

## Hitzestressoren für die Weidehaltung in Nordostdeutschland im Jahre 2018

J. Pickert<sup>1</sup>, E. Hillmann<sup>2</sup>, A. Behrendt<sup>1</sup>, S. Ehler<sup>1</sup>, M. Wegehenkel<sup>1</sup>, O. Dietrich<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF), Eberswalder Str. 84,  
15374 Müncheberg;  
pickert@zalf.de

<sup>2</sup>Humboldt-Universität zu Berlin, | Albrecht Daniel Thaer - Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Unter den Linden 6, 10099 Berlin

### Einleitung und Problemstellung

In wärmeren Gebieten, z. B. USA, Australien, Israel, Brasilien, sind witterungsbedingte Ursachen für Hitzebelastung auf Rinder beim Weidegang und der Draußenhaltung seit langem ermittelt und quantifiziert worden (Thom, 1959; Buffington *et al.*, 1981; Igono *et al.*, 1992). Sie liegen hauptsächlich in hohen Werten der Lufttemperatur ( $T_a$ ), der Globalstrahlung ( $R_s$ ), der relativen Luftfeuchtigkeit ( $H_r$ ) und der Windgeschwindigkeit ( $V_w$ ). Verschiedene Hitzestressoren wurden formuliert, die diese Parameter neben der Lufttemperatur berücksichtigen (siehe Tabelle 1). In neueren Studien wurde zur Darstellung der Hitzebelastung zumeist der Thermal-Humidity-Index (THI) berechnet (Gebremedhin *et al.*, 2012; Legrand *et al.*, 2009; Palacio *et al.*, 2014; Schütz *et al.*, 2010; Silanikove, 2000; Vizzotto *et al.*, 2015; Zimbelmann *et al.*, 2010) wodurch die Kenngrößen  $T_a$  und  $H_r$  abgebildet sind. Für den THI liegen geeignete Schwellenwert-Tabellen für die tierhalterische Praxis vor, die das Einsetzen von leichtem Hitzestress bei  $\text{THI} > 71$  und starkem Hitzestress bei  $\text{THI} > 79$  zum Ausdruck bringen (ALEC, 2019).

Den Einfluss der unmittelbar auf das Tier gelangenden Sonnenstrahlung bringt die Black Globe Temperatur ( $T_{bg}$ ) zum Ausdruck. Sie wird unter Sonneneinstrahlung direkt gemessen oder aus gemessener  $T_a$  und  $R_s$  berechnet (Hahn *et al.* 2003). Auch auf der Basis der  $T_{bg}$  kann unter Einbeziehung der  $H_r$  ein Temperatur-Feuchtigkeits-Index errechnet werden (Buffington *et al.*, 1981; Pezzopane *et al.* 2019).

Der Heat-Load-Index (HLI) berücksichtigt neben der  $T_a$ ,  $R_s$  und  $H_r$  auch die  $V_w$  und ist damit gegenwärtig die Kenngröße mit der größten Anzahl verschiedener meteorologischer Eingangsgrößen (Castanieda *et al.*, 2004; Gaughan *et al.*, 2008; Schütz *et al.*, 2010 und 2014; Veissier *et al.* 2018). Auch der HLI hat bereits Eingang in die landwirtschaftliche Beratungspraxis gefunden. Anhand von zwei Schwellenwerten werden die vom Tier an heißen Tagen akkumulierten und ggf. wieder abgegebenen Wärmemengen (HLI-Summen) ermittelt und als Accumulated Heat-Load-Units dargestellt (Katestone, 2019). Ab  $\text{HLI} > 86$  akkumuliert das Rind Wärmemengen die erst bei  $\text{HLI} \leq 77$  wieder abgegeben werden können (ALEC, 2019).

In jüngster Zeit sind Hitzestressoren auch in gemäßigten Breiten untersucht worden. Smid *et al.* (2018) arbeiteten in Kanada und Zähler *et al.* (2004) in der Schweiz mit dem THI. Veissier *et al.* (2018) verwendete in Belgien in Weideversuchen sowohl den THI als auch die  $T_{bg}$  und den HLI.

In Deutschland wurde dieser Problemstellung bisher kaum nachgegangen. In eigenen Untersuchungen (Pickert *et al.* 2017) haben wir Hitzebedingungen lediglich anhand der Lufttemperatur durch *Heiße Tage* (DWD, 2019) abgegrenzt.

## Material und Methoden

Die Mittelwerte der Wetterdaten von 3 Wetterstationen auf den ZALF-Versuchsflächen in Paulinenaue (Land Brandenburg; 52°68'N, 12°72'E, 28.5-29.5 m, Jahresmitteltemperatur 9.2°C, mittlerer Jahresniederschlag 534 mm) standen für die Berechnung der Hitzestressoren zur Verfügung. Als Wetterdaten wurden in 2 m Höhe Ta, Rs, Hr und Vw stündlich gemessen. Zur Charakteristik der Wettersituation wurden daraus für den Standort Paulinenaue die Hitzestressoren Heißer Tag, Black Globe Temperature, Thermal-Humidity-Index und Heat-Load-Index für 2018 berechnet (Tabelle 1) und Schwellenwerten gegenübergestellt.

Tabelle 1: Berechnete Hitzestressoren

Messgröße	Luft- temperatur	Global- strahlung	Luft- feuchtigkeit	Wind- geschwindigkeit
	Ta	Rs	Hr	Vw
Berechneter Hitzestressor	°C	W m <sup>-2</sup>	%	m s <sup>-1</sup>
Heißer Tag	<b>X</b>			
Black Globe Temperatur	<b>X</b>	<b>X</b>		
Thermal-Humidity-Index	<b>X</b>		<b>X</b>	
Heat-Load-Index	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>

Zur Darstellung der von hohen Lufttemperaturen ausgehenden Belastungen wurden die Bedingungen der **Heißen Tage** herangezogen, d.h. derjenigen Tage, an denen die Ta den Betrag von 30°C erreicht oder überschreitet (DWD, 2019).

Die **Black Globe Temperature** Tbg wurde mit der Formel (1) von Hahn *et al.* (2003) berechnet. Für einen Vergleich stand für Tbg kein geeigneter Schwellenwert zur Verfügung. Da Tbg an warmen Tagen zumeist größer als Ta ist, wurde ein Schwellenwert von 35°C angenommen.

$$(1) Tbg = 1,33 * Ta - 2,65 * Ta^{0,5} + 3,21 * \log_{10}(Rs + 1) + 3,5$$

Für die Berechnung des **Thermal-Humidity-Index** kam die Formel (2) von Ravagnolo *et al.* (2000) zur Anwendung.

$$(2) THI = (1,8 * Ta + 32) + ((0,55 - 0,0055 * Hr) * (1,8 * Ta - 26))$$

In Anlehnung an Beratungsempfehlungen (ALEC, 2019) wurden als Schwellenwerte für leichten und starken Hitzestress die THI-Werte 71 bzw. 79 festgelegt.

Der **Heat-Load-Index** wird je nach Tbg mit unterschiedlichen Formeln von Castanieda *et al.* (2004, verändert von Schütz *et al.*, 2010) berechnet. Bei Tbg < 25°C, kommt die Formel (3) und bei Tbg ≥ 25°C die Formel (4) zur Anwendung. Ursprünglich wurden die HLI als HLI-lo, für die geringeren, und als HLI-hi, für die höheren Tbg, auch unmittelbar ausgewertet. Allerdings stellte man in der Anwendung dieser Herangehensweise in Australien fest, dass dadurch bei wechselnden Temperaturen unter und über Tbg = 25°C Sprünge auftreten können. Daher wurde ein Mischkoeffizient errechnet S(Tbg) (5) und eine Mischfunktion HLI-b (6) in der praktischen Beratung (Katestone, 2019) eingesetzt. Stark wechselnde Temperaturen sind auch für den Standort Paulinenaue charakteristisch, weshalb wir diesen Kalkulationsweg ausgewählt haben.

$$(3) HLI-lo = 1.3 * Tbg + 0.28 * Hr - Ws + 10.66$$

$$(4) \text{ HLI-hi} = 1.55 \times \text{Tbg} + 0.38 \times \text{Hr} - 0.5 \times \text{Ws} + \exp(2.4 - \text{Ws}) + 8.62$$

$$(5) \text{ S(Tbg)} = 1 / (1 + \exp(-(\text{Tbg} - 25) / 2.25))$$

$$(6) \text{ HLI-b} = \text{S(Tbg)} \times \text{HLI-hi} + (1 - \text{S(Tbg)}) \times \text{HLI-lo}$$

Zur Bewertung des Heat-Load-Index' wurden die für die Beratungsempfehlungen (ALEC, 2019) w. o. beschriebenen HLI-Schwellenwerte 77 bzw. 86 herangezogen.

Über die in Deutschland praktizierte Methode der Charakteristik ganzer Tage (z.B. Heißer Tag) hinaus, wurde die Anzahl der Stunden oberhalb bestimmter Schwellenwerte sowie die Akkumulierung der Überschreitungen der Stundenwerte über bestimmter Schwellenwerte für alle Hitzestressoren ausgewertet:

- Tage, an denen bestimmte Schwellenwerte mindestens mit einem Stundenwert überschritten wurden (DTah, DTbgh, DTHih, DHLih)
- Stunden, an denen die Schwellenwerte überschritten wurden, (HTah, HTbgh, HTHih, HHLih und
- Akkumulierte Differenzen aus den gemessenen Stundenwerten oberhalb der Schwellenwerte zum jeweiligen Schwellenwert (ATah, ATbgh, ATHih, AHLih).

## Ergebnisse und Diskussion

Das Jahr 2018 war am Versuchsstandort durch extreme Trockenheit geprägt und lag auch in Bezug auf die Temperaturverhältnisse über dem langjährigen Durchschnitt.

Es zeigt sich, dass periodisch Wettersituationen auftraten, die eine physiologische Belastung für Rinder darstellen können (Tabelle 2). Dies ist besonders im Bereich der leichten Belastungen der Fall. Jedoch gab es gelegentlich auch 2018 Wettersituationen mit Risiko für starken Hitzestress.

Tabelle 2: Tage mit Überschreitung bestimmter Temperature-Humidity-Index (THI) - und Heat-Load-Index (HLI) - Schwellenwerte mindestens mit einem Stundenwert

	Temperature-Humidity-Index		Heat-Load-Index	
	DTHI>71	DTHI>79	DHLI>77	DHLI>86
Mai	8	0	7	0
Juni	11	0	9	1
Juli	18	0	13	1
August	9	1	11	1
September	5	0	1	0

Es zeigte sich, dass die Betrachtung weder ganzer Belastungstage noch die Anzahl der Belastungsstunden zwischen den betrachteten Kenngrößen zu einheitlichen Ergebnissen für die beiden hauptsächlich von Wetterstress betroffenenen Monate Juli und August sowie zwischen allen 5 betrachteten Monaten führt. Erst bei Verrechnung der akkumulierten Wärmesummendifferenzen oberhalb der Schwellenwerte führen alle 4 Hitzestressoren zu gleich gerichteten Aussagen (Abbildung 1). Lediglich der Monat Juni wurde durch den HLI kritischer als durch die anderen Wetterindices bewertet.

## Schlussfolgerungen

Weide wird als tierfreundliche und gesellschaftlich geforderte Haltungsform für Nutztiere beschrieben. Aufgrund des Klimawandels muss dabei jedoch auch in Mitteleuropa mit zunehmendem Hitzestress gerechnet werden.

Um diesen abzuschätzen sind Schwellenwerte von Hitzestressoren hilfreich. Der Vergleich verschiedener Hitzestressoren 2018 hat gezeigt, dass die Akkumulierten Wärmesummendifferenzen ein valideres Maß sein könnten als traditionell genutzte Indices.

Die berechneten Indices deuten darauf hin, dass auch in Nordostdeutschland periodisch Hitzestress erwartet werden kann.

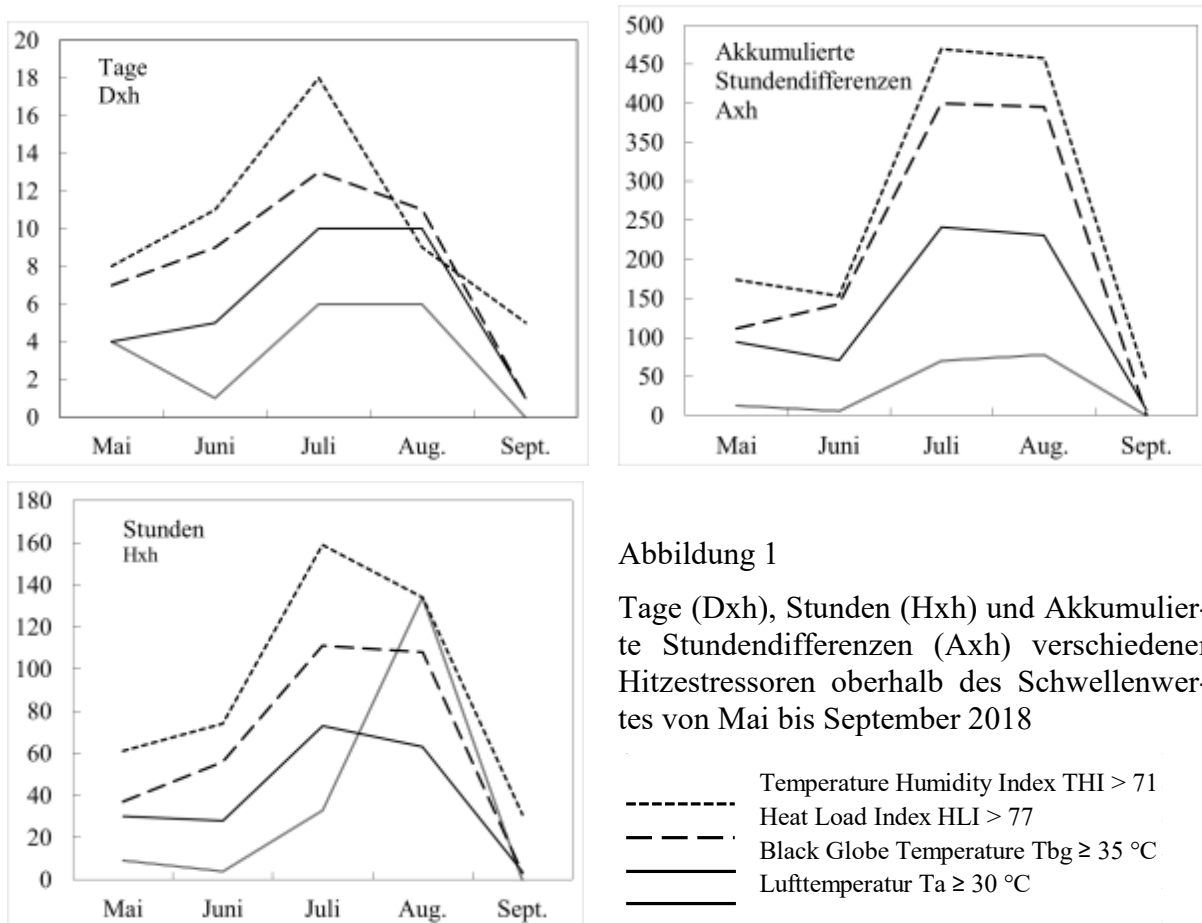


Abbildung 1

Tage (D<sub>xh</sub>), Stunden (H<sub>xh</sub>) und Akkumulierte Stundendifferenzen (A<sub>xh</sub>) verschiedener Hitzestressoren oberhalb des Schwellenwertes von Mai bis September 2018

- Temperature Humidity Index THI > 71
- Heat Load Index HLI > 77
- Black Globe Temperature T<sub>bg</sub> ≥ 35 °C
- Lufttemperatur T<sub>a</sub> ≥ 30 °C

Aufgrund der vorhandenen Standort- und Jahresspezifität der verwendeten Wetterdaten sollten in die nächsten Auswertungen weitere Jahre und Standorte einbezogen werden.

An Tagen mit tatsächlicher Hitzebelastung sind die betrachteten Phasen mit höherer zeitlicher Auflösung zu analysieren, um ein genaueres Belastungsprofil aus ansteigender und wieder abfallender Hitzebelastung erstellen zu können.

Anstelle der Berechnung aus T<sub>a</sub> und R<sub>s</sub> sollte T<sub>bg</sub> in weiteren Untersuchungen aus situ Messungen bereitgestellt werden.

## Literatur

Eine Literaturliste kann bei den Autoren erfragt werden.