

Open Access

Berl Münch Tierärztl Wochenschr
DOI 10.2376/0005-9366-19036

© 2020 Schlütersche
Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG
ISSN 0005-9366

Korrespondenzadresse:
cornelia.schwennen@tiho-hannover.de

Eingegangen: 28.10.2019
Angenommen: 10.02.2020

Online first: 11.03.2020
[http://vetline.de/open-access/
158/3216/](http://vetline.de/open-access/158/3216/)

Zusammenfassung

Summary

U.S. Copyright Clearance Center
Code Statement:
0005-9366/2020/Manuskriptnr \$ 15.00/0

Klinik für kleine Klautiere und forensische Medizin und Ambulatorische Klinik der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover¹
Institut für Verhaltensphysiologie des Leibniz-Instituts für Nutztierbiologie (FBN), Dummerstorf²
Institut für Pharmakologie, Toxikologie und Pharmazie der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover³

Lokale Anästhesieverfahren zur Schmerzreduktion bei der Saugferkelkastration

Local anaesthetic techniques for pain reduction during castration of suckling piglets

Cornelia Schwennen¹, Dina Dziuba¹, Peter-Christian Schön², Manfred Kietzmann³, Karl-Heinz Waldmann¹, Alexandra von Altröck¹

Als eine Alternative zur betäubungslosen Saugferkelkastration gilt die Kastration unter lokaler Schmerzausschaltung. In der vorliegenden Arbeit wurde die Wirksamkeit verschiedener lokaler Anästhesieverfahren mithilfe der Lautanalyse und der Messung des Plasmakortisolspiegels bewertet. Insgesamt wurden 139 männliche Ferkel in sechs Untersuchungsgruppen eingeteilt und am 6. bzw. 7. Lebenstag chirurgisch kastriert. Drei Versuchsgruppen erhielten vor der Kastration eine topische Anästhesie. Hierfür wurde die Skrotalhaut mit einem Chlorethylspray vereist und der Samenstrang entweder ebenfalls mit dem Chlorethylspray (Gruppe 1) oder mit einem Lidocainspray (Gruppe 2) behandelt. Die Ferkel der Gruppe 3 erhielten eine anästhetisch wirkende Creme (EMLA®), welche 60 Minuten prae OP auf die Skrotalhaut aufgebracht wurde. Die Versuchsgruppen 4 und 5 wurden 50 Minuten vor der Kastration mit Flunixin behandelt, 20 Minuten vor der Operation wurde das Lokalanästhetikum Procain subkutan in den Bereich der Samenstranglokalisation injiziert, Gruppe 4 wurde zusätzlich Procain entlang der Schnittlinie am Skrotum, Gruppe 5 intratestikulär in beide Hoden appliziert. Gruppe 6 erhielt lediglich vor der Operation Flunixin, sie diente als Kontrollgruppe.

Bei allen drei Gruppen, deren Ferkel eine topische Anästhesie erhielten, konnte im Gegensatz zu den anderen Gruppen eine Stunde nach der Kastration ein signifikanter Anstieg der Plasmakortisolkonzentration verzeichnet werden. Das Aufbringen des Chlorethylsprays auf Haut und Samenstrang erwies sich anhand der Lautanalyse als überaus schmerzhaftes Prozedur.

Bei allen hier verwendeten Anästhesieverfahren konnten an mindestens einem Zeitpunkt während des Kastrationsvorgangs deutliche schmerzbedingte Veränderungen der Vokalisation festgestellt werden, sodass keines der hier untersuchten Verfahren zu einer nach dem Tierschutzgesetz geforderten sicheren Schmerzausschaltung bei der Kastration geführt hatte.

Schlüsselwörter: Kastration, Schwein, topische Anästhesie, Lokalanästhesie, Lautanalyse

Piglet castration using local anaesthesia represents an alternative to conventional castration without anaesthesia. Therefore, the analgetic effect of different local anaesthetic techniques were investigated using vocalization analysis and cortisol levels in plasma. In total, 139 male piglets were divided into six groups and castrated at sixth to seventh day of age. Three groups received different topical anaesthetics. In group 1 and 2 chlorethyl spray was administered to the scrotal skin and to the spermatic cord in group 1, while it was treated with lidocaine spray in group 2. Piglets of group 3 received an anaesthetic cream (EMLA®) on the scrotal skin 60 min prior castration. Group 4 and 5 were treated with flunixin 50 min before castration, 20 min before surgery they were given the local anaesthetic procain, administered subcutaneous close to the spermatic cords, additionally group 4 received procain subcutaneous along the cutting line and group 5 into both testis. Group 6 was treated with flunixin prior castration and served as control group.

The topical anaesthetics led to significant increases of cortisol levels one hour after castration in contrast to the other groups. Vocalization analyses revealed that the application of chlorethyl spray on skin and spermatic cord was very painful. It could be demonstrated that piglets of all tested local anaesthetic techniques showed notable pain related changes of vocalization at least in one of the various surgery stages. Therefore, none of the investigated techniques has led to reliable pain elimination during castration as required by the Animal Welfare Act.

Keywords: neutering, pig, topical anaesthesia, local anaesthesia, vocalization analysis

Einleitung

Nachdem dem Antrag des Bundestages auf Fristverlängerung für die betäubungslose Ferkelkastration am 14. Dezember 2018 vom Bundesrat zugestimmt wurde, dürfen nun ab dem 01. Januar 2021 in Deutschland laut gesetzlicher Vorgabe Ferkel nicht mehr ohne Betäubung kastriert werden. Mögliche Alternativen sind derzeit die Ebermast, die Impfung gegen Ebergeruch und die Kastration unter Injektions- oder Isoflurannarkose. Daneben wird der „4. Weg“, die Kastration unter Anwendung lokal wirksamer Anästhetika, als mögliches Verfahren diskutiert.

Zurzeit mästen lediglich 20 % der deutschen Schweinefleischproduzenten intakte Eber (De Briyne et al. 2016). Das Halten und Mästen dieser Tiere stellt die Landwirtschaft vor eine Vielzahl von Problemen. Allen voran steht die, durch gesteigertes Sexualverhalten bedingte, Aggressivitätssteigerung im Vergleich zu Kastraten und Sauen (Cronin et al. 2003). Auch gibt es bis dato kein technisches Hilfsmittel, welches am Schlachtband schnell und zuverlässig mit Ebergeruch behaftetes Fleisch erkennen und aussortieren kann.

Die Immunokastration, genauer die aktive Immunisierung der Eber gegen das Gonadotropin-Releasing-Hormon (GnRH) erfährt in Deutschland nach wie vor eine geringe Akzeptanz. Einer der Hauptgründe hierfür liegt in der Befürchtung, dass der Verbraucher das Fleisch geimpfter Eber aufgrund der fälschlichen Assoziation der Impfung mit einer hormonellen Behandlung der Tiere nicht akzeptieren könnte (FCEC 2013, Heid und Hamm 2013). Da vermutet wird, dass ca. 1 % der behandelten Eber, zum Beispiel aufgrund des versehentlichen Ausbleibens der zweiten Injektion, ineffektiv immunisiert ist (Mancini et al. 2017), muss eine Erfolgskontrolle der Impfung am Schlachtband anhand der Beurteilung der Hodengröße und im fraglichen Fall ebenfalls per Geruchstest erfolgen.

Mit der Ketamin-Azaperon-Injektionsnarkose kann im Rahmen der Saugferkelkastration ein chirurgisches Toleranzstadium mit einer ausreichenden somatischen und viszeralen Analgesie herbeigeführt werden (Kmiec 2005, Lahrman 2006). Als Nachteil dieser Methode gilt die sehr lange Nachschlafphase von zwei bis drei Stunden, in der die Ferkel dem Risiko des Erdrückens durch die Sau sowie dem Risiko einer Hypothermie ausgesetzt sind. Dennoch postulieren Autoren, wie Lahrman et al. (2006) oder auch Visse-Herbermann und Wehrkamp zur Höhne (2019), dass die Ketamin-Azaperon-Injektionsnarkose unter der Voraussetzung, dass die Ferkel während der Aufwachphase im Ferkelnest separiert werden, eine praktikable und tierschutzkon-

forme Möglichkeit zur Schmerzausschaltung während der Saugferkelkastration darstellt. Der Mehrkostenaufwand, der sich durch den Zeitaufwand des Tierarztes, welcher die Narkose durchführt, die Arzneikosten und die verlängerte Kastrationsdauer ergibt wird mit 1,56 € (Visse-Herbermann und Wehrkamp zur Höhne, 2019) bzw. ca. 2 € (Lahrman et al. 2006) beziffert.

Die Saugferkelkastration unter automatisierter Isoflurannarkose wird seit 2010 großflächig in der Schweiz sowie seit 2008 in kleineren ökologisch arbeitenden Erzeugerbetrieben in Deutschland praktiziert. Sie ist gekennzeichnet durch eine schnelle Narkoseeinleitung und -erhaltung mit guter Muskelrelaxation sowie einer kurzen und problemlosen Aufwachphase (Hodgson 2006, Hodgson 2007, Walker et al. 2004). Schulz et al. (2007) zeigte anhand von Plasmakortisolmessungen, dass die Isoflurannarkose alleine nicht ausreicht, den postoperativen Kastrationsschmerz zu lindern. Erst in Kombination mit einem nichtsteroidalem Antiphlogistikum (NSAID) führte die Isoflurannarkose zu einer signifikanten Schmerzreduktion. In experimentellen Studien erzielten Autoren, wie Burren und Jäggin (2008) sowie Kupper und Spring (2009), bei einer Anflutungszeit des Narkosegasgemisches von 90 Sekunden bei bis zu 92 % der anästhesierten und kastrierten Ferkel eine ausreichende Narkosetiefe. Im Rahmen einer Feldstudie unter Praxisbedingungen und einer Anflutungszeit des Narkosegasgemisches von 70 Sekunden konnten Schwennen et al. (2016) eine ausreichende Narkosetiefe lediglich bei 77 % der kastrierten Ferkel erreichen. Zu einem schlechteren Ergebnis kam Steigmann (2013). Mithilfe von EEG-Aufzeichnungen und einer Anflutungszeit von ebenfalls 70 Sekunden konnte die Autorin bei nur 66 % der betäubten Ferkel eine ausreichende Narkosetiefe feststellen. De Roest et al. (2009) kalkulierten für die Durchführung der Inhalationsnarkose einen Mehrkostenaufwand allein für die verlängerte Arbeitszeit von 0,36 € pro kastrierten Ferkel. Die Gesamtkosten, einschließlich Anschaffung und Wartung des Narkosegerätes, Medikamentenkosten (Isofluran, Meloxicam) und der verlängerten Arbeitszeit belaufen sich für Betriebe mit über 250 Sauen auf 1,34 € pro männlichen Ferkel (de Roest et al. 2009). Seit jüngster Zeit ist in Deutschland die Durchführung der Isoflurannarkose bei der Ferkelkastration dem Landwirt mit Sachkundenachweis erlaubt.

Nach § 5 Absatz 1 Satz 2 Tierschutzgesetz (TSchG) ist eine Betäubung der Ferkel zur Kastration grundsätzlich vom Tierarzt durchzuführen. Ausnahmen hiervon stellen die Verwendung von Tierarzneimitteln zur äußerlichen Anwendung dar, die geeignet sind, eine örtliche Schmerzausschaltung zu erreichen (§ 5 Abs. 1 Satz 3 TSchG) sowie die Verwendung von Tierarzneimitteln zur

TAB. 1: Einteilung der Versuchsgruppen mit Tierzahlen und durchgeführte Medikationen

Gruppennummer	Medikation	Anzahl der Tiere
1	Eisspray auf Haut und Samenstrang	30
2	Eisspray auf Haut, Lidocainspray auf Samenstrang	30
3	EMLA® 60 min prä OP	29
4	Flunixin i. m. 50 min und Procain s. c. 20 min prä OP	20
5	Flunixin i. m. 50 min und Procain s. c. und i. test. 20 min prä OP	15
6	Flunixin i. m. 50 min prä OP	15

i. m. = intramuskulär, s. c. = subkutan, i. test. = intratestikulär

wirksamen Schmerzausschaltung, die jedoch die weitere Wahrnehmungs- und Empfindungsfähigkeit des Tieres nicht beeinträchtigen und für die Indikation zugelassen sind (§ 5 Abs. 1 Satz 4 TSchG).

Namenhafte Vertreter aller Sparten der Schweinefleischproduktion sprachen sich im März 2017 gemeinschaftlich für die Förderung des „4. Weges“, die Kastration unter lokaler Schmerzausschaltung aus (Herriedener Erklärung 2017). Dabei sollen lokale und/oder topische Anästhesieverfahren zum Einsatz kommen, welche vom Landwirt selber durchgeführt werden können. Die lokale Schmerzausschaltung für die chirurgische Kastration muss dabei sowohl die sensible somatische Innervation der Skrotalhaut als auch die viszerale Innervation des Samenstranges und des M. cremaster berücksichtigen und erfassen. Die Effektivität der Lokalanästhesie bei der Saugferkelkastration wird kontrovers diskutiert. Autoren, wie Hannson et al. (2011), Kluivers-Poodt et al. (2007, 2012) und White et al. (1995) bescheinigen aufgrund geringerer Lautäußerungen, Abwehrbewegungen und/oder niedriger Plasmakortisolkonzentrationen im Vergleich zu nicht behandelten Kontrollgruppen der in Deutschland nicht beim Schwein zugelassenen Lidocain-Lokalanästhesie eine gute Wirksamkeit.

Allerdings konnten Leidig et al. (2009), ebenso wie Rauh et al. (2019), Waldmann et al. (1994) und Zankl et al. (2007) erhebliche Schmerzreaktionen der Ferkel während der inguinalen/skrotalen und intratestikulären Applikation des Lokalanästhetikums feststellen. Aufgrund dessen schlussfolgerten Leidig et al. (2009), dass die Lokalanästhesie durchaus in der Lage sei, das Wohlbefinden der Ferkel während der Kastration zu steigern, jedoch hebt die Belastung durch das zusätzliche Handling sowie durch den Applikationsschmerz diesen positiven Effekt auf.

Über die Wirksamkeit topischer Anästhesieverfahren bei der Saugferkelkastration liegen wenige Studien (Rittershaus et al. 2009) vor, obwohl ihre Anwendung eine einfach durchführbare Alternative darstellen könnte. Ziel dieser Arbeit war es daher, die Wirksamkeit verschiedener topischer und lokaler Anästhesieverfahren bei der Saugferkelkastration sowie deren Auswirkungen auf den Wundheilungsverlauf zu untersuchen.

Material und Methoden

Das Tierversuchsvorhaben wurde gemäß § 8 des Tierschutzgesetzes beim niedersächsischen Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit beantragt und genehmigt (Aktenzeichen 06/1157).

Versuchstiere

Für die Untersuchungen wurden klinisch gesunde Saugferkel des Bundeshybridzuchtprogrammes aus einem Ferkelproduktionsbetrieb mit 80 Sauenplätzen genutzt. Die Haltung erfolgte in herkömmlichen Abferkelbuchten mit Kastenstand (Buchtengröße 4,5 m²), die mit einem planbefestigten Ferkelnest mit Bodenheizung und Infrarot-Wärmestrahler ausgestattet waren. Ein Wurfgrößenausgleich erfolgte in den ersten zwei Lebenstagen. Bis zum 3. Lebenstag erhielten die Ferkel eine Eiseninjektion, außerdem wurden die Schwänze kupiert.

Insgesamt gingen 139 männliche Ferkel in die Untersuchung ein. Tiere mit Inguinal- bzw. Skrotalhernie sowie Kryptorchiden wurden ausgeschlossen. Die Tiere wurden zufällig in sechs verschiedene Untersuchungsgruppen eingeteilt (Tab. 1). Der Untersuchungszeitraum begann am 6. oder 7. Lebenstag der Tiere und endete am 27. bzw. 28. Lebenstag.

Vor der Kastration wurde den Versuchstieren unmittelbar nach erstmaligem Hochnehmen aus der Bucht 1–2 ml Blut aus der V. cava cranialis entnommen und in Lithium-Heparin-Monovetten (Fa. Sarstedt, Nümbrecht) aufgefangen. Dieses Vorgehen wurde eine Stunde und 24 Stunden nach der Kastration wiederholt. Im Anschluss an die erste Blutentnahme erfolgte eine Gewichtserfassung. Diese wurde 21 Tage später erneut durchgeführt und aus der Differenz die Lebendmassenzunahme berechnet.

Die Kastration und Tonaufnahmen erfolgten in einem vom Stallabteil abgetrennten, durch Stoffbahnen schallgedämpften Raum. Die Lautäußerungen der Ferkel während der Fixation und Kastration wurden mit einem Mikrofon (ME 64, Speiseadapter K6-CL, Fa. Sennheiser, Wedemark), das sich in einem Abstand von 85 cm zur Ferkelschnauze befand, aufgenommen und als WAV-Dateien auf einem digitalen Aufnahmegerät (Microtrack 24/96, Fa. M-AUDIO, Ohringen) gespeichert.

Die Aufnahme wurde nach der Fixation und Desinfektion der Skrotalhaut eine Minute vor der Inzision der Skrotalhaut begonnen und nach Absetzen des Emaskulators eine weitere Minute fortgesetzt, sodass die Aufnahmelänge zwischen 2:40 und 3:15 Minuten umfasste.

Vorgehen bei der Kastration

Für die Kastration erfolgte die Fixation der Tiere in Rückenlage in einer metallenen Halbschale. Die Hinterbeine wurden durch einen Metallstab an den Bauch anliegend nach kranial fixiert.

Nach Fixation der Ferkel erfolgte die Desinfektion des Skrotalbereiches mit PVP-Jod (Vet-Sept-Spray®, Fa. Albrecht, Aulendorf). Im Anschluss wurden zwei parallele Schnitte über den Hoden von kranial nach kaudal mit einem Einmalskalpell (Fa. Braun, Aeskulap AG und Co. KG, Tuttlingen) durch die Haut und den Processus vaginalis geführt. Beide Hoden wurden vorgelagert und mit einem Emaskulator abgesetzt, der im Anschluss ca. zehn bis 15 Sekunden die durchtrennten Gefäße komprimierte. Während der Kastration wurden Beginn und Ende der potenziellen schmerzhaften Handlungsabschnitte (Hautinzision, Vorlagern des Hoden, Samenstrangdurchtrennung, ggf. Applikation der Medikamente) auf der Tonaufnahme markiert. Nach Abschluss der Tonaufnahmen erhielten die Tiere eine individuelle Ohrmarke und wurden in die Abferkelbuchten zurück verbracht.

Medikation der Tiere der unterschiedlichen Untersuchungsgruppen

Bei den Tieren der Gruppe 1 wurde vor der Inzision die Skrotalhaut sowie nach Vorlagern der Hoden beide Samenstränge mit Eisspray (Chlorethyl Dr. Henning®, Fa. Dr. Georg Friedrich Henning, Walldorf) aus ca. 10 cm Entfernung für zehn bis 15 Sekunden besprüht. Entsprechend wurde bei den Tieren der Gruppe 2 die Skrotalhaut mit Eisspray behandelt. Hier erfolgte jedoch nach dem Vorlagern der Hoden ein Besprühen der Samenstränge mit fünf bis sechs Pumpstößen Lidocain-Spray (50–60 mg Xylocain® Pumpspray, Fa. AstraZeneca, Wedel). Nach einer Wartezeit von 30 Sekunden als Einwirkzeit wurden die Samenstränge durchtrennt.

Bei den Ferkeln der Gruppe 3 wurde nach der Blutentnahme und Wiegen ca. 3 g EMLA®-Creme (EMLA® 25 mg/g Lidocain und 25 mg/g Prilocain, Fa. AstraZeneca, Wedel) auf den Skrotalbereich aufgetragen und mit einem Pflaster (Tegaderm™, 6 x 7 cm, Fa. 3M Health Care, Neuss) bedeckt. Die Bedeckung wurde mit Gewebeklebeband (tesaband® 4541, tesa AG, Hamburg) fixiert (Abb. 1). Die Tiere wurden für eine Stunde in die Abferkelbucht zurückverbracht und nach Entfernung der Pflaster und überschüssiger Salbe erfolgte die Kastration.

Die Tiere der Gruppe 4 erhielten direkt nach der ersten Blutentnahme und Gewichtskontrolle, d. h. 50 Minuten vor der Kastration, 2,2 mg/kg Flunixin i. m. (Finadyne® RPS, Fa. Essex Tierarzt, München). Nach dreißigminütigem Aufenthalt in der Abferkelbucht wurde jedem Tier im Bereich der Schnitlinien und der Samenstränge je 20 mg Procainhydrochlorid mit 0,025 mg Epinephrin (entspricht 1 ml Isocain® ad us. vet., Fa. Selectavet Dr. Otto Fischer GmbH, Weyarn-Holzolling) subkutan appliziert. Nach weiteren 20 Minuten erfolgte die Kastration.

Den der Gruppe 5 zugehörigen Tieren wurde ebenfalls 50 Minuten vor der Operation 2,2 mg/kg Flunixin i. m. (Finadyne® RPS, Fa. Essex Tierarzt, München) appliziert. Nach 30 Minuten erfolgte in beide Hoden intratestikulär und subkutan im Bereich der Samenstränge eine Injektion von je 1 ml Isocain® ad us. vet. Auch hier erfolgte die Kastration 20 Minuten später.

Die Tiere der Gruppe 6 dienten als Kontrolltiere. Sie erhielten nach Blutentnahme und Gewichtserfassung 2,2 mg/kg Flunixin i. m. (Finadyne® RPS, Fa. Essex Tierarzt, München) 50 Minuten vor der Kastration.

Kortisolbestimmung

Die vor der Kastration sowie eine und 24 Stunden nach der Kastration aus der V. cava cranialis entnommenen Blutproben wurden innerhalb von einer Stunde nach Gewinnung für 15 Minuten bei 3000 G zentrifugiert und das Plasma in einem 1,5 ml Reaktions-Gefäß aus Propylen (Fa. Carl Roth, Karlsruhe) innerhalb von zwei Stunden nach Blutentnahme bei -18 °C eingefroren. Die Untersuchung des Kortisolgehaltes erfolgte mithilfe eines Enzym-Immuno-Assays (Cortisol ELISA, Ref.Nr. RE 52061, Fa. IBL GmbH, Hamburg) entsprechend der Herstellerangabe.

Lautanalyse

Aufgrund individueller Unterschiede in der Operationsdauer erfolgte die Auswertung der Vokalisation zunächst nach Anzahl der Laute pro Sekunde.

Die aufgenommenen WAV-Dateien wurden in SGL-Dateien konvertiert und einzelne Laute separiert. Nach Rekonvertierung der geschnittenen Dateien in



ABB. 1: Abdeckung des mit EMLA®-Creme abgedeckten Skrotalbereiches eines Ferkels (Foto: Dina Dziuba)

das WAV-Format erfolgte die weitere Auswertung mit dem Lautanalyseprogramm Avisoft-SASLab Pro (Version 4.40, 2008, Avisoft Bioacoustics, Berlin). Hierbei wurden die Anteile der hochfrequenten Laute (Peakfrequenz > 1000 Hz) sowie die mittlere Peakfrequenz von maximal zehn Ferkeln jeder Versuchsgruppe, die in allen Operationsphasen vokalisiert, analysiert, wobei in den Versuchsgruppen 4 und 5 nur acht bzw. neun Tonaufnahmen ausgewertet werden konnten.

Wundheilungskontrolle

Die Untersuchung der Wundbereiche erfolgte bei allen Tieren nach Operationslokalisationen getrennt am ersten, dritten und siebten Tag nach der Kastration. Zusätzlich wurde das Allgemeinbefinden des Ferkels bewertet und doppelt gewichtet. Die festgestellten Scorepunkte wurden durch Addition zu einem Gesamtscore zusammengefasst, dabei ergab sich ein minimaler Score von 18 Punkten und ein Maximum von 102 Punkten (Tab. 2).

Statistik

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit dem Programm SPSS 16.0, R 3.4.2 und Microsoft Excel für Windows XP. Mittelwerte der verschiedenen Messgrößen zwischen den Gruppen (unabhängige Stichproben) wurden durch eine univariate Varianzanalyse (ANOVA) mit einem Post-Hoc-Mehrfachvergleich (je nach Varianzhomogenität Tukey-Test bzw. Games-Howell-Test) durchgeführt. Mittelwertvergleiche innerhalb der Gruppen wurden mit dem t-Test für verbundene Stichproben vorgenommen. Die Vergleiche der Mediane bei nicht normal verteilten Werten erfolgten bei unabhängigen Stichproben mit dem Kruskal-Wallis-Test. Nachfolgend wurden Vergleiche mit dem Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Bei abhängigen Werten wurden der Friedman-Test und anschließend für paarweise Vergleiche der Wilcoxon-Test angewandt.

Ergebnisse

Tierverluste während der Untersuchungsphase

Während der Versuchsdauer verendeten insgesamt vier Ferkel zwischen dem dritten und elften Tag post operationem, drei der Tiere stammten aus der Gruppe 1 (Eisspray kastriert) und ein Tier aus der Gruppe 2 (Eis-

TAB. 2: Darstellung des Wundheilungsscores (mod. nach Lackner 2003)

Punktzahl	Konsistenz der Wundumgebung	Farbe der Wundumgebung
1	weichelastisch	rosarot/blassrosa
2	derbelastisch + ($\leq 0,5$ cm)	rot (nur Ränder)
3	derbelastisch ++ ($\geq 0,5$ cm)	rot ≤ 1 cm/blaurot $< 0,5$ cm
4	ödematös/knisternd	rot ≥ 1 cm/blaurot 0,5–1 cm
5	hart/fluktuierend	andere Verfärbung/Nekrose
6		blaurot > 1 cm
Summe	Min. = 2 Punkte, Max. = 10 Punkte	Min. = 2 Punkte, Max. = 12 Punkte
Punktzahl	Farbe der Schnittflächen	Temperatur der Wundumgebung
1	blassrosa/rosarot	warm
2	braun/dunkelbraun (Schorf)	vermehrt warm
3	rot (hyperämisches Gewebe)	kalt
4	gelb-braun (eitrig-schmierig)	
Summe	Min. = 2 Punkte, Max. = 8 Punkte	Min. = 2 Punkte, Max. = 6 Punkte
Punktzahl	Zustand der Wunde	Sekret
1	geschlossen, kein Schorf	ohne
2	geschlossen, Schorfreste	geringgradig. serös
3	geschlossen mit Schorf	hochgradig serös
4	teils adaptiert mit Schorf	geringgradig blutig-serös
5	klaffend, geringgradig Randschorf	hochgradig blutig-serös
6	klaffend, kein Schorf	blutend
7		geringgradig eitrig
8		hochgradig eitrig
Summe	Min. = 2 Punkte, Max. = 12 Punkte	Min. = 2 Punkte, Max. = 16 Punkte
Punktzahl	Konsistenz der Samenstränge	Dicke der Samenstränge
1	weichelastisch/kaum fühlbar	kaum fühlbar
2	derbelastisch	bis ca. 0,3 cm Ø
3	verhärtet	bis ca. 0,5 cm Ø
4		bis ca. 0,7 cm Ø
5	knotig	bis ca. 1 cm Ø
6		bis 0,5 cm Ø und kugelige Verdickung
7	Abszess	bis 1 cm Ø und kugelige Verdickung
8		erhebliche Umfangsvermehrung (Abszess)
Summe	Min. = 2 Punkte, Max. = 14 Punkte	Min. = 2 Punkte, Max. = 16 Punkte
Punktzahl	Verhalten und Allgemeinbefinden	
1	lebhaft, steht, läuft	
2	ruhig, Kopf gesenkt	
3	sehr ruhig, lahmt oder liegt viel	
4	apathisch, liegt nur	
Summe	Doppelt gewichtet: Min. = 2 Punkte, Max. = 8 Punkte	
Gesamtscore:	Minimum: 18, Maximum: 102	

spray/Lidocainspray kastriert). Die Tiere litten an einer Durchfallerkrankung und Dehydratation, die Muttertiere zeitgleich am Postpartalen Dysgalaktie Syndrom (PPDS-/MMA-Syndrom).

Kortisolwerte

Die mittels Probittransformation berechneten Kortisolwerte der Ferkel lagen zwischen 0,0 ng/ml und 345 ng/ml. Die Werte waren logarithmisch normalverteilt. Die weitere statistische Auswertung erfolgte mit den logarithmierten Werten.

Vor der Kastration traten bereits statistisch signifikante Unterschiede in den mittleren logarithmierten Kortisolkonzentrationen der Untersuchungsgruppen auf (Abb. 2). In der Gruppe 5 lag der Wert signifikant höher als in den Gruppen 2 ($p = 0,009$) und 6 ($p = 0,002$). Eine Stunde nach der Kastration wiesen die Tiere der Gruppe 6 (Kontrollgruppe), die Flunixin als einzige Prämedikation erhalten hatten, die niedrigsten Kortisolspiegel auf und unterschieden sich signifikant von den Tier-

gruppen, die eine topische Lokalanästhesie erhielten (Gruppen 1, 2 und 3) ($p < 0,001$), sowie von Gruppe 5 ($p = 0,015$), die neben der Flunixinapplikation auch Procain sowohl subkutan als auch intratestikulär erhielten. Doch auch diese Gruppe unterschied sich, wie auch Gruppe 4, signifikant ($p < 0,001$) von denen, die eine Eissprayapplikation erhielten (Gruppen 1 und 2). Innerhalb von 24 Stunden post operationem sank in allen Gruppen die mittlere Kortisolkonzentration unter den jeweiligen Ausgangswert, statistisch unterschieden sich die Konzentrationen zu diesem Zeitpunkt nicht.

Vergleicht man die Veränderungen der mittleren Kortisolkonzentrationen innerhalb der Gruppen zwischen den drei Entnahmezeitpunkten, lag bei den Gruppen, die eine topische Lokalanästhesie erhielten (Gruppen 1, 2 und 3), der mittlere Kortisolwert eine Stunde postoperativ signifikant ($p < 0,001$) über dem Ausgangswert, 24 Stunden postoperativ waren die Werte niedriger als die Basalwerte, sodass auch hier statistisch signifikante Unterschiede ($p < 0,001$) festgestellt werden konnten. Dagegen konnte in den Gruppen 4, 5 und 6 statistisch kein signifikanter Unterschied zwischen den Ausgangswerten und den Werten eine Stunde nach der Kastration beobachtet werden, doch sank auch in diesen Gruppen der Kortisolwert signifikant zwischen der ersten Stunde und 24 Stunden postoperativ ab (Gruppe 4: $p < 0,001$; Gruppe 5: $p = 0,001$, Gruppe 6: $p = 0,016$).

Lautanalyse

Vergleich der Vokalisationsrate pro Sekunde in den einzelnen Phasen der Operation zwischen den Gruppen

Zunächst wurde die Anzahl der Laute vor der Operation sowie in den unterschiedlichen Operationsabschnitten gezählt und die Vokalisationsraten pro Sekunde ermittelt. Die Ergebnisse wurden gruppenweise in den jeweiligen Kastrationsphasen zusammengefasst und die berechneten Mediane verglichen. Die höchsten Mediane traten in Gruppe 1 während der Applikation von Eisspray auf die Haut und auf den Samenstrang auf (Abb. 3).

Bei einem Vergleich der Vokalisationsraten zwischen den verschiedenen Gruppen in den unterschiedlichen Phasen der Kastration konnten vor der Operation statistisch keine Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden. Während der Eissprayapplikation auf die Haut unterschied sich Gruppe 1 signifikant von Gruppe 2 ($p = 0,009$). Gruppe 1 zeigte zudem eine signifikant höhere Anzahl an Lauten als Gruppe 4 während des Hautschnittes ($p = 0,014$) und als Gruppe 2 ($p = 0,027$), 4 ($p = 0,004$) und 5 ($p = 0,005$) während der Samenstrangdurchtrennung. Gruppe 3 unterschied sich durch eine höhere Lautanzahl signifikant von Gruppe 4 ($p = 0,000$), 5 ($p = 0,002$) und 6 ($p = 0,044$) während des Hautschnittes und während der Samenstrangdurchtrennung (Gruppe 4 [$p = 0,001$], Gruppe 5 [$p = 0,002$] und Gruppe 6 [$p = 0,025$]). Gruppe 6 zeigte eine signifikant höhere Anzahl an Lauten während des Hautschnittes als Gruppe 4 ($p = 0,006$), weitere sta-

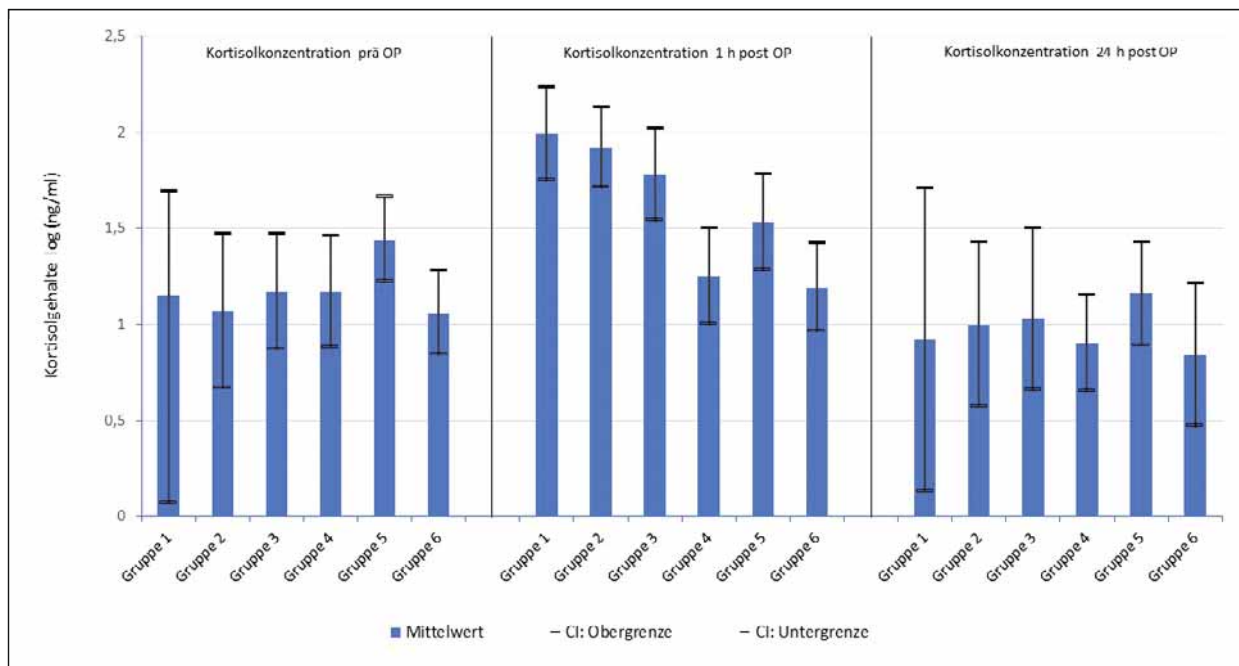


ABB. 2: Mittelwerte der Plasma-Kortisolkonzentrationen (in log [ng/ml]) der Ferkel der Versuchsgruppen eine Stunde vor und nach der Kastration sowie 24 Stunden postoperativ (Grafik: Alexandra von Altröck)

tistisch signifikante Unterschiede traten zwischen den Gruppen 4, 5 und 6 nicht auf.

Vergleich des Anteils hochfrequenter Laute an der gesamten Lautanzahl zwischen den Gruppen

Vergleicht man die Mittelwerte der Anteile hochfrequenter Laute zwischen den Gruppen (Abb. 4) innerhalb der verschiedenen Operationsphasen, ergaben sich nur wenige statistisch signifikante Unterschiede. Lediglich die Gruppe 6 unterschied sich während der Phase

des Hautschnitts durch einen signifikant höheren Anteil hochfrequenter Laute von der Gruppe 2 ($p = 0,033$) und 3 ($p = 0,031$).

Vergleich der mittleren Peakfrequenz während der Operationsphasen zwischen den Gruppen

Auch beim Vergleich der mittleren Peakfrequenzen der Laute zwischen den verschiedenen Versuchsgruppen zu den Kastrationsphasen (Abb. 5) ergaben sich statistisch nur Unterschiede während der Phase des Hautschnitts.

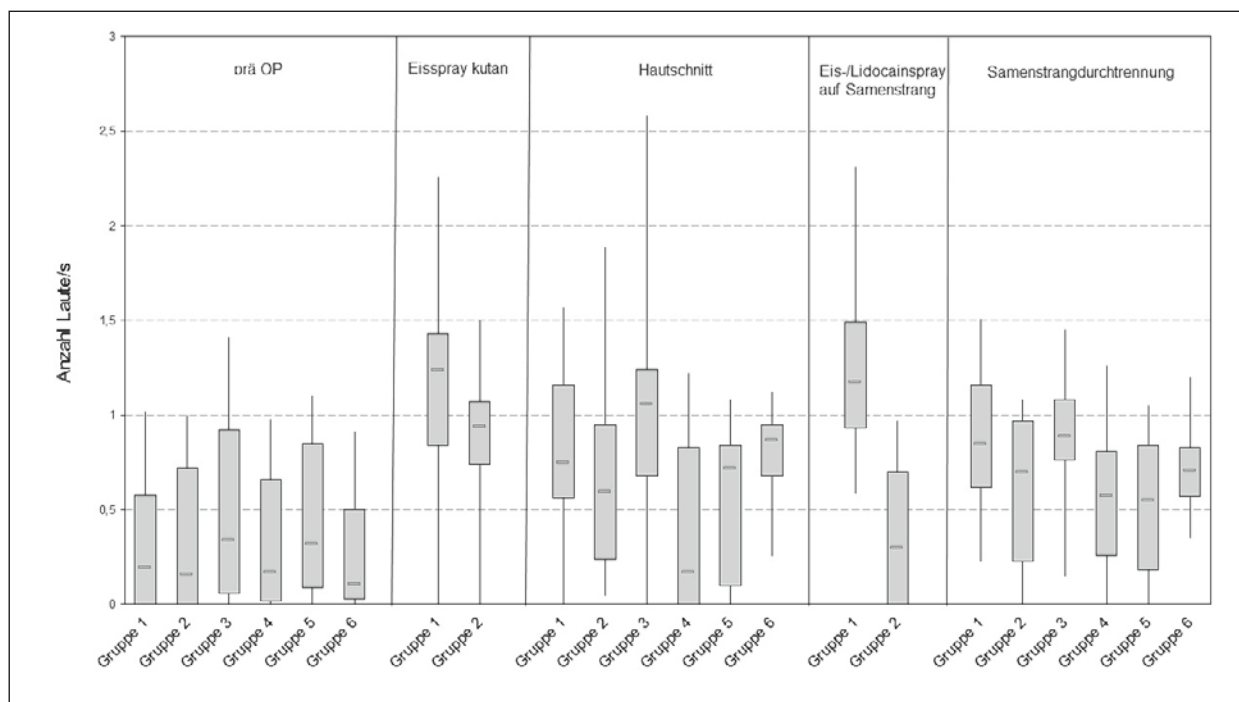


ABB. 3: Vokalisationsraten in den einzelnen Gruppen unterteilt nach Operationsphasen. Die Boxplots zeigen den Median, den Interquartilbereich sowie Minimum und Maximum. (Grafik: Alexandra von Altröck)

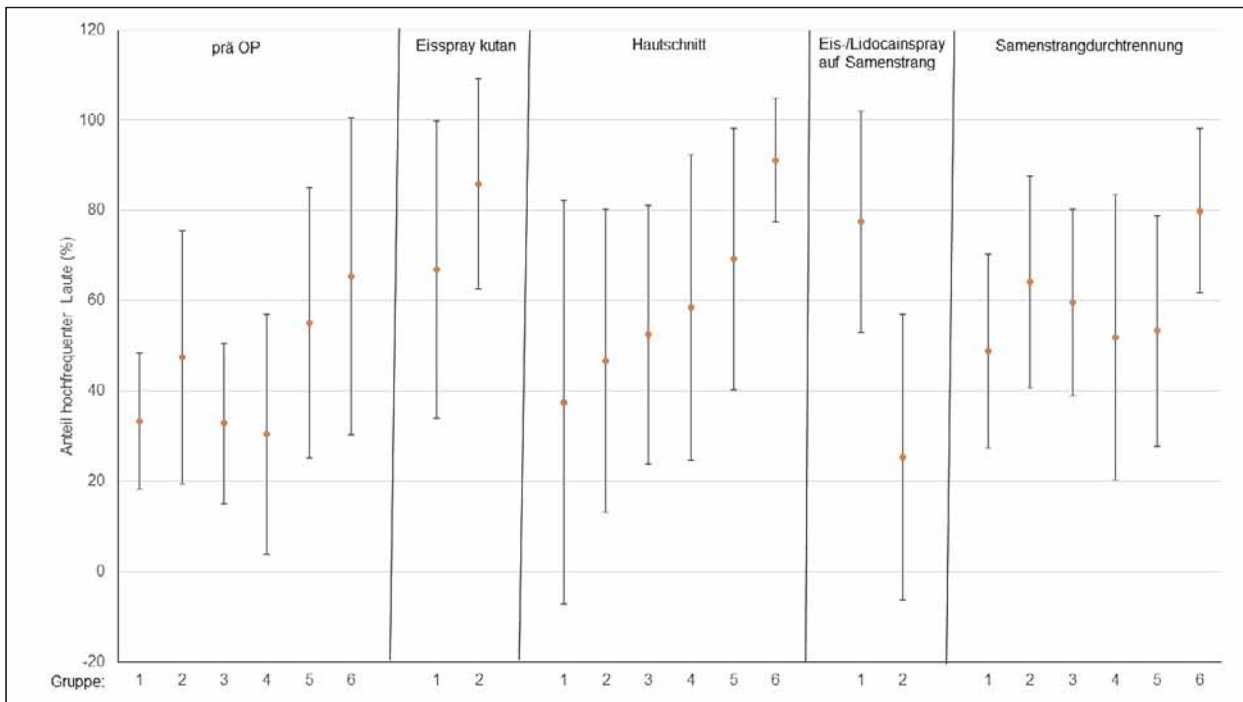


ABB. 4: Anteil hochfrequenter Laute der einzelnen Gruppen unterteilt nach Operationsphasen. Dargestellt werden die Mittelwerte und Standardabweichungen. (Grafik: Alexandra von Altröck)

Gruppe 1 unterschied sich hier signifikant von Gruppe 3 ($p = 0,008$) und 6 ($p = 0,000$) durch eine deutlich niedrigere mittlere Peakfrequenz. Des Weiteren war die mittlere Peakfrequenz in Gruppe 2 signifikant niedriger ($p = 0,000$) als in Gruppe 6.

Vergleich der Ergebnisse der Lautanalyse innerhalb der Gruppen

Bei dem Vergleich der drei Parameter der Lautanalyse innerhalb der jeweiligen Gruppe (Tab. 3) zeigt sich ein

uneinheitliches Ergebnis, sodass bei einem Vergleich der Lautäußerungen zwischen den verschiedenen Operationsphasen häufig nur bei einem Parameter statistisch belegbare Unterschiede auftraten. Lediglich in Gruppe 3, bei der den Tieren EMLA®-Creme auf die Skrotalhaut aufgetragen wurde, traten zwischen präoperativer Phase und dem Hautschnitt sowie der Samenstrangdurchtrennung sowohl bei der Anzahl der Laute als auch bei dem mittleren Anteil hochfrequenter Laute und der mittleren Peakfrequenz statistisch signifikante Unterschiede

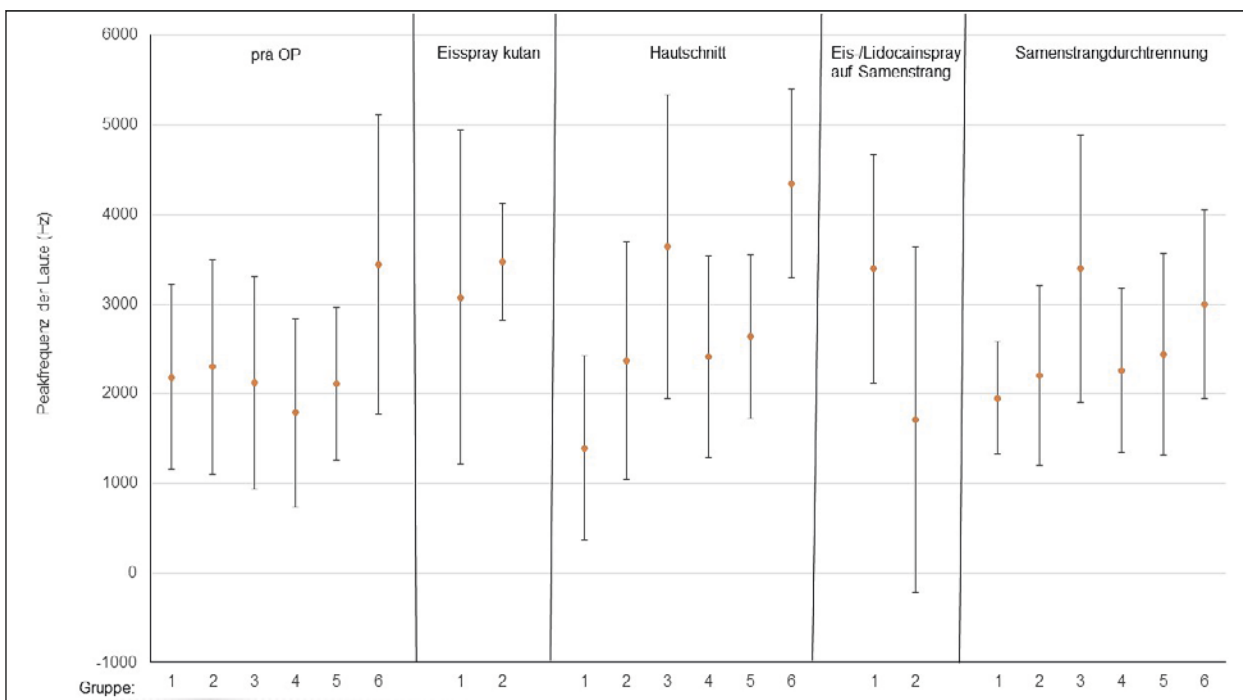


ABB. 5: Mittlere Peakfrequenz der Laute der einzelnen Gruppen unterteilt nach Operationsphasen. Dargestellt werden die Mittelwerte und Standardabweichungen. (Grafik: Alexandra von Altröck)

TAB. 3: *p*-Werte der Vergleiche der Anzahl der Laute, der mittleren Anteile hochfrequenter Laute sowie der mittleren Peakfrequenz innerhalb der Gruppen zwischen den Operationsphasen

Vergleich der Operationsphasen		Gruppe					
		1	2	3	4	5	6
Prä OP vs. Hautschnitt	Anzahl der Laute (Median)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,0554	0,975	0,001
	Mittlere Anteil hochfrequenter Laute	0,774	0,939	0,038	0,056	0,008	0,095
	Mittlere Peakfrequenz	0,144	0,874	0,003	0,230	0,022	0,219
Prä OP vs. Samenstrangdurchtrennung	Anzahl der Laute (Median)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,025	0,427	0,001
	Mittlere Anteil hochfrequenter Laute	0,082	0,089	0,001	0,012	0,893	0,311
	Mittlere Peakfrequenz	0,488	0,846	0,001	0,129	0,529	0,372
Hautschnitt vs. Samenstrangdurchtrennung	Anzahl der Laute (Median)	0,192	0,940	0,056	0,085	0,660	0,307
	Mittlere Anteil hochfrequenter Laute	0,453	0,208	0,232	0,660	0,189	0,087
	Mittlere Peakfrequenz	0,114	0,800	0,353	0,759	0,625	0,009
Eisspray perkutan vs. prä Op	Anzahl der Laute (Median)	< 0,001	< 0,001				
	Mittlere Anteil hochfrequenter Laute	0,002	0,002				
	Mittlere Peakfrequenz	0,128	0,004				
Eis- bzw. Lidocainspray auf Samenstrang vs. prä OP	Anzahl der Laute (Median)	< 0,001	0,493				
	Mittlere Anteil hochfrequenter Laute	< 0,001	0,062				
	Mittlere Peakfrequenz	0,010	0,355				

auf. Ein solch einheitliches Ergebnis konnte noch in Gruppe 2 beobachtet werden, bei der die Ergebnisse aller drei Parameter während der Eissprayapplikation auf die Haut signifikant höher lagen als vor der Operation. Trotz entsprechender Vorgehensweise konnte dieser Unterschied in Gruppe 1 nur bei der Betrachtung des mittleren Anteils hochfrequenter Laute und der mittleren Peakfrequenz beobachtet werden. Allerdings waren in dieser Gruppe einheitlich die Ergebnisse aller drei Parameter während der Applikation des Eissprays auf den Samenstrang signifikant höher als in der präoperativen Phase.

Interessant ist, dass Veränderungen in der Vokalisation bei der Skrotalhautinzision bei allen Gruppen (Gruppen 1 bis 3), bei denen topische Lokalanästhetika verwendet wurden, zumindest bei der Betrachtung der Anzahl der Laute beobachtet werden konnten. Aber auch die Ferkel der Gruppe 5, welche neben dem nicht-steroidalen Antiphlogistikum eine Lokalanästhesieinjektion sowohl intratestikulär als auch subkutan im Bereich der Samenstränge erhielten, zeigten einen signifikanten Anstieg des mittleren Anteils hochfrequenter Laute sowie der mittleren Peakfrequenz während des Hautschnittes im Vergleich zur präoperativen Phase. Dieses konnte nach der subkutanen Lokalanästhesieapplikation im Bereich des Hautschnittes (Gruppe 4) nicht beobachtet werden. Allerdings zeigten die Tiere dieser Gruppe trotz subkutaner Applikation des Lokalanästhetikums im Bereich des Samenstranges einen deutlichen Anstieg der Lautanzahl und des Anteiles hochfrequenter Laute gegenüber der präoperativen Phase.

TAB. 4: *Mittelwerte (in kg) der durchschnittlichen täglichen Zunahmen der Ferkel der einzelnen Untersuchungsgruppen unter Angabe der Tierzahlen und Standardabweichungen*

Gruppe	Anzahl der Tiere	Mittelwert (kg)	Standardabweichung
1	26	0,266	0,058
2	30	0,220	0,087
3	29	0,275	0,044
4	20	0,280	0,055
5	15	0,290	0,060
6	15	0,264	0,048

Gewichtsentwicklung

Die durchschnittliche tägliche Lebendmassezunahme der Ferkel wurde aus den präoperativ erfassten Anfangs- und den Endgewichten 21 Tage nach Kastration der Tiere errechnet. Statistisch konnte lediglich zwischen Gruppe 2 und Gruppe 5 ein signifikanter Unterschied ($p = 0,031$) festgestellt werden (Tab. 4).

Wundheilung

Bei 65 % der Ferkel ($n = 13$) der Gruppe 4 und bei 33,3 % ($n = 5$) der Gruppe 5 konnte eine Protrusion des Samenstrangstumpfes und des Mesorchiums nach dem Absetzen des Emaskulators festgestellt werden. Die Tiere der anderen Untersuchungsgruppen waren nicht betroffen.

Aus den einzelnen Scoreparametern wurde durch Addition ein Gesamtscore pro Tier ermittelt. Die Mediane des Gesamtscores jeder Gruppe (Abb. 6) wurden von einem Untersuchungszeitpunkt mit dem darauffolgenden verglichen. Es wurde eine Bonferroni-Korrektur durchgeführt, die aufgrund der fünf durchgeführten Vergleiche eine Signifikanzgrenze von $p \leq 0,01$ ergab. Dabei konnte in allen Gruppen ein signifikantes Absinken der Scorewerte über den Untersuchungszeitraum bis zum siebten Tag post OP festgestellt werden.

Die Gruppe 4 hat zu allen Zeitpunkten der Untersuchungen den höchsten Gesamtscore. Bei einem Vergleich der Gruppen 1 bis 5 mit dem Ergebnis der Gruppe 6 (Kontrollgruppe) an den Untersuchungstagen ist der Unterschied an allen 3 Untersuchungstagen postoperativ zwischen Gruppe 4 und Gruppe 6 signifikant (Tag 1: $p = 0,024$, Tag 3: $p = 0,004$, Tag 7: $p = 0,002$).

Diskussion

Ziel der Arbeit war die Beurteilung der effektiven Schmerzausschaltung durch ausgewählte lokale und/oder topische Anästhesieverfahren bei der Kastration von bis zu sieben Tagen alten Saugferkeln.

Für das Erkennen und Bewerten von Schmerz beim Tier stehen grundsätzlich nur indirekte Methoden zur Verfügung. Dazu gehören Verhaltensänderungen sowie Veränderungen von Leistungsparametern, wie z. B. der Gewichtszunahme, von physiologischen Parametern,

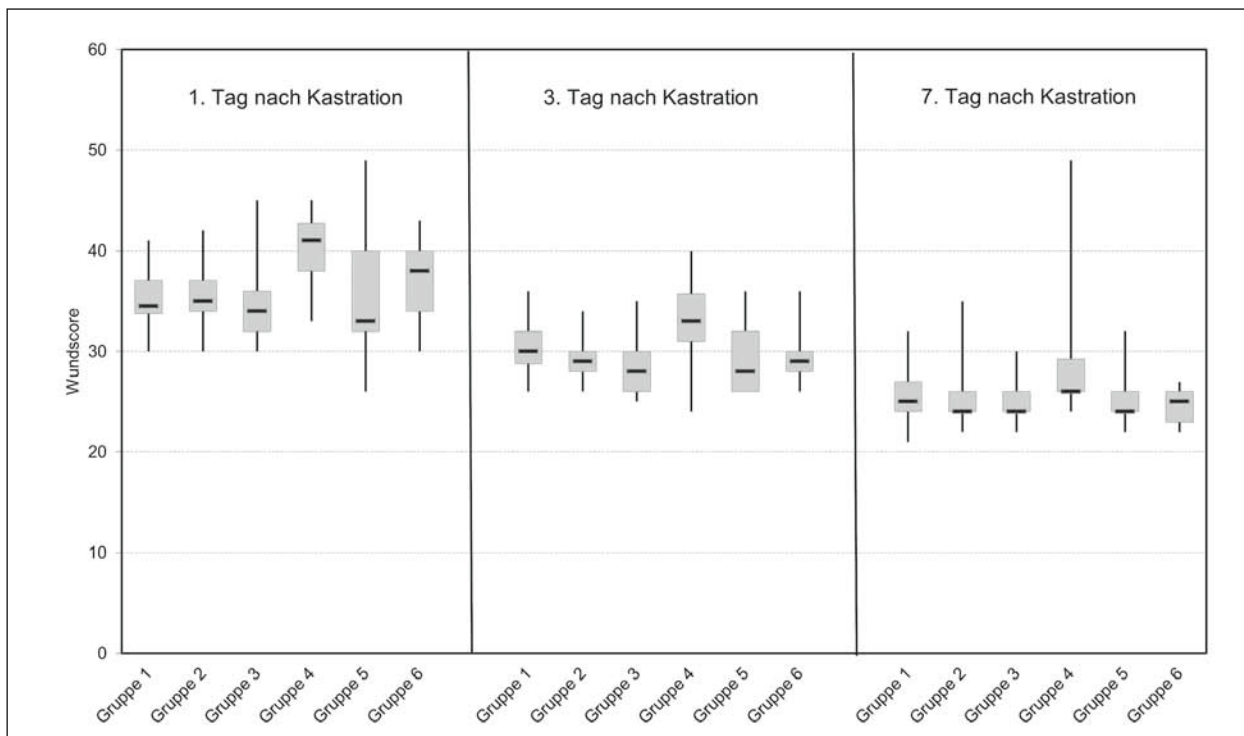


ABB. 6: Median, unteres und oberes Quartil sowie Minimum und Maximum der Scorewerte der Wundheilung der verschiedenen Gruppen am 1., 3. und 7. Tag postoperativ, dargestellt als Boxplots (Grafik: Alexandra von Altröck)

wie u. a. Herz- und Atemfrequenz, oder auch von Plasmakonzentrationen der „Stresshormone“, wie z. B. Kortisol (Molony und Kent 1997, Otto 2001).

Die Erhöhung der Kortisolkonzentration im Plasma ist nicht spezifisch für irgendeine Art von physischen oder psychischen Stress (Coetzee et al. 2019). So kommt es bereits im Tagesverlauf zu Schwankungen in der Höhe des Plasmaspiegels (Tenbergen et al. 2014), und auch das routinemäßige Handling kann einen Anstieg der Plasma-Kortisolkonzentration zur Folge haben (Moya et al. 2008). Nichtsdestotrotz wurde bis dato kein besserer schmerzspezifischer Biomarker beim Nutztier identifiziert und validiert, sodass die Kortisolkonzentration im Plasma nach wie vor ein wichtiger Parameter zur Beurteilung von schmerzhaften Zuständen beim Nutztier darstellt (Coetzee et al. 2019). So wurde dieser auch schon vielfach zur Belastungsbewertung im Zuge der Saugferkelkastration herangezogen (Bonastre et al. 2016, Hofmann et al. 2019, Kluijvers-Poodt et al. 2012, Jäggin et al. 2001, Reiner et al. 2012, Schulz et al. 2007, Sutherland et al. 2010, Sutherland et al. 2012, Zankl et al. 2007, Zöls et al. 2006a). Innerhalb von 0,5 bis zu eine Stunde nach der Kastration steigt die Kortisolkonzentration auf einen maximalen Wert und sinkt dann innerhalb von 24 Stunden wieder auf ihren Basalwert (Carroll et al. 2006, Prunier et al. 2005). Dabei scheint das zusätzliche durch die Blutentnahme bedingte Handling sowie die Blutentnahme selbst die Höhe des Serumkortisolspiegels nicht zu beeinflussen (Hofmann et al. 2019, Zankl et al. 2007, Zöls et al. 2006a und 2006b). In der vorliegenden Studie wurden sowohl die mittleren logarithmierten Kortisolkonzentrationen zwischen den Tiergruppen als auch im zeitlichen Verlauf vor und nach der Kastration verglichen. Bei dem Vergleich zwischen den Gruppen fiel auf, dass Gruppe 5 bereits vor der Kastration eine signifikant höhere mittlere, logarithmierte Kortisolkonzentra-

tion im Plasma im Vergleich zu Gruppe 2 und Gruppe 6 aufwies, obwohl die Tiere bis zu diesem Zeitpunkt gleich behandelt wurden. Dies kann in den von von Borell und Ladewig (1992) beschriebenen großen, individuellen Schwankungen der Kortisolausschüttung begründet sein bzw. in der von Kanitz et al. (1999) nachgewiesenen Abhängigkeit der Kortisolausschüttung von der Stressanfälligkeit der Muttersau. Auffällig war ebenso, dass die Kontrollgruppe (Gruppe 6), die außer einem nichtsteroidalem Antiphlogistikum vor der Kastration kein weiteres Anästhetikum erhalten hatte, eine Stunde nach der Kastration die niedrigste mittlere, logarithmierte Kortisolkonzentration aufwies und sich damit signifikant von vier der Versuchsgruppen (Gruppen 1, 2, 3 und 5) unterschied. Diese Beobachtung könnte zu dem Schluss führen, dass der Schmerz der Tiere der Kontrollgruppe durch die Kastration geringer war als für die anderen Gruppen. Da jedoch Schmerz aufgrund der subjektiven Wahrnehmung nicht quantifizierbar ist (Barnett 1997, Mellor und Stafford 2004), ist eine solche Aussage fraglich. Vielmehr gibt der Anstieg der Kortisolkonzentrationen zwischen dem Zeitpunkt vor (Basalwert) und nach der Kastration innerhalb einer Gruppe Aufschluss, ob Stress bzw. Schmerz empfunden wurden. Vergleicht man diese Veränderungen, zeigten die Gruppen, die eine topische Lokalanästhesie erhielten (Gruppen 1, 2 und 3), eine Stunde postoperativ einen signifikanten Anstieg der mittleren, logarithmierten Kortisolkonzentration. Einen entsprechenden Hinweis auf deutliche Schmerzempfindungen durch Medikamentenapplikation bzw. die Kastration ergaben sich in diesen Gruppen auch durch die Vokalisationsanalyse.

Allerdings ist zu beachten, dass die Tiere dieser Gruppen im Gegensatz zu denen der Gruppen 4, 5 und 6 keine Prämedikation mit dem nichtsteroidalen Antiphlogistikum Flunixin erhielten. In den Untersuchungen

von Langhoff (2008) und Zöls (2006) zeigte sich ebenfalls eine Verringerung des Kortisolanstiegs nach der Kastration unter vorheriger Gabe von nichtsteroidalen Antiphlogistika. Nach Becker et al. (1985) und Prunier et al. (2005) deuten geringere Kortisolanstiege auf eine geringere Stressbelastung der Tiere hin. Dies steht jedoch im Widerspruch der Befunde der Lautanalyse, nach denen sich auch in den Gruppen 4, 5 und 6 deutliche Anzeichen von Schmerzempfinden im Verlauf der Kastration zeigten. Als Ursache für die Diskrepanz ist der die Kortisolausschüttung hemmende Effekt der nichtsteroidalen Antiphlogistika anzunehmen (Cudd et al. 1998, Di Luigi et al. 2007, Gadek-Michalska und Bugajski 2004, Mohn et al. 2005.), der hier durch die Flunixinverabreichung ausgelöst wurde. Die Kortisolkonzentration ist damit zwar ein geeigneter Parameter zur Detektion der schmerzinduzierten endokrinen Stressreaktion, sie verliert jedoch an Aussagekraft bei gleichzeitiger Anwendung von NSAIDs.

Die Vokalisationsanalyse wurde bereits in diversen Studien bei der Beurteilung der Schmerzempfindung anlässlich der Kastration von Saugferkeln eingesetzt (Gutzwiller 2003, Marx et al. 2003, Taylor und Weary 2000, Weary et al. 1998, White et al. 1995). Marx et al. (2003) stellten fest, dass die Anzahl der Schreie bei schmerzhaften Prozeduren signifikant ansteigt. Insbesondere die Anzahl besonders hochfrequenter (> 1000 Hz) Schreie stieg bei der Kastration ohne Betäubung signifikant im Vergleich zu fixierten, aber unkastrierten oder unter lokaler Schmerzausschaltung kastrierten Tieren (Kluivers-Poodt et al. 2012, Leidig et al. 2009, Marx et al. 2003, Puppe et al. 2005, Taylor und Weary 2000, White et al. 1995). Dabei schrien die Ferkel besonders laut und hochfrequent während des Vorlagerns und Durchtrennens der Samenstränge, wodurch diese Phase als besonders schmerzhaft identifiziert werden konnte (Marx et al. 2003, Taylor und Weary 2000, White et al. 1995). Jedoch unterliegt auch die Lautäußerung starker tierindividueller Unterschiede, welche eine Interpretation der Ergebnisse erschweren. Marchant-Forde et al. (2009, 2014) weisen darauf hin, dass die Vokalisation ebenso wie die Intensität der Abwehrbewegungen zu den Parametern gehören, die sich im Laufe der Zeit während einer Intervention durch eine zunehmende Passivität der Tiere reduzieren können. In der vorliegenden Studie zeigten nahezu alle Tiere der Versuchsgruppen deutlichere Schmerzlaute sowohl bei der Samenstrangdurchtrennung als auch beim Hautschnitt im Vergleich zur präoperativen Phase. Lediglich Gruppe 4, deren Tiere Procain subkutan entlang der Schnittlinie am Skrotum erhielten, vokalisiert bei der Hautinzision nicht vermehrt und Gruppe 5 zeigte nach intratestikulärer Applikation des Lokalanästhetikums keinen Anstieg der Schmerzlaute bei der Samenstrangdurchtrennung. Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Lautäußerungen während der Samenstrangdurchtrennung gegenüber dem Hautschnitt ergab sich lediglich in Gruppe 6 (Kontrollgruppe). Allerdings lag hier die mittlere Peakfrequenz der Laute während der Skrotalhautinzision signifikant höher als bei der Samenstrangdurchtrennung.

Auch bei der Lautanalyse erscheint der statistische Vergleich der Gruppen untereinander in den verschiedenen Phasen nicht sinnvoll. So unterschieden sich z. B. Gruppe 1 und Gruppe 2 trotz gleichem Vorgehen bei der Applikation des Eissprays auf die Skrotalhaut signifikant voneinander in der Anzahl der Laute. Diese starken

individuellen Unterschiede wurden durch die fehlende Vokalisation einiger Tiere während verschiedener Kastrationsphasen besonders deutlich und führten dazu, dass die Gesamtzahl der in die Auswertung integrierten Tiere reduziert werden musste. Jedoch lässt der Vergleich der Lautanalysenergebnisse innerhalb der Gruppe zwischen der präoperativen Phase und den Operationsphasen auf die Empfindung von Schmerzen rückschließen. Betrachtet man den Einfluss der Anwendung der topischen Lokalanästhetika auf die Vokalisation während der verschiedenen Phasen der Kastration, so kann bei allen drei Gruppen ein signifikanter Anstieg in der Anzahl der Lautäußerungen während des Hautschnittes sowie der Samenstrangdurchtrennung gegenüber der präoperativen Phase beobachtet werden. Es ist daher davon auszugehen, dass eine Schmerzausschaltung weder im Bereich der Haut noch am Samenstrang erreicht wurde.

Statistisch signifikante, gleichsinnige Veränderungen der drei Parameter der Lautanalyse traten bei dem Vergleich zwischen präoperativer Phase und dem Hautschnitt sowie der Samenstrangdurchtrennung in Gruppe 3 (EMLA®-Creme) auf. Entsprechende Veränderungen der Vokalisation konnten bei Gruppe 1 während der Applikation des Eissprays auf den Samenstrang beobachtet werden. In Gruppe 2 zeigten ebenfalls alle drei Parameter einen deutlichen Anstieg bei der Applikation des Eissprays auf die Skrotalhaut, jedoch konnten in Gruppe 1 bei dem entsprechenden Vorgehen nur signifikante Anstiege bei der Anzahl der Laute und des mittleren Anteils hochfrequenter Laute registriert werden. Trotzdem ist davon auszugehen, dass auch in dieser Gruppe eindeutig Schmerzen aufgrund der Eissprayapplikation empfunden wurden.

Die Kombination aus einer Vereisung der Skrotalhaut und der Behandlung des Samenstranges mit einem 2%igen Lidocainspray nach Absetzen der Hoden zur Linderung des Kastrationsschmerzes wurde bereits von Gasteiner et al. (2008) untersucht. An Hand von Verhaltensbeobachtungen über die Dauer von zwölf Stunden nach der Kastration und der Bestimmung der Kortisolkonzentration beurteilten die Autoren das Verfahren als geeignet, um den Kastrationsschmerz zu lindern. Schiele (2010) untersuchte nochmals differenzierter die Auswirkungen der lokalen Vereisung und der Lokalanästhesie des Samenstrangstumpfes. Anhand der Bestimmung der Kortisolkonzentration im Serum kommt die Autorin zu der Schlussfolgerung, dass die Vereisung der Skrotalhaut nicht tolerierbare Schmerzen und Stress auslöst.

Die Wirksamkeit der EMLA®-Creme wurde bislang noch nicht im Rahmen der Ferkelkastration untersucht, sie wurde jedoch beim Kupieren des Schwanzes bei 21 Tage alten Saugferkeln geprüft (Kells et al. 2017). Die Creme wurde dabei 60 Minuten vor dem Eingriff auf die Schwanzbasis aufgetragen und mit einer Okklusionscreme bedeckt. Die Ferkel wurden vor Beginn des Eingriffes mit einer Halothan-Inhalationsnarkose anästhesiert. Anhand von EEG-Aufzeichnungen stellten die Autoren fest, dass der akute Amputationsschmerz durch die EMLA®-Creme gelindert werden konnte.

Bei der Anwendung des Lokalanästhetikums per injectionem (Gruppe 4 und Gruppe 5) ergaben sich anhand des Vergleichs der Kortisolkonzentration im Blut vor und nach der Operation keine Hinweise auf Stress- oder Schmerzempfindung bei der Kastration, allerdings konnte dies auch nicht in der Kontrollgruppe (Gruppe 6) belegt werden. Als ursächlich hierfür muss der bereits

zuvor beschriebene hemmende Effekt des NSAIDs berücksichtigt werden. Betrachtet man jedoch die Ergebnisse der Lautanalyse ergibt sich bei Gruppe 4, die eine Schnitteinfiltration sowie eine subkutane Infiltration im Bereich des Samenstranges mit einem Lokalanästhetikum erhielt, ein deutlicher Hinweis auf eine Schmerzreaktion bei der Samenstrangdurchtrennung durch den signifikanten Anstieg der Anzahl der Laute und des Anteils hochfrequenter Laute gegenüber der präoperativen Phase, sodass eine ausreichende Infiltration des Lokalanästhetikums in den Samenstrang nicht vorgelegen haben kann. In Gruppe 5 konnte bereits anhand der Ergebnisse des mittleren Anteils hochfrequenter Laute und der mittleren Peakfrequenz eine eindeutige Schmerzreaktion auf den Hautschnitt nachgewiesen werden. Allerdings erfolgte die Injektion des Lokalanästhetikums lediglich intratestikulär und subkutan in den Bereich der Samenstränge. Kluivers-Poodt et al. (2012) hingegen konnten nicht nur eine signifikante Reduktion der schmerzbedingten Laute bei nach intratestikulärer Lidocainhydrochloridapplikation kastrierten Tieren feststellen, sondern auch einen signifikant geringeren Anstieg der Kortisolkonzentration im Vergleich zur unbehandelten und der unter Meloxicamanalgesie kastrierten Kontrollgruppe. Auch Bonastre et al. (2016) konnten nach intratestikulärer sowie intraskrotaler Lidocainhydrochloridapplikation einen geringeren Anstieg der Plasmakortisolkonzentration nach der Kastration im Vergleich zur unbehandelten Kontrollgruppe messen, allerdings erhielten auch diese Tiere zum Zeitpunkt der Kastration zur Linderung der postoperativen Schmerzen Meloxicam. Zöls et al. (2006b) wiesen nach Procainhydrochloridapplikation bei den kastrierten Tieren tendenziell höhere Plasmakonzentrationen nach als bei den nicht medizinierten, kastrierten Kontrolltieren, woraufhin die Autoren schlussfolgerten, dass die intratestikuläre Applikation zu erheblichen Schmerzen führte.

Zankl et al. (2007) im Gegensatz zu Hofmann et al. (2019) zeigten jedoch, dass nach der alleinigen intratestikulären Applikation von Procainhydrochlorid kein Anstieg des Serumkortisolspiegels zu verzeichnen war. Übereinstimmend stellten beide Arbeitsgruppen jedoch fest, dass sowohl durch eine Lokalanästhesie mit Procainhydrochlorid als auch mit Lidocainhydrochlorid keine ausreichende Schmerzausschaltung bei der Kastration erfolgte.

Leidig et al. (2009) testeten mithilfe der Vokalisationsanalyse die Wirkung von Procainhydrochlorid nach intratestikulärer Applikation auf die Schmerzausschaltung bei der Saugferkelkastration. Während der Handlingphase und der Injektion konnte eine signifikante Erhöhung der hochfrequenten Stressschreie festgestellt werden, sodass sie zu dem Schluss kamen, dass die Schmerzreduktion während der Kastration durch den vorausgehenden Stress bei der Applikation relativiert wurde. Hansson et al. (2011) sahen durch das notwendige zweimalige Handling bei der Lokalanästhesieapplikation grundsätzlich einen zusätzlichen Stressor, welcher der erzielten Schmerzlinderung gegenübersteht.

Zu den indirekten Methoden der Schmerz- und Stresserkennung gehört die Erfassung von Leistungsparametern, wie der Gewichtsentwicklung. Eine Vielzahl von Autoren konnte jedoch keinen deutlichen Einfluss des Schmerzmanagements im Rahmen der Saugferkelkastration auf die tägliche Gewichtszunahme der Ferkel fest-

stellen (Cassar et al. 2014, Hansson et al. 2011, Hofmann et al. 2019, Lahrman et al. 2006, Schmidt et al. 2012). Auch in dieser Studie lässt sich keine klare Tendenz ablesen. Zwar bestand zwischen den Tieren der Gruppe 2 (Eis-spray auf Haut, Lidocainspray auf Samenstrang), welche mit einer mittleren, täglichen Zunahme von 0,22 kg den geringsten Wert aufwiesen und den Tieren der Gruppe 5 (Flunixin i. m., Procain s. c. und i. test.) mit der höchsten mittleren Gewichtszunahme (0,29 kg) ein signifikanter Unterschied, in wie weit hierfür jedoch das angewendete Schmerzmanagement ursächlich ist, bleibt unklar. Wie schon Kluivers-Poodt et al. (2013) postulierten, scheint das Ferkelwachstum kein sensitiver Indikator zur Bewertung des Schmerzes im Rahmen der Kastration zu sein.

Zur Beurteilung des Wundheilungsverlaufes wurden die Kastrationswunden mithilfe eines Scoresystems am ersten, dritten und siebten Tag nach dem Eingriff befundet. Dabei konnte lediglich in den Gruppen, denen Procainhydrochlorid in die Genitalregion injiziert wurde, ein Vorfall des Samenstrangstumpfes aus der Kastrationswunde am ersten Untersuchungstag beobachtet werden. In Gruppe 4 (Flunixin, Procain subkutan) waren 65 % der Ferkel betroffen und in der Gruppe 5 (Flunixin, Procain subkutan und intratestikulär) 33,3 %. Diese Protrusion des Samenstrangstumpfes führte vermutlich bei den Ferkeln der Gruppe 4 in der Folge zu einer verzögerten Wundheilung, weshalb diese Tiere an allen Untersuchungszeitpunkten den höchsten Gesamtscore aufwiesen. Eine anästhesiebedingte Protrusion des Samenstrangstumpfes mit nachfolgender Wundheilungsstörung konnten sowohl Hoppe (2011) regelmäßig bei unter CO₂-Narkose kastrierten Tieren, als auch Steigmann (2013) bei unter Isoflurannarkose operierten Ferkeln beobachten.

Zusammenfassend muss festgestellt werden, dass die in der vorliegenden Studie untersuchten lokalen Anästhesieverfahren nicht geeignet waren, die nach dem Tierschutzgesetz geforderte Schmerzfremheit während der Kastration zu erzielen. Dabei macht die Untersuchung deutlich, dass für die Einschätzung von Schmerzempfinden mehrere Methoden zur Erfassung aufgrund der individuellen Unterschiede in der Schmerzempfindung und Schmerzreaktion erforderlich sind.

Danksagung

Wir danken Herrn Dr. Christian Sürle und den Mitarbeitern des Lehr- und Forschungsgut Ruthe (Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover) für die Kooperation, den Mitarbeitern der Klinik für kleine Klautiere für die Assistenz bei der Durchführung der Untersuchungen und den Mitarbeitern des Institutes für Pharmakologie, Toxikologie und Pharmazie für die Unterstützung bei der Auswertung der Blutproben. Ein besonderer Dank gilt Frau Dr. Sandra Döpjan (Leibniz-Institut für Nutztierbiologie (FBN), Institut für Verhaltensphysiologie) für das spontane Einspringen und die konstruktive Kritik bezüglich der Interpretation der Lautanalyse.

Conflict of interest

Es bestehen keine geschützten, finanziellen, beruflichen oder anderen persönlichen Interessen an einem Produkt, Service und/oder einer Firma, welche die im oben genannten Manuskript dargestellten Inhalte oder Meinungen beeinflussen könnten.

Ethische Anerkennung

Alle maßgeblichen internationalen, nationalen und/oder institutionellen ethischen Richtlinien für den Umgang mit in der Studie verwendeten Tieren wurden beachtet. Angaben zum Versuchstierantrag und dessen Genehmigung finden sich im veröffentlichten Text. Die Autoren versichern, während des Entstehens der vorliegenden Arbeit, die allgemeingültigen Regeln guter wissenschaftlicher Praxis befolgt zu haben.

Funding

Diese Veröffentlichung wurde unterstützt durch das Förderprogramm „Open Access Publizieren“ der Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) und der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover.

Autorenbeitrag

CS und DD haben im gleichen Umfang zu dem Manuskript beigetragen. Die Konzeption der Arbeit erfolgte durch KHW, die Datenerhebung übernahm DD, Datenanalyse und -interpretation erfolgte durch AvA und PS, CS erstellte das vorliegende Manuskript. Die abschließende kritische Revision des Artikels erfolgte durch MK und KHW. Alle Autoren haben der für die Veröffentlichung vorgesehenen Version ihre Zustimmung gegeben.

Literatur

Barnett JL (1997): Measuring pain in animals. *Austr Vet J* 75: 878–879.

Becker BA, Nienaber JA, Christenson RK, Manak RC, Deshazer JA, Hahn GL (1985): Peripheral concentrations of cortisol as an indicator of stress in the pig. *Am J Vet Res* 46: 1034–1038.

Bonastre C, Mitjana O, Tejedor TM, Calavia M, Yuste AG, Úbeda JL (2016): Acute physiological responses to castration-related pain in piglets: the effect of two local anesthetics with or without meloxicam. *Animal* 10: 1474–1481.

Burren C, Jäggin N (2008): Beurteilung der Inhalationsnarkose zur Schmerzausschaltung bei der chirurgischen Kastration der Ferkel – Projekt ProSchwein, TP9a Inhalationsnarkose. Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft (SHL), Zollikofen (CH)

Carroll JA, Berg EL, Strauch TA, Roberts MP, Kattesh HG (2006): Hormonal profiles, behavioral responses, and short-term growth performance after castration of pigs at three, six, nine, or twelve days of age. *J Anim Sci* 84: 1271–1278.

Cassar G, Amezua R, Tenbergen R, Friendship RM (2014): Preoperative ketoprofen administration to piglets undergoing castration does not affect subsequent growth performance. *Can Vet J* 55: 1250–1252.

Coetzee JF, Sidhu PK, Seagen J, Schieber T, Kleinhenz K, Kleinhenz MD, Wulf LW, Cooper VL, Mazloom R, Jaberidouraki M, Lechtenberg K (2019): Transmammary delivery of firocoxib to piglets reduces stress and improves average daily gain after castration, tail docking, and teeth clipping. *J Anim Sci* 97: 2750–2768.

Cronin GM, Duneshea FR, Butler KL, McCauley I, Barnett JL, Hemsworth PH (2003): The effects of immuno- and surgical-castration on the behaviour and consequently growth of group-housed, male finisher pigs. *Appl Anim Behav Sci* 81: 111–126.

Cudd TA, Purinton S, Patel NC, Wood CE (1998): Cardiovascular, adrenocorticotropin, and cortisol responses to hypertonic saline in euvoletic sheep are altered by prostaglandin synthase inhibition. *Shock* 10: 32–36.

De Briyne N, Berg C, Blaha T, Déborah T (2016): Pig castration: will the EU manage to ban pig castration by 2018? *Porcine Health Manag* 2: 29.

De Roest K, Montanari C, Fowler T, Baltussen W (2009): Resource efficiency and economic implications of alternatives to surgical castration without anaesthesia. *Animal* 3: 1522–1531.

Di Luigi L, Rossi C, Sgrò P, Fierro V, Romanelli F, Baldari C, Guidetti L (2007): Do non-steroidal anti-inflammatory drugs influence the steroid hormone milieu in male athletes? *Int J Sports Med* 28: 809–814.

FCEC - Food Chain Evaluation Consortium (2013): Study of economic analysis of the costs and benefits of ending surgical castration of pigs. Final Report Part 2, Brüssel

Gadek-Michalska A, Bugajski J (2004): Role of prostaglandins and nitric oxide in the lipopolysaccharide-induced ACTH and corticosterone response. *J Physiol Pharmacol* 55: 663–675.

Gasteiner J, Ofner-Schröck E, Guggenberger T, Hubmer I, Schachner E, Steinwider A, Hagemüller W, Gruber R, Möstl E (2008): Eine neuartige Methode zur Schmerzreduktion bei der chirurgischen Ferkelkastration. *Nutztierschutztagung Raumberg-Gumpenstein* 29. Mai 2008, Irnding (AUT), 9–17.

Gutzwiller A (2003): Kastration von Ferkeln unter Lokalanästhesie. *Agrarforschung* 10: 10–13.

Hansson M, Lundeheim N, Nyman G, Johansson G (2011): Effect of local anaesthesia and/or analgesia on pain responses induced by piglet castration. *Acta Vet Scand* 53: 34.

Hay M, Vulin A, Génin S, Sales P, Prunier A (2003): Assessment of pain induced by castration in piglets: behavioral and physiological responses over the subsequent 5 days. *Appl Anim Behav Sci* 82: 201–218.

Heid A, Hamm U (2013): Animal welfare versus food quality: Factors influencing organic consumers' preferences for alternatives to piglet castration without anaesthesia. *Meat Sci* 95: 203–211.

Herriedener Erklärung (2017): https://www.westfleisch.de/fileadmin/user_upload/Herriedener_Erklärung.pdf.

Hodgson DS (2006): An inhaler device using liquid injection of isoflurane for short term anesthesia in piglets. *Vet Anesth Analg* 33: 207–213.

Hodgson DS (2007): Comparison of isoflurane and sevoflurane for short-term anesthesia in piglets. *Vet Anesth Analg* 34: 117–124.

Hofmann K, Rauh A, Harlizius J, Weiß C, Scholz T, Schulze-Horsel T, Escibano D, Ritzmann M, Zöls S (2019): Schmerz- und Stressbelastung bei der Injektion und Kastration von Saugferkeln unter Lokalanästhesie mit Procain und Lidocain. Teil 1: Kortisol, Chromogranin A, Wundheilung, Gewichtsentwicklung, Saugferkelverluste. *Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere* 47, 87–96.

Hoppe M (2011): Evaluation der Schmerzausschaltung bei der Kastration männlicher Saugferkel mit und ohne Lokalanästhesie. Hannover, TiHo, Diss.

Jäggin N, Kohler I, Blum J, Schatzmann U (2001): Die Kastration von neugeborenen Ferkeln unter Halothananästhesie. *Prakt Tierarzt* 82: 1054–1061.

Kanitz E, Otten W, Nürnberg G, Brüßow KP (1999): Effects of age and maternal reactivity on the stress response of the pituitary-adrenocortical axis and the sympathetic nervous system in neonatal pigs. *Anim Sci* 68: 519–526.

- Kells NJ, Beausolei NJ, Sutherland MA, Morrison RM, Johnson CB (2017):** Electroencephalographic assessment of oral meloxicam, topical anaesthetic cream and cautery iron for mitigating acute pain in pigs (*Sus scrofa*) undergoing tail docking. *Vet Anaesth Analg* 44: 1166–1174.
- Kluyvers-Poodt M, Hopster H, Spoolder HAM (2007):** Castration under anaesthesia and/or analgesia in commercial pig production. *Animal Sciences Group, Wageningen*
- Kluyvers-Poodt M, Houx BB, Robben SRM, Koop G, Lambooj E, Hellebrekers LJ (2012):** Effects of a local anaesthetic and NSAID in castration of piglets, on the acute pain responses, growth and mortality. *Animal* 6: 1469–1475.
- Kluyvers-Poodt M, Zonderland JJ, Verbraak J, Lambooj E, Hellebrekers LJ (2013):** Pain behavior after castration of piglets; effect of pain relief with lidocaine and/or meloxicam. *Animal* 7: 1158–1162.
- Kmiec M (2005):** Die Kastration von Saugferkeln ohne und mit Allgemeinanästhesie (Azaperon-Ketamin) Praktikabilität, Wohlbefinden und Wirtschaftlichkeit. Berlin, FU, Veterinärmed. Fak, Diss.
- Kupper T, Spring P (2008):** Alternative Methoden zur konventionellen Ferkelkastration ohne Schmerzausschaltung – Projekt ProSchwein, Synthesebericht. Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft (SHL), Zollikofen (CH)
- Lackner A (2003):** Untersuchungen zur Schmerzhaftigkeit und der Wundheilung bei der Kastration männlicher Ferkel zu unterschiedlichen Kastrationszeitpunkten. München, LMU, Tierärztl. Fakultät, Diss
- Lahrman KH (2006):** Klinisch-experimentelle Untersuchungen zur Ketamin/Azaperon-Allgemeinanästhesie bei Schweinen. *Prakt Tierarzt* 87: 713–725.
- Lahrman KH, Kmiec M, Stecher R (2006):** Die Saugferkelkastration mit der Ketamin/Azaperon-Allgemeinanästhesie: tier-schutzkonform, praktikabel, aber wirtschaftlich? *Prakt Tierarzt* 87: 802–809.
- Langhoff RR (2008):** Untersuchungen über den Einsatz von Schmerzmitteln zur Reduktion kastrationsbedingter Schmerzen beim Saugferkel. München, LMU, Diss.
- Leidig MS, Hertrampf B, Failing K, Schumann A, Reiner G (2009):** Pain and discomfort in male piglets during surgical castration with and without local anaesthesia as determined by vocalisation and defence behaviour. *Appl Anim Behav Sci* 116: 174–178.
- Marchant-Forde JN, Lay Jr. DC, McMunn KA, Cheng HW, Pajor EA, Marchant-Forde RM (2009):** Postnatal piglet husbandry practices and well-being: The effects of alternative techniques delivered separately. *J Anim Sci* 87, 1479–1492.
- Marchant-Forde JN, Lay Jr. DC, McMunn KA, Cheng HW, Pajor EA, Marchant-Forde RM (2014):** Postnatal piglet husbandry practices and well-being: The effects of alternative techniques delivered in combination. *J Anim Sci* 92, 1150–1160.
- Marx G, Horn T, Thielebein J, Knubel B, von Borell E (2003):** Analyses of pain-related vocalization in young pigs. *J Sound Vib* 266: 687–698.
- Mellor DJ, Stafford KJ (2004):** Physiological and behavioural assessment of pain in ruminants: principles and caveats. *Altern Lab Anim* 32 (Suppl 1A): 267–271.
- Mohn CE, Fernandez-Solari J, De Laurentiis A, Prestifilippo JP, de la Cal C, Funk R, Bornstein SR, McCann SM, Rettori V (2005):** The rapid release of corticosterone from the adrenal induced by ACTH is mediated by nitric oxide acting by prostaglandin E2. *Proc Natl Acad Sci USA* 102: 6213–6218.
- Molony V, Kent JE (1997):** Assessment of acute pain in farm animals using behavioral and physiological measurements. *J Anim Sci* 75: 266–272.
- Moya SL, Boyle LA, Lynch PB, Arkin S (2008):** Effect of surgical castration on the behavioural and acute phase responses of 5-day-old piglets. *Appl Anim Behav Sci* 111: 133–145.
- Otto K (2001):** Anatomische und funktionelle Einrichtungen des Schmerzempfindens. In: Otto K (Hrsg.): *Schmerztherapie bei Klein-, Heim- und Versuchstieren*. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, Wien, 17.
- Prunier A, Mounier AM, Hay M (2005):** Effects of castration, tooth resection, or tail docking on plasma metabolites and stress hormones in young pigs. *J Anim Sci* 83: 216–222.
- Puppe B, Schön PC, Tuscherer A, Manteuffel G (2005):** Castration-induced vocalisation in domestic piglets, *Sus scrofa*: Complex and specific alterations of the vocal quality. *Appl Anim Behav Sci* 95: 67–78.
- Rauh A, Hofmann K, Harlizius J, Weiß C, Numberger J, Scholz T, Schulze-Horsel T, Otten W, Ritzmann M, Zöls S (2019):** Schmerz- und Stressbestimmung bei der Injektion und Kastration von Saugferkeln unter Lokalanästhesie mit Procain und Lidocain. Teil 2: Abwehrverhalten, Katecholamine, koordinierte Bewegungsabläufe. *Tierärztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere* 47, 160–170.
- Reiner G, Schollasch F, Hillen S, Wilems H, Piechotta M, Failing K (2012):** Effects of Meloxicam and Flunixin on pain, stress and discomfort in male piglets during and after surgical castration. *Berl Münch Wochenschr* 125: 305–314.
- Rittershaus D, Kietzmann M, Schoen P-C, Duepjan S, Waldmann K-H (2009):** Topical anaesthetic techniques during castration of male suckling piglets. 14th ISAH (Int. Soc. for Anim. Hyg.) Congress 2009, 19.–23.07.09, Vechta, Germany.
- Schiele DM (2010):** Untersuchungen über den Einsatz von topischer Kryobehandlung und Lokalanästhesie bei der Kastration männlicher Saugferkel. München, LMU, Diss.
- Schmidt T, König A, von Borell E (2012):** Impact of general injection anaesthesia and analgesia on post-castration behaviour and teat order of piglets. *Animal* 6: 1998–2002.
- Schulz C, Ritzmann M, Palzer A, Heinritzi K, Zöls S (2007):** Auswirkung einer Isofluran-Inhalationsnarkose auf den postoperativen Kastrationsschmerz von Ferkeln. *Berl Münch Wochenschr* 120: 177–182.
- Schwennen C, Kolbaum N, Waldmann KH, Höltig D (2016):** Evaluation of the anaesthetic depth during piglet castration under an automated isoflurane-anaesthesia at farm level. *Berl Münch Tierärztl Wochenschr* 129: 40–47.
- Steigmann M (2013):** Evaluierung der Schmerzausschaltung bei der Kastration männlicher Ferkel unter automatisierter Isoflurannarkose. Hannover, TiHo, Diss.
- Sutherland MA, Davis BL, Brooks TA, McGlone JJ (2010):** Physiology and behavior of pigs before and after castration: effects of two topical anesthetics. *Animal* 4: 2071–2079.
- Sutherland MA, Davis BL, Brooks TA, Coetzee JF (2012):** The physiological and behavioral response of pigs castrated with and without anesthesia or analgesia. *J Anim Sci* 90: 2211–2221.

- Taylor AA, Weary DM (2000):** Vocal responses of piglets to castration: identifying procedural sources of pain. *Appl Anim Behav Sci* 70: 17–26.
- Tenbergen R, Friendship R, Cassar G, Amezcua MR, Haley D (2014):** Investigation of the use of meloxicam for reducing pain associated with castration and tail docking and improving performance in piglets. *J Swine Health Prod* 22: 64–70
- Visse-Herbermann T, Wehrkamp zu Höne A (2019):** Untersuchungen zur Kastration männlicher Saugferkel unter Injektionsnarkose mit Azaperon und Ketamin. *Prakt Tierarzt* 100: 478–493.
- Von Borell E, Ladewig J (1992):** Relationship between behaviour and adrenocortical response in domestic pigs. *Appl Anim Behav Sci* 34: 195–206.
- Waldmann KH, Otto K, Bollwahn W (1994):** Ferkelkastration – Schmerzempfindung und Schmerzausschaltung. *Dtsch tierärztl Wschr* 101: 105–109.
- Walker B, Jäggin N, Doherr M, Schatzmann U (2004):** Inhalation anesthesia for castration of newborn piglets: Experiences with isoflurane and isoflurane/N₂O. *J Vet Med A* 51: 150–154.
- Weary DM, Braithwaite LA, Fraser D (1998):** Vocal response to pain in piglets. *Appl Anim Behav Sci* 56: 161–172.
- White RG, DeShazer JA, Tressler CJ, Borchers GM, Davey S, Waning A, Parkhurst AM, Milanuk MJ, Clemens ET (1995):** Vocalization and physiological response of pigs during castration with or without a local anesthetic. *J Anim Sci* 73: 381–386.
- Zankl A, Ritzmann M, Zöls S, Heinritzi K (2007):** Untersuchungen zur Wirksamkeit von Lokalanästhetika bei der Kastration von männlichen Saugferkeln. *Dtsch tierärztl Wschr* 114: 418–422.
- Zöls S (2006):** Möglichkeiten der Schmerzreduzierung bei der Kastration männlicher Saugferkel. München, LMU, Diss.
- Zöls S, Ritzmann M, Heinritzi K (2006a):** Einfluss von Schmerzmitteln bei der Kastration männlicher Ferkel. *Berl Münch Tierärztl Wochenschr* 119: 193–196.
- Zöls S, Ritzmann M, Heinritzi K (2006b):** Einsatz einer Lokalanästhesie bei der Kastration von Ferkeln. *Tierärztl Prax Ausg G* 34:103–106.

Korrespondenzadresse

Cornelia Schwennen
Klinik für kleine Klautiere und forensische Medizin und
Ambulatorische Klinik
Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
Bischofsholer Damm 15
30173 Hannover
cornelia.schwennen@tiho-hannover.de