

## Auswirkung der Stallhaltung während der heißesten Tageszeit auf die Hitzestressbelastung von weidenden Milchkühen

Effect of keeping grazing dairy cows in the barn during the hottest time of the day on heat stress response

ALICE PONTIGGIA, ANDREAS MÜNGER, MIRJAM HOLINGER, STEFANIE AMMER, RUPERT BRUCKMAIER, FRIGGA DOHME-MEIER, NINA KEIL

### Zusammenfassung

Direkte Sonneneinstrahlung kombiniert mit der internen metabolischen Wärmeproduktion machen weidende Milchkühe besonders anfällig für Hitzestress. Hitzestress beeinträchtigt die Leistung, die Gesundheit und das Wohlbefinden der Tiere. Ziel der Studie war, unter moderaten Klimabedingungen das Hereinholen von Milchkühen in den Stall während der heißesten Tageszeit als Maßnahme zur Reduzierung von Hitzestress zu evaluieren. Die Vaginaltemperatur, die Herz- und Atemfrequenz sowie die Fress-, Wiederkau- und Liegedauer von insgesamt 38 Holstein-Milchkühen wurde über 12 Perioden mit moderatem Hitzestress im Sommer 2018 und 2019 erhoben. Vormittags waren alle Kühe auf der Weide. Um 11:30 Uhr wurde die Hälfte der Tiere bis zum Nachmittagsmelken in den Stall geholt, in dem signifikant kühlere Bedingungen herrschten. Die Daten wurden pro Tag für AM (09:00–11:00 Uhr) und PM (12:30–14:30) analysiert. Während AM unterschieden sich die Milchkühe nicht in den erhobenen Indikatoren. Während PM stiegen Vaginaltemperatur sowie die Herz- und die Atmungsfrequenz mit zunehmender Hitzebelastung und waren bei den im Stall gehaltenen Kühen tiefer als bei den Kühen auf der Weide. Während PM verringerte sich die Fressdauer mit zunehmender Hitzebelastung bei den Kühen auf der Weide. Ein Einfluss der Hitzebelastung auf die Wiederkaudauer und Liegedauer war nicht nachweisbar. Milchkühe während der heißesten Tageszeit im Stall zu halten, verringert offenbar die Belastung durch steigende Temperaturen und dürfte daher eine geeignete Abkühlungsmaßnahme sein.

### Summary

Direct solar radiation coupled with internal metabolic heat production make grazing dairy cows particularly vulnerable to heat stress. Heat stress impairs performance as well as animal health and welfare. The objective of this study was to evaluate the effect of keeping grazing dairy cows in the barn during the hottest time of day as a measure to reduce heat stress under moderate climate. Vaginal temperature, heart and respiratory rates, and feeding, ruminating and lying behavior of 38 Holstein dairy cows were

collected over 12 periods of moderate heat stress during summer 2018 and 2019. In the morning, all cows were on pasture. At 11:30 hours, half of the animals were brought into the barn until afternoon milking, where significantly cooler conditions prevailed. The data was analyzed per day for AM (9:00–11:00) and PM (12:30–14:30). During AM, dairy cows did not differ in the measured indicators. During PM, vaginal temperature, heart- and respiration rate increased with increasing heat load and were lower in cows kept inside the barn than in cows remaining on pasture. During PM, feeding duration decreased with increasing heat load in cows remaining on pasture. An influence of heat load on the ruminating and lying behavior was not detectable. Keeping dairy cows inside the barn during the hottest part of the day apparently reduces the exposure to rising temperatures and thus seems to be an appropriate cooling measure.

## 1 Einleitung und Zielsetzung

Hitzestress tritt auf, wenn die äußeren Umweltbedingungen und die internen Stoffwechselvorgänge eine Wärmebelastung verursachen, die die Thermoregulationskapazität des Organismus überfordern, sodass sich dadurch die Körperkerntemperatur erhöht (Bernabucci et al. 2010). Die negativen Auswirkungen von Hitzestress auf die Gesundheit und Produktivität von Milchkühen wurden in subtropischen und tropischen Regionen gut erforscht (Renaudeau et al. 2012, West et al. 2003). Während Hitzeperioden reduzieren Milchkühe ihre Futteraufnahme, was zu tieferen Milchleistungen und Veränderungen der Milchzusammensetzung führen kann (West et al. 2003). Außerdem beeinträchtigt Hitzestress die Gesundheit und das Wohlbefinden der Tiere (Silanikove 2000). Ähnliche negative Auswirkungen von Hitzestress auf Futteraufnahme, Milchleistung und -zusammensetzung sowie auf den Stoffwechsel wurden auch unter moderaten Klimabedingungen beobachtet (Ammer et al. 2018, Van Laer et al. 2015).

Der Einfluss von Hitzestress auf die Futteraufnahme lässt sich damit erklären, dass sich durch eine verringerte Trockensubstanzaufnahme und verkürzte Wiederkäuzeiten (Ammer et al. 2018, Moretti et al. 2017) die metabolische Wärmeproduktion vermindert (Kadzere et al. 2002). Weiter versuchen Kühe unter Hitzestress vermehrt Körperwärme abzugeben. Dazu erhöhen Kühe zum Beispiel ihre Atem- (Kadzere et al. 2002) und Herzfrequenz (Jo et al. 2021). Hitzegestresste Milchkühe in Laufstallhaltung verringern zudem die Liegezeit, um die Wärmeabgabe im Stehen zu erleichtern (Herbut und Angrecka 2018).

Die kontinuierliche direkte Sonneneinstrahlung, kombiniert mit der internen metabolischen Wärmeproduktion durch die ruminalen Fermentationsprozesse und die Milchsynthese, machen weidende Milchkühe besonders anfällig für Hitzestress (Gauly et al. 2013, West 2003). Insbesondere der Anstieg der Vaginaltemperatur ist bei weidenden Milchkühen ein aussagekräftiger Indikator für Hitzestress (Hoffmann et al. 2020). Für Weidesysteme ist Zugang zu Schatten eine effiziente Kühlungsmaßnahme für hitzestressste Kühe (Kendall et al. 2006, Van Laer et al. 2015). In intensiven Weidesystemen mit

Umtriebsweide ist es jedoch oft schwierig, angemessene Schattenstrukturen anzubieten (Van Laer et al. 2014). Um die Kühe vor der stärksten Sonneneinstrahlung zu schützen, besteht die Möglichkeit, die Kühe nur morgens nach dem Melken und nachts zu weiden, während sie nachmittags im Stall zu lassen (Thanner et al. 2014).

Ziel dieser Studie war, unter moderaten Klimabedingungen zu evaluieren, inwieweit das Hereinholen in den Stall während der heißesten Tageszeit eine wirkungsvolle Maßnahme zur Reduzierung von Hitzestress bei weidenden Milchkühen ist. Die Datenaufnahme erfolgte in Perioden mit moderatem Hitzestress, der physiologisch mithilfe der Körpertemperatur (Vaginaltemperatur), Atem- und Herzfrequenz erfasst wurde. Zudem wurde ebenfalls das Fress-, Wiederkau-, und Liegeverhalten der Kühe analysiert. Es wurde angenommen, dass Kühe, die während der heißesten Tageszeit im Stall gehalten werden, eine niedrigere Vaginaltemperatur, eine langsamere Atem- und Herzfrequenz sowie eine längere Fress-, Wiederkau- und Liegedauer im Vergleich zu ausschließlich auf der Weide gehaltenen Kühen aufweisen.

## 2 Tiere, Material und Methoden

### 2.1 Versuchstiere und Haltung

Die Datenaufnahme erfolgte an insgesamt 38 Milchkühen der Rasse Holstein ( $2,6 \pm 1,4$  Laktationen (Mittelwert  $\pm$  SD); während der Sommerperioden 2018 (06. Juni bis 7. September) und 2019 (15. Juni bis 1. September). In jedem Versuchsjahr wurden 24 Kühe getestet, sodass im Sommer 2019 zehn der 24 Kühe aus dem Sommer 2018 wieder eingesetzt wurden. Vor Beginn der Datenerfassung hatten die Kühe 2018 und 2019 eine Milchleistung von  $35,2 \pm 5,4$  kg Milch/Tag bzw.  $32,1 \pm 6,1$  kg Milch/Tag und waren  $103 \pm 26$  Tage bzw.  $125 \pm 20$  Tage in Laktation. Alle Kühe erhielten nach dem Melken Kraftfutter (mineralisierte Getreidemischung) entsprechend der aktuellen Milchleistung (tägliche Gabe: mindestens 1,8 kg bis maximal 4,2 kg). Wasser und nicht jodiertes Viehsalz stand ad libitum zur Verfügung.

Auf der Weide war keine Beschattung vorhanden. Alle Tiere weideten in Kleingruppen zu je vier Kühen in sechs nebeneinanderliegenden Parzellen. Die Tiere der Weidegruppen (12 Tiere, drei Gruppen) erhielten Vollweide und kamen nur zum Melken in den Stall (04:00–08:00 Uhr und 14:45–17:30 Uhr). Die Tiere der Stallgruppen (12 Tiere, drei Gruppen) weidete nach dem Morgenmelken bis 11:30 Uhr und wurden anschließend bis zum Melken am Nachmittag in den Laufstall gebracht, wo sie Zugang zu Heu hatten. Nach dem Melken am Nachmittag gingen alle Kühe wieder auf die Weide.

### 2.2 Material und Methoden

Die Lufttemperatur (T, °C), die relative Luftfeuchtigkeit (RH, %), die Windgeschwindigkeit (WS, m/s) und die Sonneneinstrahlung (Rad, W/m<sup>2</sup>) wurden kontinuierlich jede Minute von einer lokalen Wetterstation (Onset, Bourne, USA) auf der Weide aufgezeichnet.

Die T und die RH wurden alle zehn Minuten von Sensoren im Stall aufgezeichnet (Testo 175 H1, Testo Spa, IT). Ein Anemometer erfasste die WS im Stall (Strömungssensor SS 20.501, SCHMIDT® Technology, St. Georgen, DE). Diese Parameter wurden zur Berechnung des Comprehensive Climate Index (CCI) auf der Weide und im Stall verwendet, der die gefühlte Temperatur in °C widerspiegelt (Mader et al. 2010, 2011).

Die Daten wurden während insgesamt 12 Versuchsperioden (sechs 2018 und sechs 2019) erhoben. In den jeweils zwei aufeinanderfolgenden Versuchsperioden wurden die Weidegruppen und Stallgruppen getauscht, sodass jedes Tier seine eigene Kontrolle war (cross-over design). Aus den 12 Versuchsperioden wurde je eine geeignete Stichprobe aus 1–3 Tagen mit  $CCI_{PM}$  im Stall  $< CCI_{PM}$  auf der Weide für die Analysen ausgewählt (was für 84 % der Versuchstage der Fall war). Insgesamt gingen 27 Tage in die Analyse ein. Es wurden jeweils zwei Zeitintervalle pro Tag, vormittags von 09:00 bis 11:00 Uhr (AM) und nachmittags von 12:30 bis 14:30 Uhr (PM) ausgewertet.

Ein modifizierter interner Medikamentenfreisetzer (Eazy-Breed™ CIDR®, Par-sippany, USA), der mit einem Temperaturlogger (Star-Oddi, DST micro-T logger, Garðabær, IS) ausgestattet war, wurde in die Vagina jeder Kuh eingeführt, um die Vaginaltemperatur alle zehn Minuten zu erfassen. Die Atemfrequenz wurde während AM und PM von zwei Beobachtern direkt in Intervallen von zehn Minuten im Wechsel zwischen den sechs Gruppen erhoben. Die Herzfrequenz wurde mit dem PolarTeam Pro System (Polar Electro Oy, Kempele, Finnland) aufgezeichnet.

Die Fress- und Wiederkaudauer wurden kontinuierlich mit dem Rumiwatch-Halfter (Itin + Hoch GmbH, Fütterungstechnik, Liestal, CH) und die Liegedauer mit einem am Bein befestigten Beschleunigungssensor (MSR145 data logger, MSR Electronics GmbH, Seuzach, CH) erfasst.

### 2.3 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte in R (Version 4.1.0). Um die Autokorrelation innerhalb eines Tages zu umgehen, wurden die Daten auf einzelne Beobachtungen pro Tag, Tier und Zeitfenster (AM/PM) zusammengefasst. Für die Zielvariablen (Vaginaltemperatur, Atem-, Herzfrequenz, Fressdauer, Wiederkaudauer und Liegedauer) sowie den CCI wurde der jeweilige Mittelwert über die Beobachtungsdauer (2 h) berechnet.

Es wurde getestet, inwieweit sich die beiden Zeitfenster sowie die Bedingungen während PM auf der Weide und im Stall hinsichtlich des CCI unterschieden (T-Test für verbundene Stichproben). Die weitere Datenauswertung erfolgte mit gemischten Effekte Modellen. Es wurde untersucht, ob sich die Tiere der Stall- und Weidegruppen während AM und PM in Vaginaltemperatur, Herzfrequenz, Atemfrequenz und den Verhaltensindikatoren unterscheiden.

Weiter wurde für die Beobachtungsperiode während PM separat für die Stall- und Weidegruppe untersucht, inwieweit die Hitzebelastung (CCI) einen Einfluss auf die untersuchten Zielvariablen hatte. Um das Versuchsdesign abzubilden und die wiederholten Messungen pro Tier zu berücksichtigen, wurde in die Modelle als zufällige Effekte die Tieridentität genestet in der Gruppe und der Tag genestet in der Periode aufgenommen.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Klimatische Bedingungen

Während der analysierten Tage betrug der durchschnittliche CCI in 24 h auf der Weide  $24,2 \pm 2,4$  °C (min–max = 18,8–28,5 °C), was einem THI von  $64,6 \pm 2,8$  (min–max = 57,8–68,8) entspricht. Der durchschnittliche  $CCI_{AM}$  auf der Weide betrug  $27,5 \pm 3,8$  °C (min–max = 19,6–33,3 °C). Der durchschnittliche  $CCI_{PM}$  im Stall betrug  $27,9 \pm 2,0$  °C (min–max = 23,6–31,1 °C) und auf der Weide  $32,0 \pm 2,7$  °C (min–max = 26,9–36,3 °C). Auf der Weide war der  $CCI_{AM}$  damit um etwa 4,5 °C tiefer als der  $CCI_{PM}$  ( $p < 0,001$ ). Es wurde kein Unterschied zwischen  $CCI_{PM}$  im Stall und  $CCI_{AM}$  auf der Weide gefunden ( $p = 0,48$ ). Im Stall war der  $CCI_{PM}$  um etwa 4,1 °C tiefer als der  $CCI_{PM}$  auf der Weide ( $p < 0,001$ ).

#### 3.2 Unterschiede zwischen den Behandlungsgruppen während AM (beide auf der Weide)

Die Vaginaltemperatur ( $p = 0,214$ ; Tab. 1), die Atemfrequenz ( $p = 0,999$ ), die Fressdauer ( $p = 0,168$ ), die Wiederkaudauer ( $p = 0,665$ ) und die Liegedauer ( $p = 0,834$ ) während der zwei Stunden am Vormittag unterschieden sich nicht zwischen Weide- und Stallgruppe. Die Herzfrequenz war mit einer Differenz von 1,4 Schlägen/min in der Stallgruppe höher als in der Weidegruppe ( $p = 0,040$ ).

#### 3.3 Unterschiede zwischen Weide- (auf der Weide) und Stallgruppe (im Stall) während PM

Die Weidegruppe hatte eine höhere Vaginaltemperatur ( $p < 0,001$ ), eine höhere Atemfrequenz ( $p < 0,001$ ) und eine höhere Herzfrequenz ( $p < 0,001$ ) als die Stallgruppe. Die Tiere in der Weidegruppe fraßen länger ( $p < 0,001$ ), kauten weniger wieder ( $p < 0,001$ ) und lagen ( $p < 0,001$ ) weniger als die Stallgruppe.

#### 3.4 Einfluss der Hitzebelastung (CCI) auf die untersuchten Indikatoren während PM

Die Vaginaltemperatur (Weidegruppe:  $p < 0,001$ ; Stallgruppe:  $p = 0,015$ ) und die Atemfrequenz korrelierten positiv mit dem CCI der Weide- sowie der Stallgruppe (beide  $p < 0,001$ ). Die Herzfrequenz korrelierte positiv mit dem CCI der Weidegruppe ( $p = 0,031$ ), während kein Effekt in der Stallgruppe nachweisbar war ( $p = 0,726$ ).

Die Fressdauer korrelierte negativ mit dem CCI der Weidegruppe ( $p < 0,01$ ), während kein Effekt in der Stallgruppe nachweisbar war ( $p = 0,118$ ). Es gab keinen nachweisbaren Effekt des CCI auf die Wiederkaudauer der Weide- ( $p = 0,548$ ) und der Stallgruppe ( $p = 0,739$ ). In der Weide- ( $p = 0,409$ ) und in der Stallgruppe ( $p = 0,481$ ) war kein Effekt des CCI auf die Liegedauer nachweisbar.

Tab. 1: Übersicht über die analysierten Indikatoren (Vaginaltemperatur, Atemfrequenz, Herzfrequenz, Fressdauer, Wiederkaudauer und Liegedauer (Mittelwert  $\pm$  SD)) während AM (9:00–11:00) und PM (12:30–14:30). Beide Gruppen befanden sich AM auf der Weide, PM befand sich die Weidegruppe auf der Weide, die Stallgruppe im Stall.

Tab. 1: Summary (mean  $\pm$  SD) of the analyzed indicators (vaginal temperature, respiration rate, heart rate, feeding, ruminating and lying) during AM (9:00–11:00) and PM (12:30–14:30). Both groups were on pasture AM, for PM the pasture group was on pasture, the barn group in the barn.

| Indikator         | Einheit                | AM              |                 | PM              |                 |
|-------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                   |                        | Weidegruppe     | Stallgruppe     | Weidegruppe     | Stallgruppe     |
| Vaginaltemperatur | °C                     | 38,4 $\pm$ 0,2  | 38,4 $\pm$ 0,2  | 38,8 $\pm$ 0,4  | 38,5 $\pm$ 0,3  |
| Atemfrequenz      | Atemzüge pro Minute    | 54,2 $\pm$ 15,7 | 53,4 $\pm$ 17,7 | 67,9 $\pm$ 20,5 | 46,6 $\pm$ 13,2 |
| Herzfrequenz      | Herzschläge pro Minute | 74,6 $\pm$ 8,6  | 76,0 $\pm$ 8,5  | 77,8 $\pm$ 9,6  | 69,2 $\pm$ 8,3  |
| Fressdauer        | Minuten                | 84,0 $\pm$ 32,6 | 85,4 $\pm$ 34,1 | 31,2 $\pm$ 28,5 | 6,96 $\pm$ 10,4 |
| Wiederkaudauer    | Minuten                | 7,75 $\pm$ 15,9 | 7,56 $\pm$ 15,6 | 16,8 $\pm$ 21,5 | 64,0 $\pm$ 20,8 |
| Liegedauer        | Minuten                | 14,4 $\pm$ 24,3 | 14,5 $\pm$ 24,1 | 23,3 $\pm$ 28,7 | 69,1 $\pm$ 38,2 |

Fettgedruckte Schätzwerte: Vergleich Weide- vs. Stallgruppe  $p < 0,05$

Tabelle 2 zeigt eine Modellschätzung der analysierten Indikatoren in Beziehung zum Comprehensive Climate Index (CCI) während PM (12:30–14:30).

Tab. 2: Modellschätzung (geschätzte Veränderung pro Einheit CCI Anstieg) der analysierten Indikatoren (Vaginaltemperatur, Atemfrequenz, Herzfrequenz, Fressdauer, Wiederkaudauer, und Liegedauer) in Beziehung zum Comprehensive Climate Index (CCI) während PM (12:30–14:30). Die Weidegruppe befand sich auf der Weide, die Stallgruppe im Stall.

Tab. 2: Model estimation (estimated change per unit increase in CCI) of the analyzed indicators (vaginal temperature, respiration rate, heart rate, feeding, ruminating and lying) in relation to the Comprehensive Climate Index (CCI) during PM (12:30–14:30). The pasture group was on pasture, the barn group in the barn.

| Indikator         | Einheit                | Weidegruppe            |                        | Stallgruppe            |                        |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                   |                        | geschätzte Veränderung | 95%-Konfidenzintervall | geschätzte Veränderung | 95%-Konfidenzintervall |
| Vaginaltemperatur | °C                     | 0,063                  | 0,039; 0,086           | 0,027                  | 0,006; 0,047           |
| Atemfrequenz      | Atemzüge pro Minute    | 3,8                    | 2,1; 5,7               | 2,3                    | 1,3; 3,4               |
| Herzfrequenz      | Herzschläge pro Minute | 0,57                   | 0,056; 1,1             | 0,24                   | -0,63; 1,00            |
| Fressdauer        | Minuten                | -4,6                   | -7,1; -2,0             | -0,65                  | -1,5; 0,18             |
| Wiederkaudauer    | Minuten                | -0,49                  | -1,9; 1,1              | 0,24                   | -1,3; 1,7              |
| Liegedauer        | Minuten                | -1,26                  | -4,1; 1,8              | 0,76                   | -2,0; 3,4              |

Fettgedruckte Schätzwerte: Einfluss CCI auf Indikator  $p < 0,05$

## 4 Diskussion

In dieser Studie wurde das Hereinholen von weidenden Milchkühen in den Stall während der heißesten Tageszeit als Maßnahme zur Reduzierung von Hitzestress unter moderaten Klimabedingungen evaluiert. Der gemessene CCI war im Stall an den untersuchten Tagen geringer als auf der Weide und die physiologischen Indikatoren von Hitzestress zeigten eine geringere Belastung der Kühe im Stall im Vergleich zur Weide. Die erhobenen Verhaltensindikatoren unterschieden sich ebenfalls zwischen den Behandlungsgruppen, jedoch dürften diese Unterschiede eher auf die unterschiedlichen Haltungs- als Klimabedingungen zurückzuführen sein.

Unter moderaten klimatischen Bedingungen liegt die Schwelle für Hitzestress für Milchkühe bei einem durchschnittlichen täglichen THI-Wert von  $> 60$  (Brügemann et al. 2012). An den untersuchten Tagen war der durchschnittliche tägliche THI-Wert  $> 65$ , sodass davon auszugehen ist, dass die untersuchten Kühe einer moderaten Hitzebelastung ausgesetzt waren. Zwischen der Weide- und der Stallgruppe wurden am Vormittag kaum Unterschiede bei den erhobenen Indikatoren festgestellt. Der nachweisbare Unterschied in der Herzfrequenz von 1,4 Schlägen pro Minute zwischen der Weide- und der Stallgruppe dürfte biologisch nicht relevant sein. Somit kann davon ausgegangen werden, dass für beide Gruppen die gleiche Ausgangsbasis für die Untersuchung des Effekts der Stallhaltung während der heißesten Tageszeit gegeben war. Hierfür wurden nur Tage betrachtet, an denen der CCI im Stall tiefer war als auf der Weide, was der Mehrheit der gemessenen Tage entsprach (84 %).

Die Ergebnisse zeigen, dass die Milchkühe während PM auf zunehmende Hitzebelastung (CCI) mit einem Anstieg der Vaginaltemperatur und Atemfrequenz reagierten. Die im Stall gehaltenen Kühe hatten während PM eine um  $0,3\text{ °C}$  niedrigere durchschnittliche Vaginaltemperatur als die Kühe auf der Weide. Die durchschnittliche Atemfrequenz der Kühe im Stall während PM war um 21 Atemzüge pro Minute geringer als bei den Kühen auf der Weide. Darüber hinaus wurde eine als hoch einzustufende durchschnittliche Atemfrequenz ( $> 60$  Atemzüge pro Minute) nur bei den weidenden Kühen beobachtet. Weiter senkte der Stallaufenthalt die durchschnittliche Herzfrequenz der Kühe um 8,6 Schläge pro Minute. Ein Effekt von CCI auf die Herzfrequenz konnte aber nur bei den Kühen auf der Weide beobachtet werden. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass nicht nur die günstigeren klimatischen Bedingungen, sondern auch andere Faktoren für die tiefere Herzfrequenz im Stall verantwortlich sind, wie zum Beispiel die reduzierte Bewegung (siehe Liegezeit). Insgesamt zeigen diese Daten jedoch, dass sich der Hitzestress der Kühe durch das Hereinholen in den Stall verringern ließ. In weiteren Untersuchungen müsste geklärt werden, welche Zeitfenster hinsichtlich der Uhrzeit und Dauer die größte Wirkung haben und inwieweit sich auch in anderen Ställen ähnliche CCI-Gradienten erzielen lassen.

Zwischen den beiden Gruppen gab es nachweisbare Unterschiede in der Fress- und Wiederkaudauer sowie der Liegedauer. Die Kühe im Stall verbrachten weniger Zeit mit



Fressen, kauten mehr wieder und lagen mehr als die Kühe auf der Weide. Ein Effekt des CCI auf diese Verhaltensweisen konnte jedoch nur bei der Fressdauer auf der Weide beobachtet werden. Hier verringerte sich erwartungsgemäß die Fressdauer mit steigendem CCI. Entgegen den Erwartungen zeigten die Kühe keine deutliche Verringerung der Wiederkau- und Liegedauer mit zunehmendem Hitzestress. Die gefundenen Unterschiede dürften somit eher auf die sich stark unterscheidenden Haltungsbedingungen zurückzuführen sein als auf die unterschiedliche Hitzebelastung. Anscheinend waren andere Faktoren, wie z. B. die verfügbare Fläche oder die Futterqualität hier von größerer Bedeutung.

Basierend auf den Ergebnissen dieser Studie lässt sich zusammenfassend sagen, dass im Stall gehaltene Milchkühe während der heißesten Tageszeit geringere physiologische Reaktionen auf Hitze gegenüber Kühen auf der Weide zeigten. Unter der Voraussetzung von ähnlichen Klimabedingungen im Stall und auf der Weide wie in dieser Studie gemessen, dürfte die Stallhaltung während der heißesten Tageszeit somit eine effiziente Kühlungsmaßnahme für Kühe sein.

## Literatur

- Ammer, S.; Lambert, C.; von Soosten, D.; Zimmer, K.; Meyer, U.; Dänicke, S.; Gauly, M. (2018): Impact of diet composition and temperature-humidity index on water and dry matter intake of high-yielding dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 102(1), pp. 103-113, doi: 10.1111/jpn.12664
- Bernabucci, U.; Lacetera, N.; Baumgard, L.H.; Rhoads, R.P.; Ronchi, B.; Nardone, A. (2010): Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal* 4(7), pp. 1167-1183, doi: 10.1017/S175173111000090X
- Brügemann, K.; Erhard, G.; König von Borstel, U.; König, S. (2012): Defining and evaluating heat stress thresholds in different dairy cow production systems. *Archiv für Tierzucht* 55(1), pp. 13-24, doi: 10.5194/aab-55-13-2012
- Gauly, M.; Bollwein, H.; Breves, G.; Brügemann, K.; Dänicke, S.; Daş, G.; Demeler, J.; Hansen, H.; Isselstein, J.; König, S.; Lohölter, M.; Martinsohn, M.; Meyer, U.; Potthoff, M.; Sanker, C.; Schröder, B.; Wrage, N.; Meibaum, B.; von Samson-Himmelstjerna, G.; Stinshoff, H.; Wrenzycki, C. (2013): Future consequences and challenges for dairy cow production systems arising from climate change in Central Europe – a review. *Animal* 7(5), pp. 843-859, doi: 10.1017/S1751731112002352
- Herbut, P.; Angrecka, S. (2018): Relationship between THI level and dairy cows' behaviour during summer period. *Italian Journal of Animal Science* 17(1), pp. 226-233, doi: 10.1080/1828051x.2017.1333892
- 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* 199, pp. 83-96, doi: 10.1016/j.biosystemseng.2019.10.017
- Jo, J.-H.; Ghassemi Nejad, J.; Peng, D.-Q.; Kim, H.-R.; Kim, S.-H.; Lee, H.-G. (2021): Characterization of short-term heat stress in Holstein dairy cows using altered indicators of metabolomics, blood parameters, milk microRNA-216 and characteristics. *Animals* 11(3), pp. 722-741, doi:10.3390/ani11030722



- Kendall, P.E.; Nielsen, P.P.; Webster, J.R.; Verkerk, G.A.; Littlejohn, R.P.; Matthews, L.R. (2006): The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate. *Livestock Science* 103(1-2), pp. 148-157, doi: 10.1016/j.livsci.2006.02.004
- Kadzere, C.T.; Murphy, M.R.; Silanikove, N.; Maltz, E. (2002): Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science* 77(1), pp. 59-91, doi: 10.1016/S0301-6226(01)00330-X
- Mader, T.L.; Johnson, L.J.; Gaughan, J.B. (2010): A comprehensive index for assessing environmental stress in animals. *Journal of Animal Science* 88(6), pp. 2153-2165, doi: 10.2527/jas.2009-2586
- Mader, T.L.; Johnson, L.J.; Gaughan, J.B. (2011): Erratum to "A comprehensive index for assessing environmental stress in animals" (*Journal of Animal Science* 88(6), pp. 2153-2165). *Journal of Animal Science* 89(9), p. 2955, doi: 10.2527/jas.2011-89-9-2955
- Moretti, R.; Biffani, S.; Chessa, S.; Bozzi, R. (2017): Heat stress effects on Holstein dairy cows' rumination. *Animal* 11(12), pp. 2320-2325, doi: 10.1017/S1751731117001173
- Renaudeau, D.; Collin, A.; Yahav, S.; de Basilio, V.; Gourdiene, J.L.; Collier, R.J. (2012): Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal* 6, pp. 707-728, doi: 10.1017/s1751731111002448
- Silanikove, N. (2000): Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science* 67(1-2), pp. 1-18, doi: 10.1016/S0301-6226(00)00162-7
- Thanner, S.; Schori, F.; Bruckmaier, R.M. (2014): Grazing behaviour, physical activity and metabolic profile of two Holstein strains in an organic grazing system. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 98(6), pp. 1143-1153, doi: 10.1111/jpn.12172
- Van Laer, E.; Moons, C.P.H.; Sonck, B.; Tuytens, F.A.M. (2014): Importance of outdoor shelter for cattle in temperate climates. *Livestock Science* 159(1), pp. 87-101, doi: 10.1016/j.livsci.2013.11.003
- Van Laer, E.; Tuytens, F.A.M.; Ampe, B.; Sonck, B.; Moons, C.P.H.; Vandaele, L. (2015): Effect of summer conditions and shade on the production and metabolism of Holstein dairy cows on pasture in temperate climate. *Animal* 9(9), pp. 1547-1558, doi: 10.1017/S1751731115000816
- West, J.W.; Mullinix, B.G.; Bernard, J.K. (2003): Effects of hot, humid weather on milk temperature, dry matter intake, and milk yield of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 86(1), pp. 232-242, doi: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73602-9
- West, J.W. (2003): Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 86(6), pp. 2131-2144, doi: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X

## Danksagung

Das Projekt wurde von den schweizerischen Bundesämtern für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV) sowie für Landwirtschaft (BLW) und der Fondation Sur-la-Croix, Basel, finanziell unterstützt. Vielen Dank an das Team von Agroscope Posieux (CH) für die Haltung und Pflege der Milchkühe und der Mithilfe bei den Versuchen.