

Aus der Professur für Tiergesundheit und Tierschutz
der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät

Thesen der Dissertation

**Untersuchungen und Charakterisierung der Stoffwechselsituation von
Milchkühen in der peripartalen Phase mithilfe der indirekten Kalorimetrie
und der Herzfrequenzvariabilität**

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Agrarwissenschaften (Dr. agr.)
an der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Rostock

vorgelegt von M. Sc. Sandra Erdmann (geb. Hacke)
aus Döbbersen

Verteidigung am 03. Mai 2019

Zielstellung der Arbeit

Die enorme Leistungssteigerung von Milchkühen resultiert sowohl aus Fortschritten in der Züchtung als auch aus der Optimierung des „Kuhkomforts“, des Managements und der Fütterungsstrategie (VEERKAMP et al., 2000). Jedoch bleibt das Hauptproblem des relativen Energiedefizits in der Transitphase bestehen. Durch eine zunehmende Differenz zwischen Energieabgabe über die Milch und Energieaufnahme durch das Futter wird die resultierende negative Energiebilanz (**EB**) verstärkt und physiologische Grenzen überschritten (MARTENS, 2014). Aus der Literatur geht hervor, dass die aktuellen Schätzformeln für die EB die tatsächlichen Werte erheblich überschätzen und diese Werte noch deutlich tiefer liegen (AGNEW & YAN, 2000; AGNEW et al., 2003). Die EB kann mithilfe der indirekten Kalorimetrie in Respirationskammern ermittelt werden. Weiterhin kann das autonome Nervensystem (**ANS**) mithilfe der objektiven, nicht invasiven Methode, die Herzfrequenzvariabilität (**HRV**), untersucht werden. Das ANS ist an der Regulation der Energiebereitstellung über Nahrungsaufnahme und Mobilisierung der Körperreserven beteiligt und steuert die Thermogenese (Energieverbrauch) (DULLOO et al., 2004; KATAOKA et al., 2014). Damit hat das ANS auch einen Einfluss auf die EB und kann verantwortlich für die unterschiedliche Anpassung des Stoffwechsels an eine negative EB bei Milchkühen sein. Aufbauend auf zwei Schwerpunkten und experimentellen Ansätzen zur Untersuchung der EB und der Aktivität des ANS ist nachfolgend die Zielstellung für diese Arbeit beschrieben.

Zum einen soll die Schätzung der EB mittels kalorimetrischer Messungen bei Milchkühen validiert werden. Zugleich erfolgt ein Abgleich mit den aktuellen Fütterungsempfehlungen ausgewählter Länder (Deutschland, USA und Frankreich). Zum anderen sollen Möglichkeiten zur prädiktiven Erkennung von Tieren mit verringerter oder herausragender Adaptionfähigkeit gefunden werden. Dies ermöglicht die Ergreifung präventiver Maßnahmen und langfristig die Selektion von Tieren mit der verbesserten Anpassungsfähigkeit.

Hauptaussagen der Arbeit

1. Die Trockenmasseaufnahme der Kühe liegt in der Frühlaktation deutlich unter der Empfehlung der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (**GfE**, 2001). Die Körpermassemobilisierung, repräsentiert durch die Rückenfettdicke, übersteigt die empfohlenen Grenzwerte zur Vermeidung und rechtzeitigen Erkennung von Stoffwechselstörungen aus der Literatur.
2. Die geschätzte EB, die nach den Empfehlungen der GfE (2001), des *National Research Council* (**NRC**, 2001) und vom *Institut National de la Recherche Agronomique* (**INRA**, 2007) berechnet wurden, weisen im Vergleich zu der kalorimetrisch berechneten EB erhebliche Differenzen auf, da der generelle Energiebedarf unterschätzt wird.
3. Milchkühe unterscheiden sich im Aktivitäts- bzw. Reaktivitätszustand des ANS, der mithilfe der HRV-Analyse und den Parametern niedriger Frequenzbereich (**LF**), hoher Frequenzbereich (**HF**) und das Verhältnis von LF zu HF der Frequenzbereichsanalyse detektiert werden kann.
4. Die Parameter der Zeit- und Frequenzbereichsanalyse sind nach der Regressionsanalyse nicht als prädiktiver Marker geeignet, da kurzfristige Schwankungen, Entwicklungen oder geänderte Regulierungen während dieser Zeitspanne verborgen bleiben.

5. Der nichtlineare HRV-Parameter **LMAX** (längste diagonale Linie im *Recurrence Plot*) ist ein geeigneter Marker, um gefährdete Kühe, die eine geringe Anpassungsfähigkeit und Robustheit gegenüber Stoffwechselbelastungen aufweisen, prädiktiv zu erkennen.
6. Die Kühe der Gruppe <LMAX zeigen ein höheres Stresslevel und instabilere Regulationsfähigkeit bzw. geringerer Adaptionfähigkeit bei metabolischer Belastung durch einen Futterentzug unter standardisierten Bedingungen in der Respirationsskammer.

Wissenschaftliche Wertung der Ergebnisse

- Die Empfehlungen zur Trockenmasseaufnahme, zur Körpermobilisierung (mithilfe der Rückenfettdicke) und zur EB müssen an die erheblichen Leistungen von Kühen mit einer Milchleistung von über 10.000 kg (305-Tageleistung) angepasst werden.
- Um eine umfassende Datenbasis aufzubauen, und so die Modelle und Gleichungen für die Schätzung des Energiebedarfs, der Trockenmasseaufnahme und Körpermobilisierung (mithilfe der Rückenfettdicke) von Milchkühen optimieren und eventuell standardisieren zu können, bedarf es weiterer Versuche.
- Darüber hinaus sollten die beobachteten Differenzen zwischen der kalorimetrisch berechneten und geschätzten EB bei der Interpretation anderer Versuchsdaten berücksichtigt werden. In vielen Studien wird die geschätzte EB verwendet, wodurch der tatsächliche Energiestatus überschätzt werden könnte.
- Der Unterschied bei Milchkühen im Aktivitäts- bzw. Reaktivitätszustand des ANS kann mithilfe der HRV-Analyse detektiert werden. Damit ist die HRV-Analyse eine geeignete nicht invasive Methode, um gefährdete Kühe zu selektieren, die eine geringe Anpassungsfähigkeit und Robustheit gegenüber Stoffwechselbelastungen aufweisen.
- Ob LMAX, wie die Erkenntnisse dieser Studie nahelegen, als vorausschauendes Werkzeug zur Identifizierung von Tieren mit einem Risiko bzw. von robusten Tieren mit hoher Anpassungsfähigkeit geeignet ist, muss in weiteren Untersuchungen an einer größeren Stichprobe verifiziert werden.

Allgemeine Bedeutung der Ergebnisse

- Die festgestellten Differenzen in dieser Studie gegenüber den aktuellen Fütterungsempfehlungen bei Kühen mit einer Milchleistung von über 10.000 kg (305-Tageleistung) sind von Bedeutung für die leistungsgerechte Fütterung und Beurteilung des Gesundheitszustandes der Tiere.
- Die Ergebnisse dieser Studie können als Grundlage für weitere Untersuchungen dienen, um eine umfassende Datenbasis aufzubauen, damit die Modelle und Gleichungen für die Schätzung des Energiebedarfs, der Trockenmasseaufnahme und Körpermobilisierung (mithilfe der Rückenfettdicke) von Milchkühen optimiert und eventuell standardisiert werden können.
- Indizes der HRV-Analyse, die die Aktivität des ANS und die sympatho-vagale Balance reflektieren, sind zur Früherkennung einer Stoffwechselbelastung und möglicherweise zur prädiktiven Erkennung von Kühen mit einer gefährdeten Anpassungsfähigkeit nutzbar.
- Die HRV-Analyse kann für die Selektion in der Zucht oder für das Herdenmanagement ein wichtiges Instrument sein. Vor allem der nichtlineare HRV-Parameter LMAX ist in dieser Studie ein geeigneter Marker.

- Aufbauend auf dieser Studie kann in weiteren Untersuchungen an einer größeren Stichprobe unter praktischen Bedingungen gezielt der HRV-Parameter LMAX untersucht werden, ob dieser als vorausschauendes Werkzeug zur Identifizierung von Tieren in einer Herde mit einem Risiko bzw. von robusten Tieren mit hoher Anpassungsfähigkeit geeignet ist.

Zusammenfassend konnte in dieser Arbeit die erhebliche Stoffwechselbelastung von Milchkühen insbesondere in der Frühlaktation bestätigt werden. Zudem zeigte sich, dass die auftretende negative EB weit stärker ausgeprägt ist als bisher durch die Schätzgleichungen angenommen. Allerdings können einige Kühe mit dieser Stoffwechselbelastung besser umgehen und weisen unterschiedliche Anpassungsreaktionen auf. Mithilfe der HRV konnten unterschiedliche Reaktions-Gruppen detektiert und ein geeigneter Parameter zur Vorhersage verminderter Anpassungsfähigkeit bei metabolischen Belastungen identifiziert werden.

AGNEW, R.E.; YAN, T. (2000): The impact of recent research on energy feeding systems for dairy cattle. *Livest. Prod. Sci.* 66, 197-215.

AGNEW, R.E.; YAN, T.; MURPHY, J.J.; FERRIS, C.P.; GORDON, F.J. (2003): Development of maintenance energy requirement and energetic efficiency for lactation from production data of dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 82, 151-162.

DULLOO, A.G.; SEYDOUX, J.; JACQUET, J. (2004): Adaptive thermogenesis and uncoupling proteins: a reappraisal of their roles in fat metabolism and energy balance. *Physiol. Behav.* 83, 587-602.

GfE (German Society of Nutrition Physiology) (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder (Recommended energy and nutrient supply for dairy cows and growing cattle). 8 ed., Frankfurt am Main, Germany.

INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) (2007): Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins. Besoins des Animaux - Valeurs des Aliments. Tables INRA 2007. Editions Quae, c/o INRA, RD 10, 78026 Versailles Cedex.

KATAOKA, N.; HIOKI, H.; KANEKO, T.; NAKAMURA, K. (2014): Psychological stress activates a dorsomedial hypothalamus-medullary raphe circuit driving brown adipose tissue thermogenesis and hyperthermia. *Cell Metab.* 20, 346-358.

MARTENS, H. (2014): Die Hochleistungskuh: Wenn die Leistung zur Last wird! Tagungsband der 51. Jahrestagung der BAT e. V., 35-42.

NRC (National Research Council) (2001): Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7 ed. National Academy Press, Washington, D.C.

VEERKAMP, R.F.; OLDENBROEK, J.K.; VAN DER GAAST, H.J.; VAN DER WERF, J.H. (2000): Genetic correlation between days until start of luteal activity and milk yield, energy balance, and live weights. *J. Dairy Sci.* 83, 577-583.