

## 7 Einfluss der Wärmebelastung auf die Futter- und Wasseraufnahme sowie die Milchleistung von Kühen der Rasse Deutsche Holsteins

M. Otten,<sup>1,3</sup> H.-G. Schön<sup>1</sup>, J. Denißen<sup>2</sup>, S. Beintmann<sup>3</sup>, H. Westendarp<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, Osnabrück

<sup>2</sup>Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Bad Sassendorf

<sup>3</sup>VBZL Haus Riswick, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Kleve, martin.otten@lwk.nrw.de

### 1. Einleitung

Mehrere Studien zeigen eine Leistungsreduktion von Milchkühen bereits bei moderaten Hitzestressbedingungen (BRÜGEMANN et al. 2012, GORNIK et al. 2014). Um einen Bezug von Hitzestress auf die Leistungsparameter herzustellen, wurden meist mittlere tägliche Temperatur-Feuchtigkeits-Indices (THI) verwendet. Durch diese Parameter allein werden die negativen Effekte von Hitzestress nur rudimentär beschrieben, da die Kühe in gewissen Maßen in der Lage sind, Wärmebelastungen zu kompensieren (HERBUT et al. 2018). Folglich werden die Effekte von Hitzestress neben der Intensität von Hitzestress am Messtag auch von dem Wettergeschehen der vergangenen Tage beeinflusst. So beschreibt der THI zwei bis drei Tage vor der Messung den Rückgang der Futteraufnahme und Milchmenge exakter als der THI am Messtag (WEST et al. 2003). Eine Modellerweiterung stellt der zusätzliche Einbezug von zeitabhängigen Schwellenwertüberschreitungen im Tagesverlauf dar. Dadurch wird die Amplitude im Tagesgeschehen beschrieben, da sich die Tiere in kühlen Nachtstunden von Hitzestress erholen können und somit negative Effekte durch Hitzestress abgefedert werden (GORNIK et al. 2014). Um die Gesamtheit einer Wärmebelastung zu beschreiben, muss die Wärmebelastung am Messtag sowie an den Tagen vor der Messung berücksichtigt werden. Dazu entwickelten HEINICKE et al. (2019) ein Modell, um den Einfluss der Wärmebelastung auf das Aktivitätsverhalten von Milchkühen zu untersuchen. Die Wärmebelastung besteht aus mehreren zeitabhängigen Schwellenwertüberschreitungen sowie mittleren Tages-THI. Bisher wurde der Einfluss der Summe von direkten und verzögerten Wärmebelastungen auf die Leistungsparameter noch nicht unter Feldbedingungen beschrieben. Lediglich HERBUT et al. (2018) betrachtete die Dauer einer Wärmebelastung in Form von Temperatursummen auf die Milchmenge.

### 2. Material und Methoden

Im Zeitraum vom 23.05.2020 – 30.09.2020 wurden am Standort des Versuchs- und Bildungszentrums Landwirtschaft Haus Riswick in Kleve das Stallklima und tierbezogene Daten im Milchviehstall R6 aufgezeichnet. Der Stall ist in sechs nahezu identische Stallabteile mit jeweils 24 Hochboxen in Doppelreihe für 24 Tiere aufgeteilt. Des Weiteren befinden sich in jedem Abteil zwölf Wiegetröge und zwei Wiegetränken. Im Erhebungszeitraum wurden unterschiedliche Fragestellungen im Versuchsstall geprüft. Daher wurde die Datengrundlage in einen Datensatz mit frühlaktierenden und mit spätlaktierenden Kühen aufgeteilt. Der Datensatz der Frühlaktierenden besteht aus 4.564 Messtagen von 75 mehrkalbigen Kühen. Der Datensatz der Spätlaktierenden besteht aus 11.017 Messtagen von 145 Erst- und Mehrkalbskühen (s. Tab. 1).

**Tab. 1: Deskriptive Statistiken der Datensätze der früh- und spätlaktierenden Kühen**

Merkmal	Frühlaktierende (n = 75)				Spätlaktierende (n = 145)			
	$\bar{x}$	SD	Min	Max	$\bar{x}$	SD	Min	Max
Messtage je Tier	61	23	16	109	77	29	15	131
Laktationstage	53	30	5	120	253	56	127	380
Laktationsnummer	4,4	1,6	2,0	9,0	3,1	1,8	1,0	9,0
Milchmenge (kg/Tag)	46,8	7,3	19,2	68,6	25,8	5,7	4,8	49,3
Futteraufnahme (kg TM/Tag)	23,5	4,6	0,2	47,5	21,5	3,6	2,6	48,9
Tränkwasseraufnahme (kg/Tag)	105,8	18,2	7,1	192,9	81,9	19,7	10,1	217,2
Lebendgewicht (kg)	777	57	608	896	769	63	553	898

$\bar{x}$  = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Min = Minimum; Max = Maximum

Die Nährstoffgehalte der Rationen für die Frühlaktierenden wurden gemäß den Empfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie kalkuliert (GFE 2001). Der Datensatz der Spätlaktierenden setzt sich aus einem Versuch zur stickstoffreduzierten Fütterung in der Spätlaktation zusammen. Im Mischwagen wurden 4 – 6 kg je Tier und Tag Wasser hinzugefügt. In vier von sechs Abteilen des Versuchsstalls wurden die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit mit Datenloggern (Kestrel® Drop D2AG Livestock Heat Stress Monitor, Kestrel® Instruments, Boothwyn, USA) aufgezeichnet. Die Sensoren wurden in einer Höhe von 2,70 Meter über dem Boxengrund aufgehängt. Das Messintervall betrug 30 Minuten, somit unterteilt sich der Tag in 48 Tagesabschnitte. Aus den Wetterdaten wurde für jeden Tagesabschnitt mit folgender Formel der THI berechnet:

$$\text{THI} = 0,8 \times \text{Temperatur (}^{\circ}\text{C)} + \text{relative Luftfeuchtigkeit (\%)} \times (\text{Temperatur (}^{\circ}\text{C)} - 14,4) + 46,4$$

Die Mittelwerte der einzelnen Tagesabschnitte wurden auf einer Überschreitung der Schwellenwerte  $\text{THI} \geq 68$  bis  $< 72$ ,  $\geq 72$  bis  $< 80$  und  $\geq 80$  überprüft und einer natürlichen Zahl zwischen 0 und 48 zugeordnet. Außerdem wurde aus den Tagesabschnitten der mittlere tägliche THI berechnet. Aus den Parametern wurden für die statistische Auswertung direkte und verzögerte Wärmebelastungsparameter abgeleitet.

Mithilfe des Programms SAS Version 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, USA) wurde ein gemischtes lineares Wiederholbarkeitsmodell verwendet, um den Einfluss der direkten und verzögerten Wärmebelastungen auf die abhängigen Variablen Futteraufnahme (kg TM/Tag), Tränkwasseraufnahme (kg/Tag) und Milchmenge (kg/Tag) zu prüfen. Im ersten Schritt wurde das grundlegende Modell ohne THI modelliert. Dazu wurde kuhindividuell eine Laktationskurve erstellt. Im zweiten Schritt wurde überprüft, ob die THI-Parameter einen Teil des zufälligen Rests erklären können, welche das grundlegende Modell zurücklässt. Zur Prüfung der relevanten Einflussgrößen auf die abhängigen Variablen wurden einzelne THI-Variablen manuell in die Modellierung ein- bzw. ausgeschlossen. Unter Berücksichtigung der Minimierung des Akaike Informationskriteriums sowie des Einbezuges der ausgewiesenen Signifikanzniveaus ( $p \leq 0,05$ ) wurden die Modelle reduziert. Außerdem wurden die Kuhdaten in zwei Gruppen eingeteilt, um den absoluten Einfluss von Hitzestress zu beurteilen. Die Kühe wurden der Gruppe kein Hitzestress (kHS) zugeordnet, wenn am Messtag sowie an den drei Tagen vor dem Messtag keine Schwellenwertüberschreitungen für Hitzestress im Tagesverlauf stattgefunden haben. Ab mindestens einer Schwellenwertüberschreitung wurden die Kühe der Gruppe Hitzestress (HS) zugeordnet.

### 3. Ergebnisse

Im Erhebungszeitraum betrug der mittlere tägliche THI  $64,7 \pm 4,7$ . Während einer zehntägigen Hitzewelle vom 05.08.2020 – 15.08.2020 wurden die höchsten THI gemessen. In diesem Zeitraum wurden an drei Tagen in allen Tagesabschnitten und an zwei weiteren Tagen länger als 22 Stunden der Schwellenwert von mildem Hitzestress ( $\text{THI} \geq 68$ ) überschritten. Insgesamt wurden während der Hitzewelle 98 % der gesamten Schwellenwertüberschreitungen für starken Hitzestress ( $\text{THI} \geq 80$ ) und 34 % aller Schwellenwertüberschreitung für mäßigen Hitzestress ( $\text{THI} \geq 72$ ) gemessen. Milder Hitzestress ( $\text{THI} \geq 68$ ) trat zum Anfang der Messung Ende Mai bis zum Ende des Septembers auf (s. Abb. 1).

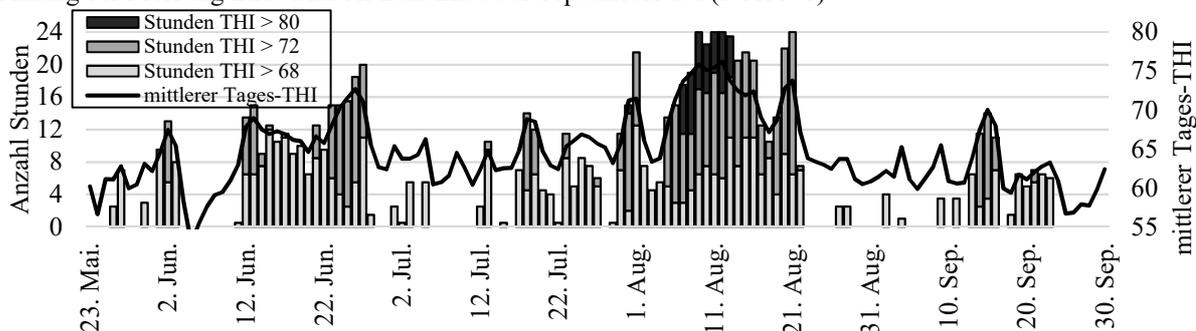


Abb. 1: Verlauf des mittleren täglichen THI sowie die Anzahl von Stunden mit THI-Schwellenwertüberschreitungen

Die Futteraufnahme wird am besten aus einer Kombination von direkten und verzögerten Wärmebelastungen beschrieben (s. Tab. 2). Bei den Frühlaktierenden sind alle THI-Parameter negativ mit der Futteraufnahme assoziiert. Bei den Spätlaktierenden ist die Dauer der milden Wärmebelastung

( $THI^{0}_{(68-72)}$ ) als einziger Parameter positiv mit der Futtermenge assoziiert. Ebenso wie bei der Futtermenge wird der Einfluss von Hitzestress auf die Milchmenge am besten durch direkte und verzögerte THI-Parameter beschrieben. Die direkten Wärmebelastungen sind positiv mit der Milchmenge verknüpft, während die verzögerten Parameter mit Ausnahme des mittleren täglichen THI vor dem Messtag ( $THI^{-1}$ ) negativ assoziiert sind. Die beste Beschreibung der Tränkwasseraufnahme differenziert sich zwischen den früh- und spätlaktierenden Kühen. Bei den Spätlaktierenden sind nur die direkten Wärmebelastungen positiv mit der Wasseraufnahme assoziiert. Dem gegenüber ist die beste Beschreibung bei den Frühaktierenden eine Kombination von direkten und verzögerten Wärmebelastungsparametern. Hierbei sind die verzögerten Schwellenwertüberschreitungen negativ mit der Tränkwasseraufnahme verknüpft.

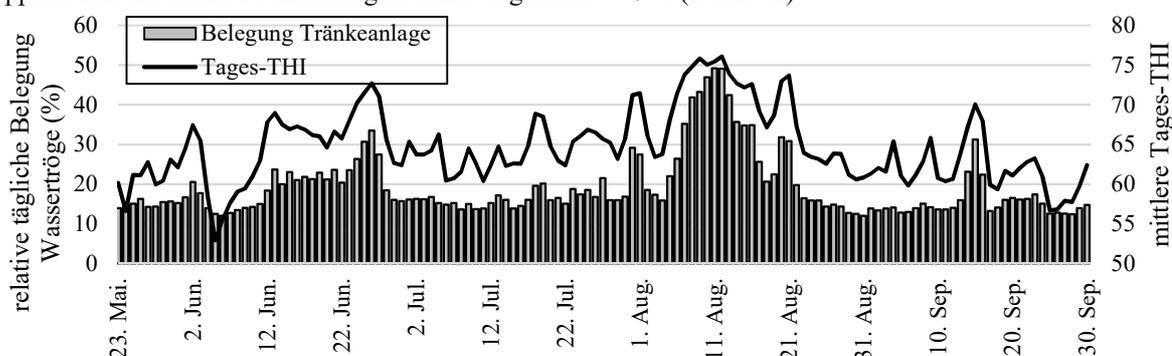
**Tab. 2: Signifikante Regressionskoeffizienten der THI-Parameter auf die abhängigen Variablen (Dunkelgrau = Negativ; Hellgrau = Positiv)**

	Futtermenge (kg TM/Tag)		Milchmenge (kg/Tag)		Tränkwasseraufnahme (kg/Tag)	
	FL	SL	FL	SL	FL	SL
<b>Direkte Wärmebelastung</b>						
$THI^0$		-0,078		+0,044	+0,888	+0,956
$THI^0_{(68-72)}$	-0,015	+0,032				+0,131
$THI^0_{(72-80)}$	-0,014					+0,131
$THI^0_{(>80)}$			+0,060			
<b>Verzögerte Wärmebelastung</b>						
$THI^{-1}$			+0,115		+0,118	
$THI^{-2}$					+0,080	
$THI^{-3}$		-0,049		-0,024		
$THI^{-3m}_{(68-72)}$	-0,047				-0,237	
$THI^{-3m}_{(72-80)}$	-0,022		-0,043		-0,240	
$THI^{-3m}_{(>80)}$	-0,129	-0,069	-0,171	-0,101	-1,142	

FL = Frühaktierende; SL = Spätlaktierende;  $THI^x$  = mittlerer täglicher THI am ( $^0$ ), ein Tag vor ( $^{-1}$ ), zwei Tage vor ( $^{-2}$ ) oder drei Tage vor ( $^{-3}$ ) dem Messtag;  $THI^0_{(y)}$  = Dauer der milden ( $_{(68-72)}$ ), mäßigen ( $_{(72-80)}$ ) oder starken ( $_{(>80)}$ ) Wärmebelastung am Messtag;  $THI^{-3m}_{(y)}$  = Mittlere Dauer der milden ( $_{(68-72)}$ ), mäßigen ( $_{(72-80)}$ ) oder starken ( $_{(>80)}$ ) Wärmebelastung an drei Tagen vor dem Messtag

Der Gruppenvergleich kHS und HS zeigt eine tendenzielle Reduktion der Futtermenge bei den Frühaktierenden und eine signifikante Reduktion bei den Spätlaktierenden. Die Milchmenge wird nicht beeinträchtigt. Die Wasseraufnahme erhöht sich bei den Früh- und Spätlaktierenden hochsignifikant durch Hitzestress.

In Abb. 2 sind die prozentualen Auslastungen der Wassertrojanlage während des Erhebungszeitraums dargestellt. Die Daten zeigen eine deutliche, nicht lineare Beziehung zwischen dem mittleren täglichen THI und der Auslastung der Wassertrojanlage. Die mittlere relative Belegungszeit je Abteil beträgt im Versuchszeitraum  $19,3 \pm 8,0$  %. Im Zuge einer ausgeprägten Hitzewelle vom 05.08.202 – 15.08.2020 verdoppelte sich die mittlere Auslastung an sechs Tagen auf  $> 40$  % (s. Abb. 2).



**Abb. 2: Relative tägliche Belegungszeit der Wassertröge in Abhängigkeit des mittleren täglichen THI**

#### 4. Diskussion

Bedingt durch eine um 2,0 kg TM höhere Futteraufnahme (s. Tab. 1) reagieren die hochleistenden Tiere des Frühlaktierendendatensatz empfindlicher auf Hitzestress, welches sich in den Schätzwerten für den  $\text{THI}^{-3}_{(>80)}$  widerspiegelt (s. Tab. 2). Dies ist begründet durch eine erhöhte Wärmeproduktion, die im Zusammenhang mit einer hohen Futteraufnahme und einer hohen Milchleistung steht. Bei der Milchleistung gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen kHS und HS. Gegenüber der Futteraufnahme, die sich bei einem mittleren täglichen THI von  $> 65$  verringert, zeigten die Tiere erst bei einem  $\text{THI} > 70$  eine reduzierte Milchleistung. Vermutlich haben die Tiere die nicht aufgenommene Energie durch den Abbau von Körpersubstanz kompensiert.

Die Tränkwasseraufnahme zeigt bei den Spätlaktierenden einen linearen Zusammenhang zu dem mittleren täglichen THI. Bei den Frühlaktierenden zeichnet sich eine Sättigung ab einem THI von 68 ab. Übersteigt der THI 73, reduziert sich die Wasseraufnahme, welche sich in den Schätzwert  $\text{THI}^{-3}_{(>80)}$  mit -1,1 kg/Tag widerspiegelt (s. Tab. 2). Mittlere tägliche THI von  $> 73$  wurden ausschließlich während der zehntägigen Hitzewelle im August gemessen (s. Abb. 1). Die in diesem Zeitraum gemessene reduzierte Futteraufnahme kann nicht den vollen Umfang der reduzierten Wasseraufnahme erklären. Die Wasseraufnahmen liefern einen Hinweis, dass bei den hochleistenden Tieren der Frühlaktierendengruppe die Regelmechanismen der Temperaturhomöostase an physiologische Grenzen gestoßen sind und das Allgemeinbefinden der Tiere deutlich beeinträchtigt wurde. Dies geht mit einem reduzierten Hunger- und Durstgefühl einher.

Die starke, nicht lineare Beziehung zwischen der relativen täglichen Belegungszeit der Wassertrojanlage (s. Abb. 2) zeigt die typische Tendenz der Tiere, bei hohen Temperaturen vermehrt in der Nähe von Wasserstellen zu verbleiben. Der erhöhte Konkurrenzdruck, besonders im Zeitraum der Hitzewelle im August, verschärft die Problematik der Deckung des erhöhten Wasserbedarfs vor allem für rangniedrige Tiere wie Färsen oder lahme Kühe. Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass bei Hitzewellen neben der Wasserdurchflussleistung (Liter/Minute) der Bedarf an Tränkeplätzen zunimmt. Eine temporäre Installation von zusätzlichen Wassertrögen kann das Konkurrenzgeschehen entschärfen.

#### 5. Fazit

- Die Betrachtung der Gesamtheit einer Wärmebelastung liefert eine bessere Beschreibung der Auswirkungen von Hitzestress, als die verzögerten oder direkten Parameter allein.
- Auf Grund der Klimavariabilität sollten bei einer Betrachtung von Hitzestress auf die Leistungsparameter mehrere Jahre berücksichtigt werden.
- Trendumbrüche bei der Wasseraufnahme können ein Hinweis auf eine Überlastung der Thermoregulationsmechanismen sein.
- Um die negativen Effekte von Hitzestress zu minimieren, sollte neben der ausreichenden Darbietung von Tränkwasser der zusätzliche Bedarf an Tränkeplätzen berücksichtigt werden.

#### 6. Literatur

- BRÜGEMANN, K., GERNAND, E., KÖNIG VON BORSTEL, U., KÖNIG, S. (2012): Defining and evaluating heat stress thresholds in different dairy cow production systems. *Archiv Tierzucht* 55, 13 – 24.
- GFE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Frankfurt am Main: DLG Verlags-GmbH.
- GORNIAK, T., MEYER, U., SÜDEKUM, K-H., DÄNICKE, S. (2014): Impact of mild heat stress on dry matter intake, milk yield and milk composition in mid-lactation Holstein dairy cows in a temperate climate. *Archives of Anim. Nutrition* 68, 358 – 369.
- HEINICKE, J., IBSCHER, S., BELIK, V., AMOM, T. (2019): Cow individual activity response to the accumulation of heat load duration. *J. of Thermal Biology* 82, 23 – 32.
- HERBUT, P., ANGRECKA, S., GODYŃ, D.: Effect of the duration of high air temperature on cow's milking performance in moderate climate conditions. *J. Ann. Anim. Sci.*, 18, 195 – 207.
- 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. *J. Dairy Sci.* 86, 232 – 242.