# Einsatz der Thermographie zum Monitoring der operationsbedingten Hitzeentwicklung während der thermischen Enthornung von Kälbern

L. Scherf<sup>1</sup>, J. Kretschmann<sup>1</sup>, M.-L. Fischer<sup>2</sup>, N. Mielenz<sup>3</sup>, G. Möbius<sup>2</sup>, S. Getto<sup>4</sup>, M. Kaiser<sup>1</sup>, H. Müller<sup>1</sup>, L. Bittner<sup>1</sup>, W. Baumgartner<sup>5</sup>, A. Starke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Klinik für Klauentiere der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig; <sup>2</sup>Institut für Tierhygiene und Öffentliches Veterinärwesen der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig; <sup>3</sup>Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Arbeitsgruppe Biometrie und Agarinformatik, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 06120 Halle (Saale), Deutschland; <sup>4</sup>Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, 70569 Stuttgart, Deutschland; <sup>5</sup>Universitätsklinik für Wiederkäuer, Veterinärmedizinische Universität, 1210 Wien, Österreich

https://doi.org/ 10.17236/sat00251

Eingereicht: 02.12.2019 Angenommen: 22.01.2020

# Zusammenfassung

Ziel der Studie war es, die Oberflächentemperaturen im Kopfbereich von 28 weiblichen Deutsch-Holstein Kälbern um den Enthornungszeitraum mittels Thermographie darzustellen. Hierfür wurden die Studientiere in zwei Gruppen (1: thermisch enthornt (thermE), N = 14; 2: Scheinenthornung (ScheinE), N = 14) unterteilt. Zu neun Zeitpunkten (- 60 (Ruhewert), 0, 5, 30, 60, 90, 120, 240, 480 min) wurden thermographische Messungen an acht Lokalisationen im Kopfbereich (Umgebung linke Hornanlage (UliHa), linke Hornanlage (liHa), linkes Auge (liAu), Flotzmaul (FM), Schleimhaut Flotzmaul (SHFM), rechtes Auge (reAu), rechte Hornanlage (reHa), Umgebung rechte Hornanlage (UreHa)) mittels High-End Wärmebildkamera (ThermoPro TP8, Firma DIAS Infrared GmbH) durchgeführt. Außerdem wurde zu Minute - 60, 5, 240 und 480 die innere Körpertemperatur (IKT) rektal erfasst. Die statistische Auswertung pro Merkmal erfolgte mit SAS, Vers.9.4.

An mehreren Lokalisationen (reAu, liAu, SHFM, liHa) konnte ein Zusammenhang zwischen der rektal gemessenen IKT und den thermographisch ermittelten Oberflächentemperaturen nachgewiesen werden ( $r_p \ge 0,45$ ;  $p \le 0,05$ ). Die Maximaltemperatur (ca. 67°C) konnte direkt nach Abnahme des Brenners an den Ha der Kälber nach thermE ermittelt werden. Fünf und 30 Minuten nach dem Eingriff kam es zu einem Temperaturabfall an den Ha der Tiere nach thermE von bis zu 50%, während die Oberflächentemperaturen der anderen Lokalisationen bei den Kälbern beider Gruppen im Vergleich zum Ruhewert anstiegen (p < 0,01). Zu den Messungen 60, 90 und 120 Minuten kam es weiterhin zu einem stetigen Temperaturanstieg (UliHa, liAu, FM, SHFM, reAu, UreHa) bzw. einem Temperaturplateau (liHa,

# Thermographic monitoring of skin surface temperature associated with hot-iron disbudding in calves

The goal of this study was to determine the skin surface temperatures of the head using thermography in 28 German Holstein heifer calves at the time of hot iron disbudding. Calves were divided into group 1 (hot-iron disbudding, n = 14) and 2 (sham disbudding, n = 14). Thermographic measurements were made at eight locations of the head (area surrounding both horn buds, both horn buds, muzzle, mucous membranes of the muzzle, both eyes) at nine time points (- 60 min (basal value), time of disbudding, 5, 30, 60, 90, 120, 240 and 480 min after disbudding) using a high-end thermographic camera (ThermoPro TP8, Firma DIAS Infrared GmbH). The rectal temperature was measured 60 min before and 5, 240 and 480 min after disbudding. The statistical software SAS version 9.4 was used for analysis. Skin surface temperatures and rectal temperature correlated at several locations ( $r_p \ge 0.45$ ;  $p \le 0.05$ ). The maximum temperature (approx. 67°C) was measured at the horn buds immediately after the hot-iron procedure. By five and 30 min after hot-iron disbudding, the temperature of the horn buds had decreased by up to 50%, whereas the temperatures at the other locations had increased significantly (p < 0.01) in both groups compared with the basal values. Measurements at 60, 90 and 120 min after the procedure both groups showed a continuous temperature increase (vicinity of both horn buds, both eyes and at the muzzle and associated mucous membranes) or a temperature plateau (both horn buds). The temperature returned to basal values at all locations (excl. muzzle and associated mucous membranes) between 4 and 8 hours after the procedure.

Das Manuskript ist Herrn Prof. Karl Nuss zum 60. Geburtstag gewidmet. reHa). Vier, spätestens acht Stunden nach Enthornung war das Niveau des Ruhewertes an allen Lokalisationen (exkl. FM, SHFM) wieder erreicht.

Aufgrund des analogen Verlaufs der Oberflächentemperaturen der vorliegenden Studie mit dem Verlauf der Kortisol-Konzentration im Blut von thermisch enthornten Kälbern ähnlich angelegter Studien lässt sich vermuten, dass es sich dabei um eine perioperative Stressantwort handeln könnte. Weitere Untersuchungen sind nötig, um einen möglichen Einsatz der Thermographie zur nicht invasiven Stressevaluierung zu prüfen.

**Schlüsselwörter:** Enthornung, Stress, Veterinärmedizin, Wärmebildkamera, Oberflächentemperatur

The similarities between the temperature patterns observed in the present study and published blood cortisol concentrations in calves undergoing hot iron disbudding suggest that temperature increases reflect a perioperative stress response. Further studies are necessary to evaluate whether thermography of the head could serve as a proxy for the non-invasive evaluation of pain and stress in calves.

**Key Words:** disbudding, stress, veterinary medicine, infrared thermography, superficial temperatures

Einsatz der Thermographie zum Monitoring der operationsbedingten Hitzeentwicklung während der thermischen Enthornung von Kälbern

L. Scherf et al.

### Einleitung

Bei der Enthornung von Kälbern handelt es sich um einen zootechnischen Routineeingriff, welcher in der Nutztierhaltung nach wie vor durchgeführt wird,<sup>5,18</sup> trotz zunehmender Möglichkeit der Züchtung hornloser Tiere.<sup>2</sup> Die thermische Enthornung ist die am häufigsten angewandte Methode,<sup>23</sup> wobei strom- oder gasbetriebene Enthorner zum Einsatz kommen.<sup>4,10,11</sup> Diese Enthornungsmethode gilt als sicher, aber auch besonders schmerzhaft.<sup>5,23</sup> Zurückzuführen ist dies auf die bis auf die Subkutis reichenden Hitzeschäden, die durch den über 600 °C heißen Brenner zu Stande kommen.<sup>3,20</sup> Der Enthornungsschmerz lässt sich jedoch zuverlässig durch ein multimodales Schmerzmanagement ausschalten.<sup>7</sup>

Die Infrarot-Thermographie ist eine geeignete Methode zur Überwachung von thermischen Prozessen. Sie wurde bereits zur Untersuchung der thermischen Enthornung<sup>19,22</sup> sowie des Heißbrandes von Kälbern<sup>16</sup> eingesetzt. Der schmerzbedingte Stress konnte mehrfach durch Verhaltensbeobachtungen und Messungen der Kortisol-Konzentration im Blut erfasst werden.<sup>11,18</sup> Um eine Reproduzierbarkeit der thermographischen Messergebnisse, v.a. unter Stallbedingungen, zu gewährleisten, muss die Erfassung der Oberflächentemperaturen im Kopfbereich von Kälbern mit Hilfe einer Wärmebildkamera unter Beachtung bestimmter interner und externer Einflussfaktoren erfolgen.<sup>15</sup>

Ziele der Studie sind die Darstellung und Interpretation des Verlaufs der Oberflächentemperaturen vor, während und nach der Enthornung an acht ausgewählten Lokalisationen im Kopfbereich von weiblichen Deutsch-Holstein Kälbern mittels Thermographie sowie einen potentiellen Einsatz der Thermographie zur nicht invasiven Stressevaluierung zu prüfen.

## Material und Methoden

Die vorliegende Studie ist Teil eines multizentrischen Gesamtprojektes zur Durchführung von Untersuchungen zur Schmerzausschaltung während bzw. nach dem thermischen Enthornen von weiblichen Deutsch-Holstein Kälbern. Sie wurde nach der Tierschutz-Versuchstierverordnung durch die Landesdirektion Sachsen geprüft und genehmigt (Bescheid vom 22.12.2014, Geschäftszeichen LDD24-5131/276/52, TVV 48/14).

#### Patientengut

Die Studie wurde in einem Milchviehbetrieb mit 1.500 Deutsch-Holstein Kühen an gesunden, horntragenden, weiblichen Kälbern durchgeführt. Im Rahmen dieser Studie wurden die Daten von 28 Tieren (Alter: 4,4 d (Mittelwert; Mw), Min. = 1,0, Max. = 8,0; Körpermasse (KM): 41,6 kg (Mw), Min. = 32,0, Max. = 48,0) ausgewertet, welche per Losverfahren in zwei Gruppen unterteilt wurden:

- Gruppe 1: Tiere wurden thermisch enthornt (thermE),
   N = 14
- Gruppe 2: Tieren wurde Enthorner in Umgebungstemperatur auf Hornanlage gedrückt (ScheinE), N = 14

Die Kälber beider Gruppen gehörten der Placebo-Gruppe des Gesamtprojektes an. Sie erhielten 30 min vor dem geplanten Eingriff ein Placebo-Sedativum (Natriumchloridlösung 0,2 mg/kg KM i.m.) sowie ein Placebo-NSAID (Natriumchloridlösung 0,5 mg/kg KM s.k.). Fünf Minuten vor der Enthornung wurde den Tieren außerdem ein Placebo-Lokalanästhetikum analog zu einer Leitungsanästhesie des Ramus cornualis verabreicht (8 ml Natriumchloridlösung/Seite, Tab. 1).

#### Studienablauf

Der Studienzeitraum, zusätzliche Untersuchungen, die neben der Thermographie durchgeführt wurden, sowie die Etablierung des "Ruhewertes" wurden bereits beschrieben.<sup>15</sup> Die thermische Enthornung wurde immer Einsatz der Thermographie zum Monitoring der operationsbedingten Hitzeentwicklung während der thermischen Enthornung von Kälbern

L. Scherf et al.

**Tab. 1:** Darstellung des zeitlichen Ablaufs der Thermographie am Enthornungstag, der Lokalisationen, die thermographisch untersucht wurden, der Anzahl an Wärmebildern, die angefertigt wurden, sowie der Untersuchungen und Eingriffe, die bei den weiblichen Deutsch-Holstein Kälbern (N = 28) durchgeführt wurden.

T: Zeitpunkt der Thermographie in Minuten; **liAu**: linkes Auge; **reAu**: rechtes Auge; **FM**: Flotzmaul; **SHFM**: Schleimhaut Flotzmaul; **liHa**: linke Hornanlage; **reHa**: rechte Hornanlage; **UliHa**: Umgebung der linken Hornanlage; **UreHa**: Umgebung der rechten Hornanlage; **IKT**: innere Körpertemperatur.

Т	Wärme- bildserie	Thermographische Lokalisationen	Anzahl Thermo- gramme	Eingriff/Untersuchung
-60	1	liHa, UliHa liAu, FM, SHFM, reAU, reHa, UreHa	10	Klinische Untersuchung
-30	-			Injektion des Placebo-NSAID und -Sedativums
-10	-			Injektion des Placebo-Lokal- anästhetikums
0	2	liHa, reHa	2	Enthornung
5	3	liHa, liAu, reAu, reHa	8	Rektal erfasste IKT
30	4	liHa, UliHa, liAu, FM, SHFM, reAu, reHa, UreHa	10	
60	5	liHa, UliHa, liAu, FM, SHFM, reAu, reHa, UreHa	10	
90	6	liHa, UliHa, liAu, FM, SHFM, reAu, reHa, UreHa	10	
120	7	liHa, UliHa, liAu, FM, SHFM, reAu, reHa, UreHa	10	
240	8	liHa, UliHa, liAu, FM, SHFM, reAu, reHa, UreHa	10	Rektal erfasste IKT
480	9	liHa, UliHa, liAu, FM, SHFM, reAu, reHa, UreHa	10	Rektal erfasste IKT

<sup>∑</sup> Wärmebilder für 1 enthorntes Kalb: 80

von der gleichen sachkundigen Person (Tierarzt/Tierärztin) durchgeführt. Nach Erreichen der Betriebstemperatur von 600 °C wurde der Brenner (Express-Gasenthorner 144, Fa. Guilbert Express Saarbrücken) unter leichten Drehbewegungen auf die geschorene Haut um die Hornanlage gedrückt und so von der umgebenden Haut losgelöst. Anschließend erfolgte die Entfernung dieses ringförmigen Hautareals mit der sich darin befindlichen Hornanlage von der darunterliegenden Subkutis mit Hilfe des Brenners. Zunächst wurde auf diese Weise die linke Hornanlage entfernt und direkt nach Abnahme des Brenners zum Zeitpunkt 0 (unmittelbar nach Enthornung) ein Thermogramm der Enthornungsstelle angefertigt. Anschließend wurde die rechte Seite enthornt und ebenfalls ein Thermogramm angefertigt. Analog war der Ablauf der Scheinenthornung, wobei der Enthorner in Umgebungstemperatur immer mit etwa dem gleichen Druck für eine Dauer von ca. 6 s auf die Hornanlagen (liHa, reHa) gehalten wurde. Im weiteren Verlauf wurden zusätzlich Thermogramme der Augen (liAu, reAu), des Flotzmauls (FM, Planum nasolabiale), dessen Schleimhaut (SHFM, Schleimhaut im Bereich der Rima oris), sowie der Umgebung der Enthornungsstellen (UliHa, UreHa) angefertigt (Tab. 1).15 Außerdem wurde zu den Messzeitpunkten 60 Minuten vor, sowie fünf Minuten, vier und acht Stunden nach Enthornung die innere Körpertemperatur (IKT) rektal mittels digitalem Thermometer (Microlife VT 1831 Vet-Temp) gemessen.

## Thermographie

#### Kamera

Die thermographischen Messungen erfolgten mit der High-End Wärmebildkamera "ThermoPro TP 8" (Fa. DIAS Infrared GmbH, Messfrequenz 50 Hz, Auflösung  $384 \times 288$  Pixel, Messunsicherheit  $\pm 2$  K).

#### Lokalisationen und Durchführungskritieren

Zusätzlich zu den bereits definierten sechs Lokalisationen<sup>15</sup> wurden thermographische Messungen in der rechten und linken Umgebung der Hornanlagen (UreHa, UliHa) in einem ca. 3 cm großen Radius um die Ha durchgeführt. Für die Anfertigung aller Thermogramme pro Tier und Messzeitpunkt wurden 1,5  $\pm$  0,2 min benötigt. Sowohl die Beschreibung der Lokalisationen sowie die Reihenfolge der Thermogramme, welche pro Tier und Zeitpunkt angefertigt wurden, als auch die Durchführungskriterien wurden bereits erwähnt.

#### Auswertung

Die Auswertung der im Betrieb erhobenen thermographischen Rohdaten ist in der vorangegangenen Studie dargelegt worden.<sup>15</sup>

#### Statistik

Die statistische Auswertung pro Merkmal (Oberflächentemperatur an den Lokalisationen, IKT) erfolgte mit SAS, Vers.9.4 unter Nutzung der Prozedur MIXED. Alle Auswertungsmodelle enthielten fixe Effekte der Prüffaktoren Behandlung (Gruppe: thermE und ScheinE), Zeitpunkt (Minute -60 bis 480) und deren Wechselwir-

 $<sup>\</sup>Sigma$  Wärmebilder für 28 Kälber: 2240

kung. Der Umweltfaktor Studiengruppe wurde über fixe Effekte und der quantitative Einflussfaktor Umgebungstemperatur über eine quadratische Regressionsfunktion berücksichtigt.

Im finalen Auswertungsmodell wurden die Studiengruppe und die Umgebungstemperatur nur aufgenommen, falls der F-Test Signifikanz zeigte. Die Messwiederholung pro Tier wurde über korrelierte Resteffekte der maximal neun Beobachtungen eines Tieres berücksichtigt. Bei Nutzung der repeated-Anweisung innerhalb der SAS-Prozedur MIXED wurden mit der type-option die Varianz-Covarianz(VC)-Strukturen "cs, csh, ar(1), arh(1), teop(2), teop(4), toep(6), un" mit und ohne zufälligen Tiereffekt getestet. Letztendlich wurde die VC-Struktur mit dem kleinsten AIC-Wert ausgewählt. Die Modellgleichungen und deren Umsetzung innerhalb der SAS-Prozedur MIXED können auf Anfrage von den Autoren angefordert werden. Zur Prüfung der Daten auf Normalverteilung kam der Shapiro-Wilk-Test, angewendet auf die Residuen der Lokalisationen, zum Einsatz. Der Vergleich der Prüfminuten zum Standard, gegeben durch Minute -60, innerhalb der Behandlungen erfolgte mit dem Dunnett-Test. Für den Vergleich der beiden Behandlungen innerhalb der Prüfminuten wurde der multiple t-Test verwendet. Um einen möglichen Zusammenhang zwischen der IKT und der Augenoberflächentemperatur herstellen zu können, wurden phänotypische Korrelationen unter Verwendung von Zweimerkmalsmodellen pro Prüfminute geschätzt. Die verwendeten Zweimerkmalsmodelle enthielten fixe Behandlungseffekte und die Umgebungstemperatur als lineare Kovariable. In allen Tests wurde bei einem p-Wert < 0,05 auf Signifikanz entschieden.

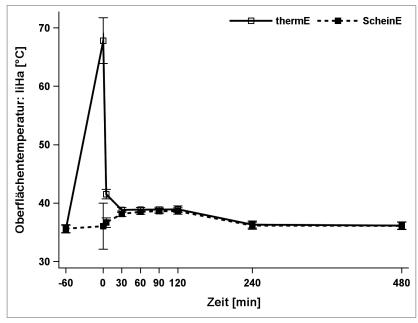
#### Resultate

# Oberflächentemperaturen im Kopfbereich vor, während und nach der thermischen Enthornung

Zur Messung eine Stunde vor der Enthornung (Ruhewert) bestanden für die Oberflächentemperaturen an den Lokalisationen am Kopf der Kälber (N=28) im

Einsatz der Thermographie zum Monitoring der operationsbedingten Hitzeentwicklung während der thermischen Enthornung von Kälbern

L. Scherf et al.



**Abb. 1:** Thermographisch erfasste Oberflächentemperaturen in C° (LSM  $\pm$  SE; 95 %-KI) bei gesunden, weiblichen Deutsch-Holstein Kälbern der Gruppe 1 (thermE; N = 14) und 2 (ScheinE, N = 14) an der linken Enthornungsstelle um den Zeitpunkt der thermischen Enthornung (Minute -60 bis 480).

**thermE**: Tiere nach thermischer Enthornung; **ScheinE**: Tiere nach Scheinenthornung; **IiHa**: linke Hornanlage.

**Tab. 2:** Thermographisch erfasste Oberflächentemperaturen in C° (Least Square Means (LSM) ± Standardfehler (SE); 95%-Konfidenzintervall (KI)) bei gesunden, weiblichen Deutsch-Holstein Kälbern der Gruppe 1 (thermE; N = 14) und 2 (ScheinE; N = 14) an der linken und rechten Enthornungsstelle um den Zeitpunkt der thermischen Enthornung mit den p-Werten hinsichtlich des Vergleichs aller Prüfminuten zu Minute -60 als auch der Tiere nach ScheinE gegen die Tiere nach thermE.

T: Zeitpunkt der Thermographie in Minuten; thermE: Tiere nach thermischer Enthornung; ScheinE: Tiere nach Scheinenthornung; OberTemp: Oberflächentemperatur.

		Linke	Enthornungs	sstelle		Rechte Enthornungsstelle						
	thermE		p-Werte	ScheinE	ScheinE		thermE		ScheinE			
T	OberTemp in °C	p-Werte Min - 60 mit 5 - 480	ScheinE gegen thermE	OberTemp in °C	p-Werte Min - 60 mit 5 - 480	OberTemp in °C	p-Werte Min - 60 mit 5 - 480	ScheinE gegen thermE	OberTemp in °C	p-Werte Min - 60 mit 5 - 480		
-60	35,6 ± 0,3	-	0,83	35,6 ± 0,3	-	36,0 ± 0,4	-	0,53	$36,3 \pm 0,4$	_		
0	67,8 ± 1,9	< 0,01	< 0,01	36,1 ± 1,9	1,00	64,8 ± 2,6	< 0,01	< 0,01	36,1 ± 2,6	1,00		
5	41,5 ± 0,4	< 0,01	< 0,01	36,7 ± 0,4	0,14	39,4 ± 0,3	< 0,01	< 0,01	36,8 ± 0,3	0,64		
30	38,8 ± 0,2	< 0,01	0,04	38,2 ± 0,2	< 0,01	38,1 ± 0,3	< 0,01	0,59	37,9 ± 0,3	< 0,01		
60	38,9 ± 0,2	< 0,01	0,15	38,5 ± 0,2	< 0,01	38,2 ± 0,3	< 0,01	0,64	$38,0 \pm 0,3$	< 0,01		
90	38,9 ± 0,2	< 0,01	0,41	38,6 ± 0,2	< 0,01	38,4 ± 0,3	< 0,01	0,94	38,5 ± 0,2	< 0,01		
120	39,0 ± 0,3	< 0,01	0,42	38,7 ± 0,3	< 0,01	38,7 ± 0,2	< 0,01	0,75	38,6 ± 0,2	< 0,01		
240	36,3 ± 0,3	0,33	0,65	36,1 ± 0,3	0,77	36,1 ± 0,3	1,00	0,72	35,9 ± 0,3	0,91		
480	36,1 ± 0,3	0,62	0,95	36,1 ± 0,3	0,82	35,8 ± 0,2	1,00	0,12	36,3 ± 0,2	1,00		

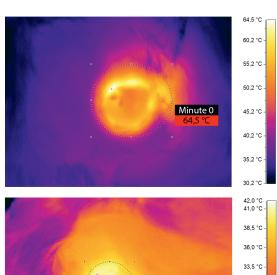
**Tab. 3:** Thermographisch erfasste Oberflächentemperaturen in C° (LSM ± SE; 95 %-KI) bei gesunden, weiblichen Deutsch-Holstein Kälbern der Gruppe 1 (thermE; N = 14) und 2 (ScheinE; N = 14) am linken und rechten Auge um den Zeitpunkt der thermischen Enthornung mit den p-Werten hinsichtlich des Vergleichs aller Prüfminuten zu Minute -60, als auch der Tiere nach ScheinE gegen die Tiere nach thermE.

T: Zeitpunkt der Thermographie in Minuten; thermE: Tiere nach thermischer Enthornung; ScheinE: Tiere nach Scheinenthornung; OberTemp: Oberflächentemperatur.

					Rechtes Auge						
	thermE		p-Werte	ScheinE	cheinE		thermE		ScheinE		
Т	OberTemp in °C	p-Werte Min - 60 mit 5 - 480	nanan	OberTemp in °C	p-Werte Min - 60 mit 5 – 480	OberTemp in °C	p-Werte Min - 60 mit 5 - 480	ScheinE gegen thermE	OberTemp in °C	p-Werte Min - 60 mit 5 - 480	
-60	38,1 ± 0,2	-	0,19	38,4 ± 0,2	-	38,1 ± 0,3	-	0,40	38,5 ± 0,3	-	
5	38,1 ± 0,2	1,00	0,13	38,5 ± 0,2	1,00	38,4 ± 0,3	0,79	0,96	38,4 ± 0,3	0,98	
30	40,1 ± 0,2	< 0,01	0,86	40,0 ± 0,2	< 0,01	39,9 ± 0,2	< 0,01	0,90	39,9 ± 0,2	< 0,01	
60	40,4 ± 0,2	< 0,01	0,63	40,3 ± 0,2	< 0,01	40,3 ± 0,2	< 0,01	0,90	40,4 ± 0,2	< 0,01	
90	40,4 ± 0,2	< 0,01	0,84	40,5 ± 0,2	< 0,01	40,6 ± 0,1	< 0,01	0,48	40,4 ± 0,1	< 0,01	
120	40,7 ± 0,2	< 0,01	0,77	40,8 ± 0,2	< 0,01	40,8 ± 0,2	< 0,01	0,41	40,6 ± 0,2	< 0,01	
240	38,8 ± 0,2	0,16	0,19	38,4 ± 0,2	1,00	38,4 ± 0,2	0,78	0,48	38,2 ± 0,2	0,82	
480	38,1 ± 0,2	1,00	0,47	38,3 ± 0,2	1,00	38,2 ± 0,2	1,00	0,47	38,4 ± 0,2	0,99	

Seitenvergleich (li/reHa, Uli/UreHa, li/reAu), sowie für FM und dessen Schleimhaut beider Gruppen (thermE und ScheinE) keine Unterschiede (p > 0,05). Direkt nach Abnahme des Brenners, sowie fünf Minuten nach dem Eingriff waren die Oberflächentemperaturen der linken und rechten Ha der Tiere nach thermE im Vergleich zu den Ruhewerten höher (p < 0,01, Abb. 2), während die Oberflächentemperaturen der Tiere nach ScheinE auf dem Niveau des Ruhewertes blieben (p > 0,05, Tab. 2, Abb. 1). Die Oberflächentemperaturen im Bereich der Augen unterschieden sich fünf Minuten nach dem Eingriff weder nach thermE als auch nach ScheinE nicht vom Ruhewert (p > 0,05, Tab. 3, Abb. 3). In den folgenden zwei Stunden konnten bei den Kälbern nach thermE und ScheinE zu den halbstündlichen Messungen deutliche Unterschiede in den Oberflächentemperaturen der acht Lokalisationen zu ihren Ruhewerten nachgewiesen werden (p < 0,01). Am FM stiegen die Oberflächentemperaturen der Tiere nach ScheinE ab der Messung 60 Minuten bis zur Messung 120 Minuten nach Enthornung an (p < 0,01, Tab. 4, Abb. 4). Vier und acht Stunden nach thermE bzw. ScheinE näherten sich die Oberflächentemperaturen der Lokalisationen li/reHa, Uli/UreHa, li/reAu sowie an der SHFM (ScheinE) wieder dem Niveau des Ruhewertes an (p > 0,05). Dagegen unterschieden sich die Oberflächentemperaturen am FM (thermE und ScheinE), sowie an der SHFM (thermE) weiterhin vom Ruhewert (p < 0.04).

Beim Vergleich der Oberflächentemperaturen der Tiere nach ScheinE mit den Tieren nach thermE waren an den Lokalisationen FM, SHFM, li/reAu sowie UreHa zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede feststellbar (p > 0,05). Temperaturunterschiede (p < 0,01) waren an beiden Ha direkt nach Abnahme des Brenners sowie fünf Minuten nach Enthornung feststellbar. Außerdem unterschieden sich die Oberflächentemperaturen bezo-



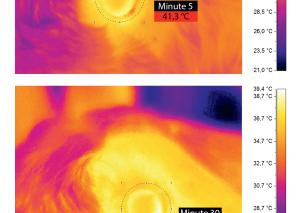


Abb. 2: Thermogramme der Enthornungsstelle exemplarisch für ein Kalb direkt nach Abnahme des Brenners (Minute 0), sowie 5 und 30 Minuten nach Enthornung mit den korrespondierenden Oberflächentemperaturen.

26,7

Tab. 4: Thermographisch erfasste Oberflächentemperaturen in C° (LSM ± SE; 95 %-KI) bei gesunden, weiblichen Deutsch-Holstein Kälbern der Gruppe 1 (thermE; N = 14) und 2 (ScheinE; N = 14) an der Schleimhaut des Flotzmauls und am Flotzmaul um den Zeitpunkt der thermischen Enthornung mit den p-Werten hinsichtlich des Vergleichs aller Prüfminuten zu Minute -60 als auch der Tiere nach ScheinE gegen die Tiere nach thermE.

T: Zeitpunkt der Thermographie in Minuten; thermE: Tiere nach thermischer Enthornung; ScheinE: Tiere nach Scheinenthornung; OberTemp: Oberflächentemperatur.

		Schleim	nhaut des Flo	tzmauls		Flotzmaul						
	thermE		p-Werte	ScheinE	neinE		thermE		ScheinE			
Т	OberTemp in °C	p-Werte Min - 60 mit 5 - 480	anan	OberTemp in °C	p-Werte Min - 60 mit 5 - 480	OberTemp in °C	p-Werte Min - 60 mit 5 – 480	ScheinE gegen thermE	OberTemp in °C	p-Werte Min - 60 mit 5 - 480		
-60	33,6 ± 0,5	-	0,45	34,1 ± 0,5	-	31,7 ± 0,6	-	0,55	32,3 ± 0,6	-		
30	35,7 ± 0,6	< 0,01	0,83	35,9 ± 0,6	< 0,01	33,7 ± 0,7	0,04	0,98	33,8 ± 0,7	0,16		
60	36,5 ± 0,5	< 0,01	0,65	36,8 ± 0,5	< 0,01	34,9 ± 0,7	< 0,01	0,58	35,5 ± 0,7	< 0,01		
90	36,5 ± 0,6	< 0,01	0,37	37,2 ± 0,6	< 0,01	35,0 ± 0,7	< 0,01	0,40	35,8 ± 0,7	< 0,01		
120	36,9 ± 0,8	< 0,01	0,63	37,4 ± 0,8	< 0,01	35,8 ± 0,9	< 0,01	0,93	35,7 ± 0,9	< 0,01		
240	35,5 ± 0,2	0,01	0,55	35,3 ± 0,2	0,10	34,6 ± 0,3	< 0,01	0,44	34,2 ± 0,3	0,03		
480	34,6 ± 0,5	0,04	0,68	34,9 ± 0,5	0,17	33,6 ± 0,5	< 0,01	0,88	33,7 ± 0,5	0,03		

gen auf die beiden Gruppen (thermE und ScheinE) zu Minute 30, allerdings nur für die linke Enthornungsstelle (p = 0,02). Im weiteren Verlauf gab es keine Unterschiede zwischen den Oberflächentemperaturen der Tiere nach thermE oder ScheinE (p > 0,05). An der Lokalisation UliHa kam es beim Vergleich der Kälber nach ScheinE mit denen nach thermE 30 und 90 Minuten nach Enthornung zu einem tendenziellen und zwei Stunden nach Enthornung zu einem signifikanten Temperaturunterschied. Acht Stunden nach thermE bzw. ScheinE waren die Oberflächentemperaturen beider Lokalisationen wieder annähernd gleich (p > 0,05, Tab. 5, Abb. 5). Aufgrund des ähnlichen Verlaufs der Oberflächentemperaturen werden nachfolgend nur Graphen der linken Kopfseite und der Schleimhaut des Flotzmauls abgebildet.

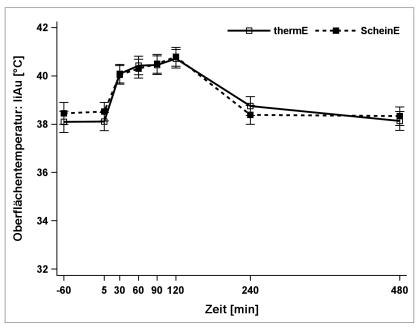
# Zusammenhang zwischen der inneren Körpertemperatur und den thermographisch ermittelten Oberflächentemperaturen der Augen

Zwischen der rektal ermittelten IKT und den thermographisch ermittelten Oberflächentemperaturen konnte eine Stunde vor Enthornung an den Lokalisationen reAu und SHFM, vier Stunden nach Enthornung am liAu und liHa sowie acht Stunden nach dem Eingriff am reAu ein Zusammenhang ermittelt werden (Tab. 6). An den anderen Lokalisationen (FM, reHa, UliHa, UreHa) konnte kein signifikanter Zusammenhang zur rektal gemessenen IKT bestimmt werden.

#### Diskussion

Die thermographischen Untersuchungen zur Verlaufsbeschreibung der Oberflächentemperaturen erfolgten an acht Lokalisationen im Kopfbereich von gesunden, weiblichen Deutsch-Holstein Kälbern. Da thermogra-

phische Messungen durch die Gabe von Medikamenten beeinflusst werden können<sup>13</sup>, wurde zur besseren Vergleichbarkeit der beiden Gruppen sowie aufgrund des übergeordneten Studiendesigns auf ein Schmerzmanagement bei diesen Tieren verzichtet. Die eine Stunde vor der Enthornung gemessenen Temperaturwerte (Ruhewerte) wurden im Detail bereits beschrieben.<sup>15</sup> Die Erfassung der operationsbedingten Hitzeentwicklung direkt nach Abnahme des Brenners erfolgte an den Enthornungsstellen (Maximalwert ca. 67°C). Es ist demnach davon auszugehen, dass es sich bei der ther-



**Abb. 3:** Thermographisch erfasste Oberflächentemperaturen in C° (LSM  $\pm$  SE; 95 %-KI) bei gesunden, weiblichen Deutsch-Holstein Kälbern der Gruppe 1 (thermE; N = 14) und 2 (ScheinE; N = 14) am linken Auge um den Zeitpunkt der thermischen Enthornung (Minute -60 bis 480).

**thermE**: Tiere nach thermischer Enthornung; **ScheinE**: Tiere nach Scheinenthornung; **liAu**: linkes Auge.

Tab. 5: Thermographisch erfasste Oberflächentemperaturen in C° (LSM ± SE; 95 %-KI) bei gesunden, weiblichen Deutsch-Holstein Kälbern der Gruppe 1 (thermE; N = 14) und 2 (ScheinE; N = 14) in der Umgebung linken und rechten Enthornungsstelle um den Zeitpunkt der thermischen Enthornung mit den p-Werten hinsichtlich des Vergleichs aller Prüfminuten zu Minute -60 als auch der Tiere nach ScheinE gegen die Tiere nach thermE.

T: Zeitpunkt der Thermographie in Minuten; thermE: Tiere nach thermischer Enthornung; ScheinE: Tiere nach Scheinenthornung; Vgl.: Vergleich; OberTemp: Oberflächentemperatur.

	Umgebung	der linken Er	thornungsst	elle		Umgebung der rechten Enthornungsstelle						
	thermE		p-Werte	ScheinE	ScheinE		thermE		ScheinE			
Т	OberTemp in °C	p-Werte Min - 60 mit 5 - 480	ScheinE gegen thermE	OberTemp in °C	p-Werte Min - 60 mit 5 – 480	OberTemp in °C	p-Werte Min - 60 mit 5 - 480	ScheinE gegen thermE	OberTemp in °C	p-Werte Min - 60 mit 5 - 480		
-60	36,0 ± 0,3	-	0,72	36,2 ± 0,3	-	36,0 ± 0,3	-	0,44	36,4 ± 0,3	-		
30	38,8 ± 0,4	< 0,01	0,09	37,9 ± 0,3	< 0,01	38,4 ± 0,3	< 0,01	0,20	37,9 ± 0,2	< 0,01		
60	39,2 ± 0,4	< 0,01	0,05	38,2 ± 0,3	< 0,01	38,6 ± 0,3	< 0,01	0,22	38,0 ± 0,3	0,01		
90	39,0 ± 0,4	< 0,01	0,17	38,4 ± 0,3	< 0,01	38,9 ± 0,3	< 0,01	0,30	38,4 ± 0,3	< 0,01		
120	39,4 ± 0,3	< 0,01	0,03	38,4 ± 0,3	< 0,01	39,2 ± 0,3	< 0,01	0,13	38,6 ± 0,3	< 0,01		
240	36,6 ± 0,3	0,62	0,15	36,0 ± 0,3	0,99	36,6 ± 0,3	0,33	0,11	35,9 ± 0,3	0,55		
480	36,7 ± 0,3	0,50	0,23	36,1 ± 0,3	1,00	36,3 ± 0,2	0,50	0,97	36,3 ± 0,2	1,00		

mischen Enthornung aufgrund der damit einhergehenden Gewebeschädigung um einen schmerzhaften Vorgang handelt.<sup>6</sup> In einer anderen Studie war die ermittelte Maximaltemperatur im Bereich der Hornanlagen deutlich geringer.<sup>3</sup> Eine mögliche Ursache dafür könnte die unterschiedliche Erstellungsweise der Thermogramme sein. Cwynar et al. (2018) wählten mit 1 m einen doppelt so großen Abstand zwischen Kamera und Messobjekt, sodass der Einfluss wärmestrahlungsabsorbierender Störgrößen zunahm.<sup>7</sup> Des Weiteren führten Cwynar et al. (2018) die thermographischen Messungen

**Abb. 4:** Thermographisch erfasste Oberflächentemperaturen in C° (LSM  $\pm$  SE; 95 %-KI) bei gesunden, weiblichen Deutsch-Holstein Kälbern der Gruppe 1 (thermE; N = 14) und 2 (ScheinE; N = 14) an der Schleimhaut des Flotzmauls um den Zeitpunkt der thermischen Enthornung (Minute -60 und 480).

**thermE**: Tiere nach thermischer Enthornung; **ScheinE**: Tiere nach Scheinenthornung; **SHFM**: Schleimhaut Flotzmaul.

an der Hornanlage in einem spitzen Winkel durch, was zu einer Verringerung der erfassten Infrarot-Strahlung führte, da diese immer in geraden Linien ausgesandt wird.<sup>17</sup>

Im Gegensatz zu den sehr hohen Temperaturen, die bei den Kälbern nach thermE direkt nach Abnahme des Brenners an den Ha gemessen werden konnten,3 wurde bei den Kälbern nach ScheinE, welche lediglich Kontakt zum Gasbrenner in Umgebungstemperatur hatten, wie erwartet kein Temperaturunterschied zum Ruhewert erfasst. Im Bereich der Ha sanken die thermographisch ermittelten Oberflächentemperaturen bei den Kälbern nach thermE bereits fünf und 30 Minuten nach dem Eingriff deutlich um bis zu 50% ab, während die Oberflächentemperaturen der Kälber nach ScheinE zunahmen. Im Unterschied zu den Enthornungsstellen wurden an den Augen der Kälber beider Gruppen (thermE und ScheinE) fünf Minuten nach dem Einsatz des Brenners keine Temperaturveränderungen im Vergleich zum Ruhewert nachgewiesen (p > 0,05). Im Gegensatz dazu konnte Stewart (2008) zwei bis fünf Minuten nach der thermischen Enthornung einen signifikanten Abfall der Augenoberflächentemperaturen feststellen. Die Autoren vermuteten als Ursache die symphatikus-mediierte Ausschüttung von Catecholaminen im Rahmen einer Stressantwort. Aufgrund des gesteigerten Sympathiko-Tonus kam es zu einer Vasokonstriktion gefolgt von einem Abfall der Oberflächentemperaturen. In der vorliegenden Studie konnte dieser kurzzeitige Temperaturabfall nicht festgestellt werden. Dies könnte daran liegen, dass mit der eingesetzten Wärmebildkamera Thermogramme im größeren zeitlichen Abstand angefertigt wurden. Stewart (2008) setzte hingegen eine Thermographievideokamera mit 29 Bildern/Sekunde ein, sodass unmittelbar nach Abnahme des Brenners mit der engmaschigen Erfassung sehr vieler Bilder begonnen werden konnte.

An allen Lokalisationen mit Ausnahme der Ha der Kälber nach thermE wurde zur Messung 30 Minuten nach Enthornung ein signifikanter Anstieg der Oberflächentemperaturen festgestellt. Da dieser Temperaturanstieg, mit Ausnahme des FM, sowohl bei den Tieren nach thermE, als auch nach ScheinE nachzuweisen war, ist nicht davon auszugehen, dass dies auf den Einfluss der Strahlungswärme des 600°C heißen Brenners zurückzuführen ist. Beispiele aus der Literatur belegen, dass ein solcher Anstieg der thermographisch ermittelten Oberflächentemperaturen, zumeist am Auge, auch ohne Einwirkung von Hitze bspw. bei der Kastration von Kälbern oder auch beim Schieben eines Katheters in die V. jugularis bei Kühen<sup>19</sup> zu verzeichnen war. Dass das Verfahren der thermischen Enthornung ein stressbehafteter Eingriff ist, wurde in der Literatur bereits vielfältig beschrieben.<sup>8,11,18</sup> Der Anstieg der Oberflächentemperatur bei ScheinE weist darauf hin, dass die perioperative Stressantwort verantwortlich für diesen Temperaturanstieg beider Gruppen ist. Verursacht wurde dieser Stress vermutlich durch die behutsame Fixierung durch einen/eine Tierarzt/Tierärztin, die Injektionen der Placebo-Medikamente,1 sowie durch den bereits beschriebenen, hitzebedingten Schmerz nach thermE.6 Auch Stewart (2008) konnte diesen Temperaturanstieg im Bereich der Augen bei den Kälbern nach thermE feststellen und schloss einen direkten Zusammenhang zur Brennerhitze sowie Bewegungsenergie und möglicher Entzündungen ebenfalls aus. Als Ursache für den Anstieg der Oberflächentemperaturen vermutete Stewart (2008) eine parasympathische Vasodilatation der peripheren Gefäße. Eine Aktivität der Hypothalamus-Hypophysen-Niebennierenrinden-Achse schloss Stewart (2008) aufgrund des ausgebliebenen Temperaturanstiegs nach ACTH-Applikation aus.

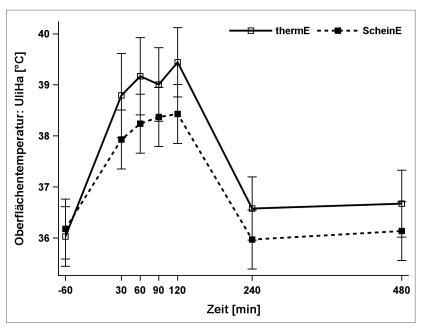
Zu den Messungen 60, 90 und 120 Minuten nach dem Eingriff kam es weiterhin zu einem stetigen Temperaturanstieg im Vergleich zum Ruhewert (liAu, reAu, FM, SHFM, UliHa, UreHa, liHa und reHa der Tiere nach ScheinE) bzw. zu einem Temperaturplateau (liHa, reHa der Tiere nach thermE). Vier, spätestens acht Stunden nach Enthornung war das Niveau des Ruhewertes, außer am FM (thermE und ScheinE) und an SHFM (thermE), an allen Lokalisationen wieder erreicht. Aufgrund des ähnlichen Verlaufs der Oberflächentemperaturen der vorliegenden Studie und dem in der Literatur beschriebenen Verlauf der Kortisol-Konzentration im Blut von thermisch enthornten Kälbern<sup>9,18</sup> vermuten die Autoren, dass es sich bei den aufgezeigten thermographisch bestimmten Temperaturverläufen an allen Lokalisationen um den Ausdruck einer perioperativen Stressantwort handelt. Bedingt durch das vorliegende Studiendesign (schneller zeitlicher Ablauf, Untersuchung mehrerer Kälber in Hör- und Sichtweite hintereinander etc.) in Verbindung mit den Manipulationen durch das

übergeordnete Gesamtprojekt durchleben offensichtlich auch die Kälber nach ScheinE Stress.

Beim Vergleich des Verlaufs der Oberflächentemperaturen hinsichtlich der beiden Gruppen (thermE und ScheinE) fällt auf, dass es nur an oder um die Ha (liHa, reHa, liUHa, reUHa) zu signifikanten Temperaturunterschieden kam. An beiden Ha kam es zu den Zeitpunkten 0 und 5 Minuten, an der liHa zusätzlich 30 Minuten nach Enthornung zu signifikanten Temperaturunterschieden. Dies ist vermutlich auf die Reihenfolge zurückzuführen, in der die Thermogramme jeder einzelnen Lokalisation erstellt worden sind. Begonnen wurde immer mit der linken Seite, sodass die rechte Seite zum Erstellungszeitpunkt bereits geringgradig abgekühlt war. Dieses Vorgehen war unabdingbar, um an jeder Lokalisation den gleichen Winkel und Abstand zur Wärmebildkamera zu garantieren und somit vergleichbare Daten zu erheben. 15 In der Umgebung der Hornanlagen waren nur an der linken Seite 30, 60 und 120 Minuten nach Entfernung der Hornanlagen Temperaturunterschiede zu beobachten. Es handelt sich bei den genannten Lokalisationen (liHa, reHa, liUHa, reUHa) um Areale, an denen die Hitze des Brenners direkt eingewirkt hat, sodass es zu einer Gewebeschädigung mit vermutlich nachfolgender Entzündungsreaktion<sup>21</sup> und thermographisch erfassbarer Temperaturerhöhung kam. An den anderen Lokalisationen (liAu, reAu, FM, SHFM), an denen keine Hitze einwirkte und es somit auch nicht zu einer Gewebeschädigung kam,

Einsatz der Thermographie zum Monitoring der operationsbedingten Hitzeentwicklung während der thermischen Enthornung von Kälbern

L. Scherf et al.



**Abb. 5:** Thermographisch erfasste Oberflächentemperaturen in  $C^{\circ}$  (LSM  $\pm$  SE; 95 %-KI) bei gesunden, weiblichen Deutsch-Holstein Kälbern der Gruppe 1 (thermE; N = 14) und 2 (ScheinE; N = 14) in der Umgebung der linken Enthornungsstelle um den Zeitpunkt der thermischen Enthornung (Minute -60 bis 480).

**thermE**: Tiere nach thermischer Enthornung; **ScheinE**: Tiere nach Scheinenthornung; **UliHa**: Umgebung der linken Hornanlage.

Tab. 6: Phänotypische Korrelationen (rp) mit p-Werten zur Beschreibung des Zusammenhang zwischen der, zu den Zeitpunkten -60, 5, 240 und 480, rektal erfassten IKT und den thermographisch ermittelten Oberflächentemperaturen der Lokalisationen liAu, reAu, SHFM und liHa bei 28 weiblichen Deutsch-Holstein Kälbern.

IKT: Innere Körpertemperatur; IiAu: Iinkes Auge; reAu: rechtes Auge; SHFM: Schleimhaut Flotzmaul; IiHa: Iinke Hornanlage.

Zusammen- hang Zeitpunkt	liAu und IKT		reAu u	nd IKT	SHFM t	ınd IKT	liHa und IKT	
Min	r <sub>p</sub>	р	r <sub>p</sub>	р	r <sub>p</sub>	р	rp	р
-60	0,22 ± 0,27	0,43	0,49 ± 0,22	0,02	0,45 ± 0,23	0,05	0,39 ± 0,24	0,11
5	0,23 ± 0,27	0,39	0,42 ± 0,26	0,11	×	×	-0,21 ± 0,28	0,45
240	0,74 ± 0,13	< 0,01	0,34 ± 0,26	0,18	0,39 ± 0,24	0,11	0,52 ± 0,21	0,01
480	0,33 ± 0,26	0,20	0,84 ± 0,08	< 0,01	0,28 ± 0,27	0,29	> 0,01 ± 0,29	0,99

gab es keine Temperaturunterschiede zwischen den Gruppen. Dies ist ein weiteres Indiz dafür, dass der Verlauf der Oberflächentemperaturen an den Lokalisationen ohne Hitzeeinwirkung nicht lediglich auf die Strahlungswärme des Brenners zurückzuführen ist, sondern dass es sich wahrscheinlich um eine perioperative Stressantwort handelt, die in der vorliegenden Studie sowohl bei den Tieren nach thermE, als auch nach ScheinE nachzuweisen ist. Weiterhin könnten aufgrund dieser Erkenntnisse in zukünftigen Arbeiten die thermographischen Untersuchungen auf nur eine Seite begrenzt werden. Eine Ausnahme bilden Studien zum Nachweis von asymmetrischen Wärmemustern, z.B. bei Entzündungen. Hier bedarf es der Darstellung und des Vergleichs beider Seiten.

Im Rahmen der Studie konnte vor und nach der Enthornung an mehreren Lokalisationen ein Zusammenhang zwischen der rektal gemessenen IKT und den thermographisch ermittelten Oberflächentemperaturen festgestellt werden (Tab. 6). In einer vorangegangenen Studie,15 bei der Deutsch-Holstein Kälber im Ruhezustand einmalig thermographisch erfasst wurden, standen die thermographischen Messwerte hauptsächlich unter dem Einfluss der Umgebungstemperatur und es konnte kein Zusammenhang zur IKT dargestellt werden. Bei ähnlichen Untersuchungen, die auf thermographischen Einzelmessungen beruhten, wurde ebenfalls keine Korrelation der Oberflächentemperaturen mit der IKT festgestellt, während die Umgebungstemperatur einen starken Einfluss hatte.12 Auch in der aktuellen Studie unterliegen die Oberflächentemperaturen dem Einfluss der Umgebungstemperaturen, aber im Unterschied zu anderen Arbeiten<sup>12,15</sup> wurde jedes Tier mehrfach in einem engen Zeitraum thermographisch untersucht. Da die Umgebungstemperatur dann relativ stabil war und jedes Kalb als seine eigene Kontrolle diente<sup>14</sup>, überwog an den gut durchbluteten, dem Körperkern folgenden Lokalisationen (liAu, reAu, SHFM) offenbar der Einfluss der IKT, beeinflusst durch die Injektion der Placebo-Medikation und die Enthornung, auf die Oberflächentemperaturen. Für die, der Körperperipherie angehörenden Lokalisationen (FM, UliHa, UreHa) konnte hingegen kein Zusammenhang zur IKT ermittelt werden, sodass diese vermutlich vor allem durch die Umgebungstemperaturen beeinflusst wurden.<sup>7</sup> Der Zusammenhang zwischen der Körperinnentemperatur und den Oberflächentemperaturen von liHa ist wahrscheinlich bedingt durch den thermischen Eingriff. Die Tatsache, dass dieser Zusammenhang nicht an reHa nachvollziehbar ist lässt sich wie bereits beschrieben durch die Reihenfolge erklären, die für die Erstellung der Thermogramme gewählt worden ist.

#### Schlussfolgerung

Im Rahmen der Studie wurde der Verlauf der thermographisch erfassten Oberflächentemperaturen im Kopfbereich von gesunden, weiblichen Deutsch-Holstein Kälbern um den Enthornungszeitpunkt beschrieben. Direkt nach Abnahme des Brenners konnte eine starke Hitzeeinwirkung im Bereich der Enthornungsstellen festgestellt werden, sodass sowohl von einem hitzebedingten Schmerzgeschehen, als auch von Schmerz durch die resultierende Entzündungsreaktion, ausgegangen werden kann. Der perioperative Anstieg der Oberflächentemperaturen 30 Minuten nach dem Eingriff wurde an allen acht Lokalisationen im Kopfbereich aller Kälber nachgewiesen. Bei ähnlich angelegten Studien war ein analoger Verlauf der Kortisol-Konzentration im Blut von thermisch enthornten Kälbern zu verzeichnen. Weitere Untersuchungen sind notwendig, um einen potentiellen Einsatz der Thermographie zur nicht invasiven Stressevaluierung zu prüfen.

#### Danksagung

Diese Studie wurde freundlicherweise durch die Fa. DIAS Infrared GmbH sowie dem Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie unterstützt.

# Utilisation de la thermographie pour la surveillance de la chaleur générée pendant la chirurgie lors de l'écornage thermique des veaux

Le but de cette étude était de montrer les températures de surface dans la zone de tête chez 28 veaux femelles Holstein allemandes autour de la période d'écornage en utilisant la thermographie. À cette fin, les animaux étudiés ont été divisés en deux groupes (1: écornage thermique (thermE), N = 14; 2: pseudo-écornage (ScheinE), N = 14). À neuf reprises (- 60 [valeur au repos], 0, 5, 30, 60, 90, 120, 240, 480 min) des mesures thermographiques ont été effectuées à huit endroits dans la zone de la tête (environs du bourgeon de corne gauche (UliHa), bourgeon de corne gauche (liHa), œil gauche (liAu), mufle (FM), muqueuse nasale (SHFM), œil droit (reAu), bourgeon de corne droite (reHa), environs du bourgeon de corne droit (UreHa)). Ces mesures ont été réalisés à l'aide d'une caméra d'imagerie thermique haut de gamme (ThermoPro TP8, société DIAS Infrared GmbH). De plus, la température interne du corps (ICT) a été enregistrée par voie rectale aux minutes - 60, 5, 240 et 480. L'évaluation statistique de chaque caractéristique a été effectuée avec SAS, version 9.4.

À plusieurs endroits (reAu, liAu, SHFM, liHa), une relation entre les ICT mesurées par voie rectale et les températures de surface déterminées par thermographie a pu être démontrée ( $r_p \ge 0,45$ ;  $p \le 0,05$ ). La température maximale (env. 67°C) a pu être constatée au niveau des bourgeons de corne directement après l'écornage thermique. Cinq et 30 minutes après l'intervention, la température au niveau des bourgeons de corne avait diminué jusqu'à 50%, tandis que les températures de surface des autres emplacements chez les veaux des deux groupes avaient augmenté par rapport à la valeur au repos (p < 0.01). Pour les mesures 60, 90 et 120 minutes, on a constaté une augmentation constante de la température (UliHa, liAu, FM, SHFM, reAu, UreHa) et un plateau de température (liHa, reHa). Le niveau de repos sur tous les sites (hors FM, SHFM) était de nouveau atteint quatre ou huit heures après l'écornage au plus tard. En raison du cours analogue des températures de surface dans la présente étude avec l'évolution de la concentration de cortisol dans le sang de veaux écornés thermiquement lors d'études similaires, il pourrait s'agir une réponse au stress périopératoire. Des investigations supplémentaires sont nécessaires pour vérifier l'utilisation

**Mots-clés**: écornage, stress, médecine vétérinaire, caméra thermique, température de surface

vasive du stress.

possible de la thermographie pour l'évaluation non in-

# Uso della termografia per monitorare lo sviluppo di calore durante la decornazione termica dei vitelli

Lo scopo dello studio era quello di rilevare le temperature superficiali nella zona della testa di 28 vitelli femmine di razza tedesca Holstein intorno al periodo di decornazione per mezzo della termografia. Gli animali dello studio sono stati suddivisi in due gruppi (1: decornazione termica (thermE), N = 14; 2: finta decornazione (shamE), N = 14). In nove punti temporali (- 60 (valore a riposo), 0, 5, 30, 30, 60, 90, 120, 240, 480 min) sono state effettuate misure termografiche in otto zone della testa (dintorni del corno sinistro (UliHa), corno sinistro (liHa), occhio sinistro (li-Au), muso (FM), mucosa del muso (SHFM), occhio destro (reAu), corno destro (reHa), dintorni del corno destro (UreHa)) mediante una termocamera di fascia alta (Ther-moPro TP8, società DIAS Infrared GmbH). Inoltre, la temperatura interna del corpo (TIC) è stata registrata per via rettale al minuto - 60, 5, 240 e 480. La valutazione statistica per ogni caratteristica è stata effettuata con SAS, Vers.9.4. In diversi punti (reAu, liAu, SHFM, liHa) si è potuta dimostrare una correlazione tra la TIC misurata rettalmente e le temperature superficiali determinate termograficamente ( $r_p \ge 0.45$ ;  $p \le 0.05$ ). La temperatura massima (ca. 67°C) è stata determinata direttamente dopo la rimozione del bruciatore dall'Ha dei vitelli secondo la termE. Cinque e 30 minuti dopo la procedura, si è verificato un calo di temperatura fino al 50% sull'Ha degli animali dopo la termE, mentre le temperature superficiali delle altre zone sono aumentate nei vitelli di entrambi i gruppi rispetto al valore a riposo (p < 0.01). Per le misure a 60, 90 e 120 minuti, si è notato un continuo aumento della temperatura (UliHa, liAu, FM, SHFM, reAu, UreHa) o una temperatura stabile (liHa, reHa). Quattro, al più tardi otto ore dopo la decornazione, è stato nuovamente raggiunto il valore a riposo in tutte le zone (eccetto FM, SHFM).

Sulla base dell'andamento analogo delle temperature superficiali del presente studio con il decorso della concentrazione di cortisolo nel sangue dei vitelli decornati termicamente provenienti da simili studi, si può ipotizzare che la temperatura sia una risposta allo stress perioperatorio. Sono necessarie ulteriori indagini per esaminare un possibile utilizzo della termografia per la valutazione non invasiva delle situazioni di stress.

Parole chiave: decornazione, stress, medicina veterinaria, termocamera, temperatura superficiale

Einsatz der Thermographie zum Monitoring der operationsbedingten Hitzeentwicklung während der thermischen Enthornung von Kälbern

L. Scherf et al.

Einsatz der Thermographie zum Monitoring der operationsbedingten Hitzeentwicklung während der thermischen Enthornung von Kälbern

L. Scherf et al.

#### Literaturverzeichnis

- <sup>1</sup> Boandl KE, Wohlt JE, Carsia RV: Effects of Handling, Administration of a Local Anesthetic, and Electrical Dehorning on Plasma Cortisol in Holstein Calves. J Dairy Sci. 1989: 72(8): 2193-1297.
- <sup>2</sup> Buitrago JAG: Dehorning of Cattle. New Mexico State University. Dairy Extension Program. 2016:1-13. DOI: 10.13140/RG.2.1.2449.1287.
- <sup>3</sup> Cwynar P, Soroko M, Kupczyński R, Burek A, Pogoda-Sewerniak K: Pain and stress reactions in neurohormonal, thermographic and behavioural studies in calves, Conference, European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, 2018.
- <sup>4</sup> Duffield T: Current Data on Dehorning Calves. The AABP Proceedings. 2008: 41: 25-28.
- <sup>5</sup> Faulkner PM, Weary DM: Reducing pain after dehorning in dairy calves. J Dairy Sci. 2000: 83:2037–2041.
- <sup>6</sup> Graf B, Senn M: Behavioural and physiological responses of calves to dehorning by heat cauterization with or without local anaesthesia. Appl Anim Behav Sci. 1999: 62: 153–171.
- <sup>7</sup> Hilsberg S: Aspekte zur klinischen Anwendung der Infrarot-Thermographie in der Zoo- und Wildtiermedizin. Dissertation: Universität Leipzig, 2001.
- 8 Hokkanen AH: Hot-iron disbudding pain in calves. Studies on perception of pain and options to increase pain alleviation. Academic Dissertation: University of Helsinki, 2015.
- <sup>9</sup> McMeekan CM, Stafford KJ, Mellor DJ, Bruce RA, Ward RN, Gregory NG: Effects of regional analgesia and/or a non-steroidal anti-inflammatory analgesic on the acute cortisol response to dehorning in calves. Res Vet Sci. 1998: 64(2): 147-150.
- Misch LJ, Duffield TF, Millman ST, Lissemore KD: An investigation into the practices of dairy producers and veterinarians in dehorning dairy calves in Ontario. Can Vet J. 2007: 48(12): 1249–1254.
- <sup>11</sup> Nuss K, Keller A: Tierschutzgerechtes Enthornen beim Rind – eine Übersicht. Tierärztl Prax. 2007: 35(G): 453-458.
- <sup>12</sup> Okada K, Takemura K, Sato S: Investigation of various essential factors for optimum infrared thermography. J Vet Med Sci. 2013: 75(10): 1349-1353.
- <sup>13</sup> Rekant SI, Lyons MA, Pacheco JM, Arzt J, Rodriguez LL: Veterinary applications of infrared thermography. L. L., American Journal of Veterinary Research. 2016: 77(1):98– 107.
- <sup>14</sup> Schaefer AL, Cook N, Tessaro SV, Deregt D, Desroches G, Dubeski PL, Tong AKW, Godson DL: Early detection and prediction of infection using infrared thermography. Can J Anim Sci. 2004: 84(1): 73-80.
- <sup>15</sup> Scherf L, Kretschmann J, Fischer ML, Mielenz N., Möbius G, Getto S, Kaiser M, Müller H, Bittner L, Starke A: Thermographische Erfassung der Oberflächentemperatur im Kopfbereich von Kälbern unter Stallbedingungen. Schweiz Arch Tierheilkd. 2019: 161(10): 649-658.
- <sup>16</sup> Schwartzkopf-Genswein KS, Stookey JM: The use of infrared thermography to assess inflammation associated with hot-iron and freeze branding in cattle. Can J Anim Sci. 1997: 77(4): 577–583.
- <sup>17</sup> Speakman JR, Ward S: Infrared thermography: principles and applications. Zoology. 1998: 101: 224-232.

- <sup>18</sup> Stafford KJ, Mellor DJ: Dehorning and disbudding distress and its alleviation in calves. Vet J. 2005: 169(3): 337–349.
- <sup>19</sup> Stewart M: Non-Invasive Measurement of stress and pain in cattle using infrared thermog-raphy. Doctoral thesis: Massey University, 2008.
- <sup>20</sup> Stilwell G, Lima MS, Carvalho RC, Broom DM: Effects of hot-iron disbudding, using regional anaesthesia with and without carprofen, on cortisol and behaviour of calves. Res Vet Sci. 2012: 92(2): 338–341.
- <sup>21</sup> Tiwari VK: Burn wound: How it differs from other wounds? Indian J Plast Surg. 2012: 45(2): 364-373.
- <sup>22</sup> Van der Saag D, Lomax S, Windsor PA, Taylor C, White PJ: Evaluating treatments with topical anaesthetic and buccal meloxicam for pain and inflammation caused by amputation dehorning of calves. PloS one 2018: 1-12. 10.1371/ journal.pone.0198808.
- <sup>23</sup> Vickers KJ, Niel L, Kiehlbauch LM, Weary DM: Calf Response to Caustic Paste and Hot-Iron Dehorning Using Sedation With and Without Local Anesthetic. J Dairy Sci. 2005: 88(4): 1454–1459.

# Korrespondierende Autorin

Lisa Scherf An den Tierkliniken 11 04103 Leipzig Tel.: +49341 9738320

E-Mail: lisa.scherf@uni-leipzig.de