerade noch sichtbar (4,75) [31]</li> </ul>	Jilg, Weinberg (1998) [2] Metzner, Heuwieser, Klee (1993) [17] Mansfeld, Heuwieser, Metzner (2000) [27] Heuwieser (1991) [21] Spengler Neff et al. (2015) [28] Ferguson, Galligan, Thomsen (1994) [26]	
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Becken- und Schwanzbänder (Ligamentum sacroiliacum und Ligamentum sacrotuberale) im Fett eingesunken, nicht palpierbar [31]</li> <li>• Knochenpunkte weder palpatorisch fühlbar noch visuell erkennbar [2][10]</li> <li>• Verfettung, deutliche subkutane Fetteinlagerungen [25]</li> <li>• Zwischen Querfortsätzen der Lendenwirbel und Übergang zur Bauchwand konvexe Wölbung [2]</li> </ul>	Jilg, Weinberg (1998) [2] Mansfeld, Heuwieser, Metzner (2000) [27] Heuwieser (1991) [21] Spengler Neff et al. (2015) [28]	

Bei der Messung der RFD zeigen sich verschiedene Schichten (► **Abb. 8**). Die Haut misst ca. 5 mm und wird in das Messergebnis integriert [25]. Die unter der Haut befindliche Fettschicht wird von der oberflächlichen Faszie in eine obere und eine untere subkutane Fettschicht geteilt [31]. Diese Fettschicht enthält bindegewebige Anteile [31], was die Interpretation erschweren kann [1]. Die tiefe

Faszie trennt das Unterhautfettgewebe von der Muskelschicht und charakterisiert das tiefe Ende der Messstrecke (► **Abb. 8**).

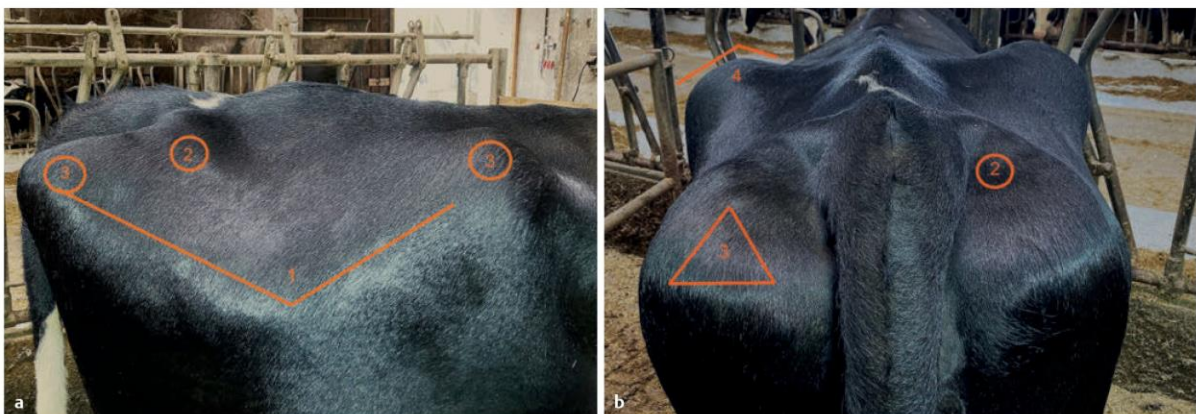
Nach Klawuhn und Staufenberg [32] entspricht die Differenz von 1 mm RFD 5 kg Körperfett ( $R^2 = 0,71-0,84$ ) [1][32]. Die Körperfettmenge ändert sich um  $\pm 0,75\%$  der Lebendmasse, wenn das Tier 1 mm RFD verliert oder zunimmt [7][33].





► **Abb. 1** Body Condition Score 2,25: 1: Querfortsätze  $\frac{1}{2}$  sichtbar, 2: V-förmiges Becken in der Seitenansicht, 3: Hüft- und Sitzbeinhöcker deutlich erkennbar, 4: lederartige Fettauflage, 5: Hohlschwanzbildung, 6: Ligamentum sacroiliacum deutlich sichtbar. Quelle: Nicola Panne.

► **Fig. 1** Body Condition Score 2.25: 1: transverse process  $\frac{1}{2}$  length visible, 2: V-shaped pelvis, 3: tuber coxae and tuber ischiadicum clearly visible, 4: leather-like skin, 5: V-shaped cavity under tail, 6: ligamentum sacroiliacum clearly visible. Source: Nicola Panne.



► **Abb. 2** Body Condition Score 2,75: 1: V-förmiges Becken in der Seitenansicht, 2: Hohlschwanzbildung, 3: geringe Fettauflage an Hüft- und Sitzbeinhöckern, 4: noch kantiger Hüfthöcker. Quelle: Nicola Panne.

► **Fig. 2** Body Condition Score 2.75: 1: V-shaped pelvis, 2: V-shaped cavity under tail, 3: beginning subcutaneous fat at tuber coxae and tuber ischiadicum, 4: still angular tuber coxae. Source: Nicola Panne.

Beim Vergleich verschiedener Tiergruppen (Kühe, Mastfärsen, Mastbullen) ist die Änderung der RFD in Abhängigkeit zur Änderung der Körperfettdepots einheitlich (1 mm RFD/5 kg Körperfett) [32]. Jedoch gehen Klawuhn und Staufenbiel [32] davon aus, dass Maststrassen das Fett eher subkutan speichern, während Milchrinder eher intraabdominales Fett anlegen. Pothmann et al. [15] beschreiben eine durchschnittlich geringere subkutane Fettschicht bei Zweinutzungsrassen als bei reinen Milchrindern wie zum Beispiel bei Holstein Friesian.

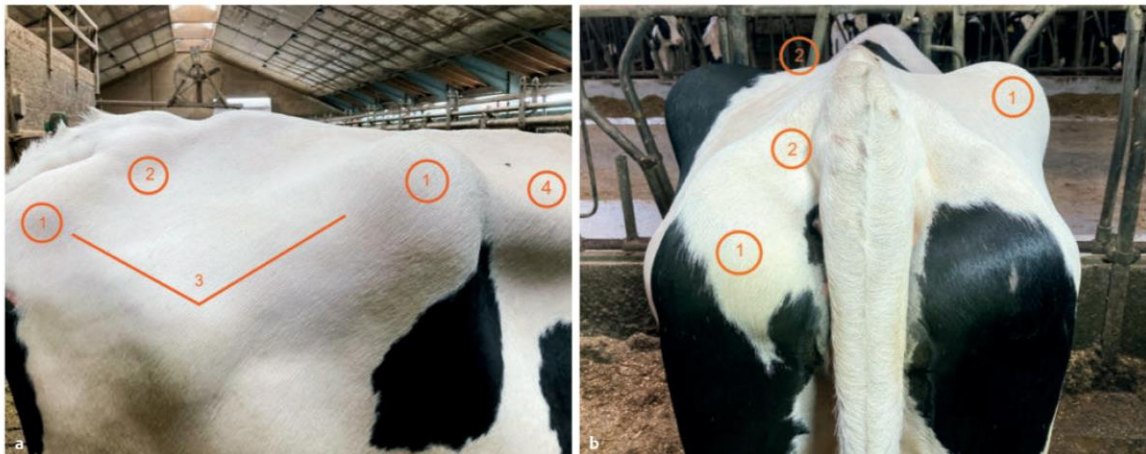
### Körperkonditionsbeurteilung mittels 3D-Sensor

In der Studie von Fischer et al. [34], Frankreich, wird ein 3D-Sensor-System (ASUSTek Computer Inc., Taiwan) zur Beurteilung des BCS genutzt. Das System erfasst 2 Meter oberhalb des Tieres mit 90 Bildern pro 3 Sekunden eine 3D-Oberfläche [34]. Der Fokus des Scan-

ners liegt auf den Hüfthöckern und den Sitzbeinknochen der Kuh [34]. Die Daten werden digital gespeichert. Gleichzeitig wird die Kondition derselben Tiere manuell durch das französische BCS-System von Bazin et al. mit Score 0–5 in 0,25 Schritten bewertet [34]. Nach Normalisierung, Calibrierung und Validierung der erfassten 3D-Daten entsteht ein System zur BCS-Beurteilung. 20% der Aufnahmen bei einem Scan müssen aufgrund von Bewegungen der Kuh verworfen werden. Der vorhergesagte BCS des Systems korreliert mit dem manuell erfassten BCS ( $r = 0,89-0,96$ ,  $p < 10^{-16}$ ) [34]. Die Standardabweichung der Wiederholbarkeit liegt beim manuellen BCS bei 0,210 und beim BCS-Scan bei 0,075. Die Standardabweichung der Vergleichbarkeit liegt beim manuellen BCS bei 0,280 und beim BCS-Scan bei 0,103 [34].

In der Studie von Mullins et al. [35] werden 521 laktierende Kühe mit 2 über dem Ausgang der Melkvorrichtung hängenden BCS-Kameras von DeLaval (DeLaval body condition scoring BCS, DeLaval International AB, Tumba, Sweden) gefilmt. Die aus dem





► **Abb. 3** Body Condition Score 3,0: 1: Runde Hüft- und Sitzbeinhöcker, 2: abgerundete Beckenbänder, 3: gerade noch V-förmiges Becken in der Seitenansicht, 4: geringe Fettauflagen. Quelle: Nicola Panne.

► **Fig. 3** Body Condition Score 3.0: 1: rounded tuber coxae and tuber ischiadicum, 2: rounded ligamentum sacroiliacum und ligamentum sacrotuberale, 3: just V-shaped pelvis, 4: subcutaneous fat at pelvis. Source: Nicola Panne.



► **Abb. 4** Body Condition Score 3,25: 1: U-förmiges Becken in der Seitenansicht, 2: Wirbelfortsätze nicht mehr einzeln abgrenzbar, 3: Wirbelsäule als abgerundeter Kamm, 4: abgerundete Hüft- und Sitzbeinhöcker. Quelle: Nicola Panne.

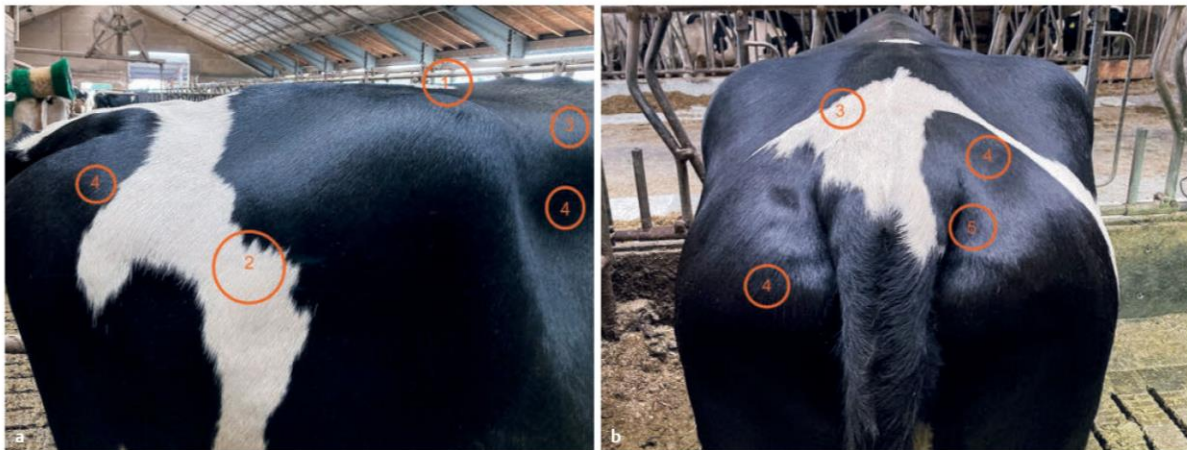
► **Fig. 4** Body Condition Score 3.25: 1: U-shaped pelvis, 2: transverse processes not definable, 3: spinal column smooth ridge, 4: rounded tuber coxae and tuber ischiadicum. Source: Nicola Panne.

Video automatisch erstellten 3D-Bilder werden algorithmiert und anhand von physikalischen Körperpunkten einem automatisierten BCS-Score zugeteilt [35]. Um den manuellen BCS zu kontrollieren, untersuchen 3 Mitarbeiter unabhängig voneinander ebenfalls 343 Tiere mit einem BCS-Score von 1–5 in 0,25 Schritten. Die Korrelation der Ergebnisse zwischen den 3 Untersuchern ist hoch ( $r = 0,85–0,87$ ). Die Signifikanz zwischen manuellem BCS und dem automatisierten BCS ( $n = 343$ ) ist jedoch nur zwischen BCS 3,0–3,75 gegeben ( $p < 0,0001$ ) [35]. Die Kamera überschätzte 44 % der Tiere mit einem BCS  $< 3,0$  und unterschätzte 92 % der Tiere mit einem BCS  $> 3,75$  [35].

### Referenzbereiche für die Körperkondition (BCS, RFD) im Laktationszyklus

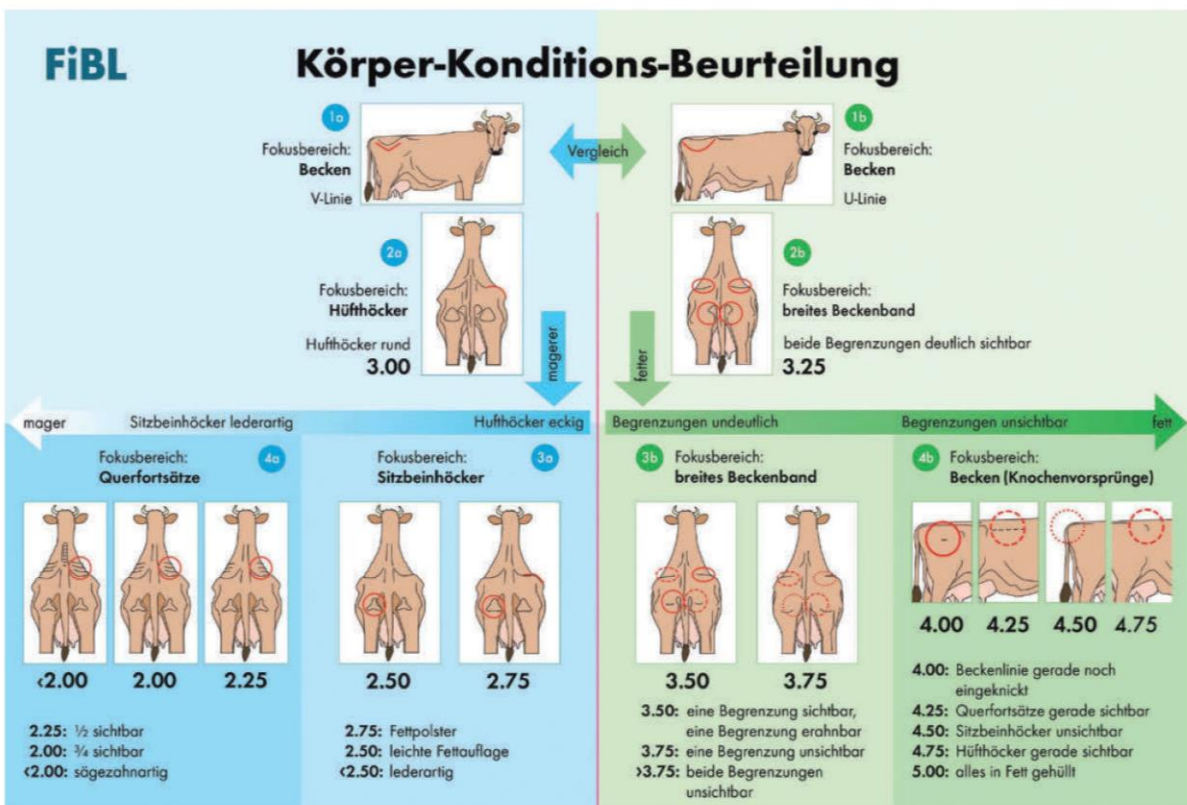
Die Körperkondition sollte im Laktationszyklus einen optimalen Verlauf zeigen, um Krankheiten und Leistungseinbußen vorzubeugen [23]. Um die Voraussetzungen für einen guten Start in die Laktation zu schaffen, sollte die Körperkondition zu Beginn der Trockenstehphase nicht zu gering sein, so dass die Kuh die physiologische Körperfettmobilisierung p. p. bewältigen kann [16]. Im Optimalfall erreicht die Kuh ihre angestrebte Körperkondition für die Kalbung schon zum Zeitpunkt des Trockenstellens, denn während der Trockenstehphase sollte die Kondition annähernd gleich-





► **Abb. 5** Body Condition Score 3,75: 1: Verbindungslinie zwischen Hüfthöckern eben, 2: U-förmiges Becken in der Seitenansicht, 3: Wirbelfortsätze nicht mehr abgrenzbar, 4: deutliche Fettauflagerungen, 5: beginnende Faltenbildung am Schwanzansatz. Quelle: Nicola Panne.

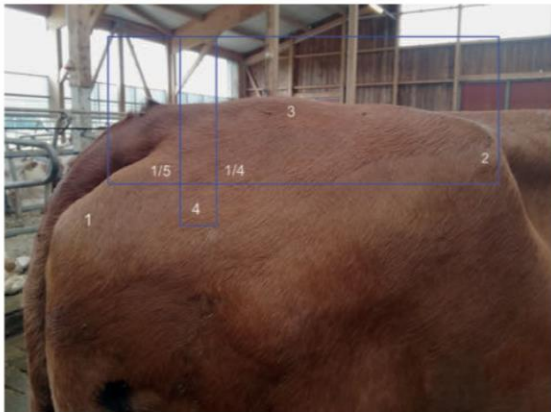
► **Fig. 5** Body Condition Score 3.75: 1: line between tuber coxae is flat, 2: U-shaped pelvis, 3: transverse processes not definable, 4: obvious subcutaneous fat, 5: beginning wrinkling under tail. Source: Nicola Panne.



Nach der Festlegung eines BCS-Wertes diesen mit den Nachbarwerten vergleichen!

► **Abb. 6** Arbeitskarte für die Körper-Konditions-Beurteilung. Quelle: FiBL, 2015 nach Spengler Neff et al. [28].

► **Fig. 6** Chart for Body condition scoring. Source: FiBL, 2015 by Spengler Neff et al. [28].



► **Abb. 7** Messstelle der Rückenfettdickemessung in Anlehnung an Staufenbiel [30]. 1: Tuber ischiadicum, 2: Tuber coxae, 3: Crista sacralis, 4: Messstelle Rückenfettdicke, zwischen dem kaudalen  $\frac{1}{4}$  und  $\frac{1}{5}$  der Verbindungslinie zwischen dem Hüfthöcker und dem dorsalen Rand des Sitzbeinhöckers [25]. Quelle: Nicola Panne.

► **Fig. 7** Location of measurement for backfat thickness, based on Staufenbiel [30]. 1: tuber ischiadicum, 2: tuber coxae, 3: crista sacralis, 4: location for backfat thickness measurement, between caudal  $\frac{1}{4}$  and  $\frac{1}{5}$  on the line between tuber coxae and the dorsal point of tuber ischiadicum [25]. Source: Nicola Panne.

bleiben [11][16]. Eine leichte Zunahme der RFD während dieser Zeit ist akzeptabel [36]. Eine starke Lipolyse in der Trockenperiode, die häufig bei höher konditionierten Tieren zu beobachten ist, kann sich nachteilig auf die Stoffwechselfgesundheit p. p. und die Fruchtbarkeit auswirken [11]. Nach Schröder und Staufenbiel [9] haben Tiere mit mehr als 30 mm RFD durch intensivere Fettabbauprozesse ein erhöhtes Risiko Stoffwechselerkrankungen zu erleiden. Einer aktuellen Studie zufolge zeigen Tiere, die mehr als 0,5 BCS-Einheiten während der Trockenperiode einschmelzen, deutlich mehr subklinische Ketosen [37] und Dysbalancen im Kalziumstoffwechsel [37]. Außerdem begünstigt der starke Fettabbau im peripartalen Zeitraum die intrazelluläre Verfettung der Leber. Es kann zum „Fat cow syndrome“ kommen [5]. Kommt das Tier zu mager in die Trockenstehzeit, besteht die Möglichkeit, die Körperreserven mit einer aufgewerteten Futterration bis etwa 2 Wochen a. p. aufzubauen [6].

Die Körperkondition zur Kalbung sollte bei einem BCS von 3,5 liegen. Ein BCS von unter 3,25 zur Kalbung deutet auf zu geringe Energiezufuhr im letzten Drittel der vorherigen Laktation und/oder der Trockenperiode hin und kann zu verminderter Milchleistung in der Folgelaktation führen [16]. Bei einem BCS von mehr als 3,75 zur Kalbung sollte die Trockensteher-Ration überprüft werden, da diese zu energiereich und zu strukturarmer sein kann [16]. Für eine optimale Milchleistung der Kuh ist eine RFD von 25–30 mm zur Kalbung erforderlich (► **Tab. 2**) [11]. Die Körperkondition sollte in der Früh-laktation insgesamt um maximal eine BCS-Einheit abnehmen (► **Tab. 2**). Ist die Differenz zwischen BCS zur Kalbung und tiefstem Punkt des BCS in der Laktation > 1 BCS-Einheit, ist eine Zunahme an Krankheiten wie Ketose und Nachgeburtserhaltung zu erwarten [38]. Ist keine oder nur eine geringe BCS-Abnahme zu verzeichnen, erkranken die Tiere seltener an Endometritiden und die erste



► **Abb. 8** Ultraschallaufnahme einer Rückenfettdickemessung, in Anlehnung an Schröder und Staufenbiel [31]. 1: Cutis, 2, 3: subkutane Fettschichten, 4: Fascia trunci superficialis, 5: Interfasciale Fettschicht, 6: Fascia trunci profunda, 7: Muskulatur, 8: Messstrecke. Quelle: Nicola Panne.

► **Fig. 8** Ultrasonographic measurement of backfat thickness, based on Schröder and Staufenbiel [31]. 1: cutis, 2, 3: subcutaneous fat, 4: fascia trunci superficialis, 5: interfascial fat, 6: fascia trunci profunda, 7: muscle, 8: measured distance. Source: Nicola Panne.

Brunst nach der Kalbung tritt früher ein [37][39]. Bei Tieren ohne Konditionsverlust von 14 Tage a. p. bis zur Kalbung ist die Trächtigkeitsrate (Anzahl tragender Tiere 150 Tage p. p. im Verhältnis zur Anzahl besamter Kühe seit dem 1. Tag p. p.) höher (80,95%) als bei Tieren mit Verlusten (0,25 BCS-Einheiten  $p=0,035$ ; 0,5 oder mehr BCS-Einheiten  $p=0,032$ ) [37]. Nicht mehr als 10% der Herde sollten einen BCS < 2,5 aufweisen [27]. Optimale BCS oder RFD-Werte im Laktationsverlauf unterliegen rassespezifischen Unterschieden und werden an anderer Stelle beschrieben (► **Tab. 2**).

Im letzten Drittel der Laktation steht der Aufbau der Energiereserven im Vordergrund, um zum Trockenstellen eine Kalbekondition im Referenzbereich zu erreichen. Ein BCS, welcher geringer als 3,25 ist, deutet auf eine Energiemangelsituation in der Spät-laktation hin [16]. Eine Über- oder Unterkonditionierung der Tiere kann durch Fütterungsgruppen, die eine stufenartige Anpassung der Ration an die aktuelle Leistung der Kühe schaffen, vermieden werden [16].

### Körperkonditionsbeurteilung als Management-Werkzeug

Die systematische, fortlaufende Körperkonditionsbeurteilung kann als einfaches Instrument direkt im Stall genutzt werden, um Tiere zu überwachen und vermeidbare Verluste zu umgehen [13][27].



► **Tab. 2** Referenzbereiche und Grenzwerte der Körperkondition von Milchkühen beurteilt mittels Body Condition Scoring (BCS) bzw. Messung der Rückenfettdicke mittels Ultraschall (RFD).

► **Table 2** Reference range and threshold value of body condition of dairy cows by body condition scoring (BCS) and measurement of backfat thickness via ultrasound (RFD).

Indikator	Kondition zum Zeitpunkt des Trockenstellens	Kondition zum Zeitpunkt der Abkalbung	Geringste Kondition im Laufe der Laktation	Maximale Konditionsdifferenz	Rasse	Autoren
BCS	3,5 (3,25–3,75)	3,5 (3,25–3,75)	3,0 (2,5–3,25)		Holstein Friesian	Metzner et al. (1993) [17]
		3,0–3,5			Holstein Friesian	Roche et al. (2009) [40]
	3,0–3,5	3,0–3,5	2–2,5	Max. 1 BCS Einheit	Holstein Friesian	Rossow et al. (1989) [6]
	3,5 (3,25–3,75)	3,5 (3,25–3,75)	3,0 (2,5–3,25)	Max. 1 BCS Einheit	Holstein Friesian, Fleckvieh (+0,5)	Mansfeld et al. (2000) [27]
	3,5 (3,25–3,75)	3,5 (3,25–3,75)	3,0 (2,5–3,25)	Max. 1 BCS Einheit	Holstein Friesian	Heuwieser, Mansfeld (1992) [16]
	3,5	3,5 (3,25–3,75)	Min. 2,0	Max. 1 BCS Einheit	Holstein Friesian	Fischer, Engelhard (1996) [4]
	Max. 4,0	4,0	3,5 (min 3,25)		Fleckvieh	Jilg, Weinberg (1998) [2]
RFD	16–24 mm	16–24 mm	Min. 10–15 mm	Max. 6–9 mm	Holstein Friesian	Rossow et al. (1989) [6]
	22–23 mm	20–30 mm	Min. 13 mm		Holstein Friesian	Schröder, Staufenbiel (2004) [31]/(2003) [36]
	33–38 mm		28–34 mm		Braunvieh	Mösenfechtel (2001) [41]
	22,5 mm (20–25 mm)	25 mm (20–30 mm)	12,5 mm (10–15 mm)	Max. 10–20 mm	Holstein Friesian	Staufenbiel (1997) [1]
	16–18 mm			Max. 12 mm	Fleckvieh	Pothmann (2014) [15]
		< 34 mm			Braunvieh	Blömer (2009) [42]

Durch wiederholtes BCS werden die Körperkondition zu verschiedenen Zeitpunkten und damit auch die Konditionsschwankungen im zeitlichen Verlauf aufgezeichnet [18]. Die körperliche Kondition und die Leistung der Herde geben Aufschluss über die Gesundheit der Tiere und die betriebliche Rationsgestaltung in den verschiedenen Laktationsstadien und während der Trockenstehzeit [27]. Unabhängig von Haltungsform und Größe der Betriebe eignet sich die fortlaufende Körperkonditionsbeurteilung für die Beurteilung der Energiebilanz im Rahmen des Stoffwechselmonitorings in einer Milchviehherde [21][25]. Die Beurteilung kann zu bestimmten Zeitpunkten im Laktationszyklus in Gruppen erfolgen oder als monatliche Beurteilung der gesamten Herde [18]. Das Untersuchungs-raster sieht 5–6 Konditionsmessungen innerhalb eines Laktationszyklus vor, um die Tiere optimal zu überwachen. Heuwieser und Mansfeld [16] empfehlen Kontrollen zum Trockenstellen, zur Kalbung, am 30.–40. Tag p. p., am 50.–60. Tag p. p., am 90.–100. Tag p. p. und am 180.–305. Tag p. p. [16]. Rossow et al. [6] raten ebenfalls zum Trockenstellen und zur Kalbung zu beurteilen, hier sind die Abstände zwischen den einzelnen Beurteilungen in der Laktation etwas kürzer (4, 8, 16 Wochen p. p. und in der Laktationsmitte). Wildman et al. [23] empfehlen, bei Milchkühen vor allem im letzten Drittel der Laktation und in der Trockenstehphase ein BCS vorzunehmen. Fürll [43] schlägt eine Untersuchung am 2.–4. Tag p. p. [43] und eine weitere zwischen der 2. und 12. Woche p. p. vor [43].

## Zusammenfassende Betrachtung

Für die vorliegende Übersichtsarbeit wurden umfangreiche Literaturrecherchen vorgenommen. Es fällt auf, dass insgesamt nur weni-

ge Originalarbeiten zum Body Condition Scoring und zur Messung der Rückenfettdicke verfügbar sind. Die verfügbaren Quellen sind außerdem größtenteils mehr als 20 Jahre alt. Die beiden wichtigen Beurteilungsmethoden sind seit langer Zeit in der Praxis etabliert und es gibt wenige neuere Untersuchungen.

Obwohl es sich beim BCS um ein subjektives Bewertungsverfahren handelt [25], ist ein Vorteil gegenüber älteren Körperkonditionsbeurteilungsmethoden (z. B. Lebendmassewägung) erkennbar. Variable Einflussfaktoren wie z. B. das Gewicht des Magen-Darm-Inhaltes können ausgeschlossen werden [20][23]. Außerdem wird für das BCS keinerlei technische Ausrüstung benötigt [27] und die Methode ist leicht erlernbar [19]. Es ist wichtig, dass BCS-Systeme möglichst einfach anwendbar sind, damit die Beurteilung durch verschiedene Untersucher erfolgen kann und die Ergebnisse reproduzierbar sind [26]. Nach Domecq et al. [29] und Staufenbiel et al. [11] sind die Ergebnisse durch verschiedene Untersucher nicht gleich. Ferguson et al. [22][26] und andere Autoren beschreiben eine Korrelation zwischen den BCS-Bewertungen verschiedener Untersucher ( $R^2 = 0,78–0,87$ ;  $p < 0,001$ ) [16][22][26]. Bei geübten Personen kann die Beurteilung nach gewisser Zeit auf die visuelle Bewertung beschränkt werden, die von Zeit zu Zeit durch die Erhebung von palpatorischen Befunden überprüft werden sollte [16].

Der Nachteil des BCS ist die geringe Differenzierung, welche sich durch die niedrige Benotungsanzahl der bisher bekannten BCS-Skalen ergibt. Mit Näherung der Beurteilung an die Endpunkte wird das Messergebnis weniger linear und unschärfer [31]. Der Untersucher tendiert bei Kühen, die im oberen oder unteren Bereich des BCS liegen, dazu, die Tiere eher in Richtung des Herdendurchschnitts einzustufen ( $p < 0,001$ ) [31].

Die RFD gilt als objektive Körperkonditionsbeurteilungsmethode [7]. Durch die nach oben offene Messskala ist der gesamte Messbereich linear [18][31]. Die RFD-Messung mittels Ultraschall zeigt eine gute Reproduzierbarkeit zwischen mehreren Untersuchern. Mösenfechtel et al. [41] belegen eine Korrelation von  $R^2 = 0,98$  zwischen 2 verschiedenen Untersuchern, welche genau so groß ist, wie die Korrelation eines einzelnen Untersuchers bei mehrmaligem Messen. Domecq et al. [29] untersuchten in einer Studie diverse Körperregionen im Lenden- und Beckenbereich bzgl. der RFD und des BCS. Die Ergebnisse zeigten ein  $R^2 = 0,36-0,65$  und eine Signifikanz von  $p = 0,0001-0,0002$  zwischen den Ergebnissen an den verschiedenen Ultraschallmessstellen und dem übereinstimmenden BCS [29]. Auch Hussein et al. [44] stellt eine hohe Korrelation ( $R^2 = 0,96-0,98$ ) zwischen BCS und RFD fest.

Die 3D-Erfassung des BCS kann eine wichtige Rolle in der Automatisierung des Tiergesundheits-Monitoring spielen. Es ermöglicht eine effiziente und zeitsparende Informationserfassung für den Betriebsleiter. Die Kosten für die Apparatur sind allerdings noch nicht abschätzbar und das System bedarf einer präziseren Kalibrierung der Bewertungsergebnisse.

Das wiederholte BCS einer Herde zu verschiedenen Zeitpunkten im Laktationszyklus ist gut für die Beurteilung im Herdenmanagement geeignet. Sinnvoll ist die monatliche Beurteilung der ganzen Herde oder die Beurteilung der Tiere in Kleingruppen [19]. Die RFD Messung ist aufgrund der absoluten Messwerte vor allem bei geringeren Tierzahlen bzw. bei der Einzeltierbetreuung vorteilhaft und stellt eine präzisere Messmethode dar.

#### FAZIT FÜR DIE PRAXIS

Die fortlaufende Körperkonditionsbeurteilung ist ein sehr wichtiges Werkzeug im Gesundheitsmonitoring von Milchkühen. Sowohl das Body Condition Scoring (BCS) als auch die Rückenfettdickemessung (RFD) sind dafür geeignete Verfahren. Das BCS, das ohne apparativen Aufwand auskommt, empfiehlt sich vor allem für größere Betriebe und ist für das Fütterungs- und Stoffwechselmonitoring im Routinebetrieb ausreichend genau. Die RFD stellt das präzisere, aber aufwendigere Verfahren dar, welches vor allem bei Einzeltierbetreuung und bei der Konditionsbeurteilung ausgewählter Tiergruppen zur Anwendung kommt. Um eine gute Stoffwechselüberwachung zu gewährleisten, sollten die Tiere wenigstens 5–6-mal im Laufe eines Laktationszyklus beurteilt werden.

#### Interessenkonflikt

Die Autoren bestätigen, dass kein Interessenkonflikt besteht.

#### Literatur

- [1] Staufenbiel R. Konditionsbeurteilung von Milchkühen mit Hilfe der sonographischen Rückenfettdickemessung. *Der praktische Tierarzt* 1997; 87–92
- [2] Jilg T, Weinberg L. Konditionsbewertung: Jetzt auch beim Fleckvieh. *Top Agrar* 1998; 12–15
- [3] Schröder U, Staufenbiel R. Konditionsbeurteilung per Ultraschall in der Herdenbetreuung. Teil 4: Anwendungsmöglichkeiten. *Tierärztliche Praxis* 2004; 32: 1–6
- [4] Fischer B, Engelhardt T. Was bringt die Konditionsbewertung? *Top Agrar* 1996; 14–18
- [5] Rossow N, Staufenbiel B, Staufenbiel R, et al. Zur Bewertung erhöhter Ketonkörperkonzentrationen bei der Milchkuh. *Monatshefte für Veterinärmedizin* 1991; 11–17
- [6] Rossow N, Staufenbiel R, Staufenbiel B, et al. Stoffwechselüberwachung bei Milchkühen durch Bewertung und Korrektur des Körperfettansatzes. *Monatshefte für Veterinärmedizin* 1989; 590–594
- [7] Staufenbiel R, Rossow N, Wolf J, et al. Eignung der Untersuchungsgrößen des Energie- und Fettstoffwechsels zur Einzeltiercharakterisierung von Milchkühen. *Monatshefte für Veterinärmedizin* 1989; 44: 637–643
- [8] Martens H, Breves G. Physiologische Grenzen der Hochleistungskuh. In: Engelhardt W von, Breves G, Hrsg. *Physiologie der Haustiere*. 3. Aufl. Stuttgart: Enke; 2010: 648–652
- [9] Schröder U, Staufenbiel R. Körperkonditionsbeurteilung mittels Ultraschallmessung. Rückenfettdicke als systematische Methode im Herdenmanagement von Milchkuhbeständen Teil 2: Physiologische Grundlagen. *Veterinär Spiegel* 2004; 227–230
- [10] Gründer HD, Stöber M. Krankheiten von Leber und Gallenblase. Ketose und Lipomobilisationssyndrom. In: Dirksen G, Gründer HD, Stöber M, Hrsg. *Innere Medizin und Chirurgie des Rindes*. 5. Aufl. Stuttgart: Parey; 2006: 649–663
- [11] Staufenbiel R, Staufenbiel B, Lachmann I, et al. Fettstoffwechsel und Fruchtbarkeit bei der Milchkuh. *collegium veterinarium XXII* 1991; 18–25
- [12] Stöber M. Fütterungs- und stoffwechselbedingte Krankheiten der Leber. Ketose, Lipomobilisationssyndrom. In: Dirksen G, Gründer HD, Stöber M, Hrsg. *Innere Medizin und Chirurgie des Rindes*. 5. Aufl. Stuttgart: Parey; 2006: 648–664
- [13] Domecq JJ, Skidmore AL, Lloyd JW, et al. Relationship Between Body Condition Scores and Milk Yield in a Large Dairy Herd of High Yielding Holstein Cows. *J Dairy Sci* 1996; 80: 101–112
- [14] Boge S, Tichy A, Leeb F, et al. Der Konditionsverlauf von Milchkühen der Rasse Fleckvieh – ein Update der Referenzkurve der Rückenfettdicke mit Berücksichtigung der Wachstumsphase von jüngeren Kühen. *Wiener Tierärztliche Monatszeitschrift* 2021; 96–103
- [15] Pothmann H, Tichy A, Drillich M. Der Verlauf der Rückenfettdicke von Österreichischen Fleckviehkühen – Erstellung einer Referenzkurve. *Wiener Tierärztliche Monatszeitschrift* 2014; 101: 206–213
- [16] Heuwieser W, Mansfeld R. Beurteilung der Körperkondition bei Milchkühen. Wie Sie Ihre Herde durch die Beurteilung der Körperkondition in den Griff bekommen. *Milchpraxis* 1992; 30: 10–14
- [17] Metzner M, Heuwieser W., Klee W. Die Beurteilung der Körperkondition (Body condition scoring) im Herdenmanagement. *Der praktische Tierarzt* 1993; 11: 991–998
- [18] Martin R, Mansfeld R, Hoedemaker M, Kruijff A de. Milchleistung und Fütterung. In: *Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind*: 126–164
- [19] Edmonson AJ, Lean IJ, Weaver LD, et al. A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows. *J Dairy Sci* 1989; 72: 68–78
- [20] Roche JR, Dillon P, Stockdale CR, et al. Relationships Among International Body Condition Scoring Systems. *J Dairy Sci* 2004; 87: 3076–3079



- [21] Heuwieser W. Die Beurteilung der Körperkondition bei Milchkühen. Ein praktisches Hilfsmittel für ein erfolgreiches Herdenmanagement. *Milchpraxis* 1991; 29: 130–132
- [22] Ferguson JD, Azzaro G, Licitra G. Body Condition Assessment Using Digital Images. *J Dairy Sci* 2006; 89: 3833–3841
- [23] Wildman EE, Jones GM, Wagner PE, et al. A Dairy Cow Body Condition Scoring System and Its Relationship to Selected Production Characteristics. *J Dairy Sci* 1982; 65: 495–501
- [24] Schäfers M. Untersuchungen zur Körperkonditionsbeurteilung bei Milchkühen der Rasse Fleckvieh unter den Haltungsbedingungen des nördlichen Oberbayerns. München: Ludwig-Maximilians-Universität München; 2000. doi:10.5282/edoc.17560
- [25] Schröder U, Staufenbergel R. Invited Review: Methods to Determine Body Fat Reserves in the Dairy Cow with Special Regard to Ultrasonographic Measurement of Backfat Thickness. *J Dairy Sci* 2006; 89: 1–14
- [26] Ferguson JD, Galligan DT, Thomsen N. Principal Descriptors of Body Condition Score in Holstein Cows. *J Dairy Sci* 1994; 77: 2695–2703
- [27] Mansfeld R, Heuwieser W, Metzner M, et al. Die fortlaufende Konditionsbeurteilung. Unverzichtbarer Bestandteil der Fütterungsüberwachung beim Milchvieh. *Milchpraxis* 2000; 38: 180–184
- [28] Spengler Neff A, Notz C, Ivemeyer S, Walkenhorst M. Körper-Konditions-Beurteilung. Erläuterungen zur Körper-Konditions-Beurteilung; 2015
- [29] Domecq JJ, Skidmore A.L., Lloyd JW, et al. Validation of Body Condition Scores with Ultrasound Measurements of Subcutaneous Fat of Dairy Cows. *J Dairy Sci* 1995; 78: 2308–2313
- [30] Staufenbergel R. Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes – Untersuchungskonzept und Messung der Rückenfettdicke. Monatshefte für Veterinärmedizin 1992; 47: 467–474
- [31] Schröder U, Staufenbergel R. Körperkonditionsbeurteilung durch Ultraschallmessung der Rückenfettdicke. *Methodische Grundlagen. Nutztier Spiegel* 2004; 2: 149–155
- [32] Klawuhn D, Staufenbergel R. Aussagekraft der Rückenfettdicke zum Körperfettgehalt beim Rind. *Tierärztliche Praxis* 1997; 25: 133–138
- [33] Schmauß M. Beziehungen zwischen verschiedenen Parametern des Energiestoffwechsels und Störungen der Fertilität beim Milchhind unter Berücksichtigung der individuellen Futteraufnahme [Dissertation]. München: Ludwig-Maximilians-Universität München; 2006. doi:10.5282/edoc.5017
- [34] Fischer A, Luginbühl T, Delattre L, et al. Rear shape in 3 dimensions summarized by principal component analysis is a good predictor of body condition score in Holstein dairy cows. *J Dairy Sci* 2015; 98: 4465–4476. doi:10.3168/jds.2014-8969
- [35] Mullins IL, Truman CM, Campler MR, et al. Validation of a Commercial Automated Body Condition Scoring System on a Commercial Dairy Farm. *Animals (Basel)* 2019; 9: 1–9. doi:10.3390/ani9060287
- [36] Schröder U, Staufenbergel R. Konditionsbeurteilung per Ultraschall in der Herdenbetreuung. Teil 3: Berechnung von Referenzwerten. *Tierärztliche Praxis* 2003; 31: 300–305
- [37] Çolakoğlu HE, Yazlık MO, Pekcan M, et al. Impact of Parturition Body Condition Score Loss on Metabolic Status During the Transition Period and Subsequent Fertility in Brown Swiss Dairy Cows. *J Vet Res* 2019; 63: 375–382. doi:10.2478/jvetres-2019-0039
- [38] Nogalski Z, Wroński M, Lewandowska B, et al. Changes in the blood indicators and body condition of high yielding Holstein cows with retained placenta and ketosis. *Acta Vet. Brno* 2012; 81: 359–364. doi:10.2754/avb201281040359
- [39] Kim IH, Suh GH. Effect of the amount of body condition loss from the dry to near calving periods on the subsequent body condition change, occurrence of postpartum diseases, metabolic parameters and reproductive performance in Holstein dairy cows. *Theriogenology* 2003; 60: 1445–1456. doi:10.1016/S0093-691X(03)00135-3
- [40] Roche JR, Friggens NC, Kay JK, et al. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *J Dairy Sci* 2009; 92: 5769–5801. doi:10.3168/jds.2009-2431
- [41] Mösenfechtel S, Eigenmann UJ, Wanner M. Rückenfettdicke und Fruchtbarkeit bei Braunviehkühen. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde SAT* 2000; 2000: 679–689. doi:10.5169/SEALS-593633
- [42] Blömer J. Einfluss der Rückenfettdicke vor und nach dem Kalben auf Fruchtbarkeit, Leistung und Tiergesundheit beim Braunvieh. Hannover: Tierärztliche Hochschule Hannover; 2009
- [43] Füll M. Spezielle Untersuchungen beim Wiederkäuer. In: *Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin*: 726–777. doi:10.1055/b-0038-150640
- [44] Hussein HA, Westphal A, Staufenbergel R. Relationship between body condition score and ultrasound measurement of backfat thickness in multiparous Holstein dairy cows at different production phases. *Aust Vet J* 2013; 91: 185–189. doi:10.1111/avj.12033

## Punkte sammeln auf CME.thieme.de



Diese ATF-angekante Fortbildungseinheit ist in der Regel online 12 Monate für die Teilnahme von Abonnent\*innen dieser Zeitschrift verfügbar. Einsendeschluss für diese Fortbildungseinheit ist der 15.12.2023. Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, finden Sie unter <https://cme.thieme.de/hilfe> eine ausführliche Anleitung. Wir wünschen viel Erfolg beim Beantworten der Fragen!

Unter <https://www.thieme-connect.de/products/ejournals/html/10.1055/a-1975-6726> oder über den QR-Code kommen Sie direkt zum Artikel.



### Frage 1

In der Früh-laktation erfolgt eine Verschiebung der Energiebilanz ins Negative. Welcher Energieträger/körper-eigenes Substrat bringt der Kuh % der Energie?

- A Kohlenhydrate
- B Hormone
- C Aminosäuren
- D Propylenglykol
- E Fett

### Frage 2

Das Körperfett wird durch Lipolyse in welche Stoffe gespalten?

- A Oxalacetat und Acetat
- B Freie Fettsäuren und Glycerin
- C Glycerin und Ketonkörper
- D Ketonkörper und Oxalacetat
- E Freie Fettsäuren und Ketonkörper

### Frage 3

Wann entsteht eine intrazelluläre Leberverfettung?

- A Wenn die Bildung der resynthetisierten Triglyzeride dessen Ausschleusung aus der Leber übersteigt.
- B Wenn die Kühe zu viel Fett zu sich nehmen.
- C Wenn die Ration zu roh-faserreich ist.
- D Wenn die Freien Fettsäuren nicht zu Triglyzeriden verstoff-wechselt werden, sondern zu Ketonkörpern.
- E Wenn im Zusammenhang mit der Kalbung erheblicher Stress aufgetreten ist (z. B. bei einem schweren Auszug).

### Frage 4

Wann erreicht die laktierende Kuh ihr minimales Gewicht während eines Laktationszyklus (hier beim Fleckvieh)?

- A ca. 60–70 Tag
- B ca. 80–90 Tag
- C ca. 90–100 Tag
- D ca. 110–120 Tag
- E ca. 130–140 Tag

### Frage 5

In welchem BCS-Schema wird die Skala von 1–5 zwischen 2,5 und 4,0 mit 0,25 Schritten bewertet und <2,5 und >4,0 mit 0,5 Schritten?

- A Wildman et al. (1982)
- B Ferguson et al. (1994)
- C Edmonson et al. (1989)
- D Spengler Neff et al. (2015)
- E Heuwieser et al. (1991)

### Frage 6

Welcher BCS wird hier beschrieben: Gerade noch V-förmiges Becken in der Seitenansicht, runde Hüft- und Sitzbeinhöcker, geringe Fettauflagen, abgerundete Beckenbänder (Lig. sacroiliacum, Lig. sacrotuberale).

- A BCS 2,5
- B BCS 2,75
- C BCS 3,0
- D BCS 3,25
- E BCS 3,5

### Frage 7

Bis zu welcher anatomischen Schicht misst man die Rückenfettdicke mittels Ultraschall?

- A Bis zur Cutis
- B Bis zur Fascia trunci superficialis
- C Bis zur interfaszialen Fettschicht
- D Bis zur Fascia trunci profunda
- E Bis zum Ende der Sonde

### Frage 8

Welcher BCS- bzw. RFD-Wert sollte zur Zeit der Kalbung vorliegen?

- A Der BCS sollte mindestens bei 4,0 liegen.
- B Die RFD darf maximal 10 mm betragen.
- C Der BCS sollte zwischen 3,0–3,5 liegen.
- D Die RFD sollte zwischen 40 und 45 mm betragen.
- E Der BCS darf nicht höher als 2,75 sein.

► Weitere Fragen auf der folgenden Seite ...

## Punkte sammeln auf CME.thieme.de

Fortsetzung ...

### Frage 9

Die Körperkondition der Tiere sollte, um gute Gesundheit und gute Leistung zu erhalten, kontrolliert werden. Was wird empfohlen?

- A Einmalige Kontrolle direkt nach der Kalbung
- B 5–6 Untersuchungen (zum Trockenstellen, zur Kalbung, 30–40. Tag, 50–60. Tag, 90.–100 Tag, 180–305. Tag in Laktation)
- C Nur in der Frühlaktation: 3 Untersuchungen (zur Kalbung, 15. Tag, 30 Tag in Laktation)
- D Einmalige Kontrolle zum Trockenstellen
- E 4–5 Untersuchungen im Zeitraum von 2 Monaten vor bis 2 Monaten nach der Kalbung

### Frage 10

Das BCS-Scan System ist eine vielversprechende Methode für das zukünftige Tiergesundheits-Monitoring. Jedoch liegt nach aktuellen Studien nur eine Korrelation (zwischen manuellem BCS und automatisierten BCS vom Scan) zwischen welchen BCS-Werten vor?

- A BCS 2,0–4,0
- B BCS 2,5–4,0
- C BCS 3,0–3,75
- D BCS 3,0–4,25
- E BCS 3,25–4,0

**2. Zusammenhänge zwischen Körperkondition von  
Milchkühen im peripartalen Zeitraum und ausgewählten  
Stoffwechselfparametern unter Berücksichtigung  
verschiedener Rassen**

**Relationship between body condition of dairy cows in the  
peripartum period and selected metabolic parameters in  
consideration of different breeds**

Nicola Carina Panne, Rolf Mansfeld, Julia Gerke, Martin Kammer, Stefan Plattner,  
Sarah Plattner, Christian Baumgartner

**„Zusammenhänge zwischen Körperkondition von Milchkühen im  
peripartalen Zeitraum und ausgewählten Stoffwechselfparametern unter  
Berücksichtigung verschiedener Rassen“**

“Relationship between body condition of dairy cows in the peripartum period and  
selected metabolic parameters in consideration of different breeds”

Tierärztliche Praxis, Ausgabe G Großtiere Nutztiere

Akzeptiert: Februar 2024



## Zusammenhänge zwischen Körperkondition von Milchkühen im peripartalen Zeitraum und ausgewählten Stoffwechselfparametern unter Berücksichtigung verschiedener Rassen

### Relationship between body condition of dairy cows in the peripartum period and selected metabolic parameters in consideration of different breeds



Autorinnen/Autoren

Nicola Carina Panne<sup>1,2</sup>, Julia Sophia Gerke<sup>3</sup>, Martin Kammer<sup>3</sup>, Stefan Plattner<sup>1,2</sup>, Sarah Unger<sup>1,2</sup>, Christian Baumgartner<sup>2</sup>, Rolf Mansfeld<sup>1</sup>

#### Institute

- 1 Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München
- 2 Milchprüfing Bayern e.V., Wolnzach
- 3 Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V., München

#### Schlüsselwörter

Body Condition Score, Rückenfettdicke, Ketose, Fettmobilisation, Betahydroxybutyrat, freie Fettsäuren

#### Keywords

body condition scoring, backfat thickness, ketosis, fat mobilization, beta hydroxy butyrate, non-esterified fatty acid

eingereicht 17.10.2023

akzeptiert 23.02.2024

#### Bibliografie

Tierärztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere 2024; 52: 137–154

DOI 10.1055/a-2276-1161

ISSN 1434-1220

© 2024. Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14, 70469 Stuttgart, Germany

#### Korrespondenzadresse

Nicola Carina Panne  
Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung, Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München, Sonnenstraße 16  
85764 Oberschleißheim  
Deutschland  
nici2607@hotmail.com

 Zusatzmaterial finden Sie unter  
<https://doi.org/10.1055/a-2276-1161>

#### ZUSAMMENFASSUNG

**Ziel** Die Ergebnisse dieser Studie beschreiben die Zusammenhänge zwischen der Körperkondition von Milchkühen und ausgewählten Stoffwechselfparametern im Blut im peri- und postpartalen Zeitraum unter Berücksichtigung dreier hiesiger Milchviehrassen in Oberbayern und im Allgäu.

**Material und Methoden** Kühe von 3 Milchviehrassen (Braunvieh [BV], Fleckvieh [FL], Holstein Friesian [HF]) wurden auf 68 Betrieben in Süddeutschland in 7 aufeinanderfolgenden Wochen untersucht. Sowohl bei trockenstehenden Tieren als auch bei laktierenden (5.–65. Tag in Milch) wurden Blutparameter (Beta-Hydroxy-Butyrat, Freie Fettsäuren, Creatinin, Aspartat-Aminotransferase, Gamma-Glutamyltransferase, Glutamatdehydrogenase, Gesamtprotein, Albumin, Creatinkinase) und Körperkondition (Body Condition Score [BCS], Rückenfettdicke [RFD]) untersucht. Für die Datenauswertung wurden explorative und deskriptive Statistik genutzt.

**Ergebnisse** Betrachtet man die Differenz der Ergebnisse der Konditionsbewertungen vor und nach der Kalbung, wies das FL bei der RFD die geringste Differenz auf. Bei FL und BV ließ sich eine Tendenz zu höheren RFD-Werten bei erstlaktierenden Kühen erkennen. Sowohl bei dem FL als auch bei dem HF lagen die NEFA-Werte der höherlaktierenden Kühe unter den Werten der Erstlaktierenden. Die höherlaktierenden BV- und FL-Tiere wiesen höhere BHB-Werte auf. Die Korrelation zwischen RFD und BCS zeigte bei den HF-Kühen das höchste  $R^2$  (0,53). BV und FL lagen mit 0,42 (BV) bzw. 0,37 (FL) darunter. Die BHB-Werte aller 3 Rassen stiegen in den Wochen 2–4 post partum an. Die NEFA-Werte waren bei allen 3 Rassen vorrangig in der 1.–3. Woche p.p. erhöht, wenn die RFD p.p. abnahm. Die NEFA-Werte waren am höchsten, wenn die Körperkonditionsabnahme und somit die Fettmobilisation am größten waren.

**Schlussfolgerung und klinische Relevanz** Körperkonditionsbeurteilung (BCS auf Einzeltier- und Herdenebene, RFD auf Einzeltierebene) ist ein wichtiges Instrument für das Tiergesundheitsmonitoring. Durch die erkennbare Rassespezifität kann expliziter auf die Milchviehherden eingegangen werden. Ziel ist es, den Energiehaushalt der Kühe in der Frühlaktation optimal zu steuern, um die Gesundheit der Tiere zu erhalten.

**ABSTRACT**

**Objective** The results of this study describe the relationship between the body condition of dairy cows and selected metabolic parameters during the peri- and post-partum period with special consideration of 3 local dairy cow breed in Upper Bavaria and the Allgau.

**Material and methods** Three local dairy cattle breeds (Swiss Brown (BV), Simmental (FL), Holstein Friesian (HF)) were examined on 68 farms in southern Germany for 7 consecutive weeks. In dry cows as well as lactating cows (5.–65. day in milk), following blood parameters were investigated: beta-hydroxybutyrate (BHB), non-esterified fatty acids (NEFA), creatinine, aspartate aminotransferase, gamma-glutamyltransferase, glutamate dehydrogenase, total protein, albumin, creatine kinase. In addition, body condition (body condition score [BCS] and back fat thickness [BFT]) were recorded. Exploratory and descriptive statistics were used for data analysis.

**Results** Concerning the difference in condition before and after calving, the FL showed the smallest difference in RFD. For FL and BV a trend towards higher BFT values could be seen in

first lactating cows. For FL and HF, the NEFA values of the later lactating cows were below those of the first lactating cows. The higher lactating cows of BV and FL had higher BHB values. The correlation between BFT and BCS showed the highest R2 (0.53) in the HF cows. BV and FL were below at 0.42 and 0.37. BCS and BFT could not be predicted by the variables NEFA, BHB and liver enzymes. BHB levels of all 3 breeds increased at weeks 2–4 post-partum. The NEFA values for all 3 breeds increased primarily in the 1st–3rd week p.p. in parallel to when the BFT p.p. decreased. NEFA values were highest when body condition declined and therefore when fat mobilization peaked. In BV and HF, there was a constant increase in GLDH when the p.p. BCS difference was there.

**Conclusion and clinical relevance** Body condition assessment (BCS at herd and animals` level, BFT at animal level) is an important tool for animal health monitoring. Due to the recognizable breed specificity, the dairy herds can be dealt with more explicitly. The aim is to optimally influence the energy balance of the cow during early lactation in order maintain the health of the animal and its organ systems.

**Einleitung**

Body Condition Scoring (BCS) und Rückenfettdickemessung (RFD) werden in der Milchviehhaltung zur Überwachung des Stoffwechsels geschlehen genutzt. Außerdem können Stoffwechsellparameter im Blut wie Beta-Hydroxy-Butyrat (BHB) und Freie Fettsäuren (Non-esterified fatty acids, NEFA) zur Stoffwechselbeurteilung herangezogen werden [1]. Die vorliegende Studie ist ein Folgeprojekt der im „Frühwarnsystem für Stoffwechselstörungen von Milchkühen mit Hilfe der Absorptionsspektren der Milch“ (FSM-IRMI) entwickelten „Stoffwechsel-Doppelampel“ des Milchprüfring Bayern e.V. Die „Stoffwechsel-Doppelampel“ ist ein System zur Bewertung der Stoffwechselstabilität und basiert sowohl auf der Bestimmung von Freien Fettsäuren als auch auf der Bestimmung von Ketonkörpern (z. B.: BHB), indem die Milchproben der Kühe im monatlichen Problemellen anhand ihres Infrarot-Absorptionsspektrums in Risikostufen (Ampel) eingeteilt werden [2]. Die vorliegende Studie untersuchte 3 hiesige Milchviehrassen (Braunvieh [BV]), Feckvieh [FL], Holstein Friesian [HF]) auf Körperkondition und diverse Blutparameter. Das Ziel dieses Projektes war die Etablierung eines „Frühwarnsystems“ mit diversen Modulen, in dem anhand der über Jahre gesammelten Daten die Vorhersage über die Tiergesundheit der jeweiligen Rasse verbessert werden soll.

Der hohe Energiebedarf von Milchkühen in der Frühlaktation kann in Folge der reduzierten Futteraufnahme im Zeitraum von 4 Wochen ante partum (a.p.) bis 4 Wochen post partum (p.p.) [3] nicht vollständig gedeckt werden [4]. Durch die zeitgleich ansteigende Milchleistung entsteht eine Phase negativer Energiebilanz (NEB) [5]. Die Mobilisierung von Körperfett (Lipolyse) ermöglicht der Kuh eine Überbrückung der Phase der NEB [6]. Die Änderung der Rückenfettdicke (RFD) spiegelt die Lipolyse- und Lipogeneserate wider [4]. Ist die Lipolyse in der Frühlaktation zu hoch (> 0,14 mm tägliche RFD-Abnahme [7]), können Fette in die Leberzellen eingelagert werden und es kann zum Lipomobilisations-

syndrom kommen [8]. Die Freien Fettsäuren aus dem Depotfett werden u. a. zur Milchfettsynthese genutzt [9]. Das Ketoseresiko steigt mit erhöhter Milchleistung und erhöhtem Milchfettgehalt [10]. In der Studie von Weber et al. [11] zeigten Kühe mit der geringsten Leberfettkonzentration die höchste Trockenmasseaufnahme und die geringste NEB. Eine physiologische Lipolyse und ein geringer Konditionsverlust p.p. können das Krankheitsgeschehen in einer Milchviehherde positiv beeinflussen. So tragen das Monitoring von Körperkondition, NEFA und BHB zu einer Verringerung des Risikos für Nachgeburtverhaltung und Ketose bei [12]. Des Weiteren kann die Reproduktion positiv beeinflusst werden [13] und eine Schwächung des Immunsystems minimiert werden [14]. Die Ergebnisse dieser Studie beschreiben die Zusammenhänge zwischen der Körperkondition von Milchkühen und ausgewählten Stoffwechsellparametern im peri- und postpartalen Zeitraum unter Berücksichtigung dreier Rassen.

**Material und Methoden****Versuchsdurchführung**

Das Projekt „MetAlarm“ war ein Kooperationsprojekt des Milchprüfrings Bayern e.V. (MPR), des Landeskuratoriums der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V. (LKV) und der Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU) in Oberschleißheim.

Das Projekt (Tierversuchsanzeige: ROB-55.2–2532.Vet\_03–19–12) wurde von der Regierung von Oberbayern genehmigt. Es wurden insgesamt 1552 Kühe auf 68 Betrieben in 4 Regionen Bayerns (Kempten, Kaufbeuren, Miesbach, Töging) untersucht. Das Datenmaterial umfasste Proben und Ergebnisse der Rassen FL, BV und HF. Es wurden 1034 FL-, 555 BV- und 274 HF- (229 Schwarzbunte und



45 Rotbunte) Kühe untersucht. Der Untersuchungszeitraum betrug von Oktober 2019 bis Februar 2021 insgesamt 17 Monate und inkludierte alle Jahreszeiten. Jeder Betrieb wurde in 7 aufeinanderfolgenden Wochen beprobt. Die Probenentnahme fand pro Betrieb einmal in der Woche statt, sodass jedes Tier mindestens 1-mal und maximal 6-mal im Abstand von 7 Tagen untersucht wurde. Alle Betriebe verfügten über einen Laufstall (Warmstall oder Außenklimastall). Die Melksysteme waren sowohl Gruppenmelkstände (53) als auch Automatische Melksysteme (AMS, 15). Untersucht wurden trockenstehende Kühe 2 Wochen a. p. bis zur Kalbung und laktierende Tiere vom 5.–65. Tag in Milch (DIM). Die Proben inkludierten Laktationsnummern von 1–12.

Beim ersten Besuch wurden Betriebs- und Herdendaten aufgenommen (u. a. Identifikationsnummer, Laktationsnummer, Kalbedatum, Trockenstelldatum, Rasse) und eine klinische Anamnese zu den untersuchten Kühen durchgeführt. Anamnesen wurden bei 1462 von 1551 Tieren erstellt (FL 961, BV 483, HF 189). Bei allen ausgewählten Tieren fand 1-mal pro Woche eine Blutprobenentnahme aus der V. coccygea mediana mit dem Serum-Gel-Vacutainer (BD-Serum-Gel-Vacutainer, SST 2 advanced, 8,5 ml (Becton, Dickinson and Company, Plymouth, UK)) statt. Die Blutproben (BP) wurden ca. 30 Minuten nach Entnahme bei 2300 G für 10 Minuten zentrifugiert und gekühlt zum Labor der Klinik für Wiederkäuer (LMU) in Oberschleißheim befördert. Die BP wurden mittels Cobas C311 Analyser für clinical chemistry (Roche Diagnostics, Rotkreuz, CH) auf Stoffwechselfparameter untersucht. Das Gerät ist ein Photometer und misst die Werte mit verschiedenen Testverfahren (u. a. Enzymatische Farbttests) [15]. Des Weiteren wurden Creatinin, Leberenzyme (Aspartat-Aminotransferase (AST), Gamma-Glutamyltransferase (GGT) und Glutamatdehydrogenase (GLDH)), Gesamtprotein, Albumin, Creatinkinase (CK) und der Hämolyse-Index bestimmt. Insgesamt wurden 6552 Blutproben (FL 3623, BV 1975, HF 954) untersucht und zu jeder Probe eine Rückstellprobe angefertigt. Auf dem Betrieb erfolgte neben der Blutentnahme eine Körperkonditionsbeurteilung mittels BCS [16] und eine Rückenfettdickemessung mittels Ultraschalls (Draminski S.A., iScan, lineare elektronische Messsonde 7,5 MHz, B-Mode, Gietrzwald, Polen) [17]. Sowohl zum BCS als auch zur RFD gab es jeweils 6552 Messungen, von denen 6466 BCS- und 6328 RFD-Messungen ausgewertet wurden.

### Statistische Auswertung

Für die Datenauswertung wurde das Programm R v3.6.3. (R Foundation for Statistical Computing, Wien, Österreich) genutzt. Die Daten enthielten 10 Variablen (BCS, RFD, Rasse (FL, BV, HF), Zeitpunkt der Messung relativ zum Kalbedatum (in Wochen; 0 = Woche der Kalbung), Laktation (1 = Erstlaktierende, > 1 [2–12] = Höherlaktierende), NEFA, BHB sowie Leberenzyme (GLDH, AST, GGT). Diese wurden mit explorativer und deskriptiver Statistik ausgewertet.

Kühe mit Messungen ausschließlich vor der Kalbung wurden aus dem Datensatz entfernt. Für statistische Analysen mit Berücksichtigung des DIM wurden Messergebnisse zwischen Woche –1 und Woche 6 einbezogen. Analysen ohne Berücksichtigung des DIM beinhalteten alle Tiere mit mindestens einem Messergebnis nach der Kalbung.

Die Daten wurden durch den Shapiro-Wilk Test als nicht normalverteilt eingeordnet ( $p < 0,001$ ). Da nicht zu jedem Tier von jeder Woche Daten vorhanden waren, wurde jedes Tier als Teil einer Gruppe am jeweiligen Zeitpunkt bezüglich diverser Parameter bewertet.

Als Methode zur grafischen Darstellung der Unterschiede zwischen den 3 Rassen (unabhängige Variable, x-Achse) bezüglich RFD, BCS, NEFA und BHB (abhängige Variablen, y-Achse) im Zusammenhang mit erster oder höherer Laktation wurden Boxplots erstellt. Signifikante Unterschiede zwischen deren Variablenausprägung in Bezug auf Laktation und Kalbung innerhalb einer Rasse wurden mit dem Mann-Whitney-U-Test berechnet [18, 19]. Weiterhin wurde auf multiples Testen korrigiert [18]. Hier wurden in den Analysen um die Kalbung 2 Gruppen für die statistische Berechnung genutzt (vorher: Woche –1 und 0; Nachher: Woche 1–2). Die Analysen bis Woche 4 zeigten Medians in jeder Woche für Erst- und Höherlaktierende pro Rasse als verbundene Linie. Die Error Bars entsprechen den Quartilen.

Die Zusammenhänge der RFD und des BCS (abhängige Variablen, y-Achse) und der Stoffwechsel- und Leberparameter (unabhängige Variablen, x-Achse) wurden mittels linearer Regression beschrieben. Diese wurden in Zusammenhang mit Rasse sowie erster und höherer Laktation dargestellt. Die RFD (abhängige Variable, y-Achse) wurde dem BCS (unabhängige Variable, x-Achse) gegenübergestellt. Nicht normalverteilte Werte von Variablen wurden logarithmiert (in der Regressionsanalyse: NEFA, BHB, GLDH, AST, GGT).

Bei der Darstellung „Veränderung BCS/RFD zur Kalbung“ wurde die Differenz des BCS/RFD vor der Kalbung zum Minimum der Kondition nach der Kalbung berechnet. Pro BCS/RFD existierten je 3 Kategorien (Kondition ohne Veränderung oder Zunahme [ $\leq 0$  mm RFD,  $\leq 0$  BCS], kleine Abnahme [ $< 8$  mm RFD,  $\leq 0,5$  BCS] und große Abnahme [ $\geq 8$  mm RFD,  $> 0,5$  BCS]). Zur Darstellung dieser Gruppen wurde der Median als Linie dargestellt. Die Error Bars entsprechen den Quartilen. Diesen Gruppen wurden Rasse, NEFA, BHB und GLDH gegenübergestellt. In diesen Grafiken werden die Daten nur bis Woche 4 angegeben. Die Grafik mit GLDH-Werten wurde nach oben gekürzt, um die Grafik besser darstellen zu können. Durch die kleine Gruppengröße entstanden durch die Ausreißer sehr lange Error Bars, was zu einer erschwerten Sicht auf die Auswertung führte. Da bei einer so geringen n, vor allem durch die Ausreißer, die Interpretation zu vernachlässigen ist, wurde die Ansicht demnach gekürzt.

AST-Messungen wurden in die Auswertungen einbezogen, wenn der CK-Wert in derselben Probe  $< 245$  U/l lag. GGT-Messungen wurden einbezogen, wenn GLDH und AST der gleichen Probe auswertbar waren. Insgesamt wurden 4 Leberwerte (Ausreißer) des gesamten Datenmaterials ausgeschlossen.

P wird als korrigierter P-Wert angegeben. Die statistischen Tests wurden mehrfach durchgeführt (Multiples Testen). Die daraus resultierenden P-Werte wurden mit der Holm-Methode korrigiert. Das Signifikanzniveau lag bei  $p = 0,05$ . Irrtumswahrscheinlichkeiten  $p < 0,05$  galten als statistisch signifikant,  $p < 0,01$  als hoch signifikant und  $p < 0,001$  als höchst signifikant. Die Sterne in den Plots weisen auf die Signifikanzen hin.

► **Tab. 1** Der Boxplot-Darstellung zugrunde liegende Ergebnisse: Unterschiede in Körperkondition (BCS, RFD) bezüglich der Rassen FL, HF, BV mit zeitlichem Bezug zur Kalbung (vorher: Woche -1-0, nachher: Woche 1-2).

► **Table 1** Results of the boxplot diagram: Differences in body condition (BCS, RFD) about the breeds FL, HF, BV and time relation to calving (bevor: week -1-0, after: week 1-2).

Körperkondition	Rasse	Zeitlicher Bezug zur Kalbung	Median	Mittelwert	P-Werte
RFD (mm)	FL		11		p < 0,001*
	BV		10		
	HF		12		
BCS	FL		3,5		p < 0,001*
	BV		2,75		
	HF		2,75		
RFD (mm)	FL	Vorher	14,5	14,9	p < 0,01
		Nachher	13	13,8	
	BV	Vorher	14	14,9	p < 0,05
		Nachher	12	13,3	
	HF	Vorher	15	16,6	n.s.
		Nachher	14,5	15,4	
BCS	FL	Vorher	3,75	3,81	p < 0,001
		Nachher	3,5	3,55	
	BV	Vorher	3,25	3,30	p < 0,001
		Nachher	3,0	3,01	
	HF	Vorher	3,25	3,25	p < 0,05
		Nachher	3,0	3,01	

RFD=Rückenfettdicke, BCS=Body Condition Score, FL=Fleckvieh, BV=Braunvieh, HF=Holstein Friesian, \* = unkorrigierter P-Wert, n.s. = nicht signifikant.

RFD=back fat thickness, BCS=body condition score, FL=Simmental, BV=Swiss Brown, HF=Holstein Friesian, \* = non-adjusted p-value, n.s. = non-significant.

Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung – Electronic offprint for personal use

### Ergebnisse

Die Ergebnisse von 1551 Kühen (1034 FL, 555 BV und 274 HF) wurden in die statistische Auswertung einbezogen. Es gab 440 erstlaktierende und 1111 höherlaktierende Tiere. Es standen 6552 Blutauswertungen, 6552 Körperkonditionsbeurteilungsdaten und klinische Untersuchungsdaten von 476 Tieren zur Verfügung. Von je 6552 BCS- und RFD-Bestimmungen konnten 6466 BCS-Messungen (fehlende Werte: 86) und 6328 RFD-Messungen (fehlende Werte: 224) ausgewertet werden.

#### Zusammenhänge zwischen Körperkondition und Rasse

Der Median der RFD betrug beim FL 11 mm, beim BV 10 mm und beim HF 12 mm. Der Median des BCS lag beim FL bei 3,5, beim BV bei 2,75 und beim HF ebenfalls bei 2,75 (p < 0,001). Das FL wies bei mittleren RFD-Werten (Median = 11 mm) die höchsten BCS-Werte (Median = 3,5) auf. Different dazu zeigte das HF bei hohen RFD-Werten (Median = 12 mm) niedrige BCS-Werte (Median = 2,75) (► **Tab. 1**).

Die Mittelwertdifferenz der RFD 2 Wochen vor und 2 Wochen nach der Kalbung betrug beim FL 1,1 mm (Median = 1,5 mm), beim BV 1,6 mm (Median = 2,0 mm) und beim HF 1,2 mm (Median = 0,5

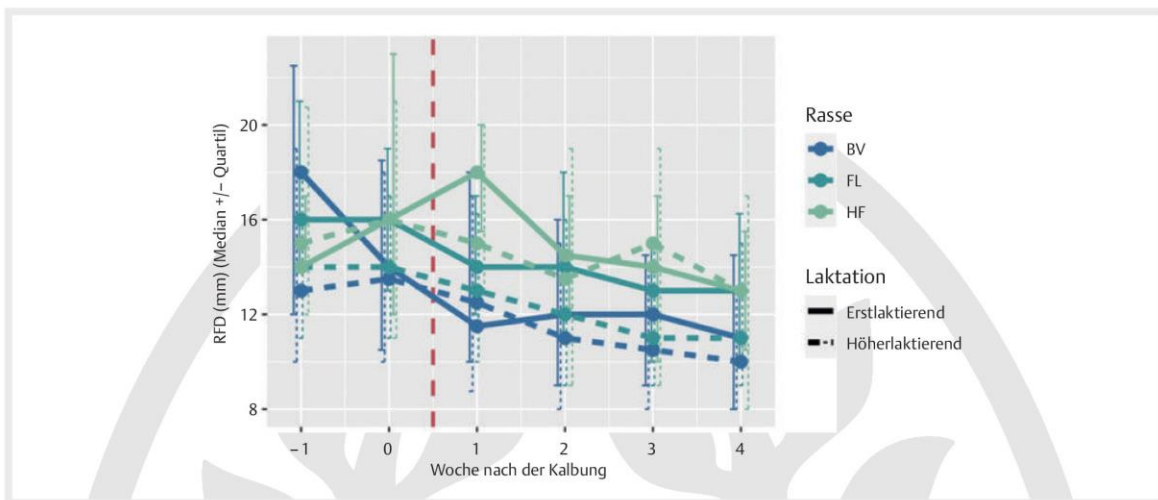
mm) (FL p < 0,001, BV p < 0,05, HF n.s.). Alle 3 Rassen zeigten eine Differenz der RFD vor und nach der Kalbung, das FL verlor mit 1,1 mm am wenigsten subkutanes Körperfett (► **Tab. 1**).

Der Mittelwert des BCS 2 Wochen vor und 2 Wochen nach der Kalbung zeigte beim FL eine Differenz von 0,26 (Median = 0,25), beim BV eine Differenz von 0,29 (Median = 0,25) und beim HF eine Differenz von 0,24 (Median = 0,25) (FL, BV p < 0,001, HF p < 0,05). Alle 3 Rassen zeigten eine Differenz des BCS vor und nach der Kalbung. Alle 3 Rassen verloren in den ersten 2 Wochen p.p. 0,25 BCS-Einheiten (► **Tab. 1**).

#### Zusammenhänge zwischen Körperkondition, Stoffwechselfparametern und Laktationszahl unter Berücksichtigung der Rasse

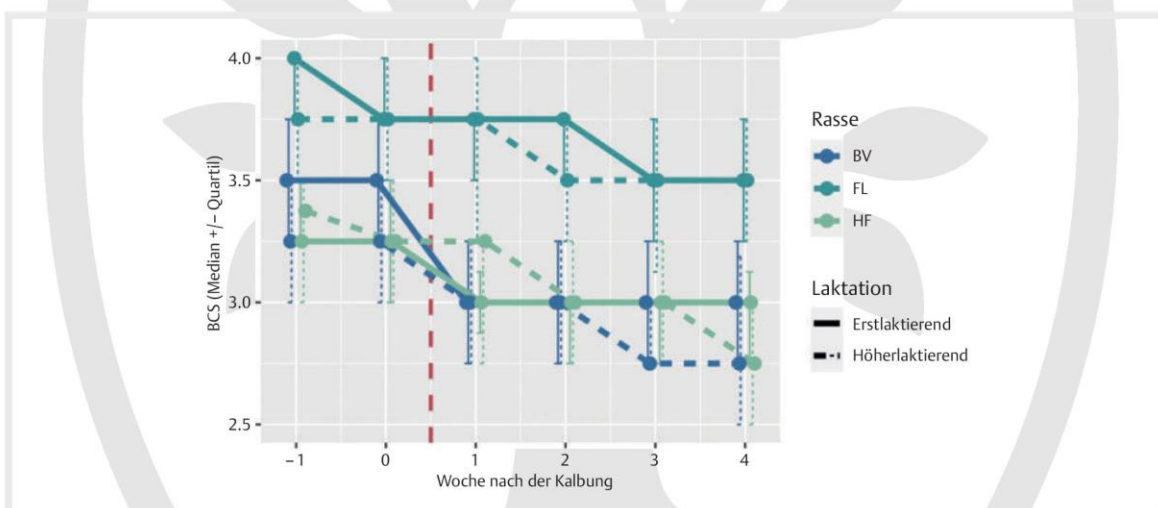
Der Median der RFD der erstlaktierenden Tiere lag vor der Kalbung (Woche -1-0) beim FL und BV über dem Median der Höherlaktierenden (BV: Erstlaktierende 14-18 mm, Höherlaktierende 13-13,5 mm; FL: Erstlaktierende 16 mm, Höherlaktierende 14 mm). Beim HF-Tier wiesen die Höherlaktierenden eine höhere RFD (Median) auf (HF: Erstlaktierende 14-16 mm, Höherlaktierende 15-16 mm). Bei allen 3 Rassen war eine stetige Abnahme der RFD über die Zeit p.p. zu beobachten, bis in Woche 4 der niedrigste RFD-Wert erreicht wurde. Die Höherlaktierenden erreichten auch in Woche 4





► **Abb. 1** RFD-Werte (Median, Fehlerbalken: Quartile) bei Erst- und Höherlaktierenden bei 3 Rassen. RFD = Rückenfettdicke, FL = Fleckvieh, BV = Braunvieh, HF = Holstein Friesian, Erstlaktierende = Laktation 1, Höherlaktierende = Laktation 2–12. Quelle: N. Panne, J. Gerke.

► **Fig. 1** Back fat thickness values (median, error bars: Quartile) in first and later lactations in 3 breeds. RFD = Back fat thickness, FL = Simmental, BV = Swiss Brown, HF = Holstein Friesian, first lactating cows = lactation 1, later lactating cows = lactation 2–12. Source: N. Panne, J. Gerke.



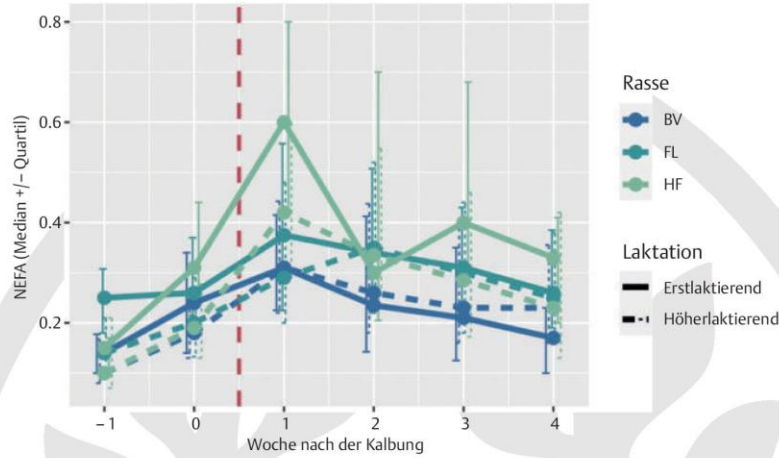
► **Abb. 2** BCS-Werte (Median, Fehlerbalken: Quartile) bei Erst- und Höherlaktierenden bei 3 Rassen. BCS = Body Condition Score, FL = Fleckvieh, BV = Braunvieh, HF = Holstein Friesian, Erstlaktierende = Laktation 1, Höherlaktierende = Laktation 2–12. Quelle: N. Panne, J. Gerke

► **Fig. 2** BCS values (median, error bars: Quartile) in first and later lactations in 3 breeds. BCS = body condition score, FL = Simmental, BV = Swiss Brown, HF = Holstein Friesian, first lactating cows = lactation 1, later lactating cows = lactation 2–12. Source: N. Panne, J. Gerke.

niedrigere Werte als die Erstlaktierenden (BV: Erstlaktierende 11mm, Höherlaktierende 10mm, FL: Erstlaktierende 13mm, Höherlaktierende 11mm). Beim HF-Tier lagen Erst- und Höherlaktierende in der 4. Woche beim selben Wert (13mm) (► **Abb. 1**).

In ► **Abb. 2** zeigte sich, dass der BCS (Median) vor der Kalbung (Woche -1-0) von Erstlaktierenden ebenfalls über dem der Höherlaktierenden lag (BV: Erstlaktierende 3,5, Höherlaktierende 3,25;

FL: Erstlaktierende 3,75–4,0, Höherlaktierende 3,75). Beim HF lag der BCS der Höherlaktierenden etwas über den Werten der Erstlaktierenden (HF: Erstlaktierende 3,25, Höherlaktierende: 3,25–3,38). Zu beobachten war, dass bei allen 3 Rassen ein BCS-Abfall um die Kalbung zu verzeichnen war, welcher in Woche 1–2 weniger Veränderung zeigte und in den Wochen 3–4 erneut abfiel. Die Werte des BCS (Median) des FL in Woche 4 lagen sowohl bei Hö-



► **Abb. 3** NEFA-Werte (Median, Fehlerbalken: Quartile) bei Erst- und Höherlaktierenden bei 3 Rassen. NEFA = Nicht veresterte freie Fettsäuren, FL = Fleckvieh, BV = Braunvieh, HF = Holstein Friesian, Erstlaktierende = Laktation 1, Höherlaktierende = Laktation 2–12. Quelle: N. Panne, J. Gerke.

► **Fig. 3** NEFA values (median, error bars: Quartile) in first and later lactations in 3 breeds. NEFA = non-esterified fatty acids, FL = Simmental, BV = Swiss Brown, HF = Holstein Friesian, first lactating cows = lactation 1, later lactating cows = lactation 2–12. Source: N. Panne, J. Gerke.

Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung – Electronic offprint for personal use

herlaktierenden als auch bei Erstlaktierenden bei 3,5. Beim BV und beim HF lagen die Werte in Woche 4 der Höherlaktierenden unter denen der Erstlaktierenden (BV, HF: Erstlaktierende 3,0, Höherlaktierende 2,75) (► **Abb. 2**).

Die NEFA-Werte (Median) der 3 Rassen zeigten Anstiege in Woche 1 p.p., sowohl bei Erst- als auch bei Höherlaktierenden. Vor der Kalbung wiesen FL-Tiere Werte bei Erstlaktierenden zwischen 0,25–0,26 mmol/l auf, Höherlaktierende zeigten Werte 0,14–0,20 mmol/l. In Woche 1 p.p. stiegen die Werte bei Erstlaktierenden auf 0,38 mmol/l, bei Höherlaktierenden auf 0,29 mmol/l. In Woche 4 reduzierten sich die Werte der Höherlaktierenden auf 0,25 mmol/l, die der Erstlaktierenden auf 0,26 mmol/l. Die BV-Tiere starteten a.p. mit ähnlichen Werten wie das FL (BV: Erstlaktierende 0,14–0,24 mmol/l, Höherlaktierende 0,10–0,18 mmol/l). Auch die BV-Tiere erreichten in Woche 1 p.p. die höchsten Werte (Erstlaktierende 0,31 mmol/l, Höherlaktierende 0,31 mmol/l). Die Erstlaktierenden HF-Tiere zeigten den deutlichsten Anstieg in Woche 1 p.p. (0,60 mmol/l). Die Höherlaktierenden lagen in Woche 1 mit 0,42 mmol/l auch über den Werten der anderen beiden Rassen. Sie sanken bis Woche 4 ab auf 0,33 mmol/l bei Erstlaktierenden und 0,23 mmol/l bei Höherlaktierenden (► **Abb. 3**).

Die BHB-Werte (Median) der 3 Rassen zeigten einen stetigen Anstieg über die Zeit. Der Wert der erstlaktierenden HF-Tiere war a.p. mit 0,36 mmol/l am niedrigsten. Alle anderen Rassen lagen in Woche –1–0 zwischen 0,46–0,62 mmol/l. Die Erstlaktierenden der HF-Kühe erreichten in Woche 1 den höchsten Wert (0,97 mmol/l), gefolgt von den Höherlaktierenden HF-Tiere mit 0,79 mmol/l. Die Höherlaktierenden des BV erreichten in Woche 2 den höchsten Wert (0,84 mmol/l), die Erstlaktierenden erst in Woche 4 (0,8 mmol/l). Die FL-Tiere lagen in Woche 1 mit den Erstlaktierenden bei 0,64 mmol/l und mit den Höherlaktierenden bei 0,76 mmol/l.

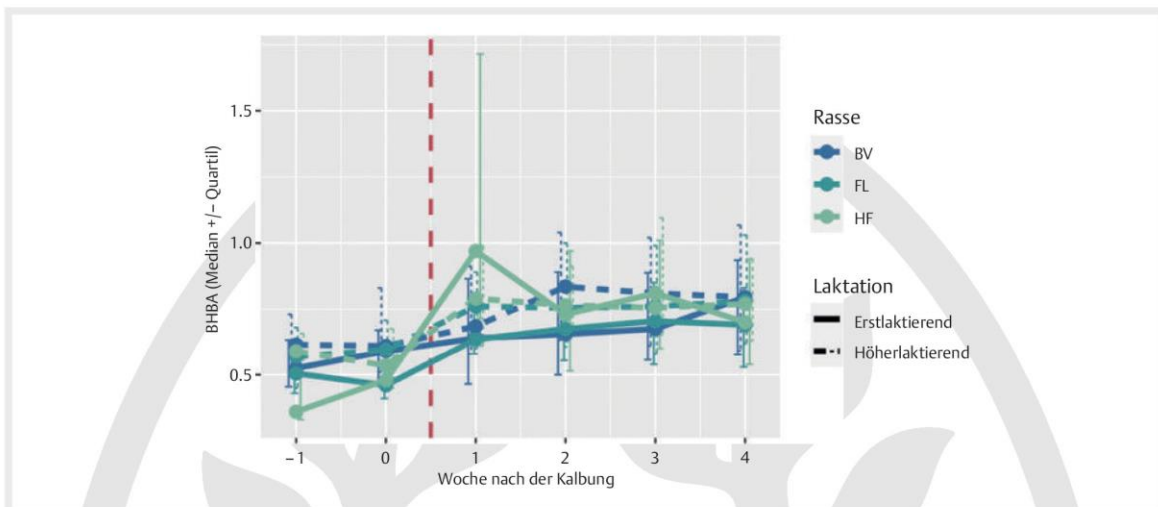
Die Höherlaktierenden FL-Tiere wiesen insgesamt höhere Werte auf als die Erstlaktierenden gleicher Rasse, was ebenfalls beim BV zu beobachten war (► **Abb. 4**). Die zugehörigen P-Werte der Abb. 1–4 sind in ► **Tab. 2** aufgelistet.

### Korrelation zwischen den Beurteilungsmethoden der Körperkondition in Abhängigkeit der Rasse

Der Determinationskoeffizient  $R^2$  beurteilte die Korrelation sowohl zwischen den beiden Körperkonditionsbeurteilungsmethoden (RFD und BCS) als auch zwischen Körperkondition (RFD, BCS) und NEFA, BHB und den Leberenzymen. Es wurde die Pearson Korrelation verwendet. Die Werte der RFD und die Werte des BCS hingen bezüglich der Rasse um 37 und 53 % zusammen ( $R^2=0,37-0,53$ ;  $R=0,610-0,727$ ). Die Werte von BCS und RFD der HF-Tiere korrelierten am stärksten ( $R^2=0,53$ ), die der FL-Tiere am schwächsten ( $R^2=0,37$ ). Die BV-Kühe lagen mit  $R^2=0,42$  zwischen FL und HF (► **Tab. 3**).

Wurde die RFD durch den BCS im Zusammenhang mit der Rasse und Erstlaktation oder einer höheren Laktation dargelegt, lag der  $R^2$  zwischen 0,35 und 0,55. Der  $R^2$  war bei der Rasse HF sowohl bei Erst- als auch bei Höherlaktierenden am höchsten ( $R^2=0,47$  und 0,55). Bei HF und FL war  $R^2$  bei den Höherlaktierenden größer als bei den Erstlaktierenden. Beim BV war der  $R^2$  bei den Erstlaktierenden höher (► **Tab. 3**).

Sowohl BCS als auch RFD konnten durch die anderen Variablen (NEFA, BHB, Leberenzyme) nicht vorhergesagt werden. Es bestand kein linearer Zusammenhang ( $R^2 < 0,01-0,04$ ) (► **Tab. 4**).



► **Abb. 4** BHB-Werte (Median, Fehlerbalken: Quartile) bei Erst- und Höherlaktierenden bei 3 Rassen. BHB = Beta-Hydroxy-Butyrat, FL = Fleckvieh, BV = Braunvieh, HF = Holstein Friesian, Erstlaktierende = Laktation 1, Höherlaktierende = Laktation 2–12. Quelle: N. Panne, J. Gerke.

► **Fig. 4** BHB values (median, error bars: Quartile) in first and later lactations in 3 breeds. BHB = betahydroxybutyrate, FL = Simmental, BV = Swiss Brown, HF = Holstein Friesian, first lactating cows = lactation 1, later lactating cows = lactation 2–12. Source: N. Panne, J. Gerke.

► **Tab. 2** Zugehörige P-Werte zu den Abbildungen 1–4.

► **Table 2** P values for figure 1–4.

		P-Wert in Woche					
		Rasse	-1	0	1	2	3
BCS	FL	0,0447	0,5488	0,571	0,0011	0,0216	0,0402
	BV	0,0013	0,0074	0,599	0,0624	0,0108	0,0092
	HF	0,9659	0,7864	0,2678	0,7797	0,4667	0,1079
RFD	FL	0,018	0,0265	0,0998	0,0134	0,0082	0,0131
	BV	0,0258	0,4498	0,4666	0,1546	0,3476	0,1478
	HF	0,8498	0,6417	0,4798	0,4753	0,6371	0,8812
BHB	FL	0,0487	0,0008	0,0293	0,0007	0,0326	0,0004
	BV	0,0318	0,382	0,214	0,0023	0,0308	0,4155
	HF	0,1148	0,0936	0,0891	0,3142	0,7598	0,2851
NEFA	FL	0,0002	0,0114	0,472	0,5474	0,2685	0,2644
	BV	0,0753	0,1553	0,5973	0,3555	0,1064	0,0007
	HF	0,274	0,0358	0,2292	0,823	0,0057	0,3522

RFD = Rückenfettdicke, BCS = Body Condition Score, FL = Fleckvieh, BV = Braunvieh, HF = Holstein Friesian, NEFA = Nicht veresterte freie Fettsäuren, BHB = Beta-Hydroxy-Butyrat.

RFD = back fat thickness, BCS = body condition score, FL = Simmental, BV = Swiss Brown, HF = Holstein Friesian, NEFA = non-esterified fatty acids, BHB = betahydroxybutyrate.



► **Tab. 3** Der Regressionsanalyse zugrunde liegenden Ergebnisse für den Zusammenhang von RFD und BCS.

► **Table 3** Results of the linear regression analysis for the relationship between RFD and BCS.

Körperkondition		Zusammenhang		Determinationskoeffizient R <sup>2</sup>	Korrelation R (p < 0,001)
RFD (mm)	BCS	Rasse			
		FL		0,37	0,610
		BV		0,42	0,651
		HF		0,53	0,727
RFD (mm)	BCS	Rasse			
		FL	Erstlaktierend	0,35	0,591
			Höherlaktierend	0,38	0,613
		BV	Erstlaktierend	0,44	0,667
			Höherlaktierend	0,39	0,626
		HF	Erstlaktierend	0,47	0,686
Höherlaktierend	0,55		0,741		

RFD = Rückenfettdicke, BCS = Body Condition Score, FL = Fleckvieh, BV = Braunvieh, HF = Holstein Friesian, Erstlaktierende = Laktation 1, Höherlaktierende = Laktation 2–12.

RFD = back fat thickness, BCS = body condition score, FL = Simmental, BV = Swiss Brown, HF = Holstein Friesian, first lactating cows = lactation 1, later lactating cows = lactation 2–12.

### Zusammenhang zwischen den Stoffwechselparametern und der Körperkonditionsveränderung im peripartalen Zeitraum

Bei der Darstellung „Veränderung BCS/RFD zur Kalbung“ wurde die Differenz des BCS/RFD vor der Kalbung zum Minimum der Kondition nach der Kalbung berechnet. Pro BCS/RFD existierten je 3 Gruppierungen (Kondition unverändert oder Zunahme [≤ 0], Abnahme klein [ < 8 mm RFD, ≤ 0,5 BCS] und Abnahme groß [ ≥ 8 mm RFD, > 0,5 BCS]).

► **Abb. 5** zeigt einen NEFA-Anstieg der Gruppe „RFD-Abnahme groß“ bei FL und HF vorrangig in Woche 1 nach der Kalbung (FL Median 0,67 mmol/l; HF Median 0,92 mmol/l). Beim BV erreichte der Anstieg der NEFA erst in den Wochen 2–4 die höchsten Werte (Median 0,435 (Woche 2) bis 0,45 (Woche 4) mmol/l). Die Gruppe „RFD-Abnahme klein“ wies bei BV und HF den höchsten NEFA-Wert in Woche 1 auf (BV Median 0,34 mmol/l; HF 0,41 mmol/l), beim FL ebenfalls in Woche 1 (Median 0,36 mmol/l). Bei der Gruppe „RFD-unverändert“ war ein NEFA-Anstieg zu verzeichnen, jedoch ausgeprägt nur bei den HF-Tieren in der 1. Woche p.p. (Median 0,49 mmol/l) und mit niedrigeren Werten (► **Abb. 5**).

Die NEFA-Werte der Gruppe „BCS-Abnahme groß“ waren beim FL und HF in Woche 1 p.p. deutlich erhöht (FL-Median 0,50 mmol/l; HF-Median 1,235 mmol/l). Die Gruppe „BCS-Abnahme klein“ zeigte beim FL einen späteren Anstieg der NEFA (in Woche 2 p.p. [Median 0,36 mmol/l]) als bei HF und BV (in Woche 1 p.p. [HF-Median 0,42 mmol/l; BV-Median 0,30 mmol/l]). Die HF-Tiere zeigten einen deutlicheren Anstieg der freien Fettsäuren in der 1. Woche p.p. als die BV-Tiere. Die Gruppe „BCS-unverändert“ zeigte beim BV in Woche 1 p.p. erhöhte Werte, welche in Woche 3 wieder auf den

Ausgangswert sanken. HF und FL zeigten in dieser Gruppe leicht steigende Werte in den Wochen 1–6 p.p. (► **Abb. 6**).

► **Abb. 7** stellt bei allen 3 RFD-Gruppen einen über die Zeit steigenden BHB-Wert dar. Die Gruppe „RFD-Abnahme groß“ wies die höchsten BHB-Werte auf, sowohl bei HF, FL als auch beim BV. Im Mittel waren die BHB-Werte der BV-Kühe in Woche 2 mit 0,945 mmol/l (Median) am höchsten, die der FL-Tiere in Woche 3 mit 0,895 mmol/l (Median) und die der HF-Kühe in Woche 3 mit 0,965 mmol/l (Median). Die Gruppe „RFD-Abnahme klein“ wies ebenfalls einen Anstieg der BHB-Werte über die Wochen p.p. auf (höchster BHB-Wert bei FL in Woche 4 mit 0,78 mmol/l [Median], BV in Woche 2 mit 0,77 mmol/l, HF in Woche 1 mit 0,90 mmol/l). Die Werte der Gruppe „RFD-unverändert“ zeigten beim HF in Woche 3 einen Peak (Median 1,225 mmol/l). Bei BV und FL zeigten die Werte einen leichten Anstieg über die Zeit p.p. (► **Abb. 7**).

Bei den Gruppen „BCS-Abnahme klein“ und „BCS-unverändert“ konnte ein geringer BHB-Anstieg festgestellt werden. Die Gruppe „BCS-Abnahme groß“ zeigte einen deutlicheren Anstieg der BHB-Werte über die Zeit p.p. (höchster BHB-Wert [Median]: FL in Woche 2 mit 0,865 mmol/l, BV in Woche 1 mit 0,97 mmol/l, HF in Woche 3 mit 1,565 mmol/l). Die HF-Tiere wiesen insgesamt die höchsten BHB-Werte auf und zu einem späteren Zeitpunkt als BV und FL (► **Abb. 8**).

Die GLDH-Konzentrationen im Verlauf p.p. wiesen bei den HF-Tieren Peaks in der 1. und 4. Woche in der Gruppe „RFD-Abnahme groß“ (Median Woche 1: 25,97 U/l, Woche 4: 34,62 mmol/l) auf. In der Gruppe „BCS-Abnahme groß“ waren die Werte in Woche 1 am höchsten (Median: 17,985 U/l). In diesen beiden Gruppen wiesen die HF-Tiere insgesamt die höchsten Werte auf. Beim BV war der Wert in der Gruppe „RFD-Abnahme groß“ in Woche 1 am höch-

Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung – Electronic offprint for personal use



► **Tab. 4** Der Regressionsanalyse zugrunde liegenden Ergebnisse für den Zusammenhang von RFD/BCS bezüglich NEFA, BHB, GLDH, AST, GGT.

► **Table 4** Results of the linear regression analysis for the relationship between RFD/BCS relating to NEFA, BHB, GLDH, AST, GGT.

Körperkondition	Stoffwechselformparameter (log)	Rasse	Determinationskoeffizient R <sup>2</sup>
RFD (mm)	NEFA	FL	0,03
		BV	0,04
		HF	0,04
BCS	NEFA	FL	<0,01
		BV	<0,01
		HF	<0,01
RFD (mm)	BHB	FL	<0,01
		BV	<0,01
		HF	<0,01
BCS	BHB	FL	<0,01
		BV	<0,01
		HF	<0,01
RFD (mm)	GLDH	FL	<0,01
		BV	<0,01
		HF	<0,01
BCS	GLDH	FL	<0,01
		BV	<0,01
		HF	0,02
RFD (mm)	AST	FL	<0,01
		BV	<0,01
		HF	<0,01
BCS	AST	FL	0,02
		BV	<0,01
		HF	<0,01
RFD (mm)	GGT	FL	0,01
		BV	0,04
		HF	<0,01
BCS	GGT	FL	0,03
		BV	0,04
		HF	0,02

RFD = Rückenfettdicke, BCS = Body Condition Score, FL = Fleckvieh, BV = Braunvieh, HF = Holstein Friesian, NEFA = Nicht veresterte freie Fettsäuren, BHB = Beta-Hydroxy-Butyrat, GLDH = Glutamatdehydrogenase, AST = Aspartat-Aminotransferase, GGT = Gamma-Glutamyltransferase

RFD = back fat thickness, BCS = body condition score, FL = Simmental, BV = Swiss Brown, HF = Holstein Friesian, NEFA = non-esterified fatty acids, BHB = betahydroxybutyrate, GLDH = glutamate dehydrogenase, AST = aspartate aminotransferase, GGT = gamma-glutamyltransferase.

ten (Median 25,77 U/l). Sowohl BV, FL als auch HF zeigten steigende GLDH-Werte über die 4 Wochen in der Gruppe der „BCS-Abnahme klein“ und in der Gruppe „RFD-unverändert“ (► **Abb. 9** und ► **Abb. 10**).

### Diskussion

Das Ziel der Studie war, die Zusammenhänge der Körperkondition (BCS, RFD) und ausgewählter Stoffwechselformparameter (BHB, NEFA, AST, GGT und GLDH, Gesamtprotein, Albumin, CK) von Milchkühen und deren Veränderungen im peri- und postpartalen Zeitraum zu beschreiben. Unter Berücksichtigung dreier hiesiger Milchviehrassen wurden die Körperkonditionsbeurteilungsmethoden in Zusammenhang zu den Stoffwechselformparametern gestellt und dessen Ergebnisse beschrieben.

### Diskussion der Methoden

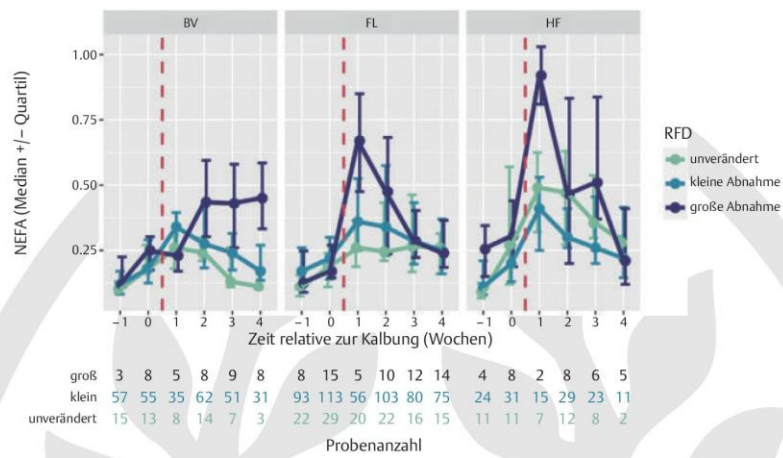
Die Betriebe wurden immer am selben Wochentag und ungefähr zur gleichen Uhrzeit beprobt, um tageszeitliche Einflüsse und dessen Auswirkungen auf die Untersuchungen zu minimieren [20]. Untersucht wurden Tiere vom 5.–65. Laktationstag und trockenstehende Kühe 2 Wochen a.p. (Tag –14 bis Tag 0 vor der Kalbung), da in diesen Zeiträumen die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Fettmobilisation und Stoffwechselerkrankungen am höchsten ist [4, 21, 22].

Da die Betriebe nach vorher ausgewählten Kriterien rekrutiert wurden, konnte der Betriebseffekt minimiert werden. Alle Betriebe waren Laufstallbetriebe und hielten mindestens 60 Milchkühe. Jedoch ist kritisch zu betrachten, dass die Fütterung/mögliche Weidehaltung nicht ins Studiendesign aufgenommen werden konnte. Diese Kriterien konnten im Rahmen dieses Projektes nicht ausreichend bearbeitet und erfüllt werden.

Das BCS und die RFD-Messung wurden als Methoden herangezogen, um die Körperkondition der Tiere zu beurteilen. Grundlage der BCS-Beurteilung am Betrieb bildete das Arbeitsblatt von Spengler Neff [16], welches auf Ferguson und Wildman [41, 42] basierte. Aufgrund eines anschaulichen Entscheidungsbaumes war mit Hilfe dieses Arbeitsblattes eine schnelle und präzise, visuelle und palpatorische Bewertung möglich. Neben dem Fettansatz war die darunter liegende Bemuskulung ein wichtiges Kriterium. Durch die starke Bemuskulung des Fleckviehs im Lendenbereich (Dorn- und Querfortsätze) könnte die Benotung des BCS beeinträchtigt werden, was andere Autoren ebenfalls beobachteten [4, 5, 23]. Die HF-Tiere waren durch die gleichmäßigere Bemuskulung und einheitlichere Fettverteilung einfacher zu beurteilen, was in Einklang mit den Ergebnissen von Mösenfechtel [24] stand. Laut Paul et al. [25] haben Erstlaktierende einen geringeren BCS und RFD als Höherlaktierende, was sich in vorliegender Studie aber nicht bestätigen lässt. Außerdem stecken Erstlaktierende mehr Energie in ihr noch nicht abgeschlossenes Wachstum [25], was individuell bei der Beurteilung über die Zeit berücksichtigt werden muss.

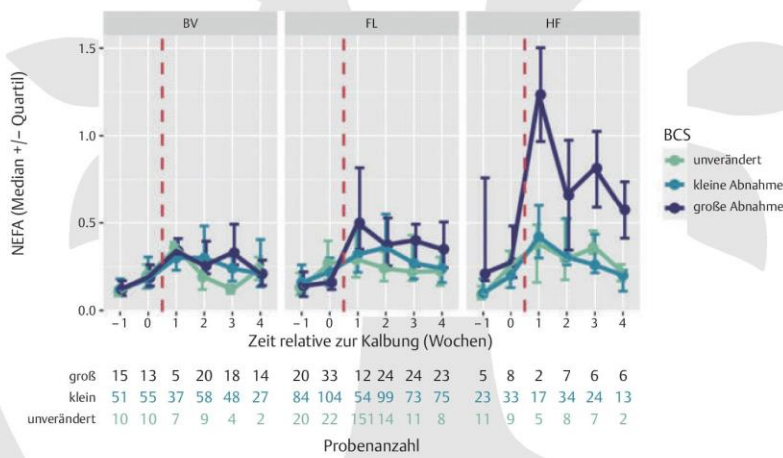
Ob das BCS-System für alle Rassen geeignet ist, ist bis heute fraglich. Nach Abschluss der vorliegenden Studie ist davon auszugehen, dass sowohl RFD als auch BCS als sinnvolles Instrument der Herdenbetreuung genutzt werden sollte. Obgleich die Unterschiede der Rassen und der Laktationsnummern darzustellen sind, lässt

Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung – Electronic offprint for personal use



► **Abb. 5** NEFA-Werte (Median, Fehlerbalken: Quartile) in 3 verschiedenen RFD-Konditionsgruppen p.p. mit angegebener Probenzahl n pro Woche. RFD = Rückenfettdicke, NEFA = Nicht veresterte freie Fettsäuren, FL = Fleckvieh, BV = Braunvieh, HF = Holstein Friesian, p.p. = post partum. Quelle: N. Panne, J. Gerke.

► **Fig. 5** NEFA values (Median, error bars: Quartile) in 3 different back fat thickness condition groups p.p. with count (n) per week. RFD = back fat thickness, NEFA = non-esterified fatty acids, FL = Simmental, BV = Swiss Brown, HF = Holstein Friesian, p.p. = post-partum. Source: N. Panne, J. Gerke.



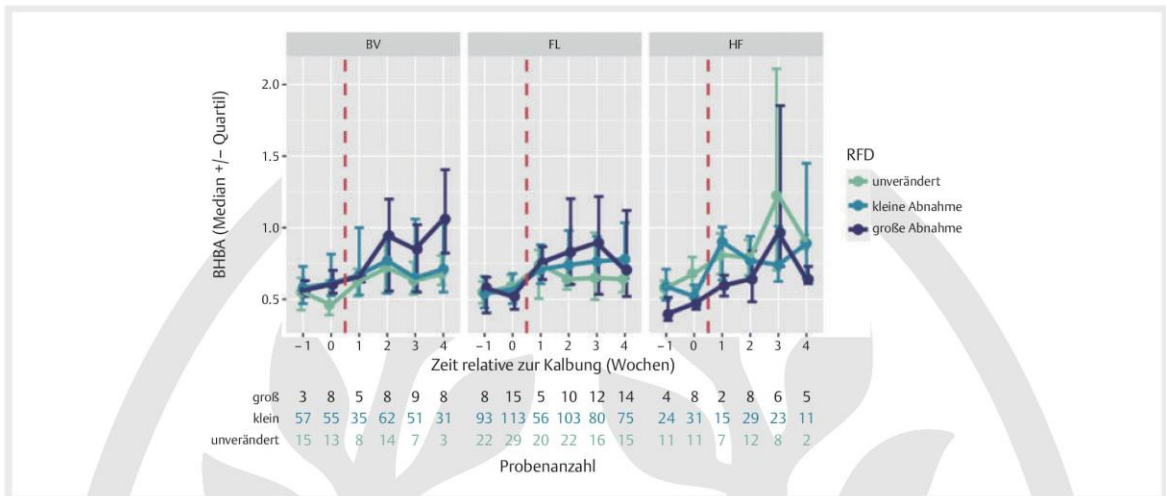
► **Abb. 6** NEFA-Werte (Median, Fehlerbalken: Quartile) in 3 verschiedenen BCS-Konditionsgruppen p.p. mit angegebener Probenzahl n pro Woche. BCS = Body Condition Score, NEFA = Nicht veresterte freie Fettsäuren, FL = Fleckvieh, BV = Braunvieh, HF = Holstein Friesian, p.p. = post partum. Quelle: N. Panne, J. Gerke.

► **Fig. 6** NEFA values (Median, error bars: Quartile) in 3 different BCS-condition groups p.p. with count (n) per week. BCS = body condition score, NEFA = non-esterified fatty acids, FL = Simmental, BV = Swiss Brown, HF = Holstein Friesian, p.p. = post-partum. Source: N. Panne, J. Gerke.

sich die Körperkonditionsbeurteilung als Kontrolle im Verlauf der Frühlaktation sehr gut etablieren.

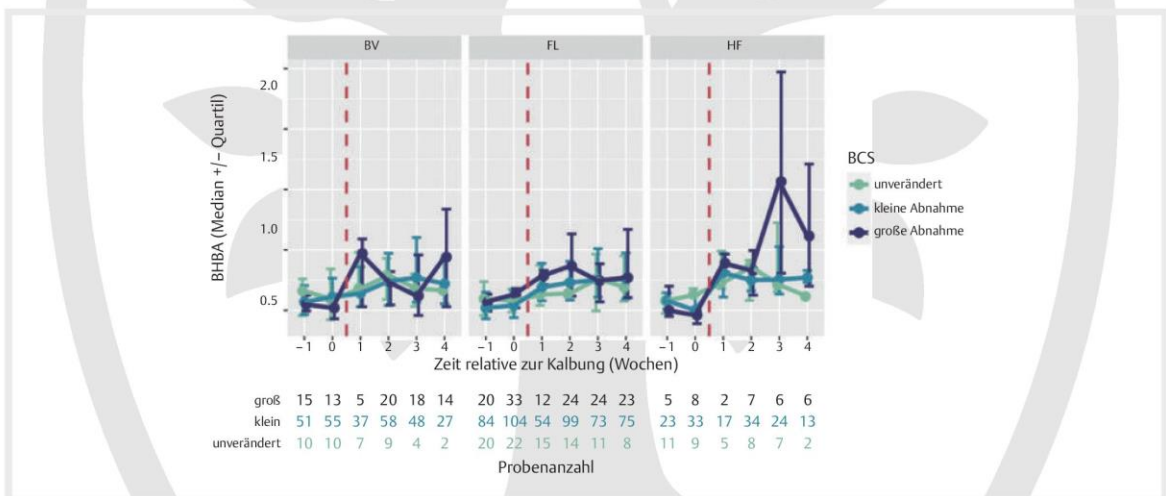
Die Grundlage für die RFD-Messung bildete die Messung nach Schröder und Staufenbiel [17]. Die zu messende Stelle wurde rasiert und mit Alkohol befeuchtet, um die Ankopplung an die Ober-

fläche zu verbessern [17]. Die Auswertung der Ultraschallbilder der RFD erwies sich teils als schwierig, da das inhomogene Fettgewebe des Rindes [26] viele Bindegewebschichten enthalten kann [27] und manche Aufnahmen keine eindeutige Interpretation zuließen. Die Fettverteilung innerhalb der Depots kann zwischen den ver-



► **Abb. 7** BHB-Werte (Median, Fehlerbalken: Quartile) in 3 verschiedenen RFD-Konditionsgruppen p.p. mit angegebener Probenzahl n pro Woche. RFD = Rückenfettdicke, BHB = Beta-Hydroxy-Butyrat, FL = Fleckvieh, BV = Braunvieh, HF = Holstein Friesian, p.p. = post partum. Quelle: N. Panne, J. Gerke.

► **Fig. 7** BHB values (Median, error bars: Quartile) in 3 different back fat thickness condition groups p.p. with count (n) per week. RFD = back fat thickness, BHB = betahydroxybutyrate, FL = Simmental, BV = Swiss brown, HF = Holstein Friesian, p.p. = post-partum. Source: N. Panne, J. Gerke.



► **Abb. 8** BHB-Werte (Median, Fehlerbalken: Quartile) in 3 verschiedenen BCS-Konditionsgruppen p.p. mit angegebener Probenzahl n pro Woche. BCS = Body Condition Score, BHB = Beta-Hydroxy-Butyrat, FL = Fleckvieh, BV = Braunvieh, HF = Holstein Friesian, p.p. = post partum. Quelle: N. Panne, J. Gerke.

► **Fig. 8** BHB values (Median, error bars: Quartile) in 3 different BCS-condition groups p.p. with count (n) per week. BCS = body condition score, BHB = betahydroxybutyrate, FL = Simmental, BV = Swiss Brown, HF = Holstein Friesian, p.p. = post-partum. Source: N. Panne, J. Gerke.

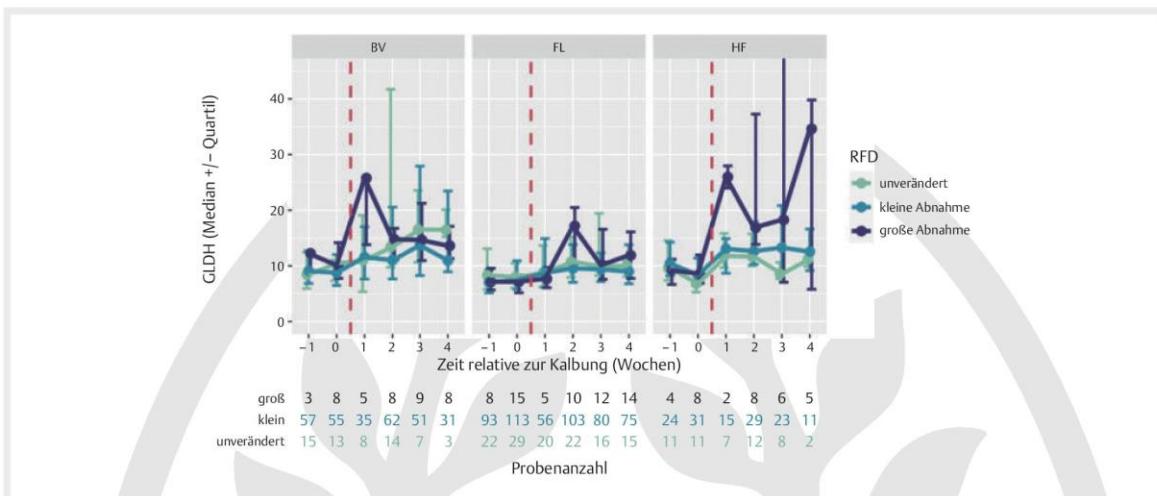
schiedenen Rassen unterschiedlich sein. Die RFD-Messung ist jedoch für alle Rassen geeignet, da die Änderung des Körperfettgehaltes (kg) pro RFD-Einheit (mm) (5kg/mm) bei verschiedenen Tiergruppen gleich ist [28].

Die Blutabnahme erfolgte bei allen Tieren an gleicher Entnahmestelle (aus der V. coccygea mediana mit einem Serum-Gel-Vacutainer), um den möglichen Einfluss verschiedener Entnahmestel-

len auf die Ergebnisse zu vermeiden [29]. Für BHB galt ein physiologischer oberer Grenzwert von <1,2 mmol/l [30]. Für NEFA wurde ein physiologischer oberer Grenzwert von <0,29 mmol/l bei trockenstehenden Tieren und <0,57 mmol/l bei laktierenden Tieren angenommen [30]. Fürll [1] gab für BHB einen Referenzbereich von <0,6 mmol an [1]. Für AST galt ein physiologischer Grenzwert ≤ 80 U/l [30], für GGT ≤ 36 U/l [30] und für GLDH ≤ 16 U/l

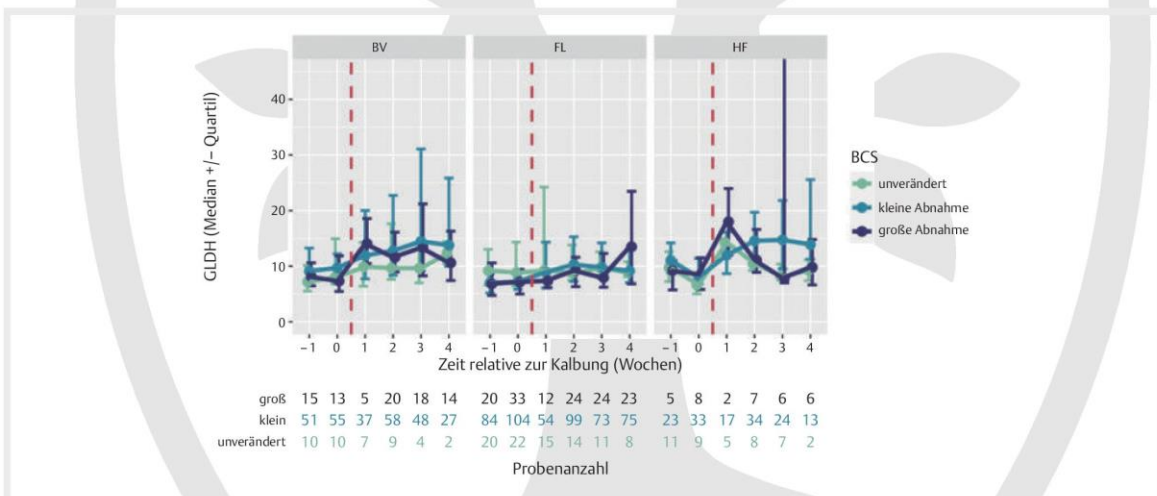


Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung – Electronic offprint for personal use



► **Abb. 9** GLDH-Werte (Median, Fehlerbalken: Quartile) in 3 verschiedenen RFD-Konditionsgruppen p.p. mit angegebener Probenzahl n pro Woche. RFD = Rückenfettdicke, GLDH = Glutamatdehydrogenase, FL = Fleckvieh, BV = Braunvieh, HF = Holstein Friesian, p.p. = post partum. Quelle: N. Panne, J. Gerke.

► **Fig. 9** GLDH values (Median, error bars: Quartile) in 3 different back fat thickness condition groups p.p. with count (n) per week. RFD = back fat thickness, GLDH = glutamate dehydrogenase, FL = Simmental, BV = Swiss brown, HF = Holstein Friesian, p.p. = post-partum. Source: N. Panne, J. Gerke.



► **Abb. 10** GLDH-Werte (Median, Fehlerbalken: Quartile) in 3 verschiedenen BCS-Konditionsgruppen p.p. mit angegebener Probenzahl n pro Woche. BCS = Body Condition Score, GLDH = Glutamatdehydrogenase, FL = Fleckvieh, BV = Braunvieh, HF = Holstein Friesian, p.p. = post partum. Quelle: N. Panne, J. Gerke.

► **Fig. 10** GLDH values (Median, error bars: Quartile) in 3 different BCS-condition groups p.p. with count (n) per week. BCS = body condition score, GLDH = glutamate dehydrogenase, FL = Simmental, BV = Swiss Brown, HF = Holstein Friesian, p.p. = post-partum. Source: N. Panne, J. Gerke.

[30]. Fürll [1] gab für AST ebenfalls den Grenzwert <80 U/l an [1], für GGT <50 U/l [1] und für GLDH <30 U/l [1]. Vier Leberwerte wurden aufgrund stark abweichender Messwerte als Ausreißer identi-

fiziert und von den Analysen ausgeschlossen (AST: 2292 U/l, GGT: 247 U/l, GLDH: 4048 U/l, 810).

Die statistischen Tests wurden mehrfach durchgeführt und der P-Wert auf Multiples Testen korrigiert.

## Diskussion der Ergebnisse

Im Rassenvergleich wiesen FL-Kühe die höchsten mittleren BCS-Werte auf. Die höchsten mittleren RFD-Werte waren beim HF nachzuweisen. Knob et al. [31] wiesen beim FL höhere RFD- und BCS-Werte nach als bei HF. Die Ergebnisse glichen den Annahmen von Jilg und Weinberg [32] und Mansfeld et al. [5], die das FL verglichen mit dem HF im selben Laktationsstadium durchschnittlich 0,5 BCS-Punkte höher einstufen. HF-Tiere legten vermehrt subkutanes Fett an, was auch Pfuhl et al. [33] bei HF-Tieren bestätigten. Diese Aussage stimmte mit vorliegender Studie überein. Dies widersprach jedoch der Annahme mehrerer Autoren, dass Milchrasen mehr Fett im intraabdominalen Bereich speichern [28, 34]. In der Studie von Knob et al. [31] wurde nachgewiesen, dass HF-Tiere in der Frühaktation mehr subkutanes Fett verlieren als FL oder Kreuzungen.

Alle 3 Rassen wiesen p.p. eine geringere Körperkondition (BCS und RFD) als a.p. auf. Die Differenz war bei der RFD bei den FL-Tieren am geringsten, beim BCS bei den HF-Tieren. Das bestätigten Ledinek et al. [35], in dessen Studie der geringere Körperkonditionsverlust und die schnellere Regeneration des FL dargelegt werden konnte. Das könnte auf eine geringere Lipolyse des FL-Tieres innerhalb der subkutanen Fettdepots p.p. hinweisen.

Die RFD von erstlaktierenden Tieren war bei BV und FL höher als bei höherlaktierenden BV- und FL-Kühen. Die erstlaktierenden BV- und FL-Kühe zeigten ebenfalls höhere BCS-Werte als höherlaktierende BV- und FL-Tiere. Eine nicht unerhebliche Zahl der Erstlaktierenden war zur Zeit der Kalbung überkonditioniert. Dadurch könnte die Fettmobilisation in den ersten Wochen p.p. steigen und die höheren NEFA-Werte bei erstlaktierenden HF und FL erklären (höher als der von Höherlaktierenden). Furken et al. [36] beschrieben bei Primipara ein höheres Risiko an subklinischer Ketose zu erkranken.

Obwohl die NEFA-Werte bei den erstlaktierenden HF- und FL-Tieren höher waren als die Werte der Höherlaktierenden, kamen die Jungtiere seltener in eine pathologische Stoffwechselsituation (Ketose), denn BHB war bei erstlaktierenden Kühen der Rassen BV und FL niedriger als bei höherlaktierenden Kühen. Einzig die erstlaktierenden HF wiesen höhere BHB-Werte als die Höherlaktierenden auf. Als Ursachen für die höheren BHB-Werte bei Höherlaktierenden wurden die höhere Milchleistung und der dadurch höhere Energiebedarf angenommen.

Die Werte der RFD korrelierten mit den Werten des BCS im Zusammenhang mit der Rasse um 37–53 % ( $R^2=0,37-0,53$ ;  $R=0,610-0,727$ ). Die Korrelation war beim HF am höchsten (53 %). Dieses Ergebnis deutete darauf hin, dass die Ergebnisse der Konditionsbeurteilungsmethoden bei den HF insgesamt am stimmigsten miteinander übereinstimmen. Bei Höherlaktierendem FL und HF konnte der BCS zu einer höheren Wahrscheinlichkeit vorhergesagt werden als bei Erstlaktierenden, was darauf hindeutet, dass die Korrelation zwischen RFD und BCS mit der Laktationsnummer zunimmt. Die geringe Sicherheit der Vorhersage könnte darauf zurückgeführt werden, dass das Ketosegeschehen eines Betriebes durch viele Faktoren beeinflusst werden kann.

Sowohl RFD als auch BCS konnte bei allen 3 Rassen nicht durch Blutparameter (NEFA, BHB, GLDH, AST, GGT) vorhergesagt werden. Entgegen diesen Ergebnissen konnte Aktas et al. [37] eine Korrelation zwischen dem BCS und AST nachweisen.

Bei den 3 Rassen und bei allen Gruppen konnte ein NEFA-Anstieg vornehmlich in Woche 1–2 p.p. verzeichnet werden. Barletta et al. [22] belegten ebenfalls einen NEFA-Anstieg in 3 verschiedenen Gruppen 1–2 Wochen p.p. Ab Woche 3 p.p. sank der NEFA-Wert. Das ent-

sprach den Ergebnissen von Folnožić et al. [38], die ebenfalls einen Anstieg vornehmlich von Tag 5.–19 beobachteten in deren Studie beim HF. Die NEFA-Werte der HF-Kühe der Gruppe „BCS- und RFD-Abnahme groß“ waren am höchsten, was sich durch den offensichtlich vermehrten Abbau an subkutanem Fett erklären lassen könnte. Diese Ergebnisse spiegelten sich in den Auswertungen von Barletta et al. [22] wider. In dessen Studie zeigten ebenfalls die Tiere mit höchstem Konditionsverlust die höchsten NEFA-Werte. Das FL zeigte in späteren Wochen einen NEFA-Abfall, was mit den Ergebnissen von Knob et al. [31] übereinstimmte.

Die BHB-Werte der 3 Rassen und aller BCS- und RFD-Gruppen stiegen deutlich später an (Woche 2–4 p.p.) und erreichten ihren Höhepunkt meist in Woche 3–4 p.p. Die BHB-Werte der HF-Tiere waren in den Gruppen „RFD-/BCS-Abnahme groß“ in Woche 3 am höchsten (0,965 und 1,565 mmol/l), was die Ergebnisse von Blömer [39] untermauerte. In der Studie von Urdl et al. [40] wiesen BV verglichen mit FL und Holstein die höchsten BHB-Werte im peripartalen Zeitraum auf. Das Ergebnis in der vorliegenden Studie wies darauf hin, dass HF-Kühe zu einer ketotischen Stoffwechsellaage neigten und eine erhöhte negative Energiebilanz kompensieren mussten. Auch Knob et al. [31] gingen davon aus, dass HF-Tiere mehr Energie für die Produktion von Milch bereitstellen als FL.

Die höchsten GLDH-Werte aller Gruppen und Rassen traten in Woche 1–4 p.p. auf. In Woche –1 und 0 änderten sich die Werte kaum. Die Ergebnisse wiesen auf eine starke Leberbelastung vornehmlich zu Beginn der Frühaktation hin. Beim FL war zu beobachten, dass die GLDH-Werte insgesamt niedriger waren als bei den anderen beiden Rassen. Das HF erreichte in den Gruppen „BCS-/RFD-Abnahme groß“ jeweils die höchsten Werte mit 34,62 und 17,985 U/l in Woche 3. Stark erhöhte Werte deuteten auf einen massiven Leberschaden hin [1].

### FAZIT FÜR DIE PRAXIS

Die FL-Kühe wurden mit einer höheren Körperkondition bewertet als HF-Tiere oder BV-Tiere. Die Körperkonditions- und NEFA-Werte waren meist bei den Erstlaktierenden höher als bei den Höherlaktierenden.

Die Erhöhung der NEFA-Werte p.p. lag der Erhöhung der BHB-Werte zeitlich 1–2 Wochen voraus, was die Vorgänge der Lipolyse und der Ketonkörperproduktion in der Frühaktation aufgrund von Energiemangel untermauerte. Die Blutparameter GLDH, BHB und NEFA zeigten bei den 3 Rassen Unterschiede. Bei allen 3 Parametern zeigten die HF-Kühe die höchsten Werte. Die Ergebnisse der HF-Tiere wiesen auf eine höhere Anfälligkeit für stoffwechselbedingte Erkrankungen hin, was durch das hohe Leistungsniveau zu erklären sein könnte.

Das BCS auf Einzel- und Herdentierebene und die RFD auf Einzeltierebene sind wichtige Verfahren im Gesundheitsmonitoring in Milchviehherden. Das Ziel ist, das Tier rassenspezifisch, sowohl in Frühaktation als auch danach, gesund zu erhalten und optimal auf sich verändernde Stoffwechselprozesse eingehen zu können.

### Tierschutz/Ethik

Die gesetzlichen Bestimmungen des Tierschutzgesetzes wurden in dieser Studie eingehalten (Tierversuchsanzeige: ROB-55.2–2532. Vet\_03–19–12).

### Interessenkonflikt

Die Autor\*innen bestätigen, dass kein Interessenkonflikt besteht.

### Danksagung

Das MetAlarm-Team bedankt sich herzlich bei den Projektpartnern Milchprüfring Bayern e.V., LKV Bayern e.V. (hier besonders dem Statistik-Team) und der Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung der LMU. Außerdem gilt ein besonderer Dank allen teilnehmenden Betrieben und dessen Betriebsleitern mit Familien. Durch diese wurde ein reibungsloser Ablauf ermöglicht.

### Literatur

Das Literaturverzeichnis findet sich online unter <http://dx.doi.org/10.1055/a-2276-1161>.



## Punkte sammeln auf CME.thieme.de



Diese ATF-anerkannte Fortbildungseinheit ist in der Regel online 12 Monate für die Teilnahme von Abonnent\*innen dieser Zeitschrift verfügbar. Einsendeschluss für diese Fortbildungseinheit ist der **15.06.2025**. Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, finden Sie unter <https://cme.thieme.de/hilfe> eine ausführliche Anleitung. Wir wünschen viel Erfolg beim Beantworten der Fragen!

Unter <https://www.thieme-connect.de/products/ejournals/html/10.1055/a-2276-1161> oder über den QR-Code kommen Sie direkt zum Artikel.



### Frage 1

Was sollte mit den Daten des MetAlarm Projekts etabliert werden?

- A Ein Hepatolipidose-Frühwarnsystem
- B Ein Ketose-Frühwarnsystem
- C Ein System zur Zellzahlmessung
- D Eine stallspezifische Ketosemessung
- E Eine Fußfessel-Ketosemessung

### Frage 2

Bei welcher Rasse war die Rückenfettdickendifferenz 2 Wochen vor und 2 Wochen nach der Kalbung im Durchschnitt am höchsten?

- A Holstein
- B Braunvieh
- C Fleckvieh
- D Braunvieh und Holstein
- E Alle gleich

### Frage 3

Häufig sind erstlaktierende Kalbinnen bei guter Körperkondition teils auch überkonditioniert. Bei welcher Rasse war der Median der Rückenfettdicke bei Höherlaktierenden jedoch höher als bei den Erstlaktierenden?

- A Fleckvieh
- B Braunvieh
- C Holstein
- D Fleckvieh und Holstein
- E Fleckvieh und Braunvieh

### Frage 4

In der statistischen Ausarbeitung fanden lineare Regressionsanalysen statt. Um wie viel Prozent konnte man einen Zusammenhang zwischen den beiden Körperkonditionsbeurteilungsmethoden (Body Condition Scoring und Rückenfettdickemessung) nachweisen?

- A >60 %
- B <30 %
- C 62–75 %
- D >80 %
- E 37–53 %

### Frage 5

In welcher Woche waren die NEFA-Werte bei Fleckvieh und Holstein in der Gruppe „RFD-Abnahme groß“ am höchsten?

- A 1. Woche
- B 2. Woche
- C 3. Woche
- D 4. Woche
- E 2 + 3. Woche

### Frage 6

In der Gruppe „RFD-Abnahme groß“ zeigten sich die höchsten BHB-Werte (Median-Werte). Welcher war der höchste gemessene Wert und bei welcher Rasse?

- A Braunvieh in Woche 3 mit 0,953 mmol/l
- B Holstein in Woche 1 mit 1,239 mmol/l
- C Holstein in Woche 3 mit 0,965 mmol/l
- D Fleckvieh in Woche 2 mit 0,812 mmol/l
- E Braunvieh in Woche 1 mit 0,998 mmol/l

### Frage 7

Auf welcher Grundlage basiert das ausgewählte Arbeitsblatt von Spengler Neff, welches im Projekt zur BCS-Beurteilung diente?

- A BCS-System von Edmonson
- B BCS-System von Heuwieser und Mansfeld
- C Uni-eigenes System von Lehr- und Versuchsgut
- D Einheitliches System von der FU-Berlin
- E BCS-System von Wildman und Ferguson

### Frage 8

Es wurde ein erschwertes Interpretieren der Ultraschallbilder beim Messen der Rückenfettdicke beobachtet. Woran lag das?

- A An der Eindringtiefe des Ultraschalls
- B Am inhomogenen Fettgewebe
- C An der 2-geteilten Fascia profunda
- D Am wackelnden Rind
- E An der Form der Sonde

**Punkte sammeln auf CME.thieme.de**

Fortsetzung ...

**Frage 9**

Welche physiologischen Grenzwerte wurden in der Studie für NEFA bei Laktierenden und Trockenstehern angenommen?

- A 0,57 und 0,29 mmol/l
- B 0,76 und 0,12 mmol/l
- C 0,80 und 0,34 mmol/l
- D 1,2 und 0,98 mmol/l
- E 0,34 und 0,22 mmol/l

**Frage 10**

Die BHB-Werte aller Rassen stiegen im zeitlichen Verlauf deutlich später an als zugehörige NEFA-Werte. Woran liegt die Verzögerung?

- A An der langsamen Anpassung des Stoffwechsels
- B Die Kuh kann BHB nicht verwerten und versucht daher so lange wie möglich nur Fett zu verbrauchen
- C BHB ist sehr kompliziert herzustellen und will vom Körper unbedingt vermieden werden
- D Die Ketonkörper braucht der Körper erst, wenn die NEFAs aufgebraucht sind
- E Zuerst wird Fett bei Energiedefizit mobilisiert, aus welchem dann danach in biochemischer Reaktion Ketonkörper produziert werden



Zusatz-Tab. 1 Ergebnisse zu Abb. 5–10: NEFA, BHB und GLDH bezüglich RFD und BCS anhand 3 verschiedener Konditionsabnahme-Gruppen (BCS-/RFD-Abnahme groß [ $\geq 8$  mm RFD,  $> 0,5$  BCS], Abnahme klein [ $< 8$  mm RFD,  $\leq 0,5$  BCS], Kondition unverändert oder Zunahme [ $\geq 0$ ]).

RFD = Rückenfettdicke, BCS = Body Condition Score, NEFA = Nicht veresterte freie Fettsäuren, BHB = Beta-Hydroxy-Butyrat, GLDH = Glutamatdehydrogenase, FL = Fleckvieh, BV = Braunvieh, HF = Holstein Friesian

Supplementary Table 1 Results to Fig. 5–10: NEFA, BHB and GLDH in relation to the RFD and the BCS of 3 different condition decrease groups (large decrease [ $\geq 8$  mm RFD,  $> 0.5$  BCS], small decrease [ $< 8$  mm RFD,  $\leq 0.5$  BCS], unchanged condition or gain [ $\geq 0$ ]).

RFD = back fat thickness, BCS = body condition score, NEFA = non-esterified fatty acids, BHB = betahydroxybutyrate, GLDH = glutamate dehydrogenase, FL = Simmental, BV = Swiss Brown, HF = Holstein Friesian

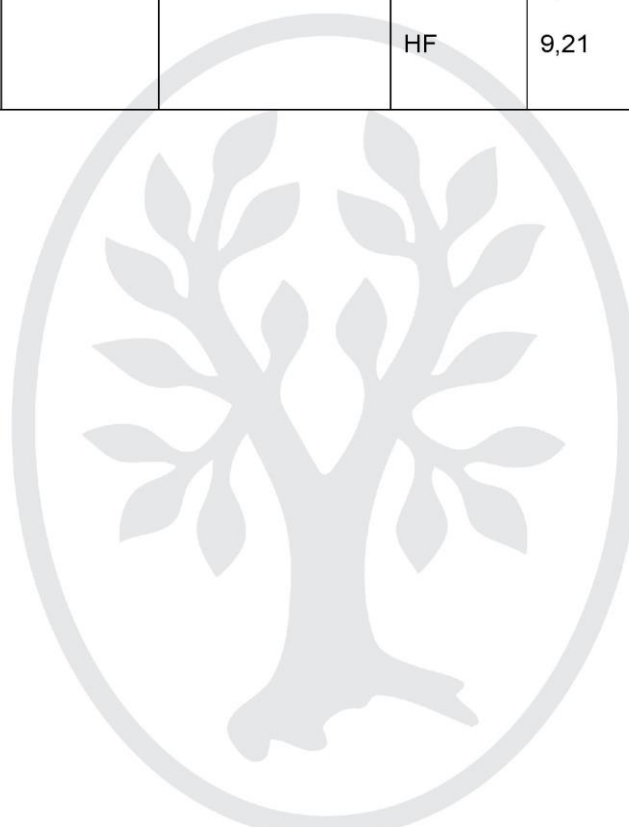
Parameter	Kondition		Rasse	BCS					
				-1	0	1	2	3	4
NEFA (Median) in mmol/l	RFD	Unverändert	FL	0,11	0,19	0,26	0,245	0,265	0,26
			BV	0,10	0,18	0,26	0,24	0,13	0,11
			HF	0,09	0,27	0,49	0,47	0,355	0,28
		Abnahme klein	FL	0,17	0,22	0,36	0,34	0,285	0,25
			BV	0,12	0,18	0,34	0,275	0,24	0,17
			HF	0,11	0,20	0,41	0,30	0,26	0,22

		Abnahme groß	FL	0,125	0,17	0,67	0,475	0,285	0,24
			BV	0,12	0,25	0,23	0,435	0,43	0,45
			HF	0,255	0,305	0,92	0,465	0,51	0,21
BCS	Unverändert	FL	0,13	0,27	0,29	0,24	0,22	0,225	
		BV	0,105	0,20	0,36	0,19	0,12	0,24	
		HF	0,09	0,26	0,38	0,295	0,36	0,215	
	Abnahme klein	FL	0,16	0,22	0,32	0,36	0,27	0,24	
		BV	0,12	0,18	0,30	0,30	0,24	0,21	
		HF	0,10	0,20	0,42	0,305	0,26	0,20	
	Abnahme groß	FL	0,14	0,16	0,50	0,375	0,40	0,35	
		BV	0,12	0,19	0,34	0,255	0,33	0,21	
		HF	0,21	0,275	1,235	0,66	0,815	0,575	

BHBA  (Median) in mmol/l	RFD	Unverändert	FL	0,55	0,59	0,74	0,64	0,65	0,64
			BV	0,55	0,46	0,625	0,72	0,63	0,68
			HF	0,58	0,68	0,81	0,79	1,225	0,90
		Abnahme klein	FL	0,54	0,57	0,67	0,74	0,765	0,78
			BV	0,58	0,61	0,71	0,77	0,65	0,71
			HF	0,59	0,52	0,90	0,77	0,74	0,89
		Abnahme groß	FL	0,58	0,52	0,755	0,83	0,895	0,705
			BV	0,56	0,605	0,66	0,945	0,85	1,06
			HF	0,395	0,47	0,595	0,64	0,965	0,64
	BCS	Unverändert	FL	0,595	0,58	0,63	0,64	0,76	0,69
			BV	0,66	0,59	0,68	0,79	0,68	0,665
			HF	0,58	0,63	0,73	0,86	0,71	0,615
Abnahme klein		FL	0,52	0,54	0,69	0,73	0,75	0,76	
		BV	0,57	0,61	0,64	0,74	0,77	0,72	
		HF	0,58	0,50	0,81	0,75	0,755	0,77	
Abnahme groß		FL	0,57	0,63	0,785	0,865	0,745	0,77	

			BV	0,55	0,52	0,97	0,735	0,62	0,94
			HF	0,58	0,46	0,89	0,83	1,565	1,115
GLDH (Median) in U/l	RFD	Unverändert	FL	8,31	7,97	8,82	10,725	9,92	10,00
			BV	8,43	10,44	10,995	13,43	16,55	16,46
			HF	9,61	6,78	11,78	11,65	8,56	11,235
		Abnahme klein	FL	7,03	7,43	8,765	9,56	9,37	8,99
			BV	9,09	8,76	11,57	11,015	13,69	10,96
			HF	10,425	8,36	13,06	12,65	13,28	12,55
	Abnahme groß	FL	7,165	7,15	7,675	17,17	10,115	11,9	
		BV	12,25	10,095	25,77	14,765	14,67	13,62	
		HF	9,25	8,6	25,97	16,855	18,275	34,62	
BCS	Unverändert	FL	9,20	8,83	9,26	8,74	9,69	8,805	
		BV	7,20	8,08	9,89	9,65	9,66	12,43	
		HF	9,72	6,63	14,32	10,45	8,14	9,285	
	Abnahme klein	FL	7,01	7,235	8,94	10,31	9,77	9,15	
		BV	9,12	9,7	11,94	12,78	14,47	13,78	

		Abnahme groß	HF	11,04	7,97	11,99	14,57	14,73	13,90
			FL	6,835	7,16	7,37	9,21	7,94	13,50
			BV	8,12	7,34	14,05	11,60	13,34	10,615
			HF	9,21	8,52	17,985	11,11	7,865	9,80





**Literaturverzeichnis**

- [1] Füll M. Spezielle Untersuchungen beim Wiederkäuer. In: Moritz, Klinische Labordiagnostik: 726–777. doi:10.1055/b-0038-150640
- [2] Plattner S. Bevor die Ampel rot zeigt. Monitoring deckt Stoffwechselstörungen bei Milchkühen rechtzeitig auf. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 2020; 53: 44–45
- [3] Martens H, Breves G. Physiologische Grenzen der Hochleistungskuh. In: Engelhardt W von, Breves G, Hrsg. Physiologie der Haustiere. 3. Aufl. Stuttgart: Enke; 2010: 648–652
- [4] Staufenbiel R, Staufenbiel B, Lachmann I, et al. Fettstoffwechsel und Fruchtbarkeit bei der Milchkuh. collegium vetenarium XXII 1991: 18–25
- [5] Mansfeld R, Heuwieser W, Metzner M, et al. Die fortlaufende Konditionsbeurteilung. Unverzichtbarer Bestandteil der Fütterungsüberwachung beim Milchvieh. Milchpraxis 2000; 38: 180–184
- [6] Schröder U, Staufenbiel R. Invited Review: Methods to Determine Body Fat Reserves in the Dairy Cow with Special Regard to Ultrasonographic Measurement of Backfat Thickness. J Dairy Sci 2006; 89: 1–14
- [7] Schmauß M. Beziehungen zwischen verschiedenen Parametern des Energiestoffwechsels und Störungen der Fertilität beim Milchrind unter Berücksichtigung der individuellen Futteraufnahme [Dissertation]. München: Ludwig-Maximilians-Universität München; 2006. doi:10.5282/edoc.5017
- [8] Beam SW, Butler WR. Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows. J Reprod Fertil 1999; 54: 411–424
- [9] Rossow N, Staufenbiel B, Jacobi U. Die Nutzung von Milchinhaltsstoffen für die Stoffwechselüberwachung bei Milchkühen. Monatshefte für Veterinärmedizin 1990: 686–690
- [10] Duffield T. Subclinical Ketosis in Lactating Dairy Cattle. Vet Clin North Am Food Anim Pract 2000; 16: 231–253. doi:10.1016/S0749-0720(15)30103-1
- [11] Weber C, Hametner C, Tuchscherer A, et al. Variation in fat mobilization during early lactation differently affects feed intake, body condition, and lipid and

glucose metabolism in high-yielding dairy cows. *J Dairy Sci* 2013; 96: 165–180.  
doi:10.3168/jds.2012-5574

[12] Nogalski Z, Wroński M, Lewandowska B, et al. Changes in the blood indicators and body condition of high yielding Holstein cows with retained placenta and ketosis. *Acta Vet. Brno* 2012; 81: 359–364.  
doi:10.2754/avb201281040359

[13] Schröder U, Staufienbiel R. Konditionsbeurteilung per Ultraschall in der Herdenbetreuung. Teil 2: Rückenfettdicke und Fruchtbarkeit. *Tierarztl Prax* 2003; 31: 243–247

[14] Rossow N. Ketose der Milchkuh- Wesen der Erkrankung und Bekämpfungsstrategie: 1–23

[15] Roche Diagnostics. Cobas C311

[16] Spengler Neff A, Notz C, Ivemeyer S, Walkenhorst M. Körper-Konditions-Beurteilung. Erläuterungen zur Körper- Konditions- Beurteilung; 2015

[17] Schröder U, Staufienbiel R. Konditionsbeurteilung per Ultraschall in der Herdenbetreuung. Teil 4: Anwendungsmöglichkeiten. *Tierarztl Prax* 2004; 32: 1–6

[18] Rauch G, Neumann K, Grittner U, Herrmann C, Kruppa J, Hrsg. *Medizinische Statistik für Dummies*. Wiley-vch Verlag GmbH & Co. KGaA; 2019

[19] Hemmerich WA. Einführung in den Mann-Whitney-U-Test

[20] Berge AC, Vertenten G. A field study to determine the prevalence, dairy herd management systems, and fresh cow clinical conditions associated with ketosis in western European dairy herds. *J Dairy Sci* 2014; 97: 2145–2154.  
doi:10.3168/jds.2013-7163

[21] Koster J de, Hostens M, van Eetvelde M, et al. Insulin response of the glucose and fatty acid metabolism in dry dairy cows across a range of body condition scores. *J Dairy Sci* 2015; 98: 4580–4592. doi:10.3168/jds.2015-9341

[22] Barletta RV, Maturana Filho M, Carvalho PD, et al. Association of changes among body condition score during the transition period with NEFA and BHBA concentrations, milk production, fertility, and health of Holstein cows.

Theriogenology 2017; 104: 30–36. doi:10.1016/j.theriogenology.2017.07.030

[23] Schäfers M. Untersuchungen zur Körperkonditionsbeurteilung bei Milchkühen der Rasse Fleckvieh unter den Haltungsbedingungen des nördlichen Oberbayerns. München: Ludwig-Maximilians-Universität München; 2000. doi:10.5282/edoc.17560

[24] Mösenfechtel S, Eigenmann UJ, Wanner M. Rückenfettdicke und Fruchtbarkeit bei Braunviehkühen. Schweiz Arch Tierheilkd SAT 2000; 2000: 679–689. doi:10.5169/SEALS-593633

[25] Paul A, Bhakat C, Mondal S, et al. Paul, Bhakat 2018. Int J Basic and Applied Biology 2018; 5: 45–47

[26] Staufenbiel R. Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes - Untersuchungskonzept und Messung der Rückenfettdicke. Monatshefte für Veterinärmedizin 1992; 47: 467–474

[27] Staufenbiel R. Konditionsbeurteilung von Milchkühen mit Hilfe der sonographischen Rückenfettdickemessung. Der praktische Tierarzt 1997: 87–92

[28] Klawuhn D, Staufenbiel R. Aussagekraft der Rückenfettdicke zum Körperfettgehalt beim Rind. Tierarztl Prax 1997; 25: 133–138

[29] Wilhelm K, Wilhelm J, Fürll M. Vergleichende Betrachtung ausgewählter Blutparameter von Hochleistungskühen bei unterschiedlichen Entnahmestellen. Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere 2013: 7–14. doi:10.1055/s-0038-1623149

[30] Klee W, Hartmann I. Klinische Labordiagnostik in der Buiatrik; 2017: 1–131

[31] Knob DA, Thaler Neto A, Schweizer H, et al. Energy Balance Indicators during the Transition Period and Early Lactation of Purebred Holstein and Simmental Cows and Their Crosses. Animals (Basel) 2021; 11: 1–20. doi:10.3390/ani11020309

[32] Jilg T, Weinberg L. Konditionsbewertung: Jetzt auch beim Fleckvieh. Top Agrar 1998: 12–15

[33] Pfuhl R, Bellmann O, Kühn C, et al. Beef versus dairy cattle: a comparison of feed conversion, carcass composition, and meat quality. Arch. Tierz., Dummerstorf 2007; 50: 59–70

- [34] Ruda L, Raschka C, Huber K, et al. Gain and loss of subcutaneous and abdominal fat depot mass from late pregnancy to 100 days in milk in German Holsteins. *J Dairy Res* 2019; 86: 296–302. doi:10.1017/S0022029919000542
- [35] Ledinek M, Gruber L, Steininger F, et al. Analysis of lactating cows in commercial Austrian dairy farms: diet composition, and influence of genotype, parity and stage of lactation on nutrient intake, body weight and body condition score. *Ital J Anim Sci* 2019; 18: 202–214. doi:10.1080/1828051X.2018.1504632
- [36] Furken C, Nakao T, Hoedemaker M. Energy balance in transition cows and its association with health, reproduction and milk production. *Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere* 2015; 43: 341–349. doi:10.15653/TPG-150371
- [37] Aktas MS, Ozkanlar S, Ugar O, et al. Relationships between Body Condition Score and some metabolic blood parameters in early lactating dairy cows. *Revue Med Vet* 2011; 162: 586–592
- [38] Folnožić I, Turk R, Đuričić D, et al. Influence of Body Condition on Serum Metabolic Indicators of Lipid Mobilization and Oxidative Stress in Dairy Cows During the Transition Period. *Reprod Domest Anim* 2015; 50: 910–917. doi:10.1111/rda.12608
- [39] Blömer. J. Einfluss der Rückenfettdicke vor und nach dem Kalben auf Fruchtbarkeit, Leistung und Tiergesundheit beim Braunvieh. Hannover: Tierärztliche Hochschule Hannover; 2009
- [40] Urdl M, Gruber L, Obritzhauser W, et al. Metabolic parameters and their relationship to energy balance in multiparous Simmental, Brown Swiss and Holstein cows in the periparturient period as influenced by energy supply pre- and post-calving. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)* 2015; 99: 174–189. doi:10.1111/jpn.12178

## IV. WEITERE ERGEBNISSE

### 1. Zusammenhänge zwischen Körperkondition, Stoffwechselfparametern und Laktationszahl

Erstlaktierende FL-Kühe haben eine durchschnittliche RFD (dRFD) von 13,6 mm, während Höherlaktierende FL-Kühe eine dRFD von 11,7 mm aufweisen ( $p < 0,001$ ). Erstlaktierende BV-Kühe zeigen eine dRFD von 12,1 mm, Höherlaktierende eine dRFD von 10,5 mm ( $p < 0,001$ ). Die erstlaktierenden HF-Tiere haben eine dRFD von 12,3 mm und die Höherlaktierenden eine dRFD von 13,0 mm (HF  $p > 0,05$  = nicht signifikant (n.s.)). Beim FL und beim BV zeigen erstlaktierende höheren RFD-Werte als höherlaktierende Tiere (Tab. 1).

Der durchschnittliche BCS (dBCS) von erstlaktierenden FL-Tieren liegt bei 3,52 (Median = 3,5). Erstlaktierende BV und HF zeigen geringere dBCS-Werte (dBCS von BV 3,07 (Median = 3), dBCS von HF 2,86 (Median = 2,75)). Die höherlaktierenden FL-Kühe weisen einen dBCS von 3,4 (Median = 3,5) auf, die höherlaktierenden BV-Tiere einen dBCS von 2,84 (Median = 2,75) und die HF-Kühe einen dBCS von 2,82 (Median = 2,75). FL- und HF-Kühe zeigen keinen BCS-Unterschied zwischen erst- und höherlaktierenden Tieren, wobei BV-Kühe in der ersten Laktation durchschnittlich höhere BCS-Werte haben als Höherlaktierende Tiere (FL, BV  $p < 0,001$ ; HF  $p$  n.s.) (Tab. 1).

Sowohl bei FL als auch bei HF liegen die durchschnittlichen NEFA-Werte (dNEFA) der höherlaktierenden Kühe unter denen der Erstlaktierenden. Höherlaktierende FL zeigen einen dNEFA von 0,264 mmol/l, HF zeigen einen dNEFA von 0,285 mmol/l, wobei die erstlaktierenden Tiere Werte von 0,286 mmol/l (FL) und 0,319 mmol/l (HF) aufweisen. Different dazu zeigen die erstlaktierenden BV-Kühe mit 0,204 mmol/l eine geringere dNEFA als die höherlaktierenden BV-Kühe mit 0,224 mmol/l (BV  $p < 0,05$ ; HF  $p < 0,01$ ; FL  $p < 0,001$ ) (Tab. 1, Abb. 1).

Der durchschnittliche BHB-Wert (dBHB) für erstlaktierende FL-Kühe liegt bei 0,700 mmol/l, bei BV bei 0,756 mmol/l und bei HF bei 0,753 mmol/l. Die Höherlaktierenden aller Rassen weisen höhere dBHB-Werte auf. Der dBHB liegt bei FL bei 0,781 mmol/l, bei BV bei 0,818 mmol/l und bei HF bei 0,838 mmol/l



(FL, BV  $p < 0,001$ ; HF  $p < 0,01$ ) (Tab. 1, Abb. 2).

Die durchschnittlichen GLDH-Werte (dGLDH) der Erst- und Höherlaktierenden zeigen nur bei BV und HF signifikante Unterschiede. Die BV-Tiere weisen in höheren Laktationen deutlich höhere dGLDH-Werte auf, wobei HF-Tiere in der ersten Laktation erhöhte dGLDH-Werte zeigen (BV, HF  $p < 0,001$ , FL  $p = \text{n.s.}$ ) (Tab. 1).

Die Unterschiede der durchschnittlichen AST-Werte (dAST) sind nur beim erst- und höherlaktierenden BV signifikant. Tiere in der ersten Laktation haben höhere Werte als Tiere in höheren Laktationen (BV  $p < 0,01$ , HF, FL  $p = \text{n.s.}$ ). Höherlaktierende aller 3 Rassen zeigen höhere durchschnittliche GGT-Werte (dGGT) als die Erstlaktierenden (HF, BV, FL:  $p < 0,001$ ) (Tab. 1).

Tab. 1: Der Boxplot-Darstellung zugrunde liegende Ergebnisse: Unterschiede der Parameter RFD, BCS, NEFA, BHB, GLDH, AST, GGT zwischen 3 Rassen und Laktationsnummer (Erst- und Höherlaktierende)

RFD = Rückenfettdicke, BCS = Body Condition Score, FL = Fleckvieh, BV = Braunvieh, HF = Holstein Friesian, NEFA = Nicht veresterte freie Fettsäuren, BHB = Beta-Hydroxy-Butyrat, GLDH = Glutamatdehydrogenase, AST = Aspartat-Aminotransferase, GGT = Gamma-Glutamyltransferase, Erstlaktierende = Laktation 1, Höherlaktierende = Laktation 2-12

Table 1: Results of the boxplot diagram: Differences in the parameters RFD, BCS, NEFA, BHB, GLDH, AST, GGT between 3 breeds and lactation number (first and later lactation)

RFD = backfat thickness, BCS = body condition score, FL = Simmental, BV = Swiss Brown, HF = Holstein Friesian, NEFA = non-esterified fatty acids, BHB = betahydroxybutyrate, GLDH = glutamate dehydrogenase, AST = aspartate aminotransferase, GGT = gamma-glutamyltransferase, first lactating cows = lactation 1, later lactating cows = lactation 2-12

Parameter	Rasse	Laktation	Anzahl (n)	Median	Mittelwert	P-Wert
RFD (mm)	FL	Erstlaktierend	236	12	13,6	$p < 0,001$
		Höherlaktierend	635	10	11,7	
	BV	Erstlaktierend	139	11	12,1	$p < 0,001$
		Höherlaktierend	310	9	10,5	
	HF	Erstlaktierend	64	12	12,3	9,89 e-1
		Höherlaktierend	155	12	13	
BCS	FL	Erstlaktierend	236	3,5	3,52	$p < 0,001$
		Höherlaktierend	636	3,5	3,40	
	BV	Erstlaktierend	139	3	3,07	$p < 0,001$
		Höherlaktierend	318	2,75	2,84	

	HF	Erstlaktierend	64	2,75	2,86	8,49 e-2
		Höherlaktierend	155	2,75	2,75	
NEFA	FL	Erstlaktierend	236	0,23	0,286	$p < 0,001$
		Höherlaktierend	636	0,2	0,264	
	BV	Erstlaktierend	140	0,15	0,204	$p < 0,05$
		Höherlaktierend	320	0,16	0,224	
	HF	Erstlaktierend	64	0,24	0,319	$p < 0,05$
		Höherlaktierend	155	0,2	0,285	
BHB	FL	Erstlaktierend	236	0,66	0,7	$p < 0,001$
		Höherlaktierend	636	0,71	0,781	
	BV	Erstlaktierend	140	0,65	0,756	$p < 0,001$
		Höherlaktierend	320	0,73	0,818	
	HF	Erstlaktierend	64	0,67	0,753	$p < 0,01$
		Höherlaktierend	155	0,73	0,838	
GLDH	FL	Erstlaktierend	236	9,82	13,4	0,601
		Höherlaktierend	635	9,76	12,9	
	BV	Erstlaktierend	139	11,9	19,5	$p < 0,001$
		Höherlaktierend	320	14,1	23,0	
	HF	Erstlaktierend	64	14,3	21,9	$p < 0,001$
		Höherlaktierend	155	12,2	15,7	
AST	FL	Erstlaktierend	200	76,1	79,4	0,246
		Höherlaktierend	596	76,9	79,3	
	BV	Erstlaktierend	130	92,5	96,0	$p < 0,05$
		Höherlaktierend	299	89,8	93,7	
	HF	Erstlaktierend	62	80,6	84,1	0,491

		Höherlaktierend	147	81,0	85,5	
GGT	FL	Erstlaktierend	200	16,5	17,0	$p < 0,001$
		Höherlaktierend	595	21,1	21,9	
	BV	Erstlaktierend	130	18,2	18,8	$p < 0,001$
		Höherlaktierend	299	19,9	21,8	
	HF	Erstlaktierend	62	17,9	19,7	$p < 0,001$
		Höherlaktierend	147	20,6	21,3	

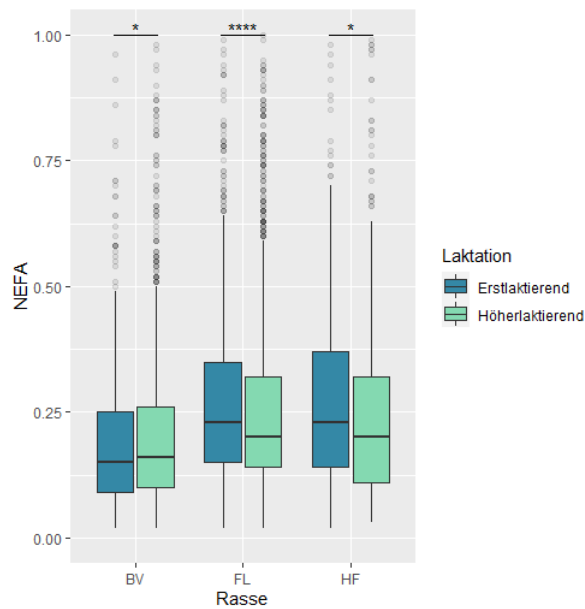


Abb. 1 NEFA-Werte bei Erst- und Höherlaktierenden bei 3 Rassen (FL  $p < 0,001$ , BV  $p < 0,05$ , HF  $p < 0,01$ ). Quelle: © N.Panne, J.Gerke

NEFA = Nicht veresterte freie Fettsäuren, FL = Fleckvieh, BV = Braunvieh, HF = Holstein Friesian, Erstlaktierende = Laktation 1, Höherlaktierende = Laktation 2-12

Fig. 1 NEFA values in first and later lactations in 3 breeds (FL  $p < 0,001$ , BV  $p < 0,05$ , HF  $p < 0,01$ ). Source: © N.Panne, J.Gerke

NEFA = non-esterified fatty acids, FL = Simmental, BV = Swiss Brown, HF = Holstein Friesian, first lactating cows = lactation 1, later lactating cows = lactation 2-12

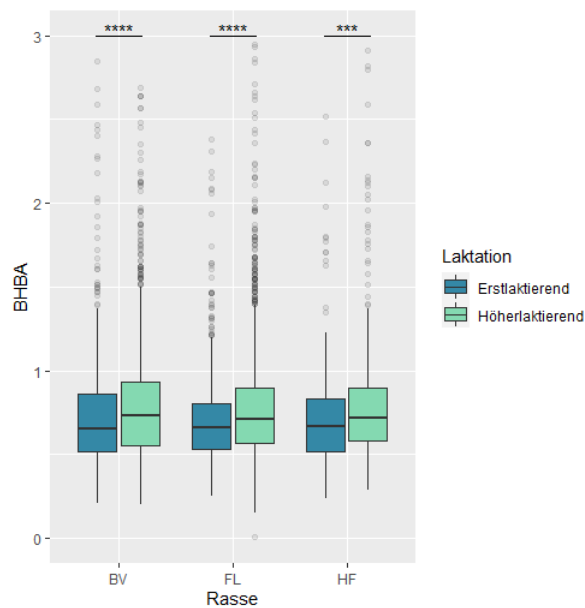


Abb. 2 BHB-Werte bei Erst- und Höherlaktierenden bei 3 Rassen (FL, BV  $p < 0,001$ , HF  $p < 0,01$ ). Quelle: © N.Panne, J.Gerke

BHB = Beta-Hydroxy-Butyrat, FL = Fleckvieh, BV = Braunvieh, HF = Holstein Friesian, Erstlaktierende = Laktation 1, Höherlaktierende = Laktation 2-12

Fig. 2 BHB values in first and later lactations in 3 breeds (FL, BV  $p < 0,001$ , HF  $p < 0,01$ ). Source: © N.Panne, J.Gerke

BHB = betahydroxybutyrate, FL = Simmental, BV = Swiss Brown, HF = Holstein Friesian, first lactating cows = lactation 1, later lactating cows = lactation 2-12

## 2. Differenz der Körperkondition zur Vorwoche unter Berücksichtigung von Rasse und Laktationszahl

Der Boxplot-Auswertungen zugrunde liegenden Grafiken zeigen die „Differenz der Körperkondition (RFD/BCS) zur Vorwoche“ bezüglich der „Wochen nach der Kalbung“ im Zusammenhang mit Rasse und erster oder höherer Laktation (Abb. 3 und 4). Es gibt mindestens 2 Blutproben im Abstand von 7 Tagen bei der Berechnung „Differenz zur Vorwoche“. Fehlende Werte bei Proben im Abstand von 2-3 Wochen werden zur Berechnung der Differenz interpoliert, jedoch nicht in die Auswertungen einbezogen. Proben im Abstand von mehr als 3 Wochen werden entfernt. Die Signifikanz zwischen der Differenz der Körperkondition zur Differenz der Körperkondition in der Vorwoche wird mit dem Mann-Whitney-U-Test berechnet. Einzig in dieser Analyse werden die unkorrigierten  $P$ -Werte angegeben.



Insgesamt liegen nur 7 Werte (fettgedruckt) dieser Auswertungen unterhalb des Signifikanzniveaus von  $p < 0,05$ . Es kann keine Korrelation bezüglich der Körperkonditionsveränderung von Woche zur Vorwoche festgestellt werden (Tab. 2).

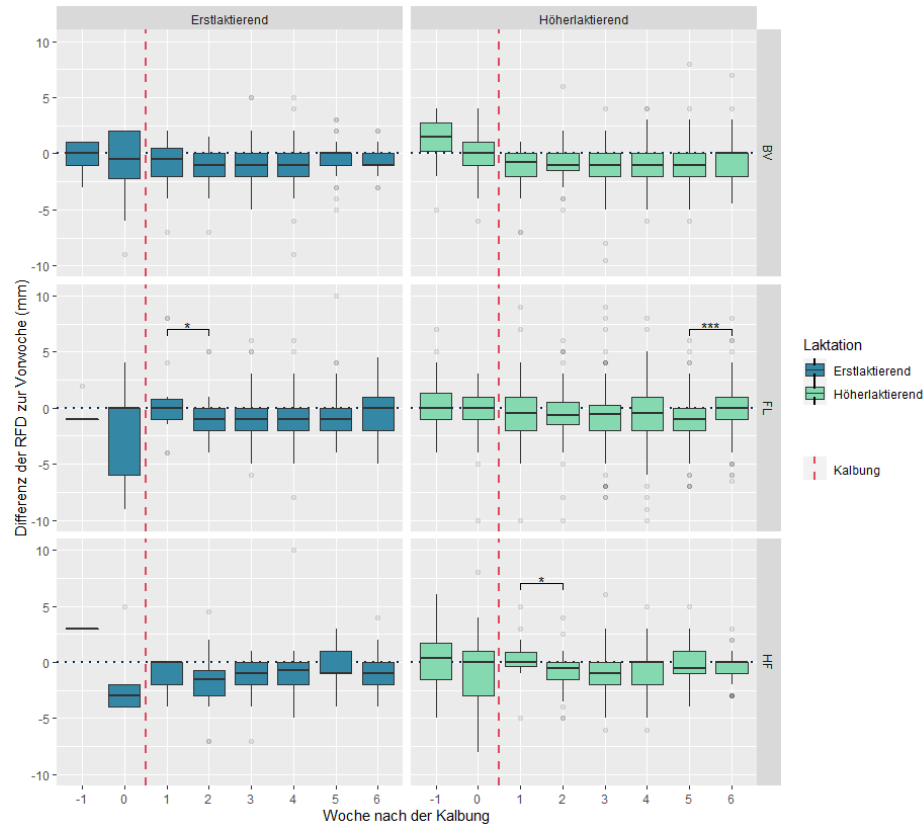


Abb. 3 Differenz der RFD zur Vorwoche in den Wochen 1-6 p.p. im Zusammenhang mit der Laktation (Erstlaktierende, Höherlaktierende) und Rasse. Quelle: © N.Panne, J.Gerke

RFD = Rückenfettdicke, FL = Fleckvieh, BV = Braunvieh, HF = Holstein Friesian, p.p. = post partum, Erstlaktierende = Laktation 1, Höherlaktierende = Laktation 2-12

Fig. 3 Difference from backfat thickness compared to the previous week regarding the weeks 1-6 p.p. in connection with lactation (first lactation, later lactation) and breed. Source: © N.Panne, J.Gerke

RFD = backfat thickness, FL = Simmental, BV = Swiss Brown, HF = Holstein Friesian, p.p. = post partum, first lactating cows = lactation 1, later lactating cows = lactation 2-12

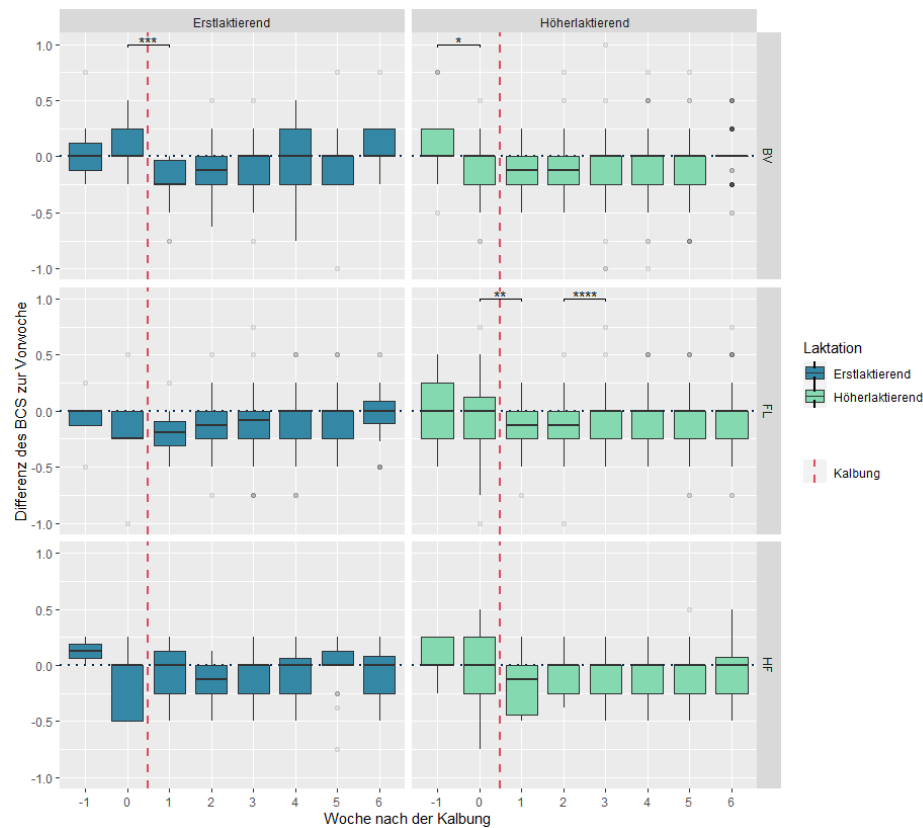


Abb. 4 Differenz des BCS zur Vorwoche in den Wochen 1-6 p.p. im Zusammenhang mit der Laktation (Erstlaktierende, Höherlaktierende) und Rasse.

Quelle: © N.Panne, J.Gerke

BCS = Body Condition Score, FL = Fleckvieh, BV = Braunvieh, HF = Holstein Friesian, p.p. = post partum, Erstlaktierende = Laktation 1, Höherlaktierende = Laktation 2-12

Fig. 4 Difference in body condition score compared to the previous week regarding the weeks 1-6 p.p. in connection with lactation (first lactation, later lactation) and breed. Source: © N.Panne, J.Gerke

BCS = body condition score, FL = Simmental, BV = Swiss Brown, HF = Holstein Friesian, p.p. = post partum, first lactating cows = lactation 1, later lactating cows = lactation 2-12

Tabelle 2: Der Boxplot-Darstellung zugrunde liegende Ergebnisse: Differenz der RFD und des BCS im Laufe der ersten 6 Wochen p.p. jeweils zur Vorwoche bezüglich der Rasse und Laktationsnummer

RFD = Rückenfettdicke, BCS = Body Condition Score, FL = Fleckvieh, BV = Braunvieh, HF = Holstein Friesian, Erstlaktierende = Laktation 1, Höherlaktierende = Laktation 2-12, ■ = *P*-Wert nicht korrigiert

Table 2: Result of the boxplot diagram: Difference in RFD and BCS over the first 6 weeks p.p. regarding breed and first or later lactation.

RFD = backfat thickness, BCS = body condition score, FL = Fleckvieh, BV = Braunvieh, HF = Holstein Friesian, first lactating cows = lactation 1, later lactating cows = lactation 2-12, ■ = non-adjusted-*p*-value

Differenz Körperkondion	Zusammenhang		P-Wert ■ in Woche nach der Kalbung						
	Rasse	Laktation	Woche 0	Woche 1	Woche 2	Woche 3	Woche 4	Woche 5	Woche 6
Differenz der RFD zur Vorwoche (mm)	FL	Erstlaktierend	0,82	0,17	<b>0,018</b>	0,22	0,76	0,98	0,13
		Höherlaktierend	0,19	0,75	0,60	0,38	0,45	0,12	<b>0,000157</b>
	BV	Erstlaktierend	0,79	0,82	0,61	0,49	0,11	0,88	0,95
		Höherlaktierend	0,08	0,16	0,94	0,67	0,54	0,96	0,17
	HF	Erstlaktierend	0,32	0,76	0,56	0,26	0,78	0,27	0,26
		Höherlaktierend	0,24	0,44	<b>0,014</b>	0,99	0,93	0,50	0,95
Differenz des BCS zur Vorwoche	FL	Erstlaktierend	0,47	0,58	0,23	0,70	0,13	1,00	0,20
		Höherlaktierend	0,89	<b>0,005</b>	0,87	<b>0,0000262</b>	0,99	0,95	0,98
	BV	Erstlaktierend	0,65	<b>0,000482</b>	0,13	0,37	0,19	0,65	0,13
		Höherlaktierend	<b>0,046</b>	0,17	0,33	0,06	0,29	0,13	0,19
	HF	Erstlaktierend	0,41	0,88	0,57	0,33	0,53	0,55	0,81
		Höherlaktierend	0,28	0,11	0,22	0,96	0,99	0,74	0,24



### **3. Zusammenhänge zwischen den Stoffwechselfparametern und der Körperkonditionsveränderung im peripartalen Zeitraum**

Bei der Darstellung im Boxplot „Veränderung BCS/RFD zur Kalbung“ wird die Differenz des BCS/RFD vor der Kalbung zum Minimum der Kondition nach der Kalbung berechnet. Es existieren je 3 Gruppierungen zu BCS und RFD (Kondition unverändert oder Zunahme ( $\geq 0$ ), Abnahme klein ( $< 8$  mm RFD,  $\leq 0,5$  BCS) und Abnahme groß ( $\geq 8$  mm RFD,  $> 0,5$  BCS)).

Zu den AST- und GGT-Auswertungen existieren keine Pivot-Excel-Tabellen, weshalb die AST- und GGT- Werte zur jeweiligen Woche nur anhand der Grafiken (Abb. 5- Abb. 8) zu erkennen sind und keine konkreten Zahlen zur Verfügung stehen. Die konkreten Zahlen der BHB-, NEFA- und GLDH-Werte werden tabellarisch in der 2. Publikation gelistet (dort: Zusatz-Tabelle und zugehörige Abbildungen).

Sowohl bei den 3 Gruppen der „RFD-Abnahme“ als auch bei den 3 Gruppen der „BCS-Abnahme“ ist bei allen 3 Rassen eine Tendenz des Anstieges von AST in Woche 1-2 nach der Kalbung erkennbar. Der deutlichste Anstieg zeigt sich sowohl in der Gruppe „BCS-Abnahme groß“ als auch in der Gruppe „RFD-Abnahme groß“. In der Gruppe „RFD-Abnahme groß“ erreicht die AST-Kurve bei den BV- und HF-Tieren den durchschnittlichen Höchstwert früher (Woche 1 p.p.) als bei den FL-Tieren (Woche 2 p.p.). In der Woche 3-4 p.p. sinkt der AST-Wert in allen Gruppen ab, erreicht aber auch in Woche 6 nicht das Niveau des Wertes a.p.. Die Werte der HF-Tiere unterliegen größeren Schwankungen, was auf die niedrige Tierzahl zurückzuführen ist (Abb. 5 und 6).

Die GGT-Werte der 3 Gruppen von „RFD-Abnahme“ und der von „BCS-Abnahme“ steigen über 6 Wochen p.p. leicht an. Die Gruppe „BCS-Abnahme groß“ zeigt bei BV- und HF-Tieren die deutlichste Steigerung der Werte p.p.. Die Werte der Gruppen der HF-Tiere zeigen deutliche Peaks, was auf die niedrige Tieranzahl zurückzuführen ist (Abb. 7 und 8). Sowohl bei AST- als auch bei GGT-Werten sollten die Ergebnisse der HF-Kühe durch weitere Studien mit einer größeren Tierzahl bewertet werden.

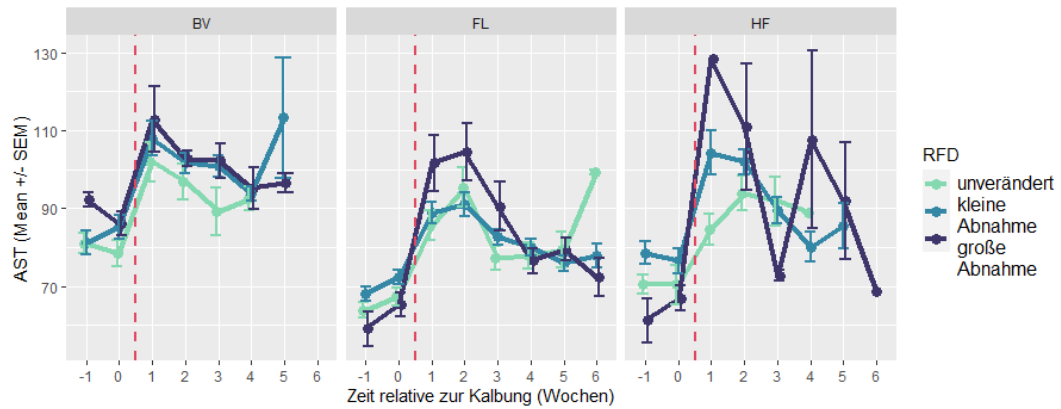


Abb. 5 Durchschnittliche AST-Werte in 3 verschiedenen RFD-Konditionsgruppen p.p. Quelle: © N.Panne, J.Gerke

RFD = Rückenfettdicke, AST = Aspartat-Aminotransferase, FL = Fleckvieh, BV = Braunvieh, HF = Holstein Friesian, p.p. = post partum

Fig. 5 Average AST values in 3 different backfat thickness condition groups p.p. Source: © N.Panne, J.Gerke

RFD = backfat thickness, AST = aspartate tansaminase, FL = Simmental, BV = Swiss Brown, HF = Holstein Friesian, p.p. = post partum

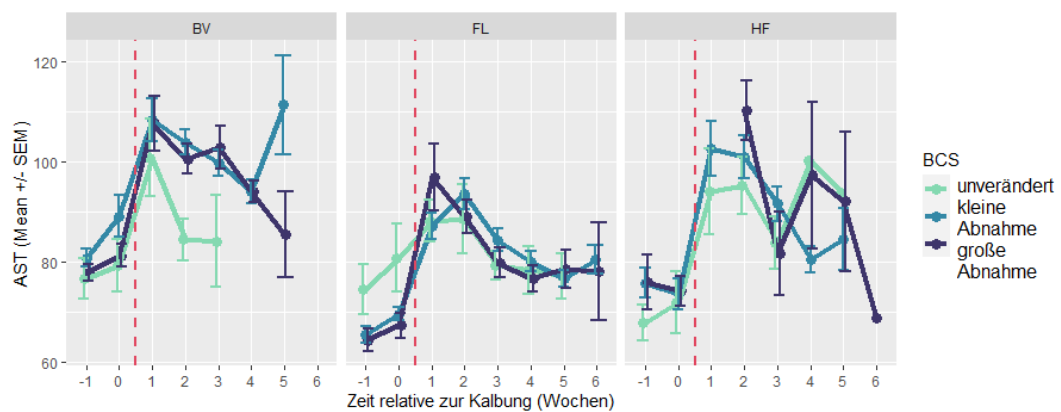


Abb. 6 Durchschnittliche AST-Werte in 3 verschiedenen BCS-Konditionsgruppen p.p. Quelle: © N.Panne, J.Gerke

BCS = Body Condition Score, AST = Aspartat-Aminotransferase, FL = Fleckvieh, BV = Braunvieh, HF = Holstein Friesian, p.p. = post partum

Fig. 6 Average AST values in 3 different BCS-condition groups p.p. Source: © N.Panne, J.Gerke

BCS = body condition score, AST = aspartate tansaminase, FL = Simmental, BV = Swiss Brown, HF = Holstein Friesian, p.p. = post partum

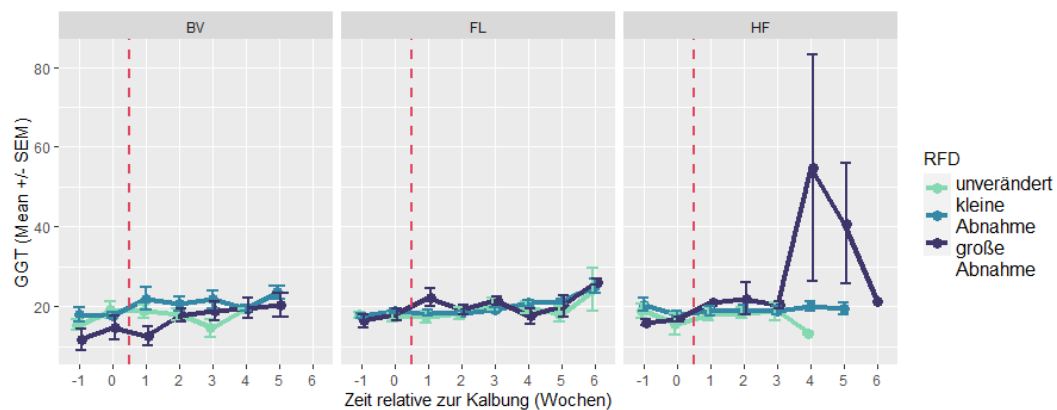


Abb. 7 Durchschnittliche GGT-Werte in 3 verschiedenen RFD-Konditionsgruppen p.p. Quelle: © N.Panne, J.Gerke

RFD = Rückenfettdicke, GGT = Gamma-Glutamyltransferase, FL = Fleckvieh, BV = Braunvieh, HF = Holstein Friesian, p.p. = post partum

Fig. 7 Average GGT values in 3 different backfat thickness condition groups p.p. Source: © N.Panne, J.Gerke

RFD = backfat thickness, GGT = Gamma-glutamyltransferase, FL = Simmental, BV = Swiss Brown, HF = Holstein Friesian, p.p. = post partum

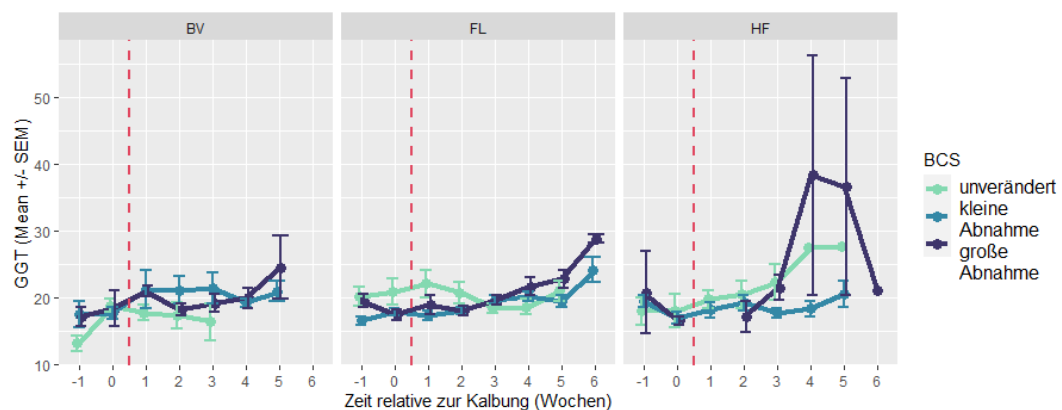


Abb. 8 Durchschnittliche GGT-Werte in 3 verschiedenen BCS-Konditionsgruppen p.p. Quelle: © N.Panne, J.Gerke

BCS = Body Condition Score, GGT = Gamma-Glutamyltransferase, FL = Fleckvieh, BV = Braunvieh, HF = Holstein Friesian, p.p. = post partum

Fig. 8 Average GGT values in 3 different BCS-condition groups p.p. Source: © N.Panne, J.Gerke

BCS = body condition score, GGT = Gamma-glutamyltransferase, FL = Simmental, BV = Swiss Brown, HF = Holstein Friesian, p.p. = post partum



## V. DISKUSSION

### 1. Diskussion der Methoden

Für den Untersuchungszeitraum für laktierende Kühe werden der 5. bis 65. Tag in Milch ausgewählt. Im Vorprojekt werden die Tiere bis zum 50. Tag untersucht. Da die negative Energiebilanz bis zu 12 Wochen p.p. andauern kann (Martens und Breves 2010), wurde der Untersuchungszeitraum erweitert. Das Auftreten von stoffwechselbedingten Erkrankungen ist in diesem Zeitraum am höchsten (Staufenbiel et al. 1991; Koster et al. 2015; Barletta et al. 2017). Um unter anderem die Differenz der Körperkondition vor und nach der Kalbung auswerten zu können, wurden ebenfalls trockenstehende Tiere 2 Wochen a.p. bis zum Abkalbetermin untersucht. Der Zeitraum des Projekts umfasst zusammenhängende 17 Monate (Oktober 2019 bis Februar 2021), um möglichen Auswirkungen jahreszeitlicher Einflüsse entgegenzuwirken (Berge und Vertenten 2014). Die Betriebe werden immer am selben Wochentag und ungefähr zur gleichen Uhrzeit beprobt, um tageszeitliche Auswirkungen auf die Ergebnisse zu vermindern (Berge und Vertenten 2014).

Die Auswahl der Betriebe folgt gewissen Kriterien. Die Betriebe müssen ähnliche Bedingungen aufweisen (Laufstallhaltung und mindestens 60 laktierende Milchkühe), um den Betriebseinfluss (sogenannter Herdenfaktor) auf die Ergebnisse zu minimieren. Für die Untersuchungen werden drei hiesige Milchviehrassen aus verschiedenen Regionen Süddeutschlands ausgewählt. Mögliche Einflüsse durch gewisse Unterschiede im Fütterungsmanagement der Versuchsbetriebe können in der vorliegenden Untersuchung nicht berücksichtigt werden. Ein Kritikpunkt an den Auswertungen bei den HF-Tieren ist, dass die Fallzahl niedriger ist als bei den anderen beiden Rassen und die Ergebnisse aufgrund dessen teils nicht eindeutig interpretiert werden können.

Um den Einfluss verschiedener Blutentnahmestellen zu minimieren, werden alle Tiere an der *V. coccygea mediana* beprobt (Wilhelm et al. 2013). Die Milchprobennahme durch den Betriebsleiter findet alternierend abends und morgens vor oder an dem Tag des Betriebsbesuches statt, um tageszeitliche Einflüsse auf die Milchinhaltsstoffe und Milchmenge zu minimieren.

Das BCS als Methode für die Körperkonditionsbeurteilung ist schnell und ohne technischen Aufwand anzuwenden. In durchgeführter Studie wurde das Arbeitsblatt von Spengler Neff (Spengler Neff et al. 2015) mit anschaulichem Entscheidungsbaum zur einfachen Bewertung der Tiere angewendet. Dadurch ist visuelle und palpatorische Beurteilung schnell und präzise möglich. Kritisch zu betrachten ist die geringe Differenzierung der BCS-Benotung durch niedrige Benotungszahlen und die Neigung der Bewerter:innen, Tiere in Richtung des Herdenmittels einzustufen (Schröder und Staufenbiel 2004b). Einige Autoren beobachten eine mögliche Einflussnahme der starken Lendenmuskultur (vorrangig beim Fleckvieh) auf die BCS-Beurteilung (Staufenbiel et al. 1991; Mansfeld et al. 2000; Schäfers 2000). HF-Tiere weisen eine einheitlichere Bemuskelung und Fettverteilung auf, wodurch die Benotung erleichtert wurde. Gleiches beobachtet auch Mösenfechtel et al. (2000). In der Studie kann festgestellt werden, dass Erstlaktierende häufig eine höhere Körperkondition zeigen als Höherlaktierende. Das widerspricht der Annahmen von Paul et al. (2018).

Die RFD-Messung, als objektivere Methode, wird auf der Grundlage von Schröder und Staufenbiel durchgeführt (Schröder und Staufenbiel 2004a). Um die Ankopplung zu optimieren, wird die Stelle rasiert und befeuchtet (Schröder und Staufenbiel 2004a). Durch die Inhomogenität des Rinderfettes (Staufenbiel 1992), gestaltet sich die Auswertung der Ultraschallbilder teils schwierig.

## **2. Diskussion der Ergebnisse**

Insgesamt können bei FL-Kühen höhere Körperkonditionswerte (BCS) nachgewiesen werden als bei HF-Tieren. Dieses Ergebnis entspricht den Aussagen mehrerer Autoren, die das FL durchschnittlich 0,5 BCS-Punkte höher einstufen (Jilg und Weinberg 1998; Mansfeld et al. 2000; Knob et al. 2021). Die höchsten RFD-Werte sind jedoch in vorliegenden Untersuchungen bei HF-Kühen nachzuweisen, was der Annahme von Knob et al. widerspricht. Sie stellen fest, dass sowohl der BCS als auch die RFD bei FL-Tieren am höchsten ist (Knob et al. 2021). Aus vorliegender Studie geht hervor, dass HF-Tiere vermehrt subkutanes Fett anlegen. Auch Stöber (2006) beschreibt eine eher subkutane Fetteinlagerung bei Milchkühen, welche der Einlagerung in intraabdominale Körperhöhlen vorgezogen wird (Stöber 2006). Untersuchungen von Ruda et al. (2019) weisen jedoch bei HF-Kühen vermehrte abdominale Fetteinlagerung nach (Ruda et al. 2019).

Alle Rassen weisen p.p. eine geringere Körperkondition auf als a.p., die Differenz ist beim FL im Bereich der RFD am geringsten. Dies bestätigten auch Knob et al., denn sie weisen einen geringeren Verlust des subkutanen Fettes bei FL oder dessen Kreuzungen verglichen mit HF-Tieren nach (Knob et al. 2021). Ledinek et al. (2019) beschreiben eine schnelle Regeneration der Kondition bei FL-Tieren und beschreiben ebenfalls einen höheren Konditionsverlust (BCS) bei HF-Tieren (Ledinek et al. 2019). Es kann davon ausgegangen werden, dass sich beim FV die Lipolyse und eine Umkehr zurück zum anabolen Stoffwechsel schneller einstellt als bei HF-Kühen. Es wird angenommen, dass HF-Kühe aufgrund ihrer hohen Milchleistung ungebremst Körperfett einschmelzen und somit deutlich mehr Rückenfett verlieren als FL-Kühe.

BV- und FL-Tiere weisen höhere Konditionswerte bei Erstlaktierenden auf, sowohl in BCS als auch in der RFD. Diese Tiere zeigen ebenfalls höhere NEFA-Werte p.p., was auf eine verstärkte Lipolyse nach der Kalbung aufgrund von Überkonditionierung a.p. schließen lässt. Dies widerspricht den Ergebnissen von Paul et al. (2018), in deren Studie von einem nicht ausreichend nutzbaren subkutanen Fettdepot ausgegangen wurde (Paul et al. 2018).

Zur Zeit der Kalbung ist eine nicht unerhebliche Anzahl an Erstlaktierenden überkonditioniert. Die NEFA-Werte von Jungkühen (Erstlaktierende) sind höher als die von Höherlaktierenden (Laktation  $\geq 2$ ). Jedoch kommen Erstlaktierende seltener in ketotische Stoffwechsellagen, was der Annahme von Furken et al. (2015) widerspricht.

Die NEFA-Werte sind bei HF-Kühen in den Konditionsabnahme-Gruppen bei den Gruppen „BCS- und RFD-Abnahme groß“ am höchsten, was auf einen vermehrten Abbau von Fett vor allem bei der Milchrasse schließen lässt. Bei allen 3 Rassen kann ein NEFA-Anstieg verstärkt in den ersten beiden Wochen p.p. festgestellt werden. Barletta et al. (2017) kommen in deren Studie zu ähnlichen Ergebnissen und belegen einen NEFA-Anstieg bei verschiedenen Konditionsgruppen in Woche 1-2. Auch Folnozic und Turk (2015) beobachten einen Anstieg der NEFA-Werte an Tag 5-19, in deren Studie beim HF. In vorliegenden Untersuchungen zeigt das FL einen späteren NEFA-Abfall, übereinstimmend mit den Ergebnissen von Knob et al. (2021).

Die BHB-Werte sind insgesamt bei den HF-Kühen am höchsten. Bei allen 3 Rassen ist ein BHB-Maximum in Woche 3-4 p.p. zu verzeichnen, später als das Maximum

der NEFA-Werte. Dies verdeutlicht den pathophysiologischen Vorgang der zuerst einsetzenden Lipolyse und der später folgenden Ketogenese in den Hepatozyten. Urdl et al. (2015) weisen beim BV höhere BHB-Werte p.p. als beim FL und HF nach. Es wird vermutet, dass Höherlaktierende Kühe durch insgesamt höhere und schon länger anhaltende Leistungen einen höheren Energiebedarf haben und daher eher dazu neigen, subklinische oder klinische Ketosen zu entwickeln.

Bei höherlaktierendem BV und erstlaktierendem HF liegen die GLDH-Werte über denen der jeweils anderen Gruppe. Es kann angenommen werden, dass sowohl höherlaktierende BV-Kühe als auch erstlaktierende HF-Tiere p.p. einer starken Leber- und Stoffwechselbelastung ausgesetzt sind. Die Unterschiede der AST-Werte zwischen Höher- und Erstlaktierenden sind nur beim BV signifikant. Höherlaktierende aller Rassen weisen höhere GGT-Werte auf als Erstlaktierende. GGT korreliert eng mit dem Leberfettgehalt (Fürll 2013). Höherlaktierende durchlebten bisher öfter Phasen einer Früh-laktation, einer NEB und einer möglichen Lipolyse, wobei die Wahrscheinlichkeit einer Fetteinlagerung in die Leber über mehrere Jahre steigt.

Die BCS- und RFD-Werte korrelieren im Zusammenhang mit der Rasse um 37-53% ( $R^2 = 0,37-0,53$ ). Beim HF besteht mit  $R^2 = 0,53$  der größte Zusammenhang. Beim HF-Tier stimmen die Ergebnisse der Körperkonditionsbeurteilungsmethoden am deutlichsten überein. Die insgesamt geringe Vorhersage-Sicherheit kann darauf zurückzuführen sein, dass das Krankheitsgeschehen von stoffwechselbedingten Erkrankungen häufig von vielen Faktoren beeinflusst werden kann. Sowohl RFD als auch BCS können nicht durch die Blutparameter vorhergesagt werden, es besteht keine Korrelation bei keiner der drei Rassen. Aktas et al. (2011) hingegen weist eine Korrelation zwischen dem BCS und AST nach.

Insgesamt können die Ergebnisse der vorliegenden Studie die bisher erlangten Erkenntnisse über die Rassenspezifität bestätigen. HF-Kühe neigen zu einer vermehrt ketotischen Stoffwechsellage, da sie durch hohe Milchleistung eine deutliche und vermutlich langanhaltende negative Energiebilanz kompensieren müssen. FL-Kühe scheinen bezüglich der Entgleisung des Stoffwechsels robuster zu sein, sie weisen geringere BHB-Werte auf und können ihre RFD-Verluste relativ geringhalten.



Die BV-Tiere bewegen sich meistens im Mittel zwischen den anderen beiden Rassen. Das entspricht den Erwartungen, da sich das BV sowohl bezüglich der Milchleistung als auch bezüglich des Fleischansatzes zwischen den HF- und den FV-Tieren anordnen lässt.

## VI. SCHLUSSFOLGERUNG

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen bestätigen, dass sich die Körperkondition und die Stoffwechselfparameter sowohl in der Rasse als auch im Alter der Tiere unterschiedlich darstellen. Hochleistende HF-Milchkühe, vor allem Höherlaktierende, neigen zu einer stoffwechselbedingten Leberbelastung p.p. und zu einem vermehrten Auftreten von ketotischen Stoffwechsellagen. Bei diversen Leber- und Stoffwechselfparametern weisen die HF-Tiere die höchsten Werte auf. Bei FV-Kühen kann von einer besseren Kompensation bezüglich der negativen Energiebilanz und der darauffolgenden ketotischen Stoffwechsellage ausgegangen werden. Erstlaktierende Kühe neigen zu vermehrter Fetteinlagerung und Körperkondition a.p. und somit zu einer erhöhten Mobilisation p.p.. Die Ergebnisse bestätigen, dass sich BV-Tiere bezüglich der Körperkondition und der Regeneration p.p. zwischen den beiden anderen Rassen anordnen lassen.

Obwohl in der Körperkonditionsbeurteilung sowohl rassespezifische als auch altersbezogene Unterschiede hervortreten, sind nach Abschluss der Untersuchungen beide Methoden (BCS und RFD-Messung) zur Beurteilung eines Bestandes geeignet. Empfohlen sind monatliche BCS-Beurteilungen im Herdenverband oder aber in kleineren Tiergruppen. Die RFD-Messung ist aufgrund des technischen Aufwandes sehr gut in kleineren Gruppen anzuwenden und vor allem in der Phase der Frühaktation sinnvoll.

Es ist möglich, individueller auf die Herde aber auch die Einzeltiere einzugehen. Um zukunftsfruchtige, gesunde Milchviehherden zu etablieren, müssen fortlaufende Körperkonditionsbeurteilung und weitere Monitoring Tools weiter gefordert und gefördert werden.

## VII. ZUSAMMENFASSUNG

Die Beurteilung der Körperkondition ist ein gutes Instrument um den Energiestatus der Milchkuh in der Trockenstehphase, um den Kalbezeitpunkt und in der Früh lactation zu beurteilen. Die Tiere kommen aufgrund von schnell einsetzender und hoher Milchleistung und verminderter Futteraufnahme in den ersten Wochen post partum (p.p.) in eine negative Energiebilanz. Die negative Energiebilanz ist unumgänglich, jedoch ist darauf zu achten, sie so gering und so kurz wie möglich zu halten. Die Körperkonditionsmethoden (Body Condition Scoring und Rückenfettdicke) und deren Veränderungen spiegeln die Lipolyse- und Lipogeneserate des Fettgewebes der Kuh wider. Anhand dessen kann die Stoffwechsel- und Lebergesundheit des Tieres beurteilt werden. Gerät dieser Ablauf in pathologische Ebenen, kann die Leber durch das Fettlebersyndrom negativ beeinträchtigt werden. Zudem können auf eine schwerwiegende negative Energiebilanz Erkrankungen wie Ketose und weitere Folgeerkrankungen folgen.

Die Methoden der Körperkonditionsbeurteilung, Body Condition Scoring (BCS) und Rückenfettdickemessung mittels Ultraschalles (RFDM), bei der Milchkuh bieten gute Möglichkeiten, die Energiebilanz der Tiere zu beurteilen. Das BCS ist als Werkzeug sinnvoll, um einen Überblick über die Körperkondition der gesamten Herde während des Reproduktionszyklus zu bekommen. Die Rückenfettdicke (RFD) kann durch exakt messbare Werte vor allem bei der Einzel- oder Kleingruppenbetreuung herangezogen werden.

Ergebnisse dieser vorliegenden Studie im oberbayerischen Raum und im Allgäu beschreiben Unterschiede der Rassen Fleckvieh (FL), Braunvieh (BV) und Schwarzbunte (Holstein Friesian, HF) im peripartalen (2 Wochen ante partum (a.p.) bis 65 Tage p.p.) Zeitraum unter Berücksichtigung diverser Stoffwechsel- und Körperkonditionsparameter.

Betrachtet man die Differenz der Konditionsbewertungen vor und nach der Kalbung, weist das FL bei der RFD die geringste Differenz auf. Bei FL und BV ist eine Tendenz zu höheren RFD-Werten bei erstlaktierenden im Vergleich zu höherlaktierenden Kühen festzustellen. Sowohl bei FL als auch bei den HF-Tieren liegen die NEFA-Werte (nicht verestere freie Fettsäuren) der höherlaktierenden Kühe unter denen der Erstlaktierenden. Die Höherlaktierenden BV- und FL-Tiere

zeigen höhere BHB-Werte (Beta-Hydroxy-Butyrat) auf. Die Korrelation zwischen RFD und BCS weisen bei den HF-Kühen das höchste  $R^2$  (0,53) auf und BV und FL liegen mit 0,42 (BV) bzw. 0,37 (FL) darunter. Die BHB-Werte aller 3 Rassen steigen in den Wochen 2-4 p.p. an. Die NEFA-Werte sind bei allen 3 Rassen vorrangig in der 1.-3. Woche p.p. erhöht, wenn die RFD gleichzeitig p.p. abnimmt. Die Erhöhung der NEFA-Werte liegt der Erhöhung der BHB-Werte etwa 1-2 voraus, was die Vorgänge der Lipolyse untermauert. Die NEFA-Werte sind hoch, wenn die Körperkonditionsabnahme und somit die Fettmobilisation am größten sind. Die Ergebnisse weisen auf eine rassenspezifische Stoffwechsellage p.p. hin. Die HF-Kühe zeigen einen deutlichen Leberparameter-Anstieg und eine deutlich höhere ketotische Stoffwechsellage als die anderen Rassen. FL-Tiere zeigen eine bessere Regeneration und eine stabilere Stoffwechsellage.

Körperkonditionsbeurteilung ist ein wichtiges Instrument für das Tiergesundheits-Monitoring in Milchviehherden. Durch die Ergebnisse dieser Studie bezüglich der Spezifität der Rassen kann individueller sowohl auf die Herden als auch auf die Einzeltiere eingegangen werden.

## VIII. SUMMARY

The assessment of body condition is a good tool to assess the energy status of dairy cow in the dry period, at the time of calving and in early lactation. The animals have a negative energy balance in the first weeks postpartum (p.p.) due to the rapid onset and high milk production and reduced feed intake. The negative energy balance is unavoidable but should be as low and as short as possible. The body condition methods (body condition scoring and back fat thickness) and their changes reflect the lipolysis and lipogenesis rate of the cow's adipose tissue. This can be used to assess the animal's metabolic and liver health.

The methods of body condition assessment Body Condition Scoring (BCS) and back fat thickness measurement using ultrasound (BFTM) in dairy cows offer good opportunities to assess the energy balance of the animals in dry period and in early lactation. To minimize diseases such as fat mobilization syndrome and ketosis, the practical methods are used to create the basis for better animal health and optimal performance. The BCS is a useful tool to get an overview of the body condition of the entire herd during the reproductive cycle. The back fat thickness (BFT) can be used through precisely measurable values, especially in individual or small groups.

Results of this study in Upper Bavaria and the Allgäu describe differences between the Simmental, Brown Swiss and Holstein Friesian breeds in the peripartum (2 weeks a.p. to 65 days p.p.) period, considering various metabolic and body condition parameters.

Regarding the difference between the condition assessments before and after calving, the FL shows the smallest difference in the RFD. In FL and BV there is a tendency towards higher RFD values in first-lactating cows. In both the FL and the HF animals, the NEFA values (non-esterified fatty acids) of the higher lactating cows are less of the first lactating cows. The higher lactating BV and FL animals show higher BHB values (betahydroxybutyrate). The correlation between RFD and BCS shows the highest  $R^2$  (0.53) in the HF cows and BV and FL are lower at 0.42 (BV) and 0.37 (FL), respectively. The BHB values of all 3 breeds increase in weeks 2-4 p.p. at. The NEFA values for all 3 breeds are increased primarily in the 1st - 3rd. week p.p. when the RFD p.p. decreases simultaneously. NEFA levels are highest when the decline in body condition and therefore fat mobilization is most



evident. The results indicate a race-specific metabolic situation p.p. there. The HF cows show a significant increase in liver parameters and a significantly higher ketosis metabolism than the other breeds. FL cows show better regeneration and a more stable metabolic state.

Body condition assessment is an important tool for animal health monitoring in dairy herds. The results of this study especially the specificity of the breeds create a basis to be responsive to the herds and the individual animal.

## IX. LITERATURVERZEICHNIS

Aktas, M. S.; Ozkanlar, S.; Ugar, O.; Ozkanlar, Y.; Kaynar, O.; Aytekin, I. (2011): Relationships between Body Condition Score and some metabolic blood parameters in early lactating dairy cows. In: *Revue Med Vet* 162 (12), S. 586–592.

Barletta, R. V.; Maturana Filho, M.; Carvalho, P. D.; Del Valle, T. A.; Netto, A. S.; Rennó, F. P. et al. (2017): Association of changes among body condition score during the transition period with NEFA and BHBA concentrations, milk production, fertility, and health of Holstein cows. In: *Theriogenology* 104, S. 30–36. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2017.07.030.

Berge, A. C.; Vertenten, G. (2014): A field study to determine the prevalence, dairy herd management systems, and fresh cow clinical conditions associated with ketosis in western European dairy herds. In: *Journal of dairy science* 97 (4), S. 2145–2154. DOI: 10.3168/jds.2013-7163.

Blömer, J. (2009): Einfluss der Rückenfettdicke vor und nach dem Kalben auf Fruchtbarkeit, Leistung und Tiergesundheit beim Braunvieh. Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover.

Boge, S.; Tichy, A.; Leeb, F.; Schmaußer, M.; Drillich, M.; Pothmann, H. (2021): Der Konditionsverlauf von Milchkühen der Rasse Fleckvieh - ein Update der Referenzkurve der Rückenfettdicke mit Berücksichtigung der Wachstumsphase von jüngeren Kühen. In: *Wiener Tierärztliche Monatszeitschrift* (108), S. 96–103.

Çolakoğlu, H. E.; Yazlık, M. O.; Pekcan, M.; Kaya, U.; Kaçar, C.; Vural, M. R. et al. (2019): Impact of Prepartum Body Condition Score Loss on Metabolic Status During the Transition Period and Subsequent Fertility in Brown Swiss Dairy Cows. In: *Journal of veterinary research* 63 (3), S. 375–382. DOI: 10.2478/jvetres-2019-0039.

Duffield, T. F.; Lissemore, K. D.; McBride, B. W.; Leslie, K. E. (2009): Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production. In: *Journal of dairy science* 92 (2), S. 571–580. DOI: 10.3168/jds.2008-1507.

Fischer, B.; Engelhard, T. (1996): Was bringt die Konditionsbewertung? In: *Top Agrar* (5), S. 14–18.

Folnožić, I.; Turk, R.; Đuričić, D.; Vince, S.; Pleadin, J.; Flegar-Meštrić, Z. et al.

(2015): Influence of Body Condition on Serum Metabolic Indicators of Lipid Mobilization and Oxidative Stress in Dairy Cows During the Transition Period. In: *Reproduction in domestic animals = Zuchthygiene* 50 (6), S. 910–917. DOI: 10.1111/rda.12608.

Fuhrmann, H.; Sallmann, H.-P. (2010): Physiologische Aspekte der Leberfunktion. Die Leber im Intermediärstoffwechsel. In: W. von Engelhardt und G. Breves (Hg.): *Physiologie der Haustiere*, Bd. 3. 3., vollst. überarb. Aufl. Stuttgart: Enke, S. 451–464.

Furken, C.; Nakao, T.; Hoedemaker, M. (2015): Energy balance in transition cows and its association with health, reproduction and milk production. In: *Tierärztliche Praxis. Ausgabe G, Grosstiere/Nutztiere* 43 (6), S. 341–349. DOI: 10.15653/TPG-150371.

Fürll, M. (2013): Spezielle Untersuchungen beim Wiederkäuer. In: *Schattauer, Moritz Klinische Labordiagnostik 2013*, S. 726–777. DOI: 10.1055/b-0038-150640.

Heuwieser, W.; Mansfeld, R. (1992): Beurteilung der Körperkondition bei Milchkühen. Wie Sie Ihre Herde durch die Beurteilung der Körperkondition in den Griff bekommen. In: *Milchpraxis* 30 (1), S. 10–14.

Jilg, T.; Weinberg, L. (1998): Konditionsbewertung: Jetzt auch beim Fleckvieh. In: *Top Agrar* (6), S. 12–15.

Kirchgeßner, M.; Schwarz, F. J.; Stangl, G. I.; Roth, F. X. (Hg.) (2011): *Tierernährung. Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis*. 13. Aufl. Frankfurt am Main: DLG-Verlag.

Klawuhn, D.; Staufenbiel, R. (1997): Aussagekraft der Rückenfettdicke zum Körperfettgehalt beim Rind. In: *Tierärztliche Praxis* 25, S. 133–138.

Klee, W.; Hartmann, I. (2017): *Klinische Labordiagnostik in der Buiatrik 2017*, S. 1–131.

Knob, D. A.; Thaler Neto, A.; Schweizer, H.; Weigand, A. C.; Kappes, R.; Scholz, A. M. (2021): Energy Balance Indicators during the Transition Period and Early Lactation of Purebred Holstein and Simmental Cows and Their Crosses. In: *Animals : an open access journal from MDPI* 11 (309), S. 1–20. DOI: 10.3390/ani11020309.

Koster, J. de; Hostens, M.; van Eetvelde, M.; Hermans, K.; Moerman, S.; Bogaert, H. et al. (2015): Insulin response of the glucose and fatty acid metabolism in dry dairy cows across a range of body condition scores. In: *Journal of dairy science* 98 (7), S. 4580–4592. DOI: 10.3168/jds.2015-9341.

Ledinek, M.; Gruber, L.; Steininger, F.; Zottl, K.; Royer, M.; Krimberger, K. et al. (2019): Analysis of lactating cows in commercial Austrian dairy farms: diet composition, and influence of genotype, parity and stage of lactation on nutrient intake, body weight and body condition score. In: *Italian Journal of Animal Science* 18 (1), S. 202–214. DOI: 10.1080/1828051X.2018.1504632.

Mansfeld, R.; Heuwieser, W.; Metzner, M.; Schäfers, M. (2000): Die fortlaufende Konditionsbeurteilung. Unverzichtbarer Bestandteil der Fütterungsüberwachung beim Milchvieh. In: *Milchpraxis* 38 (4), S. 180–184.

Martens, H.; Breves, G. (2010): Physiologische Grenzen der Hochleistungskuh. In: W. von Engelhardt und G. Breves (Hg.): *Physiologie der Haustiere*. 3., vollst. überarb. Aufl. Stuttgart: Enke, S. 648–652.

Metzner, M.; Heuwieser W.; Klee, W. (1993): Die Beurteilung der Körperkondition (Body condition scoring) im Herdenmanagement. In: *Der praktische Tierarzt* 11, S. 991–998.

Mösenfechtel, S.; Eigenmann, U. J.; Wanner, M. (2000): Rückenfettdicke und Fruchtbarkeit bei Braunviehkühen. In: *Schweizer Archiv für Tierheilkunde SAT* 2000 (142), S. 679–689. DOI: 10.5169/SEALS-593633.

Nogalski, Z.; Wroński, M.; Lewandowska, B.; Pogorzelska, P. (2012): Changes in the blood indicators and body condition of high yielding Holstein cows with retained placenta and ketosis. In: *Acta Vet. Brno* 81 (4), S. 359–364. DOI: 10.2754/avb201281040359.

Paul, A.; Bhakat, C.; Mondal, S.; Mandal, D. K.; Mandal, A.; Ghosh, R. (2018): Paul, Bhakat 2018. In: *International Journal of Basic and Applied Biology* 5 (2), S. 45–47.

Reus, Anne M.; Hajek, Franziska E.; Gruber, Simone M.; Plattner, Stefan; Hachenberg, Sabrina; Walleser, Emil A. et al. (2023): Differentiating between metabolic health statuses in Simmental cows and describing related milk fatty acids and relevant associated factors. In: *Translational animal science* 7 (1),

txad110. DOI: 10.1093/tas/txad110.

Rossow, N.: Ketose der Milchkuh- Wesen der Erkrankung und Bekämpfungsstrategie, S. 1–23.

Rossow, N.; Staufenbiel, B.; Staufenbiel, R.; Gürtler, H.; Dargel, D.; Neuer, R. (1991): Zur Bewertung erhöhter Ketonkörperkonzentrationen bei der Milchkuh. In: *Monatshefte für Veterinärmedizin* (46), S. 11–17.

Rossow, N.; Staufenbiel, R.; Staufenbiel, B.; Bauer, J. (1989): Stoffwechselüberwachung bei Milchkühen durch Bewertung und Korrektur des Körperfettansatzes. In: *Monatshefte für Veterinärmedizin* (44), S. 590–594.

Ruda, Lena; Raschka, Claudia; Huber, Korinna; Tienken, Reka; Meyer, Ulrich; Dänicke, Sven; Rehage, Jürgen (2019): Gain and loss of subcutaneous and abdominal fat depot mass from late pregnancy to 100 days in milk in German Holsteins. In: *The Journal of dairy research* 86 (3), S. 296–302. DOI: 10.1017/S0022029919000542.

Rutherford, A. J.; Oikonomou, G.; Smith, R. F. (2016): The effect of subclinical ketosis on activity at estrus and reproductive performance in dairy cattle. In: *Journal of dairy science* 99 (6), S. 4808–4815. DOI: 10.3168/jds.2015-10154.

Schäfers, M. (2000): Untersuchungen zur Körperkonditionsbeurteilung bei Milchkühen der Rasse Fleckvieh unter den Haltungsbedingungen des nördlichen Oberbayerns. Ludwig-Maximilians-Universität München, München. Tierärztliche Fakultät.

Schröder, U.; Staufenbiel, R. (2003): Konditionsbeurteilung per Ultraschall in der Herdenbetreuung. Teil 2: Rückenfettdicke und Fruchtbarkeit. In: *Tierärztliche Praxis* 31, S. 243–247.

Schröder, U.; Staufenbiel, R. (2004a): Konditionsbeurteilung per Ultraschall in der Herdenbetreuung. Teil 4: Anwendungsmöglichkeiten. In: *Tierärztliche Praxis* 32, S. 1–6.

Schröder, U.; Staufenbiel, R. (2004b): Körperkonditionsbeurteilung durch Ultraschallmessung der Rückenfettdicke. Methodische Grundlagen. In: *Nutztier Spiegel* 2 (2), S. 149–155.

Schröder, U.; Staufenbiel, R. (2004c): Körperkonditionsbeurteilung mittels Untraschallmessung. Rückenfettdicke als systematische Methode im



Herdenmanagement von Milchkuhbeständen Teil 2: Physiologische Grundlagen.

In: *Veterinär Spiegel* (3), S. 227–230.

Schröder, U.; Staufenbiel, R. (2006): Invited Review: Methods to Determine Body Fat Reserves in the Dairy Cow with Special Regard to Ultrasonographic Measurement of Backfat Thickness. In: *Journal of dairy science* 89 (1), S. 1–14.

Spengler Neff, A.; Notz, C.; Ivemeyer, S.; Walkenhorst, M. (2015): Körper-Konditions-Beurteilung. Erläuterungen zur Körper- Konditions- Beurteilung. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL).

Staufenbiel, R. (1992): Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes - Untersuchungskonzept und Messung der Rückenfettdicke. In: *Monatshefte für Veterinärmedizin* 47, S. 467–474.

Staufenbiel, R.; Rossow, N.; Wolf, J.; Beilig, S. (1989): Eignung der Untersuchungsgrößen des Energie- und Fettstoffwechsels zur Einzeltiercharakterisierung von Milchkühen. In: *Monatshefte für Veterinärmedizin* 44, S. 637–643.

Staufenbiel, R.; Staufenbiel, B.; Lachmann, I.; Klukas, H. (1991): Fettstoffwechsel und Fruchtbarkeit bei der Milchkuh. In: *collegium veterinarium XXII*, S. 18–25.

Stöber, M. (2006): Fütterungs- und stoffwechselbedingte Krankheiten der Leber. Ketose, Lipomobilisationssyndrom. In: G. Dirksen, H. D. Gründer und M. Stöber (Hg.): *Innere Medizin und Chirurgie des Rindes*. 5. Aufl., unveränd. Nachdr. der 4. Aufl. Stuttgart: Parey, S. 648–664.

Tremblay, M.; Kammer, M.; Lange, H.; Plattner, S.; Baumgartner, C.; Stegeman, J. A. et al. (2018): Identifying poor metabolic adaptation during early lactation in dairy cows using cluster analysis. In: *Journal of dairy science* 101 (8), S. 7311–7321. DOI: 10.3168/jds.2017-13582.

Urdl, M.; Gruber, L.; Obitzhauser, W.; Schauer, A. (2015): Metabolic parameters and their relationship to energy balance in multiparous Simmental, Brown Swiss and Holstein cows in the periparturient period as influenced by energy supply pre- and post-calving. In: *Journal of animal physiology and animal nutrition* 99 (1), S. 174–189. DOI: 10.1111/jpn.12178.

Weber, C.; Hametner, C.; Tuchscherer, A.; Losand, B.; Kanitz, E.; Otten, W. et al.

(2013): Variation in fat mobilization during early lactation differently affects feed intake, body condition, and lipid and glucose metabolism in high-yielding dairy cows. In: *Journal of dairy science* 96 (1), S. 165–180. DOI: 10.3168/jds.2012-5574.

Wilhelm, K.; Wilhelm, J.; Fürll, M. (2013): Vergleichende Betrachtung ausgewählter Blutparameter von Hochleistungskühen bei unterschiedlichen Entnahmestellen. In: *Tierärztliche Praxis. Ausgabe G, Grosstiere/Nutztiere* (41), S. 7–14. DOI: 10.1055/s-0038-1623149.

## **X. DANKSAGUNG**

Meinen herzlichsten Dank an Herrn Prof. Mansfeld für die immerwährende Unterstützung und Betreuung meiner Dissertation. Vielen Dank für die Zeit und die fachliche Kompetenz, die vielen Telefonate und den Zuspruch. Ich bin sehr dankbar durch diese Zusammenarbeit an mein Ziel gekommen zu sein.

Ein herzlicher Dank allen Projektpartnern. Herzlichen Dank dem Milchprüfing Bayern e.V, insbesondere Dr. Christian Baumgartner und den Labormitarbeitenden, für die Probenbearbeitung und Ausführung der Analysen und Untersuchungen. Herzlichen Dank an den LKV Bayern e.V. für die Unterstützung, Datenbeschaffung und Organisation innerhalb des Projektes.

Herzlichen Dank an das LKV-Statistik-Team Dr. Martin Kammer und Dr. Julia Gerke für die statistischen Auswertungen und Analysen. Danke für die Unterstützung und Hilfe auch nach Abschluss der praktischen Phase.

Ein großer Dank gilt dem Laborteam der Klinik für Wiederkäuer in Oberschleißheim, den Klinikmitarbeitern und Kolleg:innen, innerhalb und auch außerhalb der Klinik, für den fachlichen Input und die Unterstützung. Ebenfalls ein großer Dank an das Sekretariat der Klinik.

Danke an meinen Betreuer Hr. Dr. Plattner, für die fachlichen und auch privaten Gespräche, die Unterstützung und die Zuversicht. Danke auch an meine liebe Mitstreiterin, Fr. Plattner (geb. Unger) für die gegenseitige Motivation und Hilfsbereitschaft während unserer Dissertationszeit.

Herzlichen Dank auch an alle Betriebe, die an unserem Projekt teilgenommen haben. Vielen Dank für die Freundlichkeit, für das Interesse und für die Gastfreundschaft. Es war eine Freude euch und die schönen Gegenden kennen zu lernen.

Ein ebenfalls sehr, sehr großer Dank gilt meinen Eltern und meiner Schwester und meinen Freunden, die mich während dieser Zeit immer unterstützt und motiviert haben. Danke für den Zuspruch, das gemeinsame Jammern, aber auch die gemeinsame Freude, wenn wieder ein Schritt geschafft war. Mama und Papa, danke dass ihr mir all das hier ermöglicht habt. Ich danke euch allen von Herzen, dass ihr immer hinter mir steht.

Liebsten Dank an Veit, und dass ich dich durch das Projekt kennenlernen durfte.

Danke, dass du auf meiner Seite bist, dass wir ein Team und eine Liebe sind.

Vielen herzlichen Dank an euch alle.