

Auswirkungen hoher Umgebungstemperaturen auf laktierende Milchkühe – unter praxisüblichen Bedingungen in Norddeutschland von Bedeutung?

Consequences of high ambient temperatures for lactating dairy cows – an issue under practical conditions in Northern Germany?

Autoren

Hanna Rieger¹, Mareike Kölln¹, Christian Sürrie², Hartmut Mohwinkel², Christian Visscher¹

Institute

- 1 Institut für Tierernährung, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover
- 2 Lehr- und Forschungsgut Ruthe, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Ruthe/Sarstedt

Schlüsselwörter

Rind, Hitzestress, Temperature-Humidity-Index, Rektaltemperatur, Atemfrequenz, Hyperthermie

Key words

Cattle, heat stress, rectal temperature, temperature-humidity index, respiratory rate, hyperthermia

eingereicht 09.05.2019

akzeptiert 06.10.2019

Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-1067-3845>
 Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere 2020; 48: 15–23
 © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York
 ISSN 1434–1220

Korrespondenzadresse

Dr. Hanna Rieger
 Institut für Tierernährung
 Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
 Bischofsholer Damm 15
 30173 Hannover
hannarieger@gmx.de

ZUSAMMENFASSUNG

Ziel Erhebung quantitativer Daten zu Auswirkungen von hohen Umgebungstemperaturen auf Milchkühe unter praxisüblichen Bedingungen in Süd-Niedersachsen.

Material und Methoden Im Milchviehbestand des Lehr- und Forschungsgutes Ruthe der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover wurden im Sommer 2018 (Mitte Juli bis Ende September) die stallklimatischen Bedingungen erfasst und die Futteraufnahme und Milchleistung der Herde sowie die Atemfrequenz und Rektaltemperatur von ausgewählten Kühen (n = 10) als Indikatoren für Hitzestress ermittelt. Darüber hinaus

erfolgten Temperaturmessungen im Futter (Silagen, Teil-TMR) und in den Futterresten.

Ergebnisse Trotz der bereits zu Beginn des Beobachtungszeitraumes recht hohen Außentemperaturen (19,6–23,0° C im Tagesmittel) traten während einer Hitzeperiode (bis zu 27,9° C im Tagesmittel) deutliche Reduktionen in der Trockensubstanzaufnahme aus der Teil-TMR (ca. –15 %) und der Milchleistung (ca. –8 %) auf. Es bestand eine signifikante negative Korrelation zwischen der Trockensubstanzaufnahme aus der Teil-TMR und dem Temperature Humidity Index im Stall (Tagesmittelwert) sowie eine signifikante positive Korrelation zwischen der Trockensubstanzaufnahme aus der Teil-TMR und der Milchleistung. Diese Beziehungen waren jeweils besonders eng, wenn die Auswertung um 1 Tag versetzt erfolgte (Korrelationskoeffizienten nach Spearman: –0,774 und 0,766 bzw. –0,796 und 0,800; p < 0,0001). An Tagen mit hohen Außentemperaturen ließ sich bei einem erheblichen Anteil der untersuchten Einzeltiere (bis zu 100 %) eine Hyperthermie (> 39° C) feststellen.

Schlussfolgerung und klinische Relevanz Die Ergebnisse sprechen dafür, dass Hitzestress bei Milchkühen in den Sommermonaten auch in hiesigen Regionen unter extremen klimatischen Bedingungen in erheblichem Umfang auftritt und mit deutlichen Leistungseinbußen einhergehen kann. Aufgrund der aus der Literatur bekannten weitreichenden Konsequenzen von Hitzestress für die Tiergesundheit und das Leistungsniveau verdient die zeitweise hohe Frequenz des Auftretens einer Hyperthermie bei laktierenden Kühen in dieser Studie Beachtung. Für die tierärztliche Praxis ist die Differenzierung zwischen hyperthermischen und fieberhaften Zuständen unter diesen Bedingungen von besonderer Bedeutung.

ABSTRACT

Objective The aim of the presented study was to gather quantitative data regarding the impact of high ambient temperatures on dairy cows under practical conditions in southern Lower Saxony.

Material and methods In summer 2018 (from mid of July to end of September), the climatic conditions in the dairy barn as well as the temperatures of feeds (silages and partial mixed ration, PMR) and feed leftovers were recorded on the Farm for Education and Research of the University of Veterinary Medicine Hannover in Ruthe. Furthermore, daily dry matter intake (of PMR)

and milk yield on herd basis as well as respiration rate and rectal temperature of 10 selected cows were measured as indicators for heat stress.

Results During a heat period (daily average temperature up to 27.9°C) dry matter intake (PMR) and milk yield were reduced by about 15% and 8%, respectively although ambient temperatures had already been relatively high at the beginning of the observation period (daily average temperature between 19.6 and 23.0°C). Daily dry matter intake of PMR was **negatively** correlated with daily average temperature-humidity index in the barn (Spearman's correlation coefficient: -0.774 , $p < 0.0001$) and **positively** correlated with daily milk yield (Spearman's correlation coefficient: 0.766 , $p < 0.0001$). Correlation coefficients were slightly higher when a 1-day time

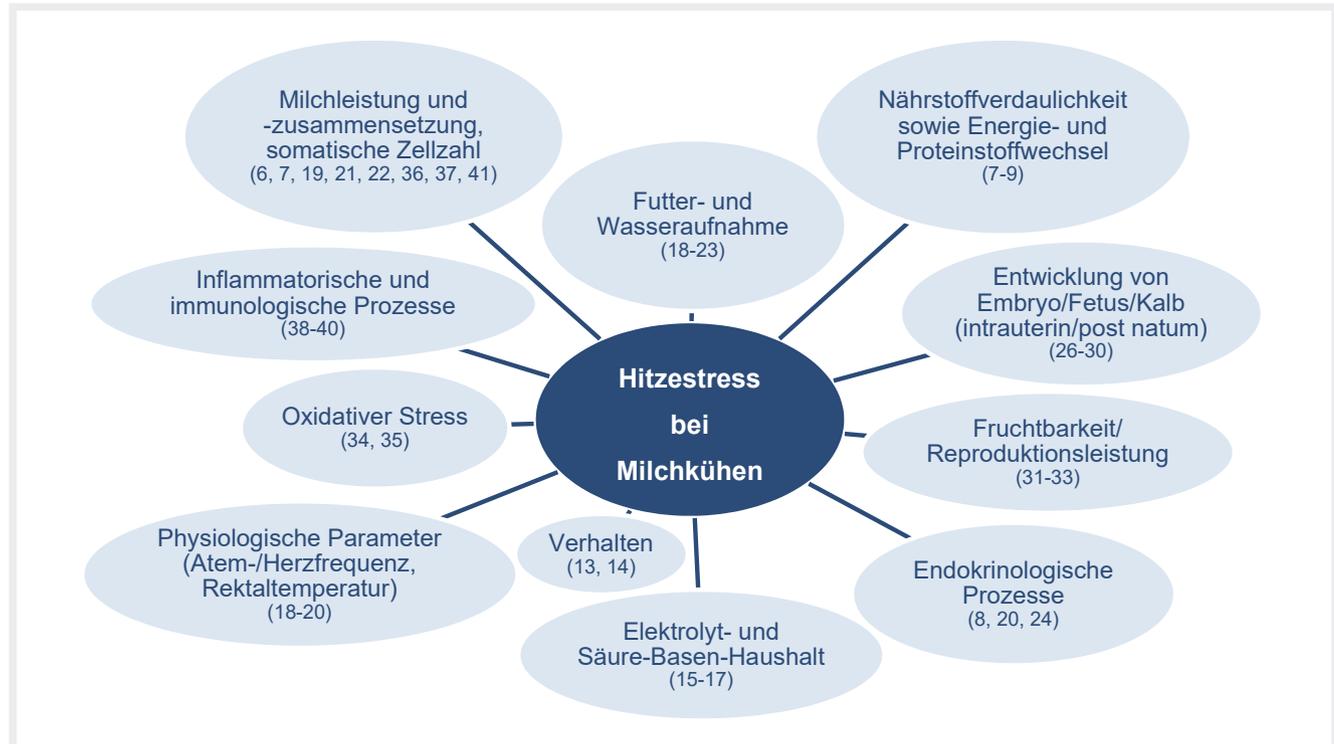
lag was considered (Spearman's correlation coefficient: -0.796 and 0.800 , respectively; $p < 0.0001$). During the heat period hyperthermia ($> 39^\circ\text{C}$) was frequently recorded in lactating cows (up to 100%).

Conclusion and clinical relevance The presented results indicate that heat stress in dairy cows may occur to a considerable extent under extreme climatic conditions also in the region of Northern Germany. In consequence, this is associated with a significant decrease in performance. As severe and long-lasting effects of heat stress on health and performance of dairy cows are well described in the literature, especially the temporarily high prevalence of hyperthermia should be taken seriously. Under these circumstances, differentiating between hyperthermia and fever is of special importance for veterinary practitioners.

Einleitung

Die Auswirkungen von Hitzestress bei Milchkühen auf deren Gesundheit und Leistung sind weltweit Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen [1][2][3]. Neben den mehr oder weniger offensichtlichen Folgen von Hitzestress für die Futteraufnahme und die Milchleistung sind zahlreiche weitere, zum Teil sehr weitreichende Effekte von Hitzestress bei Milchkühen bekannt (► **Abb. 1**). Einige dieser Parameter werden von der Höhe der Futteraufnahme beeinflusst (z. B. die Insulinkonzentration im Blut [4] oder die Pan-

senverdaulichkeit verschiedener Nährstoffe [5]), sodass sich manche Folgen von Hitzestress bei Milchkühen daraus ableiten lassen. Aus sog. „Pair-fed“-Versuchen (restriktive Fütterung der Vergleichstiere auf dem Niveau der hitzestressierten Gruppe) ist jedoch bekannt, dass sich nicht alle Effekte (in ihrem Ausmaß) allein durch die reduzierte Futteraufnahme erklären lassen [6][7][8]: So waren in manchen dieser Studien nur etwa 35% [9] bzw. 50% [8] der Einbußen in der Milchleistung auf die reduzierte Futteraufnahme zurückzuführen. Bedeutung für die Milchleistung haben nicht nur die



► **Abb. 1** Effekte von Hitzestress bei Milchkühen sowie beeinflusste Parameter. Angabe der Quellen in der Abbildung. Quelle: © H. Rieger, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover.

► **Fig. 1** Effects of heat stress in dairy cattle and the affected parameters. References given in the figure. Source: © H. Rieger, University of Veterinary Medicine Hannover, Foundation.

klimatischen Bedingungen während der Laktation, sondern auch jene während der vorherigen Trockenstehzeit [10]. Darüber hinaus gibt es Hinweise, dass Hitzestress bei tragenden Kühen die spätere Milchleistung der aus diesen Trächtigkeiten hervorgegangenen Färsen – möglicherweise über epigenetische Mechanismen vermittelt – nachteilig beeinflusst [11][12].

Zur genaueren Charakterisierung der klimatischen Bedingungen wird oftmals der Temperatur-Luftfeuchtigkeits-Index (Temperature Humidity Index [THI]) verwendet, der neben der Umgebungstemperatur auch die relative Luftfeuchte berücksichtigt, wobei in der Literatur verschiedene Formeln zur Berechnung vorliegen [42][43]. Für Untersuchungen in Niedersachsen erwies sich die Formel des NRC ([44]; s. Material und Methoden) als besonders geeignet [41]. Hohe THI-Werte sind u. a. mit einer höheren Inzidenz klinischer Mastitiden und einer höheren Mortalität in Milchviehherden assoziiert [45][46][47].

Mit der vorliegenden Untersuchung sollte das Ausmaß der Effekte hoher Umgebungstemperaturen auf Milchkühe und deren Futtermittelaufnahme und Milchleistung unter praxisüblichen Bedingungen in Süd-Niedersachsen näher quantifiziert werden.

Material und Methoden

Datenerfassung

Die Erfassung der Daten erfolgte an den laktierenden Kühen im Milchviehstall (konventionelle Milchviehhaltung) des Lehr- und Forschungsguts Ruthe von Mitte Juli bis Ende September 2018. Die Herde gliederte sich in 2 Gruppen, die innerhalb eines Stallgebäudes mit einem gemeinsamen Luftraum gehalten wurden: Gruppe „AMS“: Boxenlaufstall mit Hochboxen (Gummimatte mit Schaumstoffunterlage) und automatischem Melksystem; Gruppe „Stroh“: Tiefstreu-Liegebereich und 2 Melkzeiten/Tag. Während des Beobachtungszeitraumes waren durchschnittlich $30,5 \pm 2,02$ Kühe der Gruppe „AMS“ und $44,6 \pm 2,10$ Kühe der Gruppe „Stroh“ zugeteilt. Die Ration bestand aus einer ad libitum angebotenen Teil-TMR und einem individuell je nach Leistung zugeteilten Milchleistungsfutter (► **Tab. 1**, ► **Tab. 2**).

Die Teil-TMR wurde einmal täglich (ca. 16 Uhr) frisch vorgelegt. Die **tägliche Futteraufnahme** aus der Teil-TMR wurde auf Herdenbasis (Gruppen „AMS“ und „Stroh“) durch Rückwaage der Futterreste am darauffolgenden Tag erfasst; im Zeitraum vom 02.09. bis 29.09.2018 erfolgte eine separate Ermittlung der Futtermengen für beide Gruppen. Täglich wurde eine repräsentative Probe der Futterreste entnommen und auf die Gehalte an Trockensubstanz (TS), Rohasche (Ra) und Rohfaser (Rfa) untersucht, um eine mögliche Futterselektion durch die Tiere quantifizieren zu können. Sämtliche Futtermittelanalysen fanden im Institut für Tierernährung der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover statt. Bis zur Analyse lagerten alle Proben luftdicht verpackt und tiefgefroren.

Des Weiteren wurden verschiedene **Temperaturmessungen am Futter** sowie den Futterresten durchgeführt. Die Temperatur der Mais- bzw. Grassilage wurde jeweils unmittelbar vor der Entnahme aus dem Fahrsilo (ca. 14–15 Uhr) mit einem digitalen Einstichthermometer (Länge: 13 cm, Messgenauigkeit: $0,1^\circ\text{C}$; Fa. Pearl GmbH, Buggingen) in dem zu entnehmenden Silageblock ermittelt. In den Futterresten bei der Entfernung vom Futtertisch sowie in der fri-

► **Tab. 1** Einzel- und Mischfuttermittel und deren Anteile in der Teil-TMR (Angaben bezogen auf die tatsächlich eingewogenen Mengen). Abkürzungen s. ► **Tab. 2**.

► **Table 1** Feeds and their shares in the partial mixed ration (based on actually measured quantities). For abbreviations see ► **Table 2**.

Einzel- bzw. Mischfuttermittel	Anteil (%) der ursprünglichen Substanz*
Teil-TMR	
• Maissilage	48,2
• Grassilage	22,1
• Trockenschnitzel	1,95
• Milchleistungsfutter	9,21
• Maisschrot	5,43
• Luzerneheu	3,31
• Mineralfutter	0,541
• energiereiches Ergänzungsfuttermittel ¹	0,948
• flüssiges Ergänzungsfuttermittel ²	0,779
• Wasser	8,13
Milchleistungsfutter ³	individuelle Zuteilung (Kraftfutterstation) nach Leistung

* Abweichungen von 100% ergeben sich durch Rundung

¹ nach Deklarationsangaben: 60 g Rp, 420 g Rfe, 20 g Rfa, 17 g Ra, 1 g Ca, 1 g P, 16 MJ NEL je kg uS

² Zusatzstoffe: Mischung aus organischen Säuren (Milchsäure, Essigsäure, Propionsäure, Zitronensäure, Sorbinsäure, DL-Apfelsäure), Harnstoff (170 g/kg); Zusammensetzung: Isomaltulosemelasse sowie (Neben-)Erzeugnisse aus der Zuckergewinnung, Wasser

³ nach Deklarationsangaben: 200 g Rp, 40,0 g Rfe, 90,0 g Rfa, 8,0 g Ca, 6,3 g P, 2,5 g Na und 7,00 MJ NEL je kg uS

schen Teil-TMR bei Vorlage wurde täglich um ca. 16 Uhr ebenfalls mittels Einstichthermometer die Temperatur erfasst. Im Stall diente ein Datenlogger (Messgenauigkeit Feuchte: $\pm 3\%$ [bei 10–90% relativer Feuchte]; Messgenauigkeit Temperatur: $\pm 0,5^\circ\text{C}$ [–20°C bis +40°C] und $\pm 0,8^\circ\text{C}$ für den restlichen Messbereich; EBI 20-TH, Fa. Xylem Analytics Germany Sales GmbH & Co. KG, Weilheim) ca. 0,5 m oberhalb der Rückenlinie der Tiere der kontinuierlichen Erfassung von **Umgebungstemperatur** und **Luftfeuchte** in 5-Minuten-Intervallen. Darüber hinaus standen Klimadaten der Universität Hannover von der Messstation „Ruthe“ zur Verfügung (Entfernung: ca. 800 m Luftlinie). Die Berechnung des THI erfolgte mit folgender Formel: $\text{THI} = [1,8 \times \text{Umgebungstemperatur } (^\circ\text{C}) + 32] - [0,55 - 0,0055 \times \text{relative Luftfeuchte } (\%)] \times [1,8 \times \text{Umgebungstemperatur } (^\circ\text{C}) - 26]$ [44]¹.

Von 5 ausgewählten Tieren je Gruppe, die im gesamten Beobachtungszeitraum in Laktation waren, wurden täglich im Anschluss an die zweite Melkzeit der Gruppe „Stroh“ die **Atemfrequenz** (Anzahl der Bewegungen des Brustkorbs je Minute) und die **Rektaltemperatur** ermittelt. Die tägliche **Milchmenge** wurde je Gruppe erfasst. Sämtliche Einzeltierkrankungen sowie besondere Vorkommnisse im Stall wurden täglich protokolliert. In die Auswertung

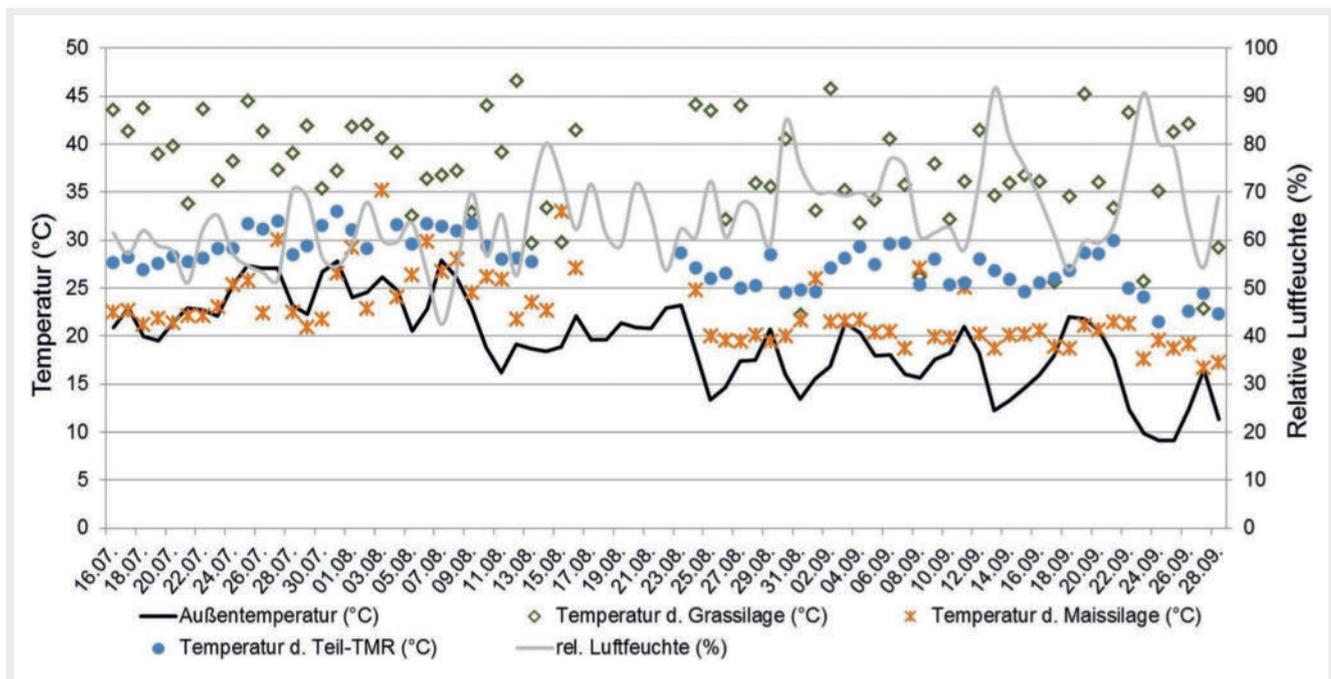
¹ Umrechnung von °F in °C mit folgender Formel: $^\circ\text{F} = ^\circ\text{C} \times 1,8 + 32$

► **Tab. 2** Chemische Zusammensetzung der Teil-TMR (analysierte Werte; Energiegehalt kalkuliert).

► **Table 2** Chemical composition of the partial mixed ration (analysed values, calculated energy content).

Zeitraum	TS (g/kg uS)	Ra (g/kg TS)	Rp (g/kg TS)	nRp (g/kg TS)	Rfe (g/kg TS)	Rfa (g/kg TS)	ΣS+Z (g/kg TS)	peNDF (% der TS)	NEL (MJ/kg TS)
bis 18.8.	416	74,8	154	153	32,8	188	271	22,5	6,72
ab 19.8.	440	74,6	175	159	34,0	192	252	23,0	6,79

TS: Trockensubstanz, uS: ursprüngliche Substanz, Ra: Rohasche, Rp: Rohprotein, nRp: nutzbares Rohprotein, Rfe: Rohfett, Rfa: Rohfaser, peNDF: physikalisch effektive neutrale Detergenzienfaser, ΣS+Z: Summe Stärke + Zucker, NEL: Nettoenergie Laktation



► **Abb. 2** Außentemperatur und Luftfeuchte in Ruthe (Klimadaten der Messstation „Ruthe“, Mittelwerte über 24 h, je n = 75) sowie die Temperaturen der Silagen bei Entnahme aus dem Silo (je n = 68) und der Teil-TMR bei Vorlage (n = 64). Quelle: © H. Rieger, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover.

► **Fig. 2** Ambient temperature and humidity in Ruthe (climate data from the measuring station “Ruthe”, daily average, n = 75 each) as well as temperatures of the silages when removing from the bunker silo (n = 68 each) and of the partial mixed ration after mixing (n = 64). Source: © H. Rieger, University of Veterinary Medicine Hannover, Foundation.

gen zu Atemfrequenz und Rektaltemperatur gingen nur die Daten klinisch gesunder Tiere ein.

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm SAS® Enterprise Guide® Version 7.1 (Rang-Korrelationsanalysen: Prozedur CORR; Gruppenvergleich: Wilcoxon’s Two-Sample-Test mit Prozedur NPAR1WAY, Signifikanzniveau: 0,05). Die nachfolgenden Ergebnisse sind als Mittelwerte (\bar{x}) ± Standardabweichung (s) dargestellt.

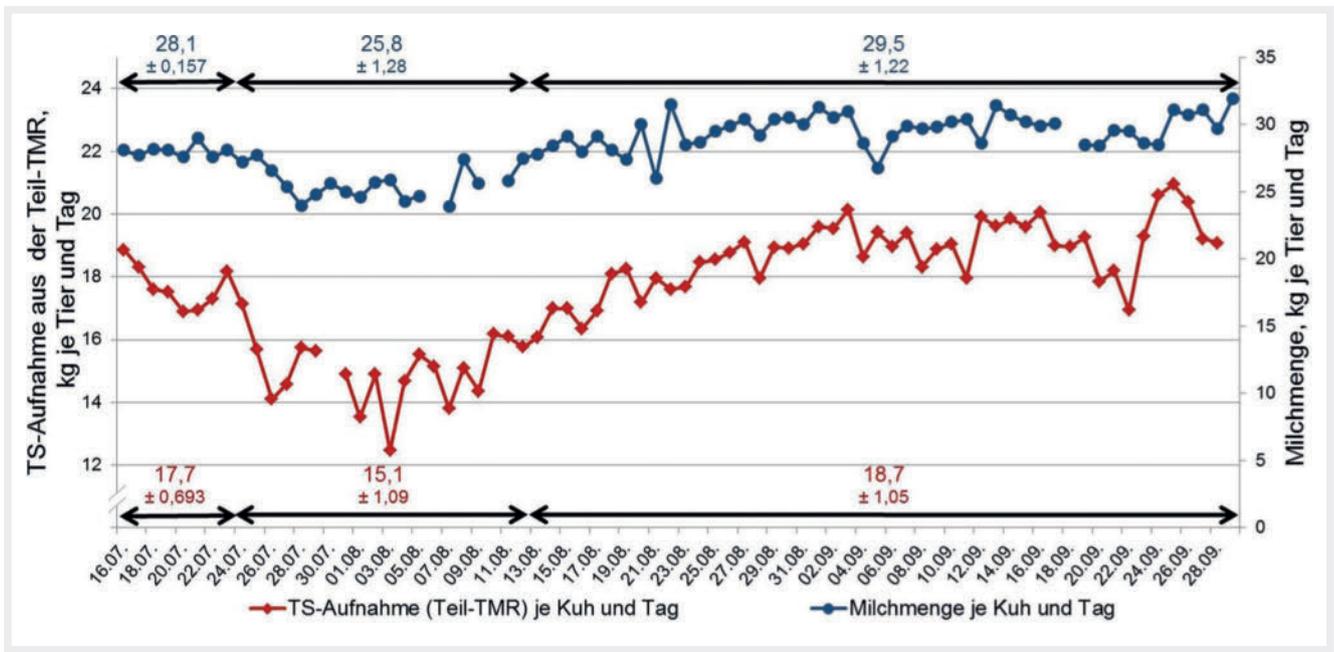
Ergebnisse

Die Tagesmittelwerte der **Außentemperatur** und der **relativen Luftfeuchte** in Ruthe variierten im Beobachtungszeitraum zwi-

schen 9,1°C (25.09.) und 27,9°C (07.08.) bzw. 42,5% (07.08.) und 91,6% (13.09.) (► **Abb. 2**). Im Stall erreichte der THI (im Mittel über 24 Stunden) Werte zwischen 53,4 (29.09.) und 76,1 (31.07.).

Die mittlere **Temperatur der Grassilage** war mit $37,2 \pm 5,57^\circ\text{C}$ deutlich höher als die der **Maissilage** ($22,6 \pm 3,68^\circ\text{C}$). Von wenigen Ausnahmen abgesehen war die **Temperatur der Futterreste** (Reste des Angebots vom Vortag auf dem Futtertisch) höher als diejenige der frisch vorgelegten Teil-TMR (im Mittel um ca. 3, maximal um 30 K). Es bestand ein negativer Zusammenhang zwischen der Temperatur der Teil-TMR bei Vorlage und der täglichen TS-Aufnahme aus der Teil-TMR (Korrelationskoeffizient nach Spearman: $-0,70$; $p < 0,0001$).

Auffällig war die geringe **TS-Aufnahme** aus der Teil-TMR im Zeitraum von etwa Mitte/Ende Juli bis Anfang/Mitte August (in der



▶ **Abb. 3** Mittlere tägliche TS-Aufnahme aus der Teil-TMR und mittlere tägliche Milchmenge der gesamten Herde (Gruppe „AMS“ + Gruppe „Stroh“; jeweils kg je Tier und Tag). Die Doppelpfeile kennzeichnen die unterschiedlichen Phasen mit Angabe der jeweiligen täglichen TS-Aufnahme aus der Teil-TMR (rot) und der Milchleistung (blau), Angaben als $\bar{x} \pm s$. Quelle: © H. Rieger, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover.

▶ **Fig. 3** Average daily dry matter intake (partial mixed ration) and milk yield on herd level (group „AMS“ + group „Stroh“; each as kg per animal and day). The double arrows mark different phases, daily dry matter intake from partial mixed ration (red) and milk yield (blue), given as mean \pm standard deviation. Source: © H. Rieger, University of Veterinary Medicine Hannover, Foundation.

Auswertung: 24.07.–13.08.). In dieser Phase war die TS-Aufnahme aus der Teil-TMR – verglichen mit dem vorherigen Niveau – um fast 15 % niedriger, die **Milchleistung** war im gleichen Zeitraum um etwa 8 % reduziert (▶ **Abb. 3**). Zwischen der Trockensubstanzaufnahme aus der Teil-TMR und dem Temperature Humidity Index im Stall (Tagesmittelwert) bestand eine signifikante negative Korrelation; zwischen der Trockensubstanzaufnahme aus der Teil-TMR und der Milchleistung war hingegen eine signifikante positive Korrelation zu beobachten. Die Korrelationskoeffizienten waren jeweils am höchsten, wenn die Auswertung um 1 Tag versetzt erfolgte (Korrelationskoeffizienten nach Spearman: $-0,774$ und $0,766$ bzw. $-0,796$ und $0,800$; $p < 0,0001$).

Über den gesamten Beobachtungszeitraum war der **Rfa-Gehalt der aufgenommenen Teil-TMR** (berechnet) im Mittel um $1,92$ g/kg TS geringer als der Rfa-Gehalt der vorgelegten Teil-TMR von 188 bzw. 192 g Rfa/kg TS (▶ **Tab. 2**).

Die Ergebnisse zu den Messungen der **Atemfrequenz** und **Rektaltemperatur** sind in ▶ **Abb. 4** dargestellt. An Tagen mit hohen Außentemperaturen wies wiederholt ein hoher Anteil (bis 100 %) der untersuchten Einzeltiere eine Rektaltemperatur $> 39^\circ\text{C}$ auf, z. T. wurden Werte von deutlich $> 40^\circ\text{C}$ ermittelt.

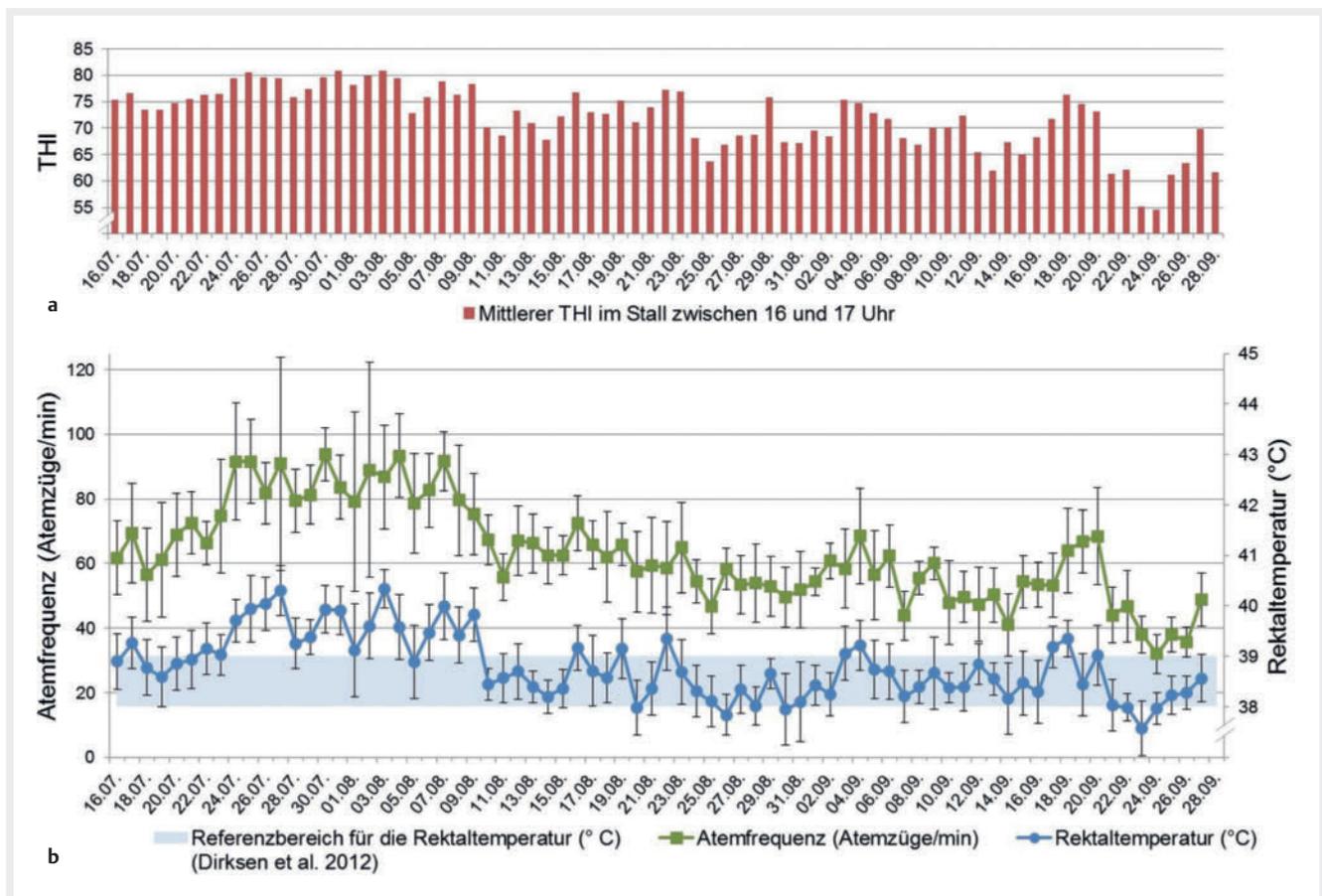
Diskussion

Als mögliche Ursachen der deutlichen Temperaturdifferenz zwischen der Gras- und der Maissilage sind neben einer möglichen Nacherwärmung der Grassilage z. B. auch ein unterschiedliches Mikroklima im Silo sowie eine unterschiedliche Wärmeleitfähigkeit der beiden Silagen zu bedenken. Des Weiteren könnte eine stär-

kere Abkühlung der Maissilage durch Verdunstung eine Rolle gespielt haben, da diese im Vergleich zur Grassilage einen geringeren TS-Gehalt aufwies (317 vs. 492 g/kg uS).

In der Literatur ist für hiesige klimatische Bedingungen beschrieben, dass insbesondere THI-Werte von > 60 (Tagesmittelwert) mit einer reduzierten Futteraufnahme und Milchleistung bei Milchkühen einhergehen [21][41]. Vor diesem Hintergrund ist zu berücksichtigen, dass in der vorliegenden Untersuchung bereits zu Beginn des Beobachtungszeitraums regelmäßig THI-Werte (Mittelwert über 24 Stunden) von > 70 im Stall ermittelt wurden und somit bereits zu diesem Zeitpunkt eine Adaptation der Tiere an diese besonderen klimatischen Bedingungen vorgelegen haben könnte.

Nach üblichen Referenzwerten [48] gelten 24 – 36 Atemzüge/Minute bzw. eine Rektaltemperatur von 38 – 39°C für adulte Rinder als physiologisch. Während der hohen Außentemperaturen im Sommer 2018 wurden bei einem erheblichen Anteil der Tiere (bis zu 100 %) Werte oberhalb dieser Referenzbereiche festgestellt (▶ **Abb. 4**), wobei zu berücksichtigen ist, dass hohe Atemfrequenzen eher als Hecheln zu interpretieren sind. Während der „Hitzeperiode“ wurde bei ca. 73 % aller Messungen eine Rektaltemperatur $> 39^\circ\text{C}$ festgestellt. Da in die Auswertungen zu Atemfrequenz und Rektaltemperatur nur Tiere ohne eine klinische Erkrankung einbezogen wurden, sind die festgestellten Abweichungen der Rektaltemperatur vom Referenzbereich vom Fieber als Sollwerterhöhung zu differenzieren und als Hyperthermie zu interpretieren. Bei jeder Gruppe war im Deckenbereich des Stalls ein Ventilator installiert. Die Wirkung dieser beiden Ventilatoren reichte jedoch offensichtlich nicht aus, um eine genügende Abkühlung der Tiere zu gewährleisten.



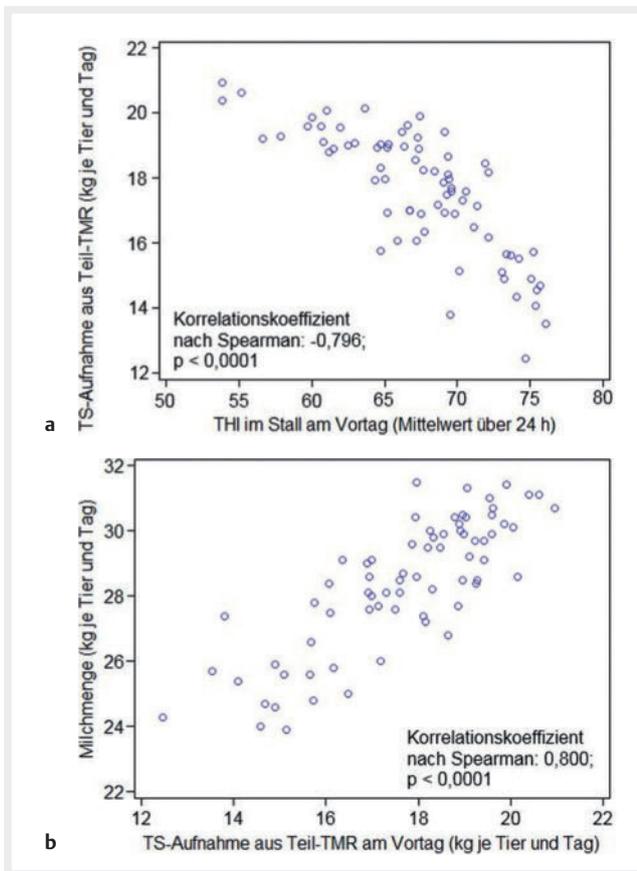
► **Abb. 4** Mittlerer Temperature Humidity Index (THI) im Stall zwischen 16 und 17 Uhr (a) sowie Atemfrequenz und Rektaltemperatur von Kühen (je Tag n = 8–10) um ca. 17 Uhr (b). Quelle: © H. Rieger, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover.

► **Fig. 4** Average temperature-humidity index (THI) in the barn between 04:00 and 05:00 p. m. (a) and respiration rate as well as rectal temperature of cows (n = 8–10 per day) at about 05:00 p. m. Source: © H. Rieger, University of Veterinary Medicine Hannover, Foundation.

Bei der Interpretation der hier dargestellten Daten zur Atemfrequenz und Rektaltemperatur ist zu berücksichtigen, dass die Messungen unmittelbar im Anschluss an die zweite Melkzeit der Gruppe „Stroh“ erfolgten, d. h. die Tiere dieser Gruppe waren kurz zuvor einer besonderen „Aktivität“ (Zusammentreiben, Aufenthalt im Wartebereich, Melkvorgang) ausgesetzt. So wiesen die Tiere der Gruppe „Stroh“ im Mittel über den gesamten Beobachtungszeitraum auch signifikant höhere Atemfrequenzen und Rektaltemperaturen auf („Stroh“: 64 Atemzüge/Minute und 38,9°C vs. „AMS“: 60 Atemzüge/Minute und 38,6°C; $p < 0,0001$ bzw. $< 0,0004$; Angaben als Medianwerte). Kommt es infolge von Hitzestress zu einem Anstieg der Körperinnentemperatur, kann dies als Zeichen einer nicht kompensierten Hitzebelastung des Tieres angesehen werden [19]. Da mit der Umwandlung der metabolisierbaren Energie (ME) im Futter zur NEL in der Milch Wärmeverluste in Höhe von etwa 40% verbunden sind [49][50], erscheint die Reduktion der Futteraufnahme als ein sinnvoller Mechanismus zur Thermoregulation des Tieres. Aus der Literatur ist bekannt, dass ein negativer Zusammenhang zwischen der Rektaltemperatur und der Futteraufnahme besteht [18][19]; die Auswirkungen der Hitzebelastung auf die Futteraufnahme und die Milchleistung sind dabei zeitlich leicht versetzt zu erwarten [19][51]. Dies deckt sich mit den Ergebnis-

sen der vorliegenden Untersuchung, da hier der Zusammenhang zwischen der TS-Aufnahme aus der Teil-TMR und dem THI im Stall sowie derjenige zwischen der TS-Aufnahme aus der Teil-TMR und der Milchleistung jeweils am engsten war, wenn die Daten um 1 Tag versetzt ausgewertet wurden (► **Abb. 5**). Deutliche Hinweise auf eine vermehrte Futterselektion durch die Tiere ergaben sich in Anbetracht der Analysenspielflächen für die Rfa-Bestimmung nicht.

Insgesamt gelten hochleistende Tiere – aufgrund der hohen Stoffwechselleistung – als besonders empfindlich für Hitzestress [36][52]. Darüber hinaus sind Rasseunterschiede bekannt: So zeigten sich beispielsweise Simmentaler- oder Jersey-Kühe toleranter gegenüber hohen Umgebungstemperaturen als Holstein-Kühe [36][53]. Inwieweit eine gesteigerte „Hitzetoleranz“ bei Milchkühen zukünftig als Selektionskriterium in der Züchtung Berücksichtigung finden wird, bleibt abzuwarten, die grundsätzliche Möglichkeit hierfür ist jedoch gegeben [54]. Es konnten bereits verschiedene Einzelnukleotid-Polymorphismen identifiziert werden, die mit der „Hitzetoleranz“ von Kühen in Zusammenhang stehen und zukünftig möglicherweise als Marker genutzt werden können [55][56].



► **Abb. 5** Zusammenhang zwischen der mittleren täglichen TS-Aufnahme aus der Teil-TMR (kg/Tier) und dem mittleren THI im Stall am Vortag (a) sowie zwischen der mittleren täglichen Milchmenge (kg/Tier) und der TS-Aufnahme aus der Teil-TMR am Vortag (kg/Tier) (b). Quelle: © H. Rieger, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover.

► **Fig. 5** Relationship between the average daily dry matter intake (partial mixed ration, kg/animal) and the previous day average THI in the barn (a) and between the average daily milk yield (kg/animal) and the dry matter intake at the day before (partial mixed ration, kg/animal) (b). Source: © H. Rieger, University of Veterinary Medicine Hannover, Foundation.

FAZIT FÜR DIE PRAXIS

Unter hiesigen praxisnahen Bedingungen konnten grundsätzlich verschiedene aus der Literatur bekannte Effekte von Hitzestress bei laktierenden Kühen nachgewiesen werden. Bei hohen Außentemperaturen und hohen THI-Werten waren die Tiere oftmals nicht in der Lage, ihre physiologische Körpertemperatur aufrechtzuerhalten. Die Abgrenzung von hyperthermischen und fieberhaften Zuständen ist dabei für die tierärztliche Praxis von besonderer Relevanz. Betriebswirtschaftlich stehen zunächst die Einbußen in der Milchleistung im Vordergrund, denen ggf. durch geeignete Maßnahmen (z. B. Lüftungstechnik) entgegengewirkt werden sollte. Darüber hinaus sollten auch nicht offensichtliche Folgen von Hitzestress (z. B. für die Fruchtbarkeit oder die Leistung der nachfolgenden Generation) berücksichtigt werden.

Interessenkonflikt

Die Autoren bestätigen, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Danksagung

Die AutorInnen danken allen MitarbeiterInnen des Lehr- und Forschungsgutes Ruthe sowie den Studierenden, die diese arbeitsaufwendigen Untersuchungen ermöglicht bzw. unterstützt haben.

Literatur

- [1] Das R, Sailo L, Verma N et al. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. *Veterinary World* 2016; 9: 260–268. doi:10.14202/vetworld.2016.260–268
- [2] Polsky L, von Keyserlingk MAG. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *J Dairy Sci* 2017; 100: 8645–8657. doi:10.3168/jds.2017-12651
- [3] Tao S, Dahl GE. Invited review: Heat stress effects during late gestation on dry cows and their calves. *J Dairy Sci* 2013; 96: 4079–4093. doi:10.3168/jds.2012-6278
- [4] Amstalden M, Garcia MR, Williams SW et al. Leptin Gene Expression, Circulating Leptin, and Luteinizing Hormone Pulsatility Are Acutely Responsive to Short-Term Fasting in Prepubertal Heifers: Relationships to Circulating Insulin and Insulin-Like Growth Factor 11. *Biol Reprod* 2000; 63: 127–133. doi:10.1095/biolreprod63.1.127
- [5] Robinson PH, Sniffen CJ, Soest PJV. Influence of level of feed intake on digestion and bacterial yield in the forestomachs of dairy cattle. *Can J Anim Sci* 1985; 65: 437–444. doi:10.4141/cjas85-051
- [6] Cowley FC, Barber DG, Houlihan AV et al. Immediate and residual effects of heat stress and restricted intake on milk protein and casein composition and energy metabolism. *J Dairy Sci* 2015; 98: 2356–2368. doi:10.3168/jds.2014-8442
- [7] Gao ST, Guo J, Quan SY et al. The effects of heat stress on protein metabolism in lactating Holstein cows. *J Dairy Sci* 2017; 100: 5040–5049. doi:10.3168/jds.2016-11913
- [8] Wheelock JB, Rhoads RP, VanBaale MJ et al. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *J Dairy Sci* 2010; 93: 644–655. doi:10.3168/jds.2009-2295
- [9] Rhoads ML, Rhoads RP, VanBaale MJ et al. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *J Dairy Sci* 2009; 92: 1986–1997. doi:10.3168/jds.2008-1641
- [10] Do Amaral B, Connor E, Tao S et al. Heat-stress abatement during the dry period: Does cooling improve transition into lactation? *J Dairy Sci* 2009; 92: 5988–5999
- [11] Monteiro APA, Tao S, Thompson IMT et al. In utero heat stress decreases calf survival and performance through the first lactation. *J Dairy Sci* 2016; 99: 8443–8450. doi:10.3168/jds.2016-11072
- [12] Tao S, Orellana RM, Weng X et al. Symposium review: The influences of heat stress on bovine mammary gland function. *J Dairy Sci* 2018; 101: 1–13. doi:10.3168/jds.2017-13727
- [13] Allen JD, Hall LW, Collier RJ et al. Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. *J Dairy Sci* 2015; 98: 118–127. doi:10.3168/jds.2013-7704

- [14] Cook NB, Mentink RL, Bennett TB et al. The Effect of Heat Stress and Lameness on Time Budgets of Lactating Dairy Cows. *J Dairy Sci* 2007; 90: 1674–1682. doi:10.3168/jds.2006-634
- [15] Calamari L, Abeni F, Calegari F et al. Metabolic conditions of lactating Friesian cows during the hot season in the Po valley. 2. Blood minerals and acid-base chemistry. *Int J Biometeorol* 2007; 52: 97–107. doi:10.1007/s00484-007-0097-4
- [16] Schneider PL, Beede DK, Wilcox CJ et al. Influence of Dietary Sodium and Potassium Bicarbonate and Total Potassium on Heat-Stressed Lactating Dairy Cows. *J Dairy Sci* 1984; 67: 2546–2553. doi:10.3168/jds.S0022-0302(84)81611-2
- [17] Schneider P, Beede D, Wilcox C. Nycterohemeral patterns of acid-base status, mineral concentrations and digestive function of lactating cows in natural or chamber heat stress environments. *J Anim Sci* 1988; 66: 112–125
- [18] de Andrade Ferrazza R, Mogollón García HD, Vallejo Aristizábal VH et al. Thermoregulatory responses of Holstein cows exposed to experimentally induced heat stress. *J Therm Biol* 2017; 66: 68–80. doi:10.1016/j.jtherbio.2017.03.014
- [19] Spiers DE, Spain JN, Sampson JD et al. Use of physiological parameters to predict milk yield and feed intake in heat-stressed dairy cows. *J Therm Biol* 2004; 29: 759–764. doi:10.1016/j.jtherbio.2004.08.051
- [20] Lamp O, Derno M, Otten W et al. Metabolic heat stress adaptation in transition cows: Differences in macronutrient oxidation between late-gestating and early-lactating German Holstein dairy cows. *PLoS One* 2015; 10: e0125264
- [21] Gorniak T, Meyer U, Südekum K-H et al. Impact of mild heat stress on dry matter intake, milk yield and milk composition in mid-lactation Holstein dairy cows in a temperate climate. *Arch Anim Nutr* 2014; 68: 358–369. doi:10.1080/1745039X.2014.950451
- [22] West JW, Mullinix BG, Bernard JK. Effects of Hot, Humid Weather on Milk Temperature, Dry Matter Intake, and Milk Yield of Lactating Dairy Cows. *J Dairy Sci* 2003; 86: 232–242. doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)73602-9
- [23] Ammer S, Lambertz C, Soosten D et al. Impact of diet composition and temperature-humidity index on water and dry matter intake of high-yielding dairy cows. *J Anim Physiol Anim Nutr* 2018; 102: 103–113
- [24] Min L, Cheng J-b, Shi B-l et al. Effects of heat stress on serum insulin, adipokines, AMP-activated protein kinase, and heat shock signal molecules in dairy cows. *Journal of Zhejiang University-SCIENCE B* 2015; 16: 541–548. doi:10.1631/jzus.B1400341
- [25] El-Nouty FD, Elbanna IM, Davis TP et al. Aldosterone and ADH response to heat and dehydration in cattle. *J Appl Physiol* 1980; 48: 249–255. doi:10.1152/jappl.1980.48.2.249
- [26] Guo JR, Monteiro APA, Weng XS et al. Short communication: Effect of maternal heat stress in late gestation on blood hormones and metabolites of newborn calves. *J Dairy Sci* 2016; 99: 6804–6807. doi:10.3168/jds.2016-11088
- [27] Laporta J, Fabris TF, Skibieli AL et al. In utero exposure to heat stress during late gestation has prolonged effects on the activity patterns and growth of dairy calves. *J Dairy Sci* 2017; 100: 2976–2984. doi:10.3168/jds.2016-11993
- [28] Monteiro APA, Tao S, Thompson IM et al. Effect of heat stress during late gestation on immune function and growth performance of calves: Isolation of altered colostral and calf factors. *J Dairy Sci* 2014; 97: 6426–6439. doi:10.3168/jds.2013-7891
- [29] Strong RA, Silva EB, Cheng HW et al. Acute brief heat stress in late gestation alters neonatal calf innate immune functions. *J Dairy Sci* 2015; 98: 7771–7783. doi:10.3168/jds.2015-9591
- [30] Tao S, Monteiro APA, Thompson IM et al. Effect of late-gestation maternal heat stress on growth and immune function of dairy calves. *J Dairy Sci* 2012; 95: 7128–7136. doi:10.3168/jds.2012-5697
- [31] Biffani S, Bernabucci U, Vitali A et al. Short communication: Effect of heat stress on nonreturn rate of Italian Holstein cows. *J Dairy Sci* 2016; 99: 5837–5843. doi:10.3168/jds.2015-10491
- [32] Schüller LK, Burfeind O, Heuwieser W. Impact of heat stress on conception rate of dairy cows in the moderate climate considering different temperature-humidity index thresholds, periods relative to breeding, and heat load indices. *Theriogenology* 2014; 81: 1050–1057. doi:10.1016/j.theriogenology.2014.01.029
- [33] Schüller LK, Burfeind O, Heuwieser W. Effect of short- and long-term heat stress on the conception risk of dairy cows under natural service and artificial insemination breeding programs. *J Dairy Sci* 2016; 99: 2996–3002. doi:10.3168/jds.2015-10080
- [34] Aengwanich W, Kongbuntad W, Boonsorn T. Effects of shade on physiological changes, oxidative stress, and total antioxidant power in Thai Brahman cattle. *Int J Biometeorol* 2011; 55: 741–748. doi:10.1007/s00484-010-0389-y
- [35] Bernabucci U, Ronchi B, Lacetera N et al. Markers of Oxidative Status in Plasma and Erythrocytes of Transition Dairy Cows During Hot Season. *J Dairy Sci* 2002; 85: 2173–2179. doi:10.3168/jds.S0022-0302(02)74296-3
- [36] Gantner V, Bobic T, Gantner R et al. Differences in response to heat stress due to production level and breed of dairy cows. *Int J Biometeorol* 2017; 61: 1675–1685. doi:10.1007/s00484-017-1348-7
- [37] Lambertz C, Sanker C, Gauly M. Climatic effects on milk production traits and somatic cell score in lactating Holstein-Friesian cows in different housing systems. *J Dairy Sci* 2014; 97: 319–329. doi:10.3168/jds.2013-7217
- [38] Min L, Cheng J, Zhao S et al. Plasma-based proteomics reveals immune response, complement and coagulation cascades pathway shifts in heat-stressed lactating dairy cows. *J Proteomics* 2016; 146: 99–108. doi:10.1016/j.jpro.2016.06.008
- [39] Min L, Zheng N, Zhao S et al. Long-term heat stress induces the inflammatory response in dairy cows revealed by plasma proteome analysis. *Biochem Biophys Res Commun* 2016; 471: 296–302. doi:10.1016/j.bbrc.2016.01.185
- [40] do Amaral BC, Connor EE, Tao S et al. Heat stress abatement during the dry period influences metabolic gene expression and improves immune status in the transition period of dairy cows. *J Dairy Sci* 2011; 94: 86–96. doi:10.3168/jds.2009-3004
- [41] Brügemann K, Gernand E, König von Borstel U et al. Defining and evaluating heat stress thresholds in different dairy cow production systems. *Arch Anim Breed* 2012; 55: 13–24. doi:10.5194/aab-55-13-2012
- [42] Herbut P, Angrecka S, Walczak J. Environmental parameters to assessing of heat stress in dairy cattle – a review. *Int J Biometeorol* 2018; 62: 2089–2097. doi:10.1007/s00484-018-1629-9
- [43] Berman A, Horovitz T, Kaim M et al. A comparison of THI indices leads to a sensible heat-based heat stress index for shaded cattle that aligns temperature and humidity stress. *Int J Biometeorol* 2016; 60: 1453–1462. doi:10.1007/s00484-016-1136-9
- [44] National Research Council. Temperature-Humidity Index (THI). In: A guide to environmental research on animals. Washington: National Academies; 1971: 77
- [45] Vitali A, Bernabucci U, Nardone A et al. Effect of season, month and temperature humidity index on the occurrence of clinical mastitis in dairy heifers. *Adv Anim Biosci* 2016; 7: 250–252. doi:10.1017/S2040470016000315
- [46] Vitali A, Segnalini M, Bertocchi L et al. Seasonal pattern of mortality and relationships between mortality and temperature-humidity index in dairy cows. *J Dairy Sci* 2009; 92: 3781–3790
- [47] Morignat E, Perrin J-B, Gay E et al. Assessment of the impact of the 2003 and 2006 heat waves on cattle mortality in France. *PLoS One* 2014; 9: e93176

- [48] Dirksen G, Gründer H-D, Grunert E et al. Die klinische Untersuchung des Rindes. 4. (unveränderte). Aufl. Stuttgart: Enke Verlag in MVS Medizinverlage Stuttgart GmbH & Co. KG; 2012
- [49] Van Es AJH. Feed evaluation for dairy cows. *Livestock Production Science* 1975; 2: 95–107. doi:10.1016/0301-6226(75)90029-9
- [50] Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. 1. Aufl. Aufl. Frankfurt am Main: DLG-Verlag; 2001
- [51] Curtis AK, Scharf B, Eichen PA et al. Relationships between ambient conditions, thermal status, and feed intake of cattle during summer heat stress with access to shade. *J Therm Biol* 2017; 63: 104–111. doi:10.1016/j.jtherbio.2016.11.015
- [52] Tapki İ, Şahin A. Comparison of the thermoregulatory behaviours of low and high producing dairy cows in a hot environment. *Appl Anim Behav Sci* 2006; 99: 1–11. doi:10.1016/j.applanim.2005.10.003
- [53] Smith DL, Smith T, Rude BJ et al. Short communication: Comparison of the effects of heat stress on milk and component yields and somatic cell score in Holstein and Jersey cows. *J Dairy Sci* 2013; 96: 3028–3033. doi:10.3168/jds.2012-5737
- [54] Bernabucci U, Biffani S, Buggiotti L et al. The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. *J Dairy Sci* 2014; 97: 471–486. doi:10.3168/jds.2013-6611
- [55] Wang Y, Huang J, Xia P et al. Genetic variations of HSBP1 gene and its effect on thermal performance traits in Chinese Holstein cattle. *Mol Biol Rep* 2013; 40: 3877–3882
- [56] Li Q, Han J, Du F et al. Novel SNPs in HSP70A1A gene and the association of polymorphisms with thermo tolerance traits and tissue specific expression in Chinese Holstein cattle. *Mol Biol Rep* 2011; 38: 2657–2663