

Hans-Joachim Müller, Merike Schultz und Christiane Loebstin

Einfluss wärmegegedämmter Dächer auf den Hitzestress bei Milchkühen

Für landwirtschaftliche Nutztiere stellen hohe Umgebungstemperaturen eine Belastung dar. Dabei hängen die Reaktionen der Tiere unter anderem von der Tierart, der Rasse, dem Alter und dem Leistungsniveau ab. Kühe beispielsweise vertragen die niedrigen Temperaturen im Winter leichter als die Warmwetterperioden im Sommer. Vielfach wird über mögliche Maßnahmen nachgedacht, den Hitzestress bei Hochleistungskühen zu mindern und damit Tiergesundheit und hohes Leistungsniveau zu halten. Neue bautechnische und Lüftungstechnische Lösungen sind aber nur dann sinnvoll, wenn die Vorteile durch entsprechende Erkenntnisse begründet werden können. Der vorliegende Artikel befasst sich deshalb mit der Datenerhebung in drei unterschiedlichen, frei gelüfteten Milchviehställen und der Bewertung dieser Untersuchungen.

Schlüsselwörter

Milchvieh, Behaglichkeit, Hitzestress, Stallklimaparameter, Strahlung

Keywords

Dairy cows, comfort, heat stress, climate parameters in animal houses, radiation

Abstract

Müller, Hans-Joachim; Schultz, Merike and Loebstin, Christiane

Effect of insulated roofs on heat stress at dairy cows

Landtechnik 64 (2009), no. 2, pp. 112 - 115, 2 figures, 1 table, 7 references

High ambient temperatures can effect animal welfare. The response on heat stress of different animals depend on species, race, age and performance level. E.g. cows tolerate rather lower air temperatures during winter than hot weather periods in summer. For the latter situation measures are discussed, how to reduce the heat stress of high performance cows in order to save animal health as well as the high performance level. An improvement and development of livestock buildings and ventilation systems to reduce heat stress requires more knowledge about their impact and efficiency. This article describes data acquisition in three different, naturally ventilated cow sheds and gives an assessment of these investigations.

■ Temperaturspitzen und länger andauernden Warmwetterperioden im Sommer als negative Folgen des Klimawandels werden auch Auswirkungen auf die Haltung von Milchkühen haben. Die thermische Belastung der Milchkühe, die man als Hitzestress bezeichnet, wirkt sich negativ auf das Wohlbefinden der Tiere sowie auf die Futteraufnahme aus und kann unter anderem zu verminderter Milchleistung und sinkenden Trächtigkeitsraten führen. Dabei hängt die Stärke der negativen Wirkung unter anderem von dem Maß der Überschreitung der in der DIN 18 910 [1] und anderen Vorschriften vorgegebenen Stalltemperaturen ab.

Nach Pache [2] steigt die Atemfrequenz an, die Rektaltemperatur erhöht sich und die Kuh muss durch Evaporation die metabolische Wärme abführen. Dies stellt für eine Hochleistungskuh eine Belastungssituation dar. Da die Wärmeabgabe der Kühe nicht allein von der umgebenden Lufttemperatur abhängt, sondern auch von der relativen Luftfeuchtigkeit, der Oberflächentemperatur des Stallgebäudes sowie der Luftgeschwindigkeit im unmittelbaren Tierbereich, sind diese Parameter mit bei der Bewertung der Hitzestresssituation zu berücksichtigen. Aus Mangel an Erkenntnissen wird versucht, das Wissen das man über das Wohlbefinden beim Menschen hat, auf Tiere zu übertragen. Diese Vorgehensweise ist nicht unproblematisch.

Im vorliegenden Beitrag werden verschiedene Bewertungskriterien in Bezug auf die thermische Belastung von Milchkühen angewendet. Drei unterschiedliche Stallgebäude werden in Bezug auf die Stallklimaparameter untersucht.

Bewertungskriterien

Im Bereich der Arbeitsmedizin gibt es in Bezug auf die Behaglichkeit des Menschen am Arbeitsplatz umfangreiche Unter-

suchungen. Basierend auf diesen Ergebnissen wurde eine europäische Norm [3] (ISO 7730) zur Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit erarbeitet.

Sie enthält Bewertungsgrößen, wie Energieumsatz, Bekleidungs-isolation (könnte sich beim Tier auf die Körperoberfläche beziehen – Federn, Fell und anderes), mittlere Strahlungstemperatur, Luftgeschwindigkeit und Luftfeuchte (siehe auch ISO 7726 [4]). Pache versucht in einer Studie [2] diese Norm zur vergleichenden Bewertung eines Leichtbau-Stalles und eines Massiv-Stalles für Milchvieh anzuwenden. Auch wenn die Übertragbarkeit auf die Tierhaltung nicht direkt gegeben ist, so können zumindest einige dieser Parameter zur Bewertung herangezogen werden. So wird zum Beispiel in [2] ein Behaglichkeitsmessplatz zur Bestimmung der mittleren Strahlungstemperatur (**Gleichung 1**) im Stall eingesetzt.

$$t_r = [(t_g + 273)^4 + 2.5 \cdot 10^8 \cdot v_a^{0.6} \cdot (t_g - t_a)]^{1/4} - 273 \quad (1)$$

In der Gleichung bedeutet

t_r : mittlere Strahlungstemperatur in °C nach ISO 7726

t_g : Globe- oder Schwarzkugeltemperatur in °C

t_a : Trockentemperatur in °C

v_a : Windgeschwindigkeit in m/s

In [5] ist ein Überblick zu Bewertungskriterien für landwirtschaftliche Nutztiere gegeben. Diese berücksichtigen im Allgemeinen nur die Lufttemperatur und die Feuchte. Einige Autoren beziehen zusätzlich den Strahlungseinfluss und die Luftgeschwindigkeit im Tierbereich mit ein. Zum Beispiel verwendet Panagakis [6] einen Temperatur-Feuchte-Index (THI; **Gleichung 2**) und rechnet den Strahlungseinfluss an, indem er statt der Lufttemperatur die Globe-Thermometer-Temperatur verwendet (BGTHI; **Gleichung 3**).

$$THI = 0.8 \cdot T_a + [(RH/100) \cdot (T_a - 14.3)] \cdot 46.4 \quad (2)$$

$$BGTHI = 0.8 \cdot T_{bga} + [(RH/100) \cdot (T_{bga} - 14.3)] \cdot 46.4 \quad (3)$$

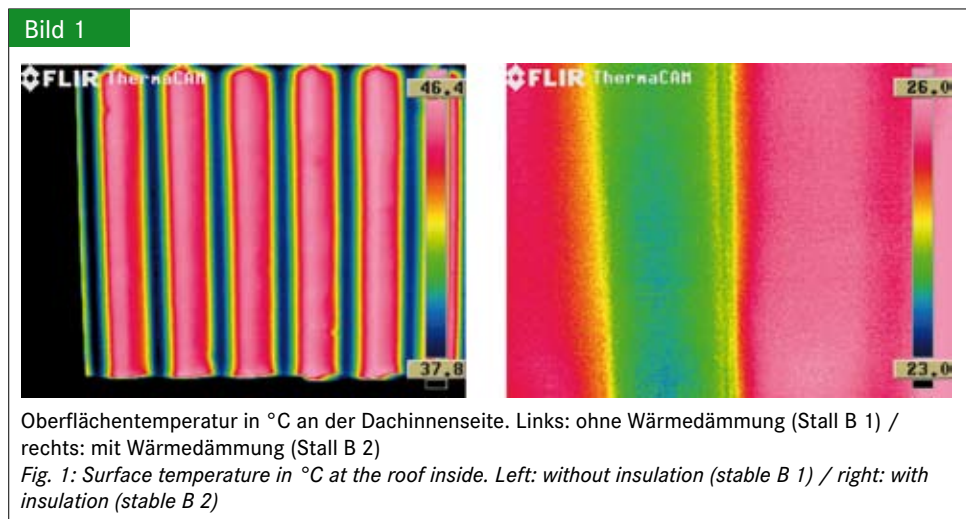
In den **Gleichungen (2) und (3)** bedeutet

T_a : Lufttemperatur in °C

T_{bga} : Globe-Thermometer-Temperatur in °C

RH: relative Luftfeuchtigkeit in %

In dem vorliegenden Artikel werden die Kriterien in den **Gleichungen 1 bis 3** genutzt, um Messungen in drei verschiedenen Ställen (A, B1, B2) im Sommer 2008 zu bewerten.



Untersuchte Milchviehställe

Beschreibung des Stalles A

Bei dem Stall handelt es sich um einen Kaltstall. Das Metalldach besitzt keine Wärmedämmung (Raumvolumen: 25 499 m³).

Der Liegeboxen-Laufstall hat 364 Tierplätze. Die Lüftung erfolgt über verstellbare Öffnungen in den Seitenwänden, durch geöffnete Tore in den Giebelwänden bzw. Spaceboard und durch einen ständig geöffneten Firstschlitz.

Als Unterstützungslüftung im Sommer werden 3 große Deckenventilatoren über dem Futtergang betrieben.

Beschreibung der Ställe B 1 und B 2

Die beiden Ställe befinden sich an einem Standort und sind nahezu baugleich. Sie liegen parallel nebeneinander und haben zueinander einen Abstand von 8 m. Der wesentliche Unterschied zwischen beiden Ställen (B 1 und B 2) besteht darin, dass Stall B 1 ein Kaltdach besitzt und das Dach von Stall B 2 mit einer Wärmedämmung versehen ist (Raumvolumen: 10 685 m³ (Stall B 1) und 8 648 m³ (Stall B 2)).

In jedem Stall befinden sich 215 Tierplätze. Die Lüftung erfolgt über verstellbare Öffnungen in den Seitenwänden, durch geöffnete Tore in den Giebelwänden und durch einen ständig geöffneten Firstschlitz. Im Stall B 1 ist für Versuchszwecke ein Deckenventilator in Giebelnähe über dem Futtergang installiert.

Untersuchungsmethoden

Seit 2004 werden im Stall A stallklimatische Messungen zu unterschiedlichen Jahreszeiten in Zeitabschnitten von 10 Tagen bis 6 Wochen durchgeführt. Im Sommer 2008 erfolgten erstmals Vergleichsmessungen in den drei genannten Ställen.

Stallklima

- Lufttemperatur und Luftfeuchte
- Globe-Thermometer-Temperatur
- Oberflächentemperatur (Bauhülle)
- Luftbewegung im Tierbereich
- Luftvolumenstrom

Außenklima

- Temperatur und Luftfeuchte
- Globe-Thermometer-Temperatur
- Windgeschwindigkeit und Richtung

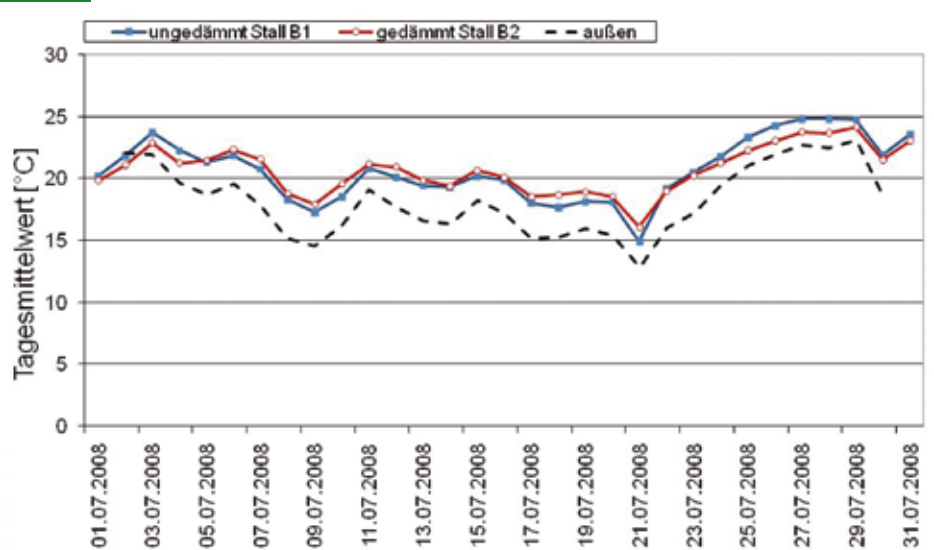
Tierdaten wurden in diesem Zusammenhang nicht erfasst, jedoch auf der Grundlage vorangegangener Erhebungen [7] diskutiert.

Messergebnisse und deren Bewertung

Aus den vorliegenden Temperaturmessungen können nur sehr geringe Unterschiede (etwa 2 K) zwischen Außen- und Innentemperatur festgestellt werden. Auch Vergleiche zwischen den einzelnen untersuchten Ställen weisen nur geringe Temperaturunterschiede auf. Als Grund wird ein relativ hoher Luftwechsel angenommen. **Tabelle 1** stellt die Ergebnisse aus Luftwechselfmessungen als Übersicht dar. Sie zeigt, dass die Messwerte weit über den in der DIN 18 910 [1] geforderten maximalen Sommerluftrate liegen. Das führt dazu, dass selbst die Unterschiede der Stalllufttemperatur zwischen gedämmten und ungedämmten Dach gering sind, obwohl die Temperatur der Dachinnenseite des ungedämmten

Daches bis 20 K über der des gedämmten Daches liegt (**Bild 1**). Auch die in den Ställen B 1 und B 2 ausgewerteten Stalllufttemperaturen und die der dazugehörigen Globe-Thermometer-Temperaturen zeigen Unterschiede, die 1,5 K kaum überschreiten. Lediglich wenn ein Globe-Thermometer für eine bestimmte Zeitdauer direkt durch Lichtbänder von der Sonneneinstrahlung getroffen wird, steigt die Globe-Thermometer-Temperatur über die Stalllufttemperatur in dieser Zeit an. Demgegenüber liegt die Temperatur des Globe-Thermometers außen bis zu 17 K über der dazugehörigen Lufttemperatur. **Bild 2** vergleicht die Tagesmitteltemperaturen im ungedämmten (Stall B1) und gedämmten Stall (Stall B2) für den Monat Juli 2008. Für warme Tage mit einem Tagesmittel von $< 20^\circ\text{C}$ (Tagesmaxima bis 25°C) liegt der Tagesmittelwert im gedämmten Stall über dem des ungedämmten Stalles. Diese Beobachtung resultiert daraus, dass der gedämmte Stall in der Nacht nicht so stark abkühlt. An heißen Tagen (27.07.08 bis 29.07.08) mit einem Tagesmittelwert von $> 20^\circ\text{C}$ (Tagesmaxima von über 30°C) liegt jedoch der Temperaturmittelwert des ungedämmten Stalles

Bild 2



Verlauf der Tagesmitteltemperaturen im Stall B1 (Dach ohne Wärmedämmung), im Stall B2 (wärmege-dämmtes Dach) und der Außenluft (Juli 2008)

Fig. 2: Run of the averaged daytime temperatures in cow shed B1 (roof not insulated), cow shed B2 (roof insulated) and outside temperature (July 2008)

Tab. 1

Luftwechsel, ermittelt durch Tracergastechnik
Table 1: Air exchange rate measured by tracer gas technique

Tag der Messung	Stall / Versuch	Außenwind in m/s	Luftwechsel in h^{-1}	Volumenstrom in m^3/h	spez. Volumenstrom in m^3/h je Tier
16.07.2008	A / 1	2	24,8	637.475	1.751
16.07.2008	A / 2	2	26,6	688.473	1.891
13.08.2008	B 2 / 2	10	67,7	588.064	2.735
13.08.1008	B 2 / 3	10	65,9	570.768	2.655

über dem des gedämmten Stalles (**Bild 2**), da sich die Tagesmaximumtemperatur stärker auf ein Tagesmittel auswirkt. Der Unterschied von Temperaturmessungen im wärmege-dämmten und nicht wärmege-dämmten Stall beträgt auch für die gemessenen Tagesmaximumtemperaturen nur etwa 0,5 K.

In vielen Milchviehställen werden Deckenventilatoren zur Erhöhung der Luftgeschwindigkeit im Stall eingesetzt. Geschwindigkeitsmessungen im Stall A und B1 im Tierbereich zeigen, dass trotz eingesetzter Deckenventilatoren insbesondere in den Stallrandbereichen nur geringe Windgeschwindigkeiten von $< 0,5$ m/s gemessen werden. Insgesamt sind die gemessenen Windgeschwindigkeiten im Stall sehr stark von den äußeren Randbedingungen, wie der Windrichtung, abhängig. Lokale Windgeschwindigkeiten im Stall von > 2 m/s treten auf. Es herrscht eine sehr ungleichmäßige Verteilung der Luftgeschwindigkeit im Stall. Dies erschwert auch eine vollständige Bewertung der genannten Bewertungsgrößen der **Gleichungen 1 bis 3**, da z. B. die ermittelte Strahlungstemperatur direkt von der gemessenen Windgeschwindigkeit abhängt.

Auf Grundlage der Messungen wird der THI Index bestimmt. An einem heißen Tag, wie zum Beispiel dem 29.7.08 (bis zu 30 °C Tagesmaximumtemperatur außen) wird ein THI-Wert von 80 bis 85 erreicht. Nach Zitaten aus Panagakis [6] entspricht ein solcher Wert der Kategorie „Gefahr“. Es konnten bezüglich des THI keine signifikanten Unterschiede zwischen dem wärmegeämmten und nicht wärmegeämmten Stall festgestellt werden. An durchschnittlich warmen Tagen (20 °C Außentemperatur) wird kein kritischer Zustand festgestellt.

Kommt es im Rahmen des Klimawandels zu länger anhaltenden und stärkeren Hitzeperioden, so ist anzunehmen, dass die Hitzestress-Problematik auch in unseren Breiten zunehmen wird.

Zusammenfassung

- Durch freie Lüftung wird in Kuhställen ein hoher Luftwechsel erreicht, wenn entsprechend große Öffnungen im Gebäude vorhanden sind.
- Das Raumvolumen sollte möglichst 40 m³ je Kuhplatz betragen, jedoch 30 m³ je Kuhplatz nicht unterschreiten.
- Ein wesentlicher Vorteil des gedämmten Daches gegenüber einem ungedämmten Dach konnte unter den gegebenen Bedingungen nicht festgestellt werden.
- Weitere Forschungsvorhaben in Bezug auf Hitzestress und dessen Bewertung sind geplant – dabei sollen die tierspezifischen Parameter stärker beachtet werden.

Literatur

- [1] DIN 18910-1 (2004): Wärmeschutz geschlossener Ställe – Wärmedämmung und Lüftung – Teil 1: Planungs- und Berechnungsgrundlagen für geschlossene zwangsgelüftete Ställe, Beuth-Verlag Berlin
- [2] Pache, S. (2007): Anforderungen der Milchkühe an sommertaugliche Außenklimaställe – Untersuchungen zur Thermoregulation, Stallklima und Bauweisen. 8. Tagung Bau Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. KTBL-Verlag; S. 264 - 269
- [3] DIN EN ISO 7730, Mai, 2006: Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit (ISO 7730:2005); Deutsche Fassung EN ISO 7730:2005
- [4] DIN EN ISO 7726, April, 2002: Umgebungsklima – Instrumente zur Messung physikalischer Größen
- [5] Autorenkollektiv (2006): Animal Housing in Hot Climates: A multidisciplinary view. Editor: I. De Alencar Nääs, D.J. de Moura, CIGR Section II Working Group 13 ; DIAS, Denmark ;
- [6] Panagakis P, Delegeorgis S (2008): Preliminary evaluation of the short term thermal comfort of dairy ewes reared under Greek summer conditions. AgEng 2008, 23 - 25 June 2008, Hersonissos, Crete, Greece. Conference Proceedings CD, OP - 705.
- [7] Müller, H.-J., Sanftleben P. (2008): Hitzestress in der Milchviehhaltung. Landtechnik 3/2008. S. 172 - 173

Autoren

Dr.-Ing. Hans-Joachim Müller und **Dr. rer. nat. Merike Schultz** sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), (Leiter: **Prof. Dr. habil. R. Brunsch**), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, E-Mail: hmueller@atb-potsdam.de

Dipl.-Ing. Christiane Loebsin ist technische Mitarbeiterin des Instituts für Tierproduktion der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei M-V, (Leiter: **Dr. P. Sanftleben**), Wilhelm-Stahl-Allee 2, 18196 Dummerstorf, E-Mail: c.loebisin@lfa.mvnet.de