

Klimatisch bedingte physiologisch-ethologische Reaktionen laktierender Milchkühe in natürlich gelüfteten Ställen

Climate-related physiological-ethological reactions of lactating dairy cows in naturally ventilated barns

Julia Heinicke¹; Severino Pinto¹; Theresa Müschner-Siemens¹; Gundula Hoffmann¹; Christian Ammon¹; Thomas Amon^{1, 2}



Zusammenfassung

In einer Langzeitstudie wurde eine kontinuierliche Überwachung des Mikroklimas im Stall und der physiologisch-ethologischen Reaktionen von laktierenden Milchkühen durchgeführt, um die Beurteilung der Wärmelast zu verbessern. Die Wärmelast wurde anhand des Temperatur-Feuchte Index definiert. Bewegungs- und Wiederkaudaten sowie die Atemfrequenz wurden bei einer Vielzahl von Tieren mit laktationsbedingten Unterschieden erfasst und bezüglich der Reaktion auf die herrschende Wärmelast analysiert. Es hat sich gezeigt, dass die getesteten Reaktionen der Tiere mit der Wärmelast korrelieren. Für eine frühzeitige Detektion der tierindividuellen Wärmelast sollten physiologisch-ethologische Reaktionen kombiniert in Algorithmen verarbeitet werden, so dass komplexe Abweichungen vom Normalverhalten der Tiere zukünftig als Signal fungieren und Handlungsempfehlungen bezüglich des Stallklimamanagements automatisch generiert werden.

Summary

In a long-term study, continuous monitoring of the microclimate in the barn and the physiological-ethological reactions of lactating dairy cows was carried out to improve the assessment of the heat load. The heat load was defined by the temperature-humidity index. Movement and rumination activity data as well as respiratory rate were recorded in a large number of animals with lactation-related differences and analyzed with regard to the response to the prevailing heat load. It was shown that the tested reactions of the animals correlated with the heat load. For an early detection of the individual heat load, physiological-ethological reactions should be combined in algorithms, so that complex deviations from the normal behavior of the animals act as a signal and recommendations for action regarding the climate management of the house are automatically generated.

¹Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, Deutschland, jheinicke@atb-potsdam.de

²Freie Universität Berlin, Institut für Tier- und Umwelthygiene, Fachbereich Veterinärmedizin, Robert-von-Ostertag-Str. 7-13, 14163 Berlin, Deutschland

Einleitung

Der weltweite Klimawandel und die damit einhergehende, stetig ansteigende Wärmelast spielen für das Wohlbefinden der Tiere und die landwirtschaftliche Nutztierhaltung eine immer größere Rolle. Milchkühe in natürlich gelüfteten Ställen sind in besonderem Maße vom Klimawandel betroffen. Da Rinder relativ kältetolerant, aber wärmeempfindlich sind, werden Einschränkungen hinsichtlich des Tierwohls, der Gesundheit und der Produktionsleistung während der extremen Wärmeperioden in den Sommermonaten von den Tierhaltern vermehrt verzeichnet. Zur Bewertung der Wärmelast ist die Berechnung des Temperatur-Feuchte Index (engl. Temperature-humidity index, THI) ein weit verbreitetes Verfahren, welches jedoch ausschließlich Klimafaktoren und keine tierbezogenen Daten berücksichtigt. Anhand umfangreicher Literaturrecherchen konnten physiologisch-ethologische Reaktionen des Tieres, die mit klimatischen Bedingungen in Korrelation stehen, ermittelt werden (Herbut et al., 2019; Hoffmann et al., 2020). Die besondere Schwierigkeit besteht darin, die entsprechenden aussagekräftigen Reaktionen zu identifizieren. Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, eine intensive Überwachung des Mikroklimas und verschiedener physiologisch-ethologischer Reaktionen von laktierenden Milchkühen durchzuführen, um eine beginnende Wärmelast der laktierenden Milchkühe frühzeitig und tierindividuell zu erkennen. In den umfangreichen Analysemodellen wurden mehrere tierindividuelle Merkmale sowie die Wärmelastdauer und –intensität berücksichtigt.

Material und Methoden

Im Rahmen des europäischen Forschungsprojektes OptiBarn (FACCE-ERANET+ Initiative "Climate Smart Agriculture") wurden in Langzeitstudien (Juni 2015 - Mai 2017) diverse Stallklimaparameter sowie verschiedene physiologisch-ethologische Reaktionen der Einzeltiere in ausgewählten Ställen in Deutschland, Israel und Spanien erfasst. Wesentliche Ergebnisse werden im Folgenden am Beispiel der Messungen in einem Milchviehstall in Groß Kreutz, Deutschland (etwa 56 km westlich von Berlin, 32 m über dem Meeresspiegel), vorgestellt. Es handelte sich um einen Liegeboxenlaufstall mit freiem Kuhverkehr, 51 Tiefiegeboxen und planbefestigten Laufgängen. Der Stall beherbergte im Schnitt 50 laktierende Milchkühe (1. bis 8. Laktation). Das Melken der Kühe erfolgte zwei bis drei Mal am Tag mit einem automatischen Melksystem (Lely Astronaut A4, Maassluis, Niederlande). Die durchschnittliche Milchleistung lag bei $40,7 \pm 6,8$ kg pro Kuh und Tag.

Klimaerfassung

Die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit wurden in 5-Minuten-Intervallen an 8 Messpunkten direkt im Stall in jeweils 3,4 m Höhe über dem Stallboden aufgezeichnet (Gerät: EasyLog USB 2+ Sensor von Lascar Electronics Inc., USA). Die Bewertung der mikroklimatischen Bedingungen erfolgte anhand des THIs, der weite Verbreitung bezüglich der Stallklimabewertung findet. Angewandt wurde die THI-Formel gemäß NRC (1971):

$$\text{THI} = (1,8 \times T + 32) - ((0,55 - 0,0055 \times H) \times (1,8 \times T - 26)).$$

Dabei ist T die Lufttemperatur in °C und H die relative Luftfeuchtigkeit in %. Als Grenzwerte für die Wärmelastintensität wurde der $\text{THI} \geq 68$ als beginnende Wärmelast $\text{THI} \geq 72$ als milde-mäßige Wärmelast und $\text{THI} \geq 80$ als mäßige-starke Wärmelast definiert (Collier et al., 2012). Mithilfe der Messintervalle pro 5 min konnte außerdem die Wärmelastdauer je Wärmelastintensität ermittelt werden. Diese Parameter geben neben dem durchschnittlichen THI pro Tag eine genauere Aussage darüber wie lange, wie stark und wann die Tiere der Wärmelast ausgesetzt waren.

Aktivitätserfassung

Zur tierindividuellen Aktivitätserfassung wurden die Tiere mit je einem IceTag3D™-Accelerometer (IceRobotics, Edinburgh, UK) am Hinterbein ausgestattet. Das Accelerometer beinhaltet einen Lage- und Beschleunigungssensor, womit über eine Software die Körperposition der Kuh (Liegen vs. Stehen/Gehen), die Schrittzahl und der Motion-Index pro Sekunde ausgegeben werden kann. Anhand der Daten konnte die Dauer, die Frequenz und der Zeitpunkt der Aktivitäten Liegen, Stehen und Gehen bestimmt werden.

Wiederkauferfassung

Die Wiederkauzeit wurde kontinuierlich über 24 h mit Hilfe eines mikrofonbasierten Wiederkausensors (Lely Qwes HR, Lely S. à. r. 1., Maassluis, NL) am Halsband jeder einzelnen Kuh erfasst. Ein zusätzliches Gewicht am Halsband hält den Wiederkausensor an der optimalen Messposition, oben links hinter dem Ohr. Die Datenübertragung erfolgte während des Melkens im automatischen Melksystem. Ausgegeben wurden die Daten von der Software gebündelt in min pro 2 h und/oder min pro Tag.

Atemfrequenzerfassung

Die Atemfrequenz der Milchkühe diente als repräsentativer Vitalparameter. Dazu wurden visuell die Atemzüge pro 30 Sekunden gezählt und mit zwei multipliziert (Atemzüge/Minute). Diese Messungen wurden je nach Messkampagne stündlich von 7 bis 15 Uhr oder zweimal täglich (morgens und nachmittags) durchgeführt. Gleichzeitig wurde dokumentiert, ob sich das Tier während der Messung in einer liegenden oder stehenden Körperhaltung befand.

Ergebnisse

Klima

Die Ergebnisse der Stallklimamessungen zeigten deutlich ausgeprägte Phasen der Wärmelast mit unterschiedlicher Dauer und Intensität. Die ermittelten THI-Werte schwankten während des Versuchszeitraums zwischen 20 und 86. Die Phasendauer der Wärmelast mit THI-Werten ≥ 68 war in den Monaten Mai bis September am stärksten ausgeprägt. Die Überschreitungsdauer des Grenzwertes 68 THI lag zwischen 84 und 480 h pro Monat. In den Monaten Oktober bis April wurde der Grenzwert nur selten oder gar nicht überschritten (Abb. 1; Heinicke et al., 2018). Beispielhaft wurde die tägliche Wärmelastdauer für den Monat August 2015 dargestellt, die an mehreren Tagen bis zu 24 h über dem Grenzwert lag (Abb. 2; Heinicke et al., 2018).

Aktivität

Änderungen im Aktivitäts- und Liegeverhalten von laktierenden Milchkühen sind geeignet, um die tierindividuelle Wärmelast zu analysieren. Innerhalb der vorliegenden Untersuchungen wurden während des Versuchszeitraums Datensätze von 196 Tieren gesammelt. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen zeigten, dass die Liegedauer und die Anzahl an Schritten mit definierten Wärmelastsituationen korrelieren.

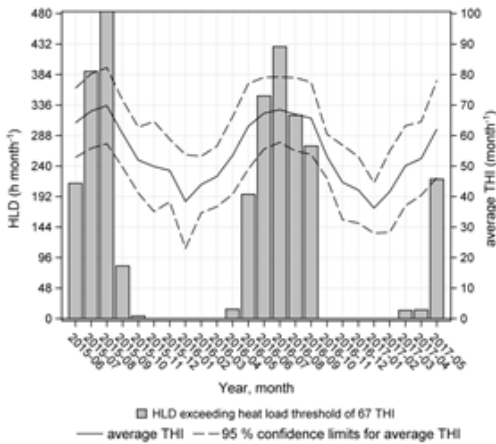


Abb. 1: Durchschnittlicher Temperatur-Feuchte Index (THI) im Verlaufe von zwei Jahren, sowie die monatliche Wärmelastdauer (HLD) über dem Grenzwert von 67 THI.

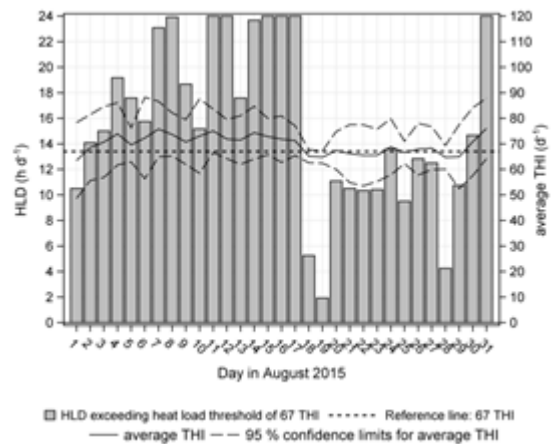


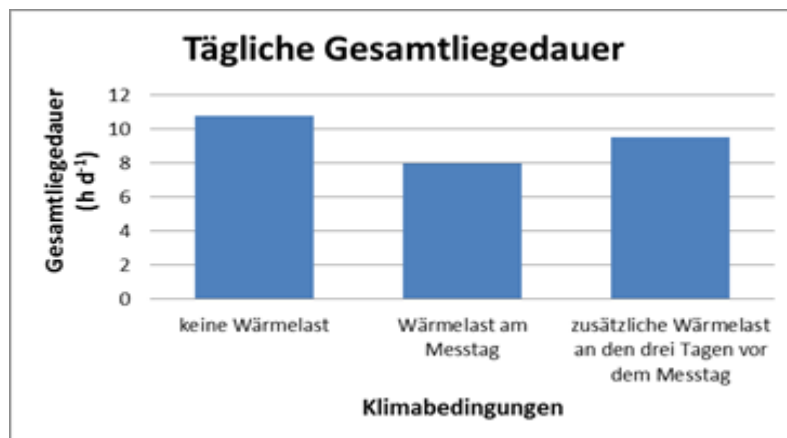
Abb. 2: Durchschnittlicher Temperatur-Feuchte Index (THI) im Verlauf des Monats August 2015, sowie die tägliche Wärmelastdauer (HLD) über dem Grenzwert von 67 THI.

Eine abnehmende Liegedauer und ein Anstieg der Schritte wurden mit zunehmender Wärmelastdauer und -intensität ermittelt.

Die Tiere reagierten direkt am Tag der Wärmelast mit Änderungen im Aktivitäts- und Liegeverhalten. Es ist kein universeller und verbindlicher Wert für die Änderungen festsetzbar, da weitere Effekte, die auf laktationsbedingte Unterschiede (z.B. Laktationsnummer, Laktationstag, Milchleistung) zwischen den Tieren zurückzuführen sind, bei der Wärmelastbewertung von laktierenden Milchkühen berücksichtigt werden müssen (Heinicke et al., 2018; Heinicke et al., 2019).

Zusätzlich zu dem durchschnittlichen THI und der täglichen Wärmedauer beeinflussten die Wärmeintensität sowie die Wärmeakkumulation über mehrere Tage das Aktivitätsverhalten der Tiere. Lag eine Wärmeakkumulation über mehrere Tage vor, zeigten die Tiere eine weniger stark ausgeprägte Aktivitätsreaktion im Vergleich zu den Aktivitätsveränderungen aufgrund von Wärmebelastung direkt am Messtag. Beispielsweise verringerten die Milchkühe ihre tägliche Gesamtliegedauer von ca. 11 h unter thermoneutralen Bedingungen auf eine Dauer von ca. 8 h an Messtagen mit Wärmelast. Waren die Tiere an den drei Tagen vor dem Messtag bereits Wärmelast ausgesetzt, so reagierten sie am Messtag mit einer weniger starken Verringerung der Liegedauer (Abb. 3; Heinicke et al., 2019).

Abb. 3: Tägliche Gesamtliegedauer unter verschiedenen Klimabedingungen.



Wiederkauen

Die Wiederkauzeit wurde bei insgesamt 183 Kühen innerhalb des Versuchszeitraums erfasst. Es ergab sich eine negative Korrelation mit der herrschenden Wärmelast im Stall. Eine Analyse mittels Broken-Stick Regression ergab einen Strukturbruch bei einem THI von 52, was auf einen Wärmelastgrenzwert bei 52 THI für die Wiederkauzeit schließen ließ. Mit steigendem durchschnittlichen Tages-THI über 52 fiel die Wiederkaudauer von fast 9 h pro Tag um circa 1 h ab (Abb. 4; Müschner-Siemens et al., 2020). Ähnlich wie bei dem Aktivitäts- und Liegeverhalten reagierten die Tiere individuell mit Änderungen der Wiederkaudauer auf die Wärmelast. Es zeigte sich, dass die hochleistenden Kühe in einem fortgeschrittenen Laktationsstadium und höherer Laktationsnummer potenziell stärker auf die Wärmelast reagierten als jüngere oder produktionsschwächere Kühe.

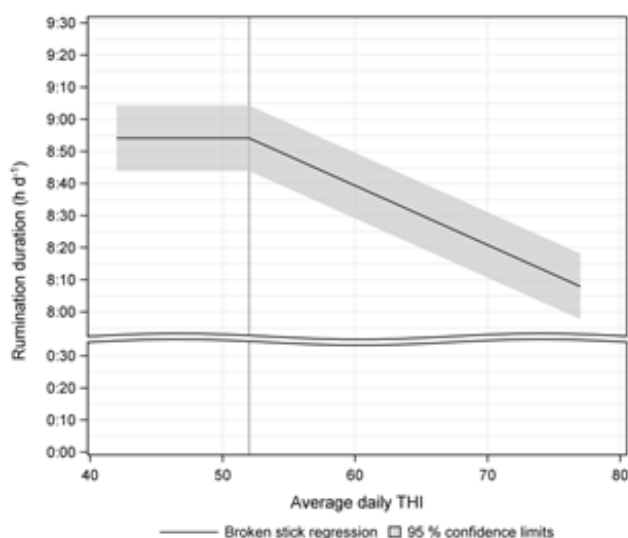


Abb. 4: Wiederkauaktivität in h pro Tag in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Tages-THI unterhalb und oberhalb des ermittelten Wärmelastgrenzwertes (52 THI) für die Wiederkauaktivität.

Atemfrequenz

Die stündlich erfasste Atemfrequenz von 84 verschiedenen Tieren zeigte einen Anstieg mit zunehmender Wärmelast. Außerdem konnte nachgewiesen werden, dass auch die Milchleistung mit der Atemfrequenz positiv korreliert ist. Wichtig bei der Bewertung der Atemfrequenz ist zudem die Körperhaltung (Liegen vs. Stehen), in der sich das Tier während der Messung befindet. Liegende Kühe wiesen unter vergleichbaren Klimbedingungen eine höhere Atemfrequenz auf als stehende Kühe (Abb. 5; Pinto et al., 2019a).

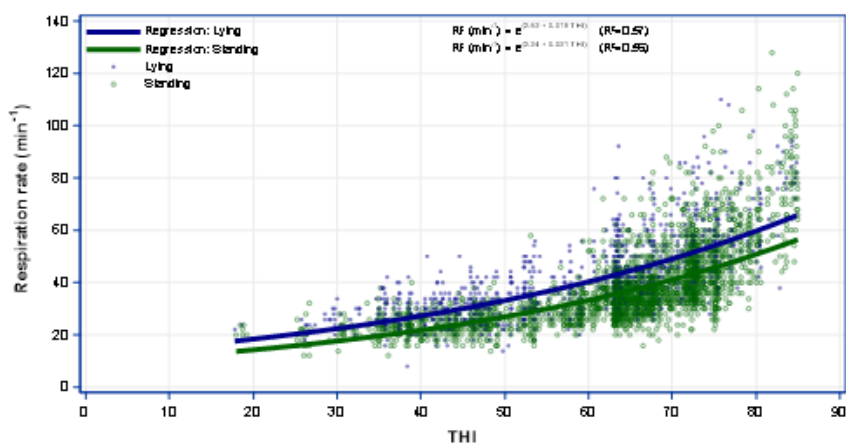


Abb. 5: Individuelle Atemfrequenz pro Minute in Abhängigkeit des Temperatur-Feuchte Index unterteilt nach der Körperhaltung (Liegen, grün; Stehen, blau).

Stündliche Messungen der Atemfrequenz wurden ebenfalls in einem Stall in Israel bei 20 israelischen Holstein Kühen an 25 Messtagen im Juli und August 2016 durchgeführt. Hierbei wurde der Einfluss von Kühlsystemen (Beregnung + Ventilation) mit unterschiedlicher Frequenz getestet. Die Kontrollgruppe wurde dreimal täglich gekühlt, die Versuchsgruppe achtmal täglich. Die Atemfrequenz der Kühe fiel direkt nach der Kühlung ab, wobei die Versuchsgruppe mit acht Kühlfrequenzen pro Tag eine deutlich stärkere Absenkung der Atemfrequenz und einen länger anhaltenden Kühleffekt verzeichnen konnte (Pinto et al., 2019b).

Schlussfolgerung

Alle Parameter haben sich als sinnvolle Bewertungskriterien für die Beurteilung physiologisch-ethologischer Reaktionen von Milchkühen unter Wärmelast erwiesen. Die bereits in der Nutztierhaltung verwendeten Aktivitäts- und Wiederkaumessgeräte sind für den Herdenmanager bereits nützliche Tools. Die am Einzeltier visuell erfasste Atemfrequenz ist sehr sensitiv und bietet im Echtzeit-Monitoring hohes Potenzial, um die Wärmelast frühzeitig zu detektieren. Allerdings sind visuelle Erfassungen im Alltag schwer umsetzbar, da sie sich als extrem zeitintensiv erwiesen haben. Daher sollten Algorithmen entwickelt werden, die physiologische und ethologische Reaktionen der Tiere kombiniert verarbeiten und in Managemententscheidungen einfließen lassen, so dass komplexe Abweichungen vom Normalverhalten der Tiere als Signal fungieren.

Essentieller Lösungsansatz für die Umsetzung und Anwendung datengetriebener Entscheidungsalgorithmen ist zunächst die automatische und digitale Erfassung der Atemfrequenz, woran derzeit innerhalb der Arbeitsgruppe intensiv gearbeitet wird.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei den Mitarbeitern der Lehr- und Versuchsanstalt für Tierzucht und Tierhaltung (LVAT) e.V. in Groß Kreutz für ihre tatkräftige Unterstützung bei der Durchführung der Studie. Die Untersuchungen wurden im Rahmen des europäischen Forschungsprojektes OptiBarn (Förderung: FACCE-ERANET+ Initiative "Climate Smart Agriculture") durchgeführt.

Literatur

Collier, R.J., Hall, L.W., Rungruang, S., Zimbleman, R.B., 2012. Quantifying heat stress and its impact on metabolism and performance. Department of Animal Sciences University of Arizona, 68.

Heinicke, J., Hoffmann, G., Ammon, C., Amon, B., Amon, T., 2018. Effects of daily heat load duration exceeding determined heat load thresholds on activity traits of lactating dairy cows. *J. Therm. Biol.* 77, 67–74.

Heinicke, J., Ibscher, S., Belik, V., Amon, T., 2019. Cow individual activity response to the accumulation of heat load duration. *J. Therm. Biol.* 82, 23–32.

Herbut, P., Angrecka, S., Godyń, D., Hoffmann, G., 2019. The physiological and productivity effects of heat stress in cattle—a review. *Annals of Animal Science* 19, 579-594.

Hoffmann, G., Herbut, P., Pinto, S., Heinicke, J., Kuhla, B., Amon, T., 2020. Animal-related, non-invasive indicators for determining heat stress in dairy cows. *Biosystems Engineering* (im Druck).

Müschner-Siemens, T., Hoffmann, G., Ammon, C., Amon, T., 2020. Daily rumination time of lactating dairy cows under heat stress conditions. *J. Therm. Biol.* 88, 102484.

NRC (National Research Council) (1971): *A Guide to Environmental Research on Animals*. National Academy of Sciences

Pinto, S., Hoffmann, G., Ammon, C., Amon, B., Heuwieser, W., Halachmi, I., Banhazi, T., Amon, T., 2019a. Influence of barn climate, body postures and milk yield on the respiration rate of dairy cows. *Annals of Animal Science* 19, 469-481.

Pinto, S., Hoffmann, G., Ammon, C., Heuwieser, W., Levit, H., Halachmi, I., Amon, T., 2019b. Effect of two cooling frequencies on respiration rate in lactating dairy cows under hot and humid climate conditions. *Annals of Animal Science* 1.