

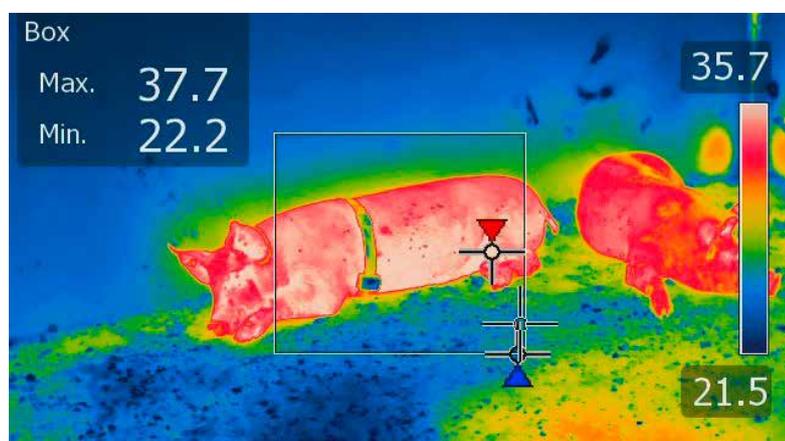
# Verhaltensindikatoren und physiologische Indikatoren für Hitzestress bei Mastschweinen

Madeleine F. Scriba und Beat Wechsler

Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen, Zentrum für tiergerechte Haltung:  
Wiederkäuer und Schweine, Agroscope Tänikon, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Auskünfte: Madeleine F. Scriba, E-Mail: madeleine.scriba@agroscope.admin.ch

<https://doi.org/10.34776/afs12-172g> Publikationsdatum: 10. November 2021



Mastschweine suchen bei Hitzestress kühle, feuchte Bodenbereiche auf und vergrössern die Kontaktfläche mit dem Boden. (Foto: Madeleine F. Scriba, BLV)

## Zusammenfassung

Extreme Klimabedingungen sind eine Herausforderung für die Anpassungsfähigkeit von Mastschweinen. Hitzestress stellt ein bedeutendes Problem für die Produktion und das Tierwohl in der Schweinemast dar, weil dadurch die Mastzeit verlängert, der Befruchtungserfolg beeinträchtigt und die Mortalitätsrate insgesamt erhöht wird. Es müssen Indikatoren etabliert werden, mit denen die Betriebe Hitzestress in einer frühen Phase erkennen und mit der Bereitstellung einer Kühlung reagieren können. In dieser Studie wurden mehrere Parameter zum Verhalten und zur Physiologie bei 72 Mastschweinen in drei Gewichtsklassen (40–100 kg) während eines Sommermonats gemessen. Die gemessene Umgebungstemperatur im Stall lag zwischen 17 und 30 °C. Die mit einem Temperaturlogger vaginal gemessene Körperkerntemperatur ( $n=7$ ) zeigte eine grosse Variabilität zwischen den Individuen, und es liess sich kein Anstieg mit zunehmender Umgebungstemperatur

feststellen, vermutlich weil die höchsten Umgebungstemperaturen immer noch moderat waren und nur kurze Zeit dauerten. Die Atemfrequenz ( $n=24$ ) war sehr variabel und stieg nur bei den schwersten Schweinen bei 26–27 °C an. Dagegen nahm die Körperoberflächentemperatur ( $n=24$ ) in allen Gewichtsklassen mit steigender Umgebungstemperatur zu. Das gemessene Verhalten ( $n=72$ ) war weitgehend unabhängig von der Umgebungstemperatur. Der prozentuale Anteil der in Bauchlage liegenden Sauen nahm aber mit steigender Umgebungstemperatur am Nachmittag zu. Zusammenfassend deuten die Ergebnisse dieser Studie darauf hin, dass die Atemfrequenz und die Oberflächentemperatur der Haut zuverlässige Indikatoren für Hitzestress bei Mastschweinen sind.

**Key words:** skin surface temperature, lying behaviour, core body temperature, thermography, respiration rate.

## Einleitung

Längere Zeitperioden mit Hitze können das Wohlbefinden von Schweinen beeinträchtigen (Mayorga *et al.*, 2019). Hitzestress hat auch negative Auswirkungen auf die Leistung, was hohe Kosten verursachen kann (St-Pierre *et al.*, 2003). Schweine reagieren besonders empfindlich auf Hitzestress, weil sie keine funktionierenden Schweißdrüsen haben und Hitze nur durch Hecheln wegführen können (Ingram, 1965; Bracke, 2011). Aus diesem Grund kann Hitze für das Tier schnell kritisch werden. Um einen Anstieg der Körpertemperatur durch Verdauungswärme zu verhindern, schränken Schweine ihre Aktivität und Futtaufnahme ein (Verstegen *et al.*, 1987). Eine weitere effektive Strategie besteht darin, den Körperkontakt mit den Artgenossen zu vermeiden, wenn die Platzverhältnisse dies zulassen (Huynh *et al.*, 2005a). Um Wärme abzugeben, suchen Schweine kühle Bodenbereiche auf (perforierte oder feuchte Flächen) und vergrössern die Kontaktfläche mit dem Boden über die Liegeposition, indem sie nicht in Bauchlage, sondern ausgestreckt auf der Seite liegen (Huynh *et al.*, 2005a). Schweine in der Ausmastphase sind besonders von Hitzestress betroffen, da sie aufgrund der hohen täglichen Gewichtszunahme einen schnellen Stoffumsatz haben und wegen des weniger günstigen Verhältnisses von Körperoberfläche und Körpervolumen Wärme nicht gut wegführen können (Renaudeau *et al.*, 2012). Bei Hitzestress versuchen Mastschweine, die Wärmeabgabe über die Haut zu erhöhen, um in der thermoneutralen Zone zu bleiben (Huynh *et al.*, 2005a). Um die Körpertemperatur zu schätzen, kann die Oberflächentemperatur verschiedener Körperteile mit Hilfe der Thermografie gemessen werden (Brown-Brandl *et al.*, 2012). Wenn die Umgebungstemperatur stark zunimmt (zum Beispiel von 24 auf 27 °C, je nach Luftfeuchtigkeit) und die maximale Wärmeabgabe über die Haut erreicht wird, beginnt die Körperkerntemperatur zu steigen (Johnson & Shade, 2017; Kpodo *et al.*, 2020). Der Verlauf der Körperkerntemperatur kann beispielsweise mit einem vaginalen Temperaturlogger aufgezeichnet werden (Johnson & Shade, 2017). Als weiterer Indikator für Hitzebelastung kann die Atemfrequenz gemessen werden, die bei Mastschweinen bei Temperaturen zwischen 19 und 24 °C ansteigt (Huynh *et al.*, 2005a).

In diesem Versuch wurde untersucht, wie die oben erwähnten Parameter bei Mastschweinen zuverlässig gemessen werden können, um Hitzestress bei Tieren verschiedener Gewichtsklassen frühzeitig festzustellen. Ziel war es, geeignete Indikatoren für Untersuchungen in unterschiedlichsten Betrieben mit verschiedenen Arten

von Stallgebäuden, Haltungssystemen und Kühlsystemen zu entwickeln und zu validieren, mit denen die Auswirkung einer Exposition gegenüber erhöhten Temperaturen auf das Wohlbefinden von Schweinen bewertet werden können. Durch den Klimawandel wird sich das Hitzestress-Problem künftig weiter verschärfen, und es ist wichtig, die Haltungsbedingungen in der Schweinemast den sich ändernden klimatischen Bedingungen in geeigneter Weise anzupassen. Deshalb müssen Indikatoren validiert werden, mit denen die Hitzebelastung von Tieren unter Berücksichtigung von Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit bewertet werden kann.

## Methoden

### Tiere und Datenerhebung

Im Agroscope-Versuchsbetrieb in Tänikon, Schweiz, wurden Mastschweine von 40 bis 100 kg (drei Gewichtsklassen zu je 24 Schweinen in gemischt-geschlechtlichen Gruppen) in drei zufällig zusammengestellten Gruppen gehalten. Schweine der Gruppe 1 wogen zu Versuchsbeginn 80 kg und am Ende 103 kg (Mittelwert  $89,2 \pm 12,0$  kg [ $\pm$  SEM]). Die Schweine der Gruppe 2 hatten zu Beginn bzw. am Ende des Versuchs ein Körpergewicht von 47 kg bzw. 87 kg (Mittelwert  $63,4 \pm 17,0$  kg) und die Schweine der Gruppe 3 ein Körpergewicht von 34 kg bzw. 70 kg (Mittelwert  $48,1 \pm 13,7$  kg). Die Versuche fanden vom 14. August bis 23. September 2020 statt. Die drei Buchten mit Teilspaltenboden (eine Bucht pro Gruppe) hatten eine Grösse von 30,3 m<sup>2</sup> (9,46 × 3,32 m) und wurden zweimal täglich gereinigt. Jede Bucht verfügte über zwei Futterautomaten mit je zwei Futterstellen und Futterangebot *ad libitum* und über drei mal drei Tränkenippel. Die Heuraufen wurden regelmässig aufgefüllt. Jede Bucht war in einer Höhe von 1 m über dem Boden mit einem Logger für Temperatur und Luftfeuchtigkeit ausgestattet (eine Messung alle 15 Minuten). In jeder Bucht wurde bei acht zufällig ausgewählten Schweinen ein Datenlogger (MSR Logger 145, MSR Electronics GmbH, Seuzach, Schweiz) mit einem Gurt um den Bauch befestigt (24 Schweine insgesamt). Der Datenlogger zeichnete die Aktivität der Schweine mit Hilfe eines Beschleunigungssensors auf (eine Beschleunigungsmessung pro Sekunde). Zusätzlich wurde die Körperkerntemperatur von sieben weiblichen Schweinen der Gruppe 1 (Gewichtsklasse 80–103 kg) mit einem vaginalen Temperaturlogger aufgezeichnet (1921H iButton, <https://www.ibuttonlink.com/products/ds1921h>; in Kombination mit EAZI-BREED™ CIDR® Sheep Insert, <https://www.zoetisus.com/products/sheep/eazi-breed-cidr-sheep-insert.aspx>; ein Wert alle 10 Minuten).

Bei allen mit einem Beschleunigungssensor ausgestatteten Tieren wurde zwei Mal täglich die Atemfrequenz aus der Entfernung gemessen (um 08.00 und 14.00 Uhr; Atemzüge pro Minute). Mit einer Wärmebildkamera (FLIR T620, Software FLIR Tools+ Version 5.13) wurden zwei Mal täglich (08.00 und 14.00 Uhr) Bilder des Gesäuges oder des Bereichs zwischen den Hinterbeinen einer Körperseite von zwischen 6 und 23 Schweinen pro Bucht aufgenommen. Die Fotos wurden von ausserhalb der Buchten aufgenommen und die Distanz zwischen dem Schwein und der Kamera einem Wert von 50, 100, 200 oder 300 cm zugeordnet. Das Verhalten aller Schweine wurde mit an der Decke der Buchten angebrachten Kameras aufgezeichnet. Für die Auswertung des Verhaltens wurden zwölf Fotos pro Stunde (alle 5 Minuten ein Foto) in den Zeitabschnitten 08.00 bis 09.00 Uhr und 14.00 bis 15.00 Uhr aufgenommen.

### Analysen

Aus den Daten zur Temperatur und Luftfeuchtigkeit der drei Datenlogger der Buchten wurden Mittelwerte pro Datum und Stunde errechnet. Es wurde ein Temperatur-Luftfeuchtigkeit-Index (THI) gemäss der Formel der National Weather Service Centre Region (1976), wie z. B. verwendet in Wegner *et al.* (2014), berechnet. Da die Auswirkungen von Luftfeuchtigkeit und THI auf die Hitzestress-Indikatoren praktisch identisch waren mit den Auswirkungen der Temperatur, beziehen wir uns nur auf Daten zur durchschnittlichen Umgebungstemperatur

pro Datum und nicht auf den THI oder die Luftfeuchtigkeit. Die Temperaturen wurden über eine Zeitdauer von 24 Stunden gemittelt, sowie über den Zeitabschnitt von 12.00 bis 16.00 Uhr, um die höchsten Temperaturen pro Tag zu ermitteln. Diese Temperaturwerte wurden Temperaturkategorien mit zwei Grad Celsius pro Kategorie zugeordnet (z.B. 21–22, 23–24, 25–26 °C). Die Aktivität wurde über 31 vollständige 24-Stunden-Perioden analysiert. Die Körperkerntemperatur wurde bei fünf weiblichen Mastschweinen über 8 Tage und bei zwei weiblichen Schweinen über 10 Tage gemessen. Die Aktivität und die Körperkerntemperatur wurden für die einzelnen Tiere über eine 24-Stunden-Periode gemittelt, und zusätzlich wurde der Mittelwert über den Zeitabschnitt von 12.00 bis 16.00 Uhr berechnet. Die Körperoberflächentemperatur um 8.00 und um 14.00 Uhr wurde während 4 Tagen bestimmt ( $n$  lag im Bereich von 6 bis 23 Fotos pro Zeitpunkt und Gruppe,  $n_{\text{total}} = 200$  Fotos). Um festzustellen, ob die Distanz zwischen Kamera und Tier mit der Körperoberflächentemperatur korrelierte, wurde der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman berechnet ( $n = 200$ ). Die Atemfrequenz wurde während 14 Tagen um 08.00 Uhr ( $n_{\text{total}} = 308$  Messungen) und während 7 Tagen um 14.00 Uhr ( $n_{\text{total}} = 140$  Messungen) bestimmt. Das Verhalten bezüglich Stehen, Sitzen und Liegen sowie der prozentuale Anteil der Schweine, die mit Körperkontakt lagen (insgesamt 67 Individuen zu Versuchsbeginn und 60 Individuen am Ende des Versuchs wegen Krankheiten und der Entfernung von

**Tabelle 1** | Mittelwerte ( $\pm$  SEM) aller Umgebungsparameter, Verhaltensparameter und physiologischen Parameter, gemessen in drei Gruppen (1–3) von Mastschweinen mit unterschiedlichem Körpergewicht. Die Werte beziehen sich auf 24-Stunden-Zeiträume sowie auf Messungen um 08.00 bzw. 14.00 Uhr.

Gemessener Parameter	Mittelwert über 24 Stunden pro Gruppe			Mittelwert aller Gruppen um 08.00 Uhr	Mittelwert aller Gruppen um 14.00 Uhr
	1	2	3		
Umgebungstemperatur in den Buchten (Schwankungsbereich) (°C)	23,4 $\pm$ 2,3 (17,3–30,6)	22,2 $\pm$ 1,9 (18,0–27,6)	24,5 $\pm$ 2,2 (19,1–30,3)		
Körpergewicht (kg)	89,2 $\pm$ 12,0	63,4 $\pm$ 17,0	48,1 $\pm$ 13,7	Nicht zutreffend	Nicht zutreffend
Aktivität	306,2 $\pm$ 24,1	312,1 $\pm$ 29,6	374,1 $\pm$ 18,5	Nicht zutreffend	Nicht zutreffend
Körperkerntemperatur (°C)	39,2 $\pm$ 0,2	Nicht gemessen	Nicht gemessen	Nicht zutreffend	Nicht zutreffend
Atemfrequenz (Atemzüge pro Minute)	64,7 $\pm$ 26,8	59,9 $\pm$ 23,1	62,4 $\pm$ 24,6	56,6 $\pm$ 20,5	71,4 $\pm$ 28,1
Körperoberflächentemperatur (°C)	38,1 $\pm$ 0,5	38,1 $\pm$ 0,5	38,5 $\pm$ 0,6	38,0 $\pm$ 0,5	38,4 $\pm$ 0,6
% liegende Schweine	78,6 $\pm$ 5,4	74,3 $\pm$ 7,3	70,8 $\pm$ 10,0	73,6 $\pm$ 6,9	75,4 $\pm$ 9,3
% stehende Schweine	17,7 $\pm$ 4,5	22,0 $\pm$ 5,5	25,8 $\pm$ 8,9	23,0 $\pm$ 6,1	20,9 $\pm$ 8,0
% sitzende Schweine	3,5 $\pm$ 2,1	3,6 $\pm$ 2,5	3,3 $\pm$ 1,5	3,3 $\pm$ 2,0	3,6 $\pm$ 2,0
% auf der Seite liegende Schweine	48,0 $\pm$ 10,8	47,2 $\pm$ 11,6	41,9 $\pm$ 11,6	42,7 $\pm$ 11,6	48,2 $\pm$ 10,8
% Schweine in Bauchlage	30,7 $\pm$ 6,0	27,2 $\pm$ 5,8	28,7 $\pm$ 6,1	30,9 $\pm$ 6,2	27,2 $\pm$ 5,4
% Schweine mit Körperkontakt	39,0 $\pm$ 11,0	28,7 $\pm$ 7,4	43,9 $\pm$ 12,4	38,8 $\pm$ 11,5	35,9 $\pm$ 12,6
% auf Spaltenboden liegende Schweine	38,3 $\pm$ 5,6	40,3 $\pm$ 24,8	24,8 $\pm$ 6,6	31,5 $\pm$ 8,1	35,9 $\pm$ 9,6

sieben Schweinen), wurde während 6 Tagen analysiert ( $n_{\text{total}}=2376$ ; d. h.  $n=132$  Fotos pro Bucht und Datum). Es wurden mit der Software R (Version 1.4.1717-3) die Korrelationen der Umgebungstemperatur mit allen gemessenen tierbasierten Parametern (Aktivität, Körperkerntemperatur, Atemfrequenz, Körperoberflächentemperatur, Verhalten; Stichprobengrößen siehe oben) berechnet. Um die Beziehungen zwischen den Parametern zu untersuchen, wurden die Korrelationen jedes aufgezeichneten physiologischen Parameters mit allen anderen physiologischen Parametern berechnet.

## Resultate

Während des Versuchszeitraums vom 14. August bis 23. September 2020 variierte die gemessene Umgebungstemperatur in den Buchten zwischen 17 und 30 °C (Tab. 1). Es wurde keine Korrelation zwischen den untersuchten physiologischen Parametern (Aktivität, Körperkerntemperatur, Atemfrequenz, Körperoberflächentemperatur) festgestellt.

### Aktivität

Die durchschnittliche Aktivität der Schweine veränderte sich bei verschiedenen Umgebungstemperaturen nicht. Bei den drei Gewichtsklassen zeigte sich, dass die leichtesten Tiere verglichen mit denjenigen der schwereren Gewichtsklassen im Durchschnitt aktiver waren (Tab. 1). Diese höhere Aktivität war unabhängig von der Umgebungstemperatur (Abb. 1).

### Körperkerntemperatur und Atemfrequenz

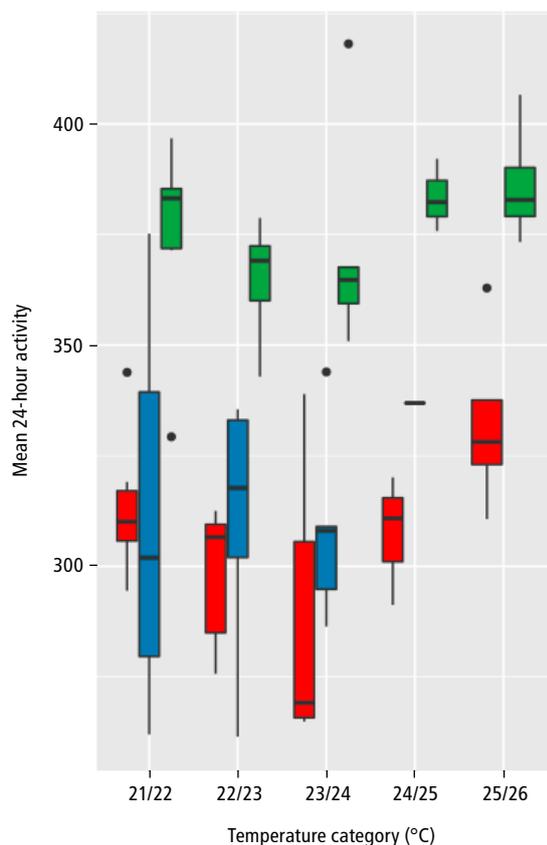
Die mit dem vaginalen Datenlogger gemessene Körperkerntemperatur zeigte eine grosse Variabilität zwischen den Individuen (Abb. 2). Einige Schweine zeigten verglichen mit anderen Schweinen konsistent höhere vaginale Temperaturen. Diese inter-individuellen Unterschiede der vaginalen Temperatur lassen sich jedoch nicht mit den Gewichtsunterschieden erklären (Spearman Rangkorrelationskoeffizient = 0,18). Es liess sich kein Anstieg der Körperkerntemperatur mit zunehmender Umgebungstemperatur feststellen. Die durchschnittliche Atemfrequenz stieg nur bei den schwersten Schweinen bei 26–27 °C, wohingegen sich bei tieferen Temperaturen in allen drei Gewichtsklassen keine Zunahme der Atemfrequenz feststellen liess (Abb. 3). Die Schwankungen der Atemfrequenz zwischen den einzelnen Tieren waren insgesamt hoch, und sie waren niedriger bei den um 8.00 Uhr gemessenen Werten als bei den um 14.00 Uhr gemessenen Werten (Tab. 1). Ausserdem war die durchschnittliche Atemfrequenz um 14.00 Uhr höher als um 08.00 Uhr (Tab. 1).

### Körperoberflächentemperatur

Die mit einer Wärmebildkamera gemessene Körperoberflächentemperatur stieg mit höherer Umgebungstemperatur bei den Schweinen aller Gewichtsklassen (siehe Abb. 4 mit den zusammengefassten Körperoberflächentemperaturen aller Schweine) und war unabhängig von der Distanz, aus der das Bild aufgenommen wurde (50 bis 300 cm; Spearman Rangkorrelationskoeffizient = 0,17).

### Verhalten

Es gab zu den beiden Tageszeiten (8.00 und 14.00 Uhr) keinen Unterschied beim prozentualen Anteil der liegenden Schweine (Tab. 1), und mit steigender Umgebungstemperatur war der prozentuale Anteil liegender Schweine nicht höher (Daten nicht aufgeführt). Auch der prozentuale Anteil stehender Schweine war jeweils um 08.00 Uhr ähnlich wie um 14.00 Uhr (Tab. 1), und



**Abb. 1** | Mittelwert der Aktivität von Mastschweinen über 24-Stunden-Perioden bezogen auf den 24-Stunden-Mittelwert der Umgebungstemperatur in der Bucht (in Kategorien). Die grünen Balken beziehen sich auf die Schweine der Gruppe 3 (leichteste Schweine, Mittelwert  $\pm$  SEM des Körpergewichts:  $48,1 \pm 13,7$  kg), die blauen Balken auf die Schweine der Gruppe 2 (mittelschwere Schweine:  $63,4 \pm 17,0$  kg) und die roten Balken auf die Schweine der Gruppe 1 (schwerste Schweine:  $89,2 \pm 12,0$  kg).

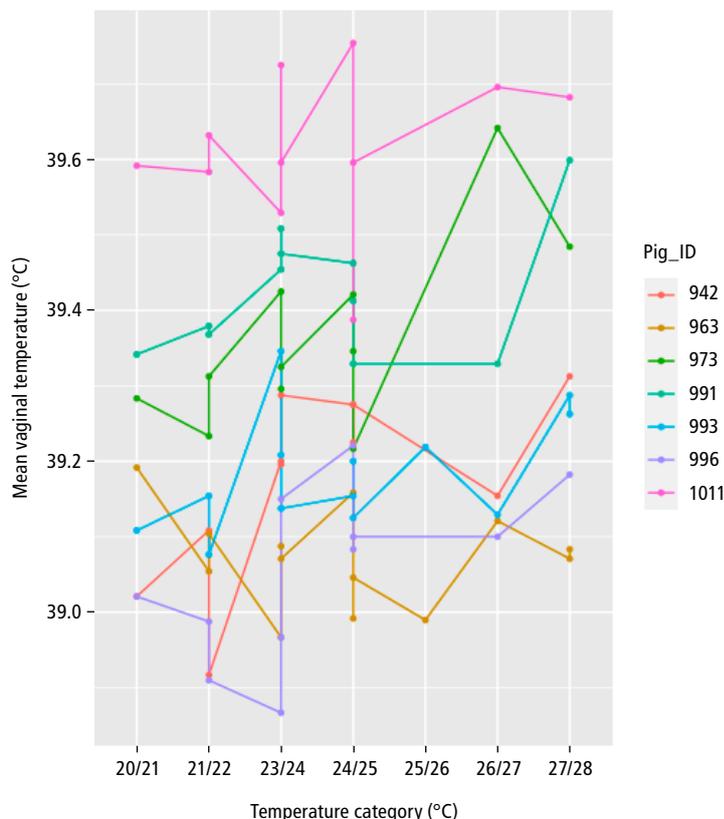
die Daten zeigten keinen sichtbaren Einfluss der Umgebungstemperatur. Leichtere Schweine standen tendenziell länger als schwerere Schweine (Tab. 1). Der Prozentsatz sitzender Schweine war bei den verschiedenen Gewichtsklassen nicht unterschiedlich (Tab. 1) und veränderte sich nicht mit der Umgebungstemperatur (Daten nicht aufgeführt). Auch der prozentuale Anteil der auf der Seite liegenden Schweine hing nicht von der Umgebungstemperatur ab (Abb. 5). Verglichen mit den schwereren Schweinen verbrachten leichtere Schweine weniger Zeit auf der Seite liegend (Tab. 1). Der durchschnittliche Prozentsatz von in Bauchlage liegenden Schweinen zeigte einen Anstieg mit zunehmender Umgebungstemperatur um 14.00 Uhr, aber nicht um 08.00 Uhr (Abb. 5). Die prozentualen Anteile der Schweine mit Körperkontakt und der auf dem Spaltenboden liegenden Schweine veränderten sich nicht mit der Umgebungstemperatur (Daten nicht aufgeführt), und es war in den Daten der verschiedenen Gewichtsklassen kein klares Muster erkennbar (Tab. 1).

## Diskussion

Es wurden vier physiologische Parameter und sieben Verhaltensparameter bei männlichen und weiblichen Mastschweinen gemessen und deren Zusammenhang mit der Umgebungstemperatur, die zwischen 17 und 30 °C variierte, untersucht. Korrelationen zwischen den physiologischen Parametern (Aktivität, Körperkerntemperatur, Atemfrequenz, Körperoberflächentemperatur) wurden nicht gefunden, wahrscheinlich weil die Stichprobengröße zu klein war.

### Aktivität

Die durchschnittliche Aktivität veränderte sich mit steigenden Umgebungstemperaturen nicht, vielleicht weil das Bewegungsniveau bei Mastschweinen im Allgemeinen bereits tief ist. Die Aktivität nahm deshalb mit steigenden Umgebungstemperaturen nicht mehr weiter ab, da sich die Tiere hauptsächlich für die Futter- und Wasseraufnahme oder für das Koten bewegten. In anderen Studien wurde eine Abnahme der Aktivität festgestellt (Pedersen *et al.*, 2003), aber die Aktivität war im Vergleich zu unserer Studie über einen breiteren Temperaturbereich untersucht worden. Möglicherweise war der in unserem Versuch berücksichtigte Bereich der Umgebungstemperatur (im Mittel 21–26 °C) zu klein, um eine Wirkung beobachten zu können. Selbst die leichteren, aktiveren Schweine schränkten ihre Aktivität bei höheren Temperaturen nicht ein. Interessanterweise hatten die schwereren Schweine mit einem Mittelwert von



**Abb. 2 |** Mittelwert der individuellen Körperkerntemperatur (vaginal gemessene Temperatur) von sieben weiblichen Mastschweinen der Gruppe 1 (schwerste Schweine, Mittelwert  $\pm$  SEM des Körpergewichts:  $89,2 \pm 12,0$  kg) bezogen auf den 24-Stunden-Mittelwert der Umgebungstemperatur in der Bucht (in Kategorien).

89,2 kg (Gruppe 1) und 63,4 kg (Gruppe 2) ein vergleichbares Aktivitätsniveau, während die Schweine mit einem durchschnittlichen Gewicht von 48,1 kg (Gruppe 3) insgesamt aktiver waren.

### Körperkerntemperatur

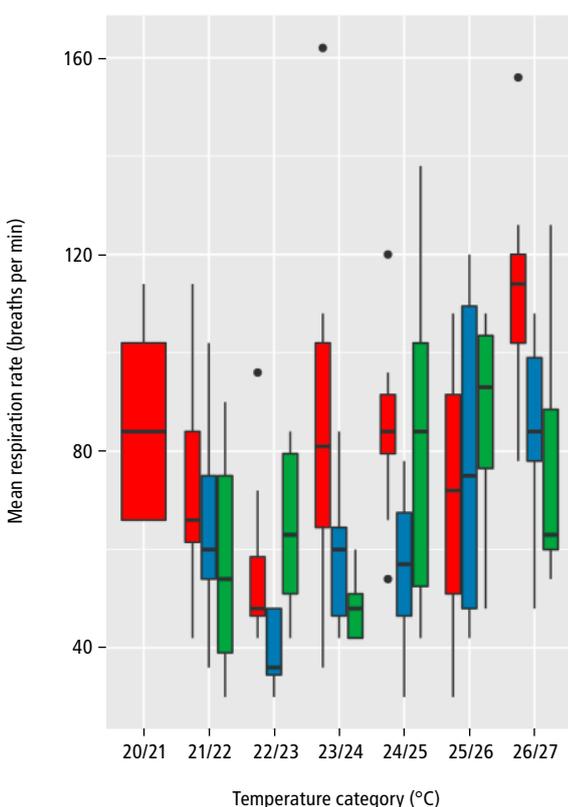
Insgesamt stieg die Körperkerntemperatur mit zunehmender Umgebungstemperatur nicht, wahrscheinlich weil die höchsten Temperaturen immer noch moderat waren und nur während kurzen Zeiträumen erreicht wurden. Huynh *et al.* (2005b) zeigten, dass die rektale Temperatur von Mastschweinen erst bei einer Umgebungstemperatur von über 26 °C stieg. Diese Temperatur wurde in unserem Versuch nur kurzzeitig überschritten. Die Körperkerntemperatur wies grosse Unterschiede zwischen den Individuen auf. Vielleicht unterschied sich die Körperkerntemperatur der einzelnen weiblichen Mastschweine oder die Eindringtiefe des Datenloggers war unterschiedlich. In einer anderen Studie, in der vaginale Datenlogger in jungen Zuchtsauen ein-

gesetzt wurden, lag die vaginal gemessene Temperatur bei einer Umgebungstemperatur von 24,9°C mit 38,6°C tiefer als die in unserem Versuch gemessene Temperatur von 39,2°C (Johnson & Shade, 2017). Es wurde jedoch beobachtet, dass Zuchtsauen eine tiefere Körperkern-temperatur als Mastschweine haben (Huynh *et al.*, 2004; Malmkvist *et al.*, 2012).

### Atemfrequenz

Die Atemfrequenz kann nur gemessen werden, wenn die Schweine liegen, aber auch das Verhalten unmittelbar vor der Messung (kurzes oder langes Liegen, Schlafen oder Interaktion mit Artgenossen) hat einen Einfluss auf die Atemfrequenz. Deshalb ist es schwierig, diesen Indikator auf standardisierte Weise zu messen, und es ist eine umfangreiche Stichprobengröße erforderlich, um eine Auswirkung der Umgebungstem-

peratur nachzuweisen. Bei den schwersten Schweinen wurde nur bei den höchsten Umgebungstemperaturen ein leichter Anstieg der Atemfrequenz festgestellt, doch im darunterliegenden Temperaturbereich war in keiner der drei Gewichtsklassen ein Anstieg der Atemfrequenz zu verzeichnen. Allerdings waren die interindividuellen Schwankungen beträchtlich hoch und haben möglicherweise Anstiege in der Atemfrequenz überlagert. Die grossen Schwankungen könnten ein Hinweis auf die Schwierigkeiten bei der standardisierten Messung der Atemfrequenz sein. Interessanterweise war die Atemfrequenz bei allen Temperaturen höher als bei den Messungen in anderen Studien (Mittelwert 62,3 ± 24,8 Atemzüge pro Minute in unserem Versuch bei Umgebungstemperaturen zwischen 20 und 27°C im Vergleich zu 30 Atemzügen pro Minute bis zu einer Umgebungstemperatur von 21°C und, abhängig von der Luftfeuchtigkeit, zu etwa 75 Atemzügen pro Minute bei 26°C; Huynh *et al.*, 2005b). In unserem Versuch wiesen die Schweine ein breites Spektrum an Körpergewichten auf, wohingegen in anderen Studien nur bestimmte Gewichtsklassen untersucht wurden (60–70 kg in Huynh *et al.*, 2005b), was die Unterschiede in der Atemfrequenz erklären könnte.



**Abb. 3 |** Mittelwert der Atemfrequenz (Atemzüge pro Minute) von Mastschweinen um 14.00 Uhr bezogen auf den Mittelwert der Umgebungstemperatur in der Bucht (in Kategorien) im Zeitabschnitt von 12.00 bis 16.00 Uhr. Die grünen Balken beziehen sich auf die Schweine der Gruppe 3 (leichteste Schweine, Mittelwert ± SEM des Körpergewichts: 48,1 ± 13,7 kg), die blauen Balken auf die Schweine der Gruppe 2 (mittelschwere Schweine: 63,4 ± 17,0 kg) und die roten Balken auf die Schweine der Gruppe 1 (schwerste Schweine: 89,2 ± 12,0 kg).

### Körperoberflächentemperatur

Die Körperoberflächentemperatur scheint ein guter Indikator für Hitzestress zu sein, da – trotz unserer geringen Stichprobengröße und Schwierigkeiten mit der Standardisierung der für die Messung berücksichtigten Fläche – eine Zunahme mit steigender Umgebungstemperatur beobachtet wurde. Die Autoren betraten die Bucht zur Aufnahme der Wärmebilder nicht, um die Schweine nicht zu stören. Aus diesem Grund war die Distanz zum Schwein und die Lage des Schweins unterschiedlich. Wir versuchten, Aufnahmen des Gesäuges oder des Bereichs zwischen den Hinterbeinen zu machen, aber der Aufnahmewinkel war bei den Bildern unterschiedlich. In den meisten Studien, in denen Wärmebilder von Schweinen verwendet wurden, wurden die Tiere für die Aufnahme in einzelne Buchten gebracht, so dass Abstand und Winkel konstant gehalten werden konnten (z. B. Brown-Brandl *et al.*, 2012). Wir stellten beim Vergleich der mittleren Umgebungstemperatur von 20–21°C und 23–24°C einen Anstieg der Körperoberflächentemperatur fest. Die Ergebnisse unserer Studie stimmen mit den Resultaten einer anderen Studie an Mastschweinen überein, die zeigte, dass die Körperoberflächentemperatur bei einer Umgebungstemperatur ab 21,6°C zu steigen begann (Brown-Brandl *et al.*, 2012).

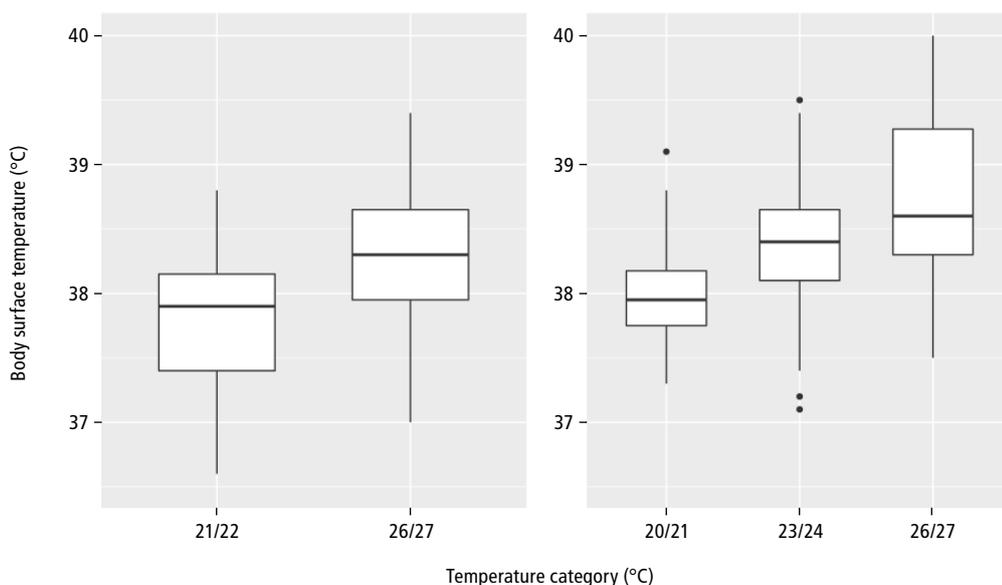
### Verhalten

Die Zahl der liegenden Schweine war bei allen Messungen um 14.00 Uhr hoch ( $75,4 \pm 9,3\%$ ), was erklären könnte, warum mit steigenden Umgebungstemperaturen keine weitere Zunahme zu verzeichnen war. In anderen Studien wurde gezeigt, dass Mastschweine unabhängig von der Umgebungstemperatur 88–90 % der Zeit ruhen (Ekkel *et al.*, 2003; Huynh *et al.*, 2005a). Interessanterweise nahm der Prozentsatz der Schweine in Bauchlage mit steigender Umgebungstemperatur zu, im Gegensatz zu den in anderen Studien beschriebenen Ergebnissen (Huynh *et al.*, 2005a). Die meisten Studien haben ergeben, dass sich Schweine bei höheren Umgebungstemperaturen lieber auf die Seite legen, um die Wärme besser an den Boden abzugeben (Close *et al.*, 1981; Huynh *et al.*, 2005a). Möglicherweise wechselten die Schweine aufgrund der Anwesenheit der Autoren bei den Messungen um 14.00 Uhr in die Bauchlage. Die Umgebungstemperatur hatte keinen Einfluss auf die Anzahl der Schweine, die mit Körperkontakt zu Artgenossen lagen. Vielleicht empfanden die Schweine alle Temperaturen, die während des Versuchs auftraten, als Hitzestress und hielten deshalb Abstand. Um 08.00 Uhr lagen die Schweine jedoch häufiger mit Körperkontakt als um 14.00 Uhr, was auf Vorlieben zurückzuführen sein könnten, die mit dem Tagesrhythmus zusammenhängen. Leichtere Schweine standen länger und verbrachten weniger Zeit auf der Seite liegend als die schwereren Schweine, was im Einklang mit früheren Untersuchun-

gen steht. So sind leichtere Schweine eventuell weniger von Hitzestress betroffen als schwerere Artgenossen. Die Verhaltensparameter könnten z. B. vom Körpergewicht, der Gruppengröße und dem verfügbaren Platz abhängen und zu variabel sein, um sie für die frühe Erkennung von Hitzestress zu nutzen.

### Schlussfolgerungen für Studien in Landwirtschaftsbetrieben

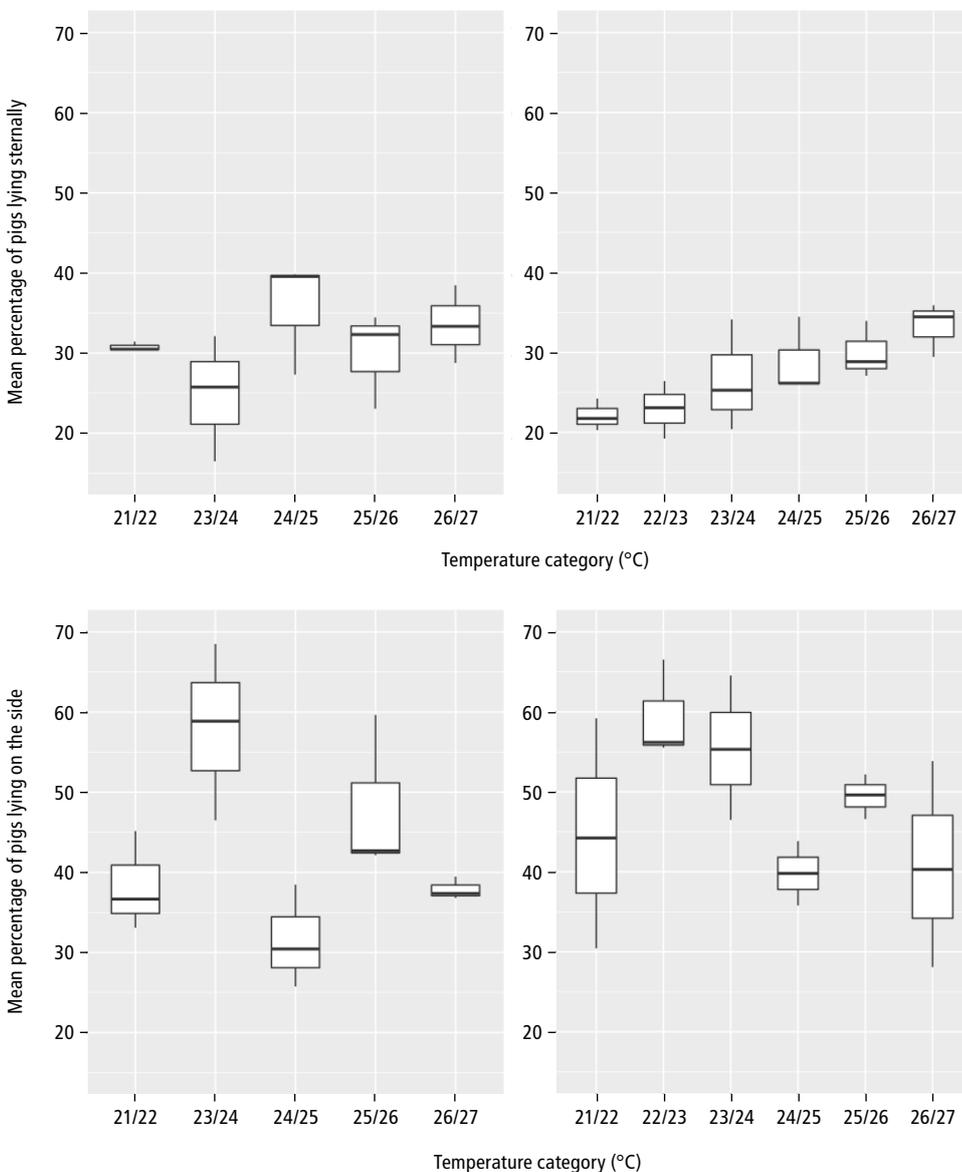
Ziel dieser Untersuchung war es, geeignete Indikatoren für die frühzeitige Erkennung von Hitzestress bei Mastschweinen zu finden, die zur Beurteilung der Wirksamkeit von Kühlsystemen in Betrieben verwendet werden können. Insgesamt erwies sich die Messung der Körperoberflächentemperatur mit einer Wärmebildkamera als eine gute Methode zur Messung von Hitzestress bei Mastschweinen. Ausserdem nahm auch die Atemfrequenz mit steigenden Umgebungstemperaturen zu, womit diese als nützlicher Indikator für Hitzestress in Frage kommt. Das Aktivitätsniveau änderte sich jedoch nicht mit einer steigenden Umgebungstemperatur und ist daher möglicherweise kein brauchbarer Parameter zur Bewertung von Hitzestress bei Mastschweinen. Es könnte jedoch sein, dass sich das Aktivitätsniveau deutlich ändert, wenn es über einen grösseren Temperaturbereich beobachtet wird. Auch die Körperkerntemperatur wurde nicht feststellbar von mittleren Umgebungstemperaturen im Bereich von 20 bis 28 °C beeinflusst,



**Abb. 4** | Mittelwert der Körperoberflächentemperatur von Mastschweinen, gemessen um 08.00 Uhr (links) und um 14.00 Uhr (rechts) und bezogen auf den Mittelwert der Umgebungstemperatur in der Bucht (in Kategorien) im Zeitabschnitt von 12.00 bis 16.00 Uhr.

sie würde aber bei extremerer und länger anhaltender Hitze vermutlich ansteigen. Da Hitzestress bei extremen Temperaturen jedoch bereits Folgen für das Wohlergehen und die Produktion hat, scheint dieser Parameter nicht geeignet für die Früherkennung von Hitzestress zu sein. Der Prozentsatz der liegenden Schweine lieferte keine klaren Hinweise auf Hitzestress. Ausserdem änderten sich die prozentualen Anteile der Schweine, die standen, sassen, auf dem Spaltenboden lagen oder Körperkontakt hatten, mit den unterschiedlichen Umgebungstemperaturen nicht, dagegen aber mit der Tageszeit. Von den Verhaltensparametern nahm nur der

Prozentsatz der Schweine, die auf dem Bauch lagen, mit steigender Umgebungstemperatur zu. Insgesamt müssen die Parameter, die geeignet sind, Hitzestress in einem frühen Stadium zu erkennen, noch mit einer grösseren Stichprobe und mit hohen Temperaturen über längere Zeiträume genauer untersucht werden. Aufgrund der Ergebnisse dieser Studie scheinen Wärmebilder und die Messung der Atemfrequenz vielversprechende Methoden für die Beurteilung von Hitzestress bei Mastschweinen zu sein. Für die Landwirtschaftsbetriebe ist die Thermografie allerdings nicht praktikabel und die Methode zu teuer, um Hitzestress zu messen. Für die



**Abb. 5** | Mittelwert des prozentualen Anteils der in Bauchlage (obere Grafiken) oder auf der Seite (untere Grafiken) liegenden Mastschweine um 8.00 Uhr (links) und um 14.00 Uhr (rechts) bezogen auf den Mittelwert der Umgebungstemperatur in der Bucht (in Kategorien) im Zeitabschnitt von 12.00 bis 16.00 Uhr.

Verwendung der Atemfrequenz als Indikator für Hitzestress müsste eine grosse Anzahl von Tieren beprobt werden, was diesen Indikator für Landwirte ebenfalls unpraktikabel macht. Für Forschungszwecke liefern jedoch sowohl die Körperoberflächentemperatur als auch die Atemfrequenz gute Hinweise auf Hitzestress bei Mastschweinen, und diese Parameter können ver-

wendet werden, um die Belastung durch hohe Temperaturen zu beurteilen. Es sollten weitere Anstrengungen unternommen werden, um Indikatoren zu ermitteln und zu validieren, die es den Betrieben ermöglichen, Hitzestress frühzeitig zu erkennen und mit der Bereitstellung von Kühlung zu reagieren. ■

#### Literatur

- Bracke, M.B.M. (2011). Review of wallowing in pigs: Description of the behaviour and its motivational basis. *Applied Animal Behaviour Science*, **132**(1–2), 1–13.
- Brown-Brandl, T.M., Eigenberg, R.A., & Purswell, J.L. (2012). Determining heat tolerance in finishing pigs using thermal imaging. In *2012 IX International Livestock Environment Symposium (ILES IX)* (p. 3). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Close, W.H., Heavens, R.P., & Brown, D. (1981). The effects of ambient temperature and air movement on heat loss from the pig. *Animal Science*, **32**(1), 75–84.
- Ekkel, E.D., Spoolder, H.A.M., Hulsegge, I., & Hopster, H. (2003). Lying characteristics as determinants for space requirements in pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, **80**(1), 19–30.
- Huynh, T.T.T., Aarnink, A.J.A., Verstegen, M.W.A., Gerrits, W.J.J., Kemp, B., & Heetkamp, M.J.W. (2004). Pigs' physiological responses at different relative humidities and increasing temperatures. In *2004 ASAE Annual Meeting* (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Huynh, T.T.T., Aarnink, A.J.A., Gerrits, W.J.J., Heetkamp, M.J.W., Canh, T.T., Spoolder, H.A.M., Kemp, B., & Verstegen, M.W.A. (2005a). Thermal behaviour of growing pigs in response to high temperature and humidity. *Applied Animal Behaviour Science*, **91**(1–2), 1–16.
- Huynh, T.T.T., Aarnink, A.J.A., Verstegen, M.W.A., Gerrits, W.J.J., Heetkamp, M.J.W., Kemp, B., & Canh, T.T. (2005b). Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. *Journal of Animal Science*, **83**(6), 1385–1396.
- Ingram, D.L. (1965). Evaporative cooling in the pig. *Nature*, **207**, 415–416.
- Johnson, J.S., & Shade, K.A. (2017). Characterizing body temperature and activity changes at the onset of estrus in replacement gilts. *Livestock Science*, **199**, 22–24.
- Kpodo, K.R., Duttlinger, A.W., Maskal, J.M., & Johnson, J.S. (2020). Effects of feed removal on thermoregulation and intestinal morphology in pigs recovering from acute hyperthermia. *Journal of Animal Science*, **98**(3), skaa041.
- Malmkvist, J., Pedersen, L.J., Kammersgaard, T.S., & Jørgensen, E. (2012). Influence of thermal environment on sows around farrowing and during the lactation period. *Journal of Animal Science*, **90**(9), 3186–3199.
- Mayorga, E.J., Renaudeau, D., Ramirez, B.C., Ross, J.W., & Baumgard, L.H. (2019). Heat stress adaptations in pigs. *Animal Frontiers*, **9**(1), 54–61.
- National Weather Service Central Region (1976). *Livestock hot weather stress. Regional operations manual letter C-31-76*. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service Central Region.
- Pedersen, S., Sousa, P., Andersen, L., & Jensen, K.H. (2003). Thermoregulatory behaviour of growing–finishing pigs in pens with access to outdoor areas. *Agricultural Engineering International: The CIGR Journal of Agricultural Engineering*, **5**, Manuscript BC 03 002.
- Renaudeau, D., Collin, A., Yahav, S., de Basilio, V., Gourdine, J.L., & Collier, R.J. (2012). Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal*, **6**(5), 707–728.
- St-Pierre, N.R., Cobanov, B., & Schnitkey, G. (2003). Economic losses from heat stress by US livestock industries. *Journal of Dairy Science*, **86**(Suppl.), E52–E77.
- Verstegen, M.W.A., Henken, A.M., & Van Der Hel, W. (1987). Influence of some environmental, animal and feeding factors on energy metabolism in growing pigs. In M.W.A. Verstegen & A.M. Henken (eds.), *Energy metabolism in farm animals* (pp. 70–86). Martinus Nijhoff.
- Wegner, K., Lambert, C., Daş, G., Reiner, G., & Gauly, M. (2014). Climatic effects on sow fertility and piglet survival under influence of a moderate climate. *Animal*, **8**(9), 1526–1533.