

# Saugferkelkastration unter Lokalanästhesie?

## Eine Situationsanalyse aus wissenschaftlicher Sicht

Karl-Heinz Waldmann<sup>1</sup>, Heidrun Potschka<sup>2</sup>, Karl-Heinz Lahrmann<sup>3</sup>, Sabine Kästner<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Klinik für kleine Klauentiere und forensische Medizin und Ambulatorische Klinik, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

<sup>2</sup> Institut für Pharmakologie, Toxikologie und Pharmazie, Tierärztliche Fakultät, Ludwig-Maximilians-Universität München

<sup>3</sup> Klinik für Klauentiere, Abteilung Schweinekrankheiten, Fachbereich Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin

<sup>4</sup> Klinik für Kleintiere, Abteilung für Anästhesie, Analgesie und perioperative Intensivmedizin, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover



Saugferkel dürfen vom 01.01.2019 an nicht mehr betäubungslos kastriert werden.

Die meisten männlichen Schweine der in Deutschland gehaltenen Rassen entwickeln mit Eintritt in die Geschlechtsreife im Wesentlichen aufgrund der zunehmenden Androgenproduktion einen unangenehmen Geschlechtsgeruch und -geschmack des Fleisches. Da in Deutschland und vielen anderen Ländern das Schlachtgewicht bei etwa 120 kg liegt, ist die Geschlechtsreife in diesem Alter meist eingetreten und dadurch das Risiko geruchsbehafteten Fleisches erhöht.

Zur Vermeidung dieses Problems wurden – und werden derzeit noch – männliche Ferkel in den ersten Lebenstagen vom Tierhalter – bisher rechtskonform – ohne wirksame Schmerzausschaltung oder lediglich unter Gabe eines schmerzreduzierenden Arzneimittels kastriert. Die Kastration ist jedoch erwiesenermaßen ein schmerzhafter chirurgischer Eingriff. Eine betäubungslose Kastration steht somit im Widerspruch zu den Vorgaben des Tierschutzgesetzes (TierSchG) [1], dass „niemand einem Tier ohne vernünftigen Grund Schmerzen, Leiden oder Schäden zufügen darf“ (§ 1 Satz 2 TierSchG). Wurde diese Methode bisher man-

gels anderer Möglichkeiten toleriert, stehen inzwischen mit der Jungebermast, der Impfung gegen das Gonadotropin Releasing Hormon (GnRH) und der Kastration unter Narkose Alternativen zur Verfügung, die diese bisherige Vorgehensweise nicht mehr rechtfertigen.

Mit der Änderung des Tierschutzgesetzes vom 04.07.2013 ist § 5 Abs. 3 Nr. 1a (Ausnahme vom Betäubungsgebot bei der Ferkelkastration) aufgehoben worden und nach § 21 (Übergangsregelung) eine Kastration von unter 8 Tage alten Ferkeln ohne Betäubung nur noch bis zum 31.12.2018 erlaubt.

## Alternativen ohne Kastration

### Jungebermast

Bei der Jungebermast wird vollständig auf einen Eingriff beim Schwein verzichtet. Weitere Vorteile der Mast intakter Eber sind bessere Tageszunahmen und eine effektivere Futtermittelverwertung, was allerdings eine darauf abgestimmte Futterzusammensetzung bedingt und somit eine getrenntgeschlechtliche Fütterung erforderlich macht.

Nachteilig wirken sich agonistisches und vermehrtes Sexualverhalten bei der Ebermast aus [2,3]. Folgen können verstärkte Unruhe und vermehrt Haut- und Penisverletzungen sein [4,5]. Außerdem zeigen bis zu 5 Prozent der Schlachttiere mehr oder weniger deutliche Geruchsabweichungen des Fleisches, wobei bis heute keine automatisierte sichere Geruchsdetektion am Schlachtband zur Verfügung steht [6].

In diesem Zusammenhang wäre eine Absenkung des Mastendgewichts von Vorteil. Mit Anpassungen der Haltungsbedingungen, des Managements und der Fütterung lassen sich die Besonderheiten des Verhaltens und die Stärke des Ebergeruchs positiv beeinflussen [7,8,9,10, 11,12]. Es bestehen des Weiteren züchterische Bemühungen, geruchsarme und trotzdem fertile Eberlinien zu erzeugen [13]. Zu berücksichtigen ist darüber hinaus, dass infolge anderer Fettqualität die Verarbeitung des Frischfleisches von intakten Ebern zu bestimmten Fleischprodukten nur bedingt möglich ist [14].

Insgesamt betrachtet stellt die Jungebermast durchaus eine Alternative zur Mast kastrierter Schweine dar. Diese bedarf aber einerseits bestimmter Rahmenbedingungen, die vor dem Hintergrund der sehr unterschiedlichen landwirtschaftlich-strukturellen Gegebenheiten derzeit nur begrenzt zu realisieren sind, und andererseits weiterer Entwicklungen zur effektiven Detektion der Geruchsabweichungen und zur Zucht auf geringeren Ebergeruch.

### Immunisierung gegen GnRH

Die Immunisierung gegen GnRH, die sogenannte „Immunokastration“, erfolgt in der Mastphase mittels zweimaliger Vakzination im Abstand von 4 Wochen, wobei die zweite Applikation nicht später als 4 bis 6 Wochen vor der Schlachtung erfolgen sollte. Der Effekt einer erfolgreichen Impfung ist die Rückbildung der Hoden und damit einhergehend eine deutliche Reduktion der Androgenbildung, weshalb bei der Schlachtung in diesen Fällen kein geruchsbelastetes Fleisch mehr auffallen soll [15,16] Ebenso ist das agonistische und Sexualverhalten der Tiere deutlich reduziert [3]. Es war aber auch zu beobachten, dass bei bis zu 3 Prozent

der vakzinierten Tiere der erwünschte Impferfolg nicht eingetreten war [17], von denen wiederum ein gewisser Prozentsatz – ähnlich wie bei der Jungebermast – am Schlachtband Geruchsauffälligkeiten aufweisen kann, weshalb auch hier auf eine Geruchsdetektion nicht völlig verzichtet werden kann. Die Schlachtkörperzusammensetzung und -qualität von geimpften Ebern ist derjenigen von Kastraten ähnlich. Risiken für den Menschen durch den Verzehr von Fleischprodukten geimpfter Eber sind nicht bekannt [18].

Dem derzeit immer wieder vorgebrachten Argument, dass der Verbraucher Fleisch von auf diese Weise geimpften Tieren nicht akzeptieren würde, stehen Umfragen auf wissenschaftlicher Basis entgegen, nach denen bei entsprechender Aufklärung das Fleisch dieser Schweine mehrheitlich sehr wohl konsumiert werden würde [19,20].

Die Immunisierung gegen GnRH ist von den derzeitigen Alternativen zur betäubungslosen Kastration die tierschutzgerechteste Methode mit der geringsten Belastung für das Ferkel.

## Alternativen mit Kastration unter Betäubung

Die chirurgische Ferkelkastration stellt einen operativen Eingriff dar. In der perioperativen Periode muss mit der Entstehung von verschiedenen Arten von Schmerzen gerechnet werden. Nozizeptive Schmerzen treten infolge der Durchtrennung von Gewebe, Muskeln und Nerven auf, wobei bei der Kastration aufgrund der Innervation von Skrotalhaut und Hoden somatische wie viszerale Schmerzen induziert werden. Nach dem Eingriff entstehen entzündliche Schmerzen, ebenfalls induziert durch das Gewebetrauma.

Für die Behandlung dieser verschiedenen Schmerzmodalitäten sind unterschiedliche Wirkstoffe notwendig. Antientzündlich wirkende Substanzen, wie die nichtsteroidalen Antiphlogistika (NSAID), sind v. a. in der Wundheilungsphase wirksam, haben jedoch nur einen minimalen Effekt auf den nozizeptiven Schmerz während einer Operation. Lokalanästhetika können bei fachgerechter Anwendung über die Blockade sensibler Nervenfasern den nozizeptiven Schmerz v. a. während einer Operation ausschalten, ohne einen direkten, nachhaltig schmerzausschaltenden Effekt nach dem Eingriff zu haben. Die Inhalationsanästhesie mit Isofluran verhindert ein Schmerzempfinden v. a. durch Ausschalten des Bewusstseins, unterdrückt in verträglichen Dosierungen jedoch nicht die Leitung des aufsteigenden nozizeptiven Signals.

Da die alleinige Gabe eines NSAID für eine effektive Schmerzausschaltung während der Kastration nicht ausreichend ist und sowohl eine Inhalationsanästhesie als auch eine Lokalanästhesie keine anhaltende postoperative Analgesie bewirken, ergibt sich immer die Notwendigkeit der Kombination einer Anästhesiemethode mit einem NSAID.

In den vergangenen Jahren wurden zahlreiche Wirkstoffe und Verfahren auf ihre Eignung zur Narkose oder Schmerzausschaltung bei der Saugferkelkastration untersucht. Im Folgenden werden lediglich diejenigen Methoden erwähnt, die sich als Erfolg versprechend und gegebenenfalls praxisrelevant herausgestellt haben. Nach der aktuellen Tierschutzgesetzgebung ist **in jedem dieser Fälle** die Betäubung von einem Tierarzt vorzunehmen (§ 5 Abs. 1 Satz 2 TierSchG).

## Allgemeinanästhesie

### Injektionsanästhesie

Die Wirkstoffe Azaperon und Ketamin sind die derzeit einzigen arzneimittelrechtlich zugelassenen Wirkstoffe für die Injektionsanästhesie (Neuroleptanalgesie) beim Schwein. Eine operativ belastbare Anästhesie hält dosisabhängig über 20 Minuten an; bei ausreichend hoher Ketamindosierung wird die Qualität der Analgesie anhand der Beurteilung des schmerzspezifischen Abwehrverhaltens [21] und der Unterdrückung des nozizeptiven Schmerzes durch Hemmung der Schmerzbahnung auf Rückenmarkebene [22] als sehr gut beurteilt. Zu berücksichtigen ist die lange Nachschlafphase von bis zu 3 Stunden, in der die Ferkel unter zusätzlicher Wärmezufuhr von der Muttersau zu separieren sind [23]. Außerdem sollten die Ferkel zum Zeit-

Tab.1: Übersicht über Ergebnisse aus Studien zur Lokalanästhesie anlässlich der Saugferkelkastration

Lokal-anästhetikum	Applikationsart und -menge	Zeit bis Kastration	Anzahl Tiere in Studie	Alter der Tiere	Outcomes	Kommentar	Autoren
Lidocain 2%	– 1,2 ml i.s. <sup>1</sup> – nach 10 min. 1,2 ml i.t. <sup>2</sup> pro Hoden (96 mg pro Tier)	10/20 min.	(32 pro Gruppe*)	2 Wochen, 7 Wochen	Verhalten Säugezeiten	reduziertes Schmerzverhalten nach Kastration mit Lidocain bei 2 Wochen alten, aber nicht bei 7 Wochen alten Ferkeln	McGlone und Hellman 1988 [56]
Lidocain 1%	– 1,5 ml i.t. bei Tieren < 8 Tage – 2 ml i.t. bei Tieren > 8 Tage	3 min.	172 (86 pro Gruppe*)	1–24 Tage	Lautanalyse, Herzfrequenz, Atemfrequenz, NiBD (nicht invasive Blutdruckmessung)	– Unterschiede zwischen Altersklassen – mit Lidocain geringere Herzfrequenz und geringere Vokalisationsintensität – bei Durchtrennung des Samenstrangs stärkste Reaktionen/Veränderungen	White et al. 1995 [39]
Lidocain 2%	– 0,5 ml i.t. – 0,5 ml i.t. und 0,2 ml s.c. <sup>3</sup> an der Inzisionslinie	2,5 min. EM <sup>5</sup>	36	10–14 Tage	Vokalisation, Abwehrbewegung	Lidocain reduziert Abwehrbewegung v. a. bei Durchtrennung des Samenstrangs	Horn et al. 1999 [40]
Lidocain 1% mit 5 µg/ml Epinephrin	ca. 1,5 ml pro Tier – s.c. und i.f. <sup>4</sup> bzw. – s.c. und i.t. (4 mg/kg pro Tier)	10 min. EM	47 (16 pro Gruppe*)	14–30 Tage	Herzfrequenz, Blutdruck und EEG unter Halothan-anästhesie	– kein Unterscheid zwischen i.t.- und i.f.-Injektion – i.t.-Injektion führt zu Blutdruckanstieg – beide Lokalanästhesietechniken reduzieren autonome und EEG-Weckreaktion durch die Kastration	Haga und Ranheim 2005 [41]
Procain 2%	0,5 ml i.t. je Hoden SK	15 min.	124	4–6 Tage	Serumkortisol Wundheilung	kein Unterschied in der mittleren Serumkortisolkonzentration zwischen betäubungslos kastrierten und Procain behandelten Ferkeln	Zöls et al. 2006 [54]
Procain 2%	0,5 ml pro Hoden – i.t. oder i.s.	15 min.	237	4–6 Tage	Serumkortisol, CK, AST, Wundheilung	– kein Unterschied in Kortisolkonzentration zwischen Lokalanästhetika und Kastration ohne Betäubung – kein Einfluss der Lokalanästhesie auf Wundheilung	Zankl et al. 2007 [55]
Procain 2% mit Epinephrin	0,5 ml pro Hoden i.t.						
Lidocain 2%	0,5 ml pro Hoden i.t. (20 mg pro Ferkel)						
Chlorethylspray Chlorethyl-/Lidocainspray	Skrotalhaut und Samenstrang	10–15 sec.	236	6–7 Tage	Lautanalyse, Serumkortisol, Gewichtsentwicklung, Wundheilung	– transdermale Anwendung kein Unterschied zu Kastration ohne Betäubung – EMLA: postoperativ Kortisol reduziert – vermehrte Wundheilungsstörungen bei injizierter Lokalanästhesie	Rittershaus 2009 [51]
Procain 2%/Flunixin	1 ml s.c. Samenstrang und Schnittlinie pro Hoden (40 mg/Tier)	20 min.					
Procain 2%/Flunixin	1 ml s.c. im Bereich Samenstrang und Schnittlinie + 1 ml i.t. (80 mg/Tier)	60 min.					
EMLA <sup>7</sup>	Skrotalhaut	ca. 30 min. EM					
EMLA Phono-phorese	Skrotalhaut						
Procain 2%	1 ml i.t. (20 mg) pro Ferkel	5 min. SK <sup>6</sup>	61	3–4 Tage	Lautanalyse, Abwehrbewegung, Intensität und Dauer	– geringere Vokalisationsintensität unter Procain i.t. im Vergleich zu betäubungsloser Kastration – i.t.-Injektion per se induziert „stress calls“ – Abwehrbewegungen wenig sensitiv	Leidig et al. 2009 [53]

Lokal-anästhetikum	Applikationsart und -menge	Zeit bis Kastration	Anzahl Tiere in Studie	Alter der Tiere	Outcomes	Kommentar	Autoren
Lidocain 1% mit Epinephrin 5 µg/ml	i. t. mit skrotalem Depot	3–30 min. SK oder EM	557	1–7 Tage	Lautanalyse/ Vokalisationsintensität (dB), Abwehrbewegung (VAS), Verhaltensbeobachtung, Wundheilung, Serum-Amyloid A (SAA)-Konzentration, Gewichtsentwicklung, Mortalität	– geringere Vokalisationsintensität mit Lidocain – weniger schmerzassoziertes Verhalten und SAA mit Meloxicam nach Kastration – keine Unterschiede in Gewichtsentwicklung, Wundheilung, Mortalität	Hansson et al. 2011 [57]
Lidocain/ Meloxicam	1 ml (10 mg) pro Ferkel, Applikation durch Landwirt Meloxicam (1 mg/Ferkel) zum Zeitpunkt der Kastration						
Lidocain 2%	– i. t. mit skrotalem Depot – 0.8 ml pro Testikel plus 0,2 ml skrotal (40 mg/Ferkel) Applikationen durch Tierarzt	15 min. SK	160 (32 pro Gruppe*)	3–5 Tage	Lautanalyse, Vokalisationsintensität (dB), Serumkortisol, Glukose, Laktat, Kreatinkinase (CK), Gewichtsentwicklung, Wundheilung, Mortalität	– geringere Vokalisationsintensität und Kortisolkonzentration mit Lidocain – keine Unterschiede in Glukose, Laktat, CK, Gewichtsentwicklung, Wundheilung, Mortalität	Kluivers-Poodt et al. 2012 [58]
Tetracain 2%	topisch auf Skrotalhaut	10 min.	196 (28 pro Gruppe*)		Verhalten (Ethogramm), Gesichtsmik/Expression, Serumkortisol, Wundsensitivität (Druckalgometer)	kein Effekt des topischen Tetracains auf Verhalten oder Serumkortisol	Gottardo et al. 2016 [59]
Tetracain 6% in Hydroxyethylcellulose							
Tri-Solfen® Wundspray (40,6 g/l Lidocain, 4,5 g/l Bupivacain, 24,8 mg/l Adrenalin, 5,0 g/l Cetrimid in Gelbasis)	1 ml pro Ferkel in Kastrationswunde		40 (10 pro Gruppe*)	3–5 Tage	postoperative Wundsensitivität, Van Frey-Filamente, Nadelstiche	– leicht reduzierte Wundsensitivität über 1–4 Stunden <b>nach</b> Kastration mit Wundspray – nach Lidocain i. t. nur für ca. 1,5 Stunden	Lomax et al. 2017 [60]
Lidocain 2%	1 ml pro Ferkel i. t.						
Lidocain 2%	0,4 ml i. t. pro Hoden	20 min	120 (15 pro Gruppe*)	4–7 Tage	Hauttemperatur, Serumkortisol, Serumglukose, Gewichtsentwicklung, Mortalität	– Mischung von Lidocain und Bupivacain kein Unterschied zu Lidocain alleine – 20 min. nach Kastration Kortisol niedriger mit Lokalanästhesie und Meloxicam im Vergleich zu ohne Betäubung kastrierten – kein Effekt auf Mortalität und Gewicht – Abfall der Hauttemperatur bei allen kastrierten Ferkeln gleich	Bonastre et al. 2016 [61]
Lidocain 2% und Bupivacain 0,5%	0,2 ml in 1:1 Mischung an Schnittlinie						
Meloxicam bei Kastration	0,4 mg/kg (50% der Ferkel)						

<sup>1</sup> i. s. = intraSkrotal; <sup>2</sup> i. t. = intratestikulär; <sup>3</sup> s. c. = subkutan; <sup>4</sup> i. f. = intrafunikulär; <sup>5</sup> EM = Kastration mit Emaskulator; <sup>6</sup> SK = Kastration mit Skalpell; <sup>7</sup> EMLA = eutektische Mischung Lidocain und Prilocain;

\* Anzahl bezieht sich nur auf Tiere, die mit einem Lokalanästhetikum behandelt wurden

punkt der Narkose nicht jünger als 5 Tage alt sein, um erhöhte Verluste zu vermeiden [21]. Die Injektionsanästhesie führt darüber hinaus zu keinen akuten [24] oder nachhaltigen Gesundheits- oder Wachstumsstörungen [21].

In wissenschaftlichen Studien wurden verschiedene andere Medikamentenkombinationen mit derzeit für das Ferkel arzneimittelrechtlich nicht zugelassenen Wirkstoffen untersucht, die jedoch keinen relevanten Vorteil gegenüber Azaperon und Ketamin erzielen konnten [25]. Die Injektionsnarkose ist demnach eine Methode, die ohne größere apparative Ausstattung sofort in kleineren bis mittelgroßen Einzelbetrieben einsetzbar ist, aber wegen des erhöhten arbeitsökonomischen Aufwands wahrscheinlich nur begrenzt Anwendung finden wird.

### **Inhalationsanästhesie**

Für die Indikation der Saugferkelkastration sind Anästhesiegeräte entwickelt worden, die mit der Insufflation von Isofluran in Sauerstoff oder komprimierter Raumluft als Trägergas über standardisierte Atemmasken arbeiten und mit denen mehrere Ferkel zeitgleich narkotisiert und kastriert werden können. Unabhängig von der Problematik einer Anwender- und Umweltbelastung durch in die Raumluft frei werdende Restgasmengen, ist Isofluran derzeit nur als Inhalationsnarkotikum für Equiden und Kleintiere arzneimittelrechtlich zugelassen. Für die Anwendung beim Schwein muss es umgewidmet werden. Eine europaweite Zulassung für die Anwendung beim Schwein soll in absehbarer Zeit bevorstehen.

Der Anästhesievorgang verläuft weitgehend automatisiert: Nach einer Insufflationszeit von 75 bis 90 Sekunden bei konstantem Gasfluss (2 l/min.) mit 5 Vol% Isofluran (Verdampferstellung) leuchtet eine Lampe als Signal für die Durchführung der Kastration auf. Ein Vorteil dieser Methode ist eine rasche, exzitationsarme Narkoseeinleitung sowie eine kurze Aufwachphase von in der Regel einer Minute, sodass die Ferkel umgehend wieder zur Muttersau zurückgesetzt werden können. Verluste wurden bei dieser Vorgehensweise bis auf wenige Einzelfälle nicht verzeichnet. Zur Potenzierung der Narkose und insbesondere zur Linderung des postoperativen Schmerzes ist ca. 15 bis 20 Minuten vor der Isoflurananästhesie ein NSAID zu applizieren [26].

In mehreren wissenschaftlichen Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, dass bis zu 20 Prozent besonders der sehr leichten Ferkel unter 1 kg Gewicht und der über 2,5 kg schweren Ferkel nicht vollständig anästhesiert waren [26,27]. Als Ursache konnten ein mangelhafter Schluss der Atemmasken und die stets gleiche, gewichtsunabhängige Dauer der Isoflurangabe bei diesen Tieren festgestellt werden. Zum Abstellen dieser Mängel müssen weitere Untersuchungen durchgeführt werden.

Eine bessere Analgesie wird nach einer aktuellen Studie durch die zusätzliche intratestikuläre Injektion mit Lidocain erzielt [28].

Wegen des hohen apparativen Aufwands wird diese Methode bisher meist nur in kleinstrukturierten Bereichen eingesetzt. Allerdings hat sich der Einsatz der Isoflurannarkose auch in größeren Ferkelerzeugerbetrieben als praktikabel erwiesen [27], wobei Langzeituntersuchungen zur Robustheit und Zuverlässigkeit der Geräte sowie zum Arbeits- und Umweltschutz unter Stallbedingungen noch fehlen. Ein bestandsübergreifender Einsatz der kostenträchtigen Geräte ist aus infektionshygienischen Gründen nicht zu empfehlen [29].

### **Lokalanästhesie**

Die Lokalanästhesie ist eine probate Methode, kleinere, wenig invasive chirurgische Eingriffe unter lokaler Schmerzausschaltung bei Mensch und Tier durchzuführen. Da der apparative Aufwand gering und das Risiko einer Allgemeinanästhesie nicht vorhanden ist, wurden bereits etliche Untersuchungen zur Eignung dieser Methode für die Saugferkelkastration durchgeführt (**Tab. 1**). Vor dem Hintergrund mehrerer möglicher Wirkstoffe, unterschiedlicher Applikationsmöglichkeiten und v. a. schlecht objektivierbarer Evaluation der Schmerzfreiheit sind die Ergebnisse allerdings sehr heterogen und kaum vergleichbar.

Insbesondere aus Gründen der Wettbewerbsfähigkeit wird von landwirtschaftlichen und Fleischvermarktungsorganisationen gefordert, dass neben den drei oben genannten Alternativen – Jungebermast, Immunisierung gegen GnRH und Kastration unter Allgemeinanästhesie – die Kastration unter vom Tierhalter durchgeführter Lokalanästhesie – der sogenannte „4. Weg“ – weiter beforscht und möglich gemacht wird (Herriedener Erklärung vom 27.03.2017).

### **Wirkstoffe zur Lokalanästhesie**

Für die Anwendung als Lokalanästhetikum bei Schweinen ist derzeit nur Procain zugelassen. Diskutiert wird die mögliche Entwicklung eines für Schweine zugelassenen Lidocain-Präparates. Die Eigenschaften dieser beiden Wirkstoffe sollen daher im Folgenden betrachtet werden.

**Procain** ist ein Lokalanästhetikum vom Estertyp. Diese Gruppe der Lokalanästhetika ist gekennzeichnet durch einen schnelleren Abbau, der bereits durch Gewebesterasen am Applikationsort eingeleitet wird. Daher besitzen Lokalanästhetika vom Estertyp im Vergleich zu den Lokalanästhetika vom Amidtyp eine kürzere Wirkungsdauer. In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass die metabolische Umsetzung von Procain bei Neonaten noch reduziert ist. Bei neugeborenen Ferkeln wurde bereits 1970 berichtet, dass die Umsetzung von Procain auch im Lebergewebe mit deutlich geringerer Rate erfolgt als beim adulten Tier [30].

Aufgrund einer sehr schnellen Inaktivierung ist Procain für die Oberflächenanästhesie ungeeignet. Bei der Infiltrationsanästhesie wird die Latenzzeit bis zum Eintritt der Wirkung mit etwa 5 bis 10 Minuten angegeben [31,32]. Bei Verwendung von Präparaten ohne Sperrkörper hält die Wirkung ca. 30 Minuten an.

Für die Infiltrationsanästhesie beim Schwein besteht in Deutschland aktuell eine Zulassung für fünf verschiedene Präparate, die Procain enthalten. Für die verfügbaren Präparate wurde eine Wartezeit für essbares Gewebe beim Schwein von 0 bis 1 Tag festgelegt. Zwei der für das Schwein zugelassenen Präparate enthalten Epinephrin als Sperrkörper. Epinephrin bewirkt als Catecholamin eine lokale Vasokonstriktion. Durch diesen Zusatz von Epinephrin wird die Resorption verzögert und die lokalanästhetische Wirkung verlängert. Für Präparate mit Procain und Epinephrin wird eine Verlängerung der Wirkungsdauer auf ca. 60 Minuten angegeben [32]. Durch die Verzögerung der Resorption können zudem systemische Nebenwirkungen limitiert werden. Injektionslösungen mit dem Zusatz von Epinephrin besitzen meist einen niedrigeren pH-Wert als Präparate ohne Sperrkörper.

**Lidocain** ist ein Lokalanästhetikum vom Amidtyp mit Metabolisierung durch Leberenzyme. Wie oben bereits dargelegt, sind Wirkstoffe dieser Gruppe durch die größere Stabilität am Applikationsort im Vergleich mit den Lokalanästhetika vom Estertyp durch eine längere Wirkungsdauer gekennzeichnet. Die Latenzzeit bis zum Wirkungseintritt beträgt etwa 5 bis 10 Minuten [31]. Die Wirkung hält bis zu 2 Stunden an. Durch Zusatz von Sperrkörpern kann die Wirkung auf bis zu 4 Stunden verlängert werden.

Procain und Lidocain sind gekennzeichnet durch eine vergleichsweise gute lokale Verträglichkeit und eine geringe systemische Toxizität [32].

### **Methoden der Lokalanästhesie**

Die Wirkung von Lokalanästhetika beruht vorwiegend auf einer Reduktion des Einstroms von Natriumionen in Nervenzellen über die Blockade spannungsabhängiger Natriumkanäle und nachfolgend des Aktionspotenzials. Nervenfasern mit einer häufigeren Depolarisationsfrequenz werden durch Lokalanästhetika effektiver geblockt (Use-dependent-Block). Die Applikation von Lokalanästhetika kann zu einer effizienten Hemmung der Weiterleitung von Schmerzimpulsen in schnell leitenden, myelinisierten A $\delta$ -Nervenfasern und langsam leitenden, nicht myelinisierten C-Nervenfasern führen (lokale Analgesie). Weiterhin kann es zu einer kompletten Ausschaltung nicht noxischer Empfindungen, wie Druck, Wärme, Kälte usw., über die Blockade von A $\beta$ -Nervenfasern (lokale Anästhesie) und zu einer Lähmung über die Ausschaltung sehr schneller, stark myelinisier-

ter, motorischer Nervenfasern kommen [33,34]. Der unterschiedliche Myelinisierungsgrad der Nervenfasern trägt hauptsächlich dazu bei, dass eine Analgesie vor einer motorischen Blockade zu beobachten ist (differenzieller Block) [35].

Aufgrund der effizienten Analgesie (Unterbrechung des nozizeptiven Signals) wird die Lokalanästhesie bei mittleren bis größeren chirurgischen Eingriffen in der Veterinär- und Humanmedizin häufig ergänzend zur Allgemeinanästhesie eingesetzt, um den Einsatz von Anästhetika und Opioiden reduzieren zu können. Bei der Applikation ohne vorherige Sedierung oder Allgemeinanästhesie ist zu beachten, dass dies je nach Applikationsart und -ort mit Injektionsschmerzen aufgrund des sauren pH-Wertes der Injektionslösungen verbunden sein kann. Der Zusatz von Natriumbikarbonat zur Pufferung/Anhebung des pH-Wertes kann den Injektionsschmerz zum Teil reduzieren und den Wirkungseintritt beschleunigen, birgt jedoch die Gefahr der Präzipitation und Inaktivierung des Lokalanästhetikums [36,37].

Lokalanästhetika können als Oberflächenanästhesie, Infiltrationsanästhesie, Leitungsanästhesie oder neuraxiale (epidural, subdural) Anästhesie angewendet werden, wobei die beiden letzteren Formen auch als Regionalanästhesie bezeichnet werden [31].

Bei einer *Infiltrationsanästhesie* wird ein zu desensibilisierendes Operationsgebiet direkt mit einem Lokalanästhetikum infiltriert, um im Gewebe befindliche kleinere Nervenfasern unempfindlich zu machen. Da dabei ein spezifischer Nerv nicht angesprochen werden kann, wird ein relativ großes Injektionsvolumen benötigt, um einen effektiven Block zu erzielen. Nachteilig für einen operativen Eingriff ist hier oft die direkte Infiltration im Operationsfeld mit Anschwellen und Strukturverlust.

Bei der *Leitungsanästhesie* ist das Ziel, möglichst nervennah ein Depot des Lokalanästhetikums zu platzieren, um gezielt das sensible Innervationsgebiet des entsprechenden Nervs zu desensibilisieren. Durch die gezielte Nervenansprache ist ein geringes Injektionsvolumen mit schnellem Wirkungseintritt möglich; eine direkte Beeinflussung des Operationsgebietes liegt nicht vor. Eine Leitungsanästhesie erfordert gute anatomische Kenntnisse der Nervenlokalisierung. Die gezielte Ansprache eines Nervs kann allein über anatomische Orientierungspunkte erfolgen. Die anatomische Variation und nachfolgend die Fehlerquote bei der Leitungsanästhesie im Verlauf von Weichteilgewebe ist jedoch hoch. Um dennoch eine Desensibilisierung zu erreichen, werden entweder sehr hohe Injektionsvolumina eingesetzt, mit dem Ziel, auch bei weniger genauer Lokalisation durch Diffusion des Lokalanästhetikums eine Blockade zu erzielen, oder Methoden zur Lokalisierung (Nervenstimulator, Ultraschall) des Nervs verwendet [38].

Bei der Lokalanästhesie zur Kastration beim Ferkel handelt es sich überwiegend um eine Infiltrationsanästhesie (Schnittlinieninfiltration, intratestikuläre Injektion) und nur teilweise um eine Leitungsanästhesie im Bereich des Samenstrangs. Um eine effektive Desensibilisierung zu erreichen, sind hohe Injektionsvolumina notwendig.

#### **Effektivität einer Lokalanästhesie**

Neben der möglichst gezielten Applikation des Lokalanästhetikums bestimmen die chemischen Eigenschaften des Lokalanästhetikums (Proteinbindung, pKs-Wert, Metabolisierung), der pH-Wert der Injektionslösung sowie pH-Wert und Durchblutung des Gewebes die Effektivität, Beginn und Dauer einer Lokalanästhesie [33].

Unabhängig vom Wirkstoff diffundieren höher konzentrierte Lokalanästhetika schneller und zuverlässiger in die Nervenfasern und führen zu einem schnelleren Wirkungseintritt. In entzündlich verändertem Gewebe tritt aufgrund einer pH-Wert-Senkung eine verzögerte Wirkung auf oder die Wirkung bleibt ganz aus.

Eine größere Ausbreitung des Lokalanästhetikums entlang des Nervs induziert eine effektivere Anästhesie [33]. In stark durchblutetem Gewebe wird die Wirkung eines Lokalanästhetikums durch Abtransport schneller beendet (s. o. – Wirkung von Sperrkörpern).

#### **Neben- und Wechselwirkungen, Zwischenfälle**

Durch die Beeinflussung sympathischer Fasern können Lokalanästhetika eine Vasodilatation, verbunden mit einer Steigerung der Blutungsneigung, verursachen. Nach Resorption ist zudem mit hemmenden Effekten auf die Erregungsbildung und -leitung am Herzen zu rechnen. In Folge können lebensgefährliche kardiale Nebenwirkungen in Verbindung mit einer Bradykardie bis hin zu einem AV-Block auftreten. Durch die Effekte an Blutgefäßen und am Herzen kann eine Hypotonie resultieren, die in einen Kreislaufkollaps einmünden kann. Zudem sind zentralnervöse Nebenwirkungen möglich, die zunächst mit einer Steigerung der Erregung, Unruhe, Erbrechen, Nystagmus, Tremor und im weiteren Verlauf mit einer zentralen Depression mit Koma und Atemlähmung einhergehen können. Ursache von Vergiftungen mit einer entsprechenden Symptomatik können versehentliche Applikationen in Blutgefäße sein sowie die Applikation zu hoch konzentrierter Lösungen oder zu großer Volumina. Zudem können Veränderungen am Applikationsort die Resorption in relevanter Weise beeinflussen und dadurch gegebenenfalls systemische Effekte triggern. Bei Neonaten ist zudem durch eine reduzierte Plasmaproteinbindung und eine geringere Metabolisierungsrate mit einer erhöhten Empfindlichkeit zu rechnen [32].

Zu beachten ist, dass für die Infiltrationsanästhesie größere Mengen der Lokalanästhetika appliziert werden müssen als bei der Leitungsanästhesie. Daher ist grundsätzlich die Gefahr systemischer Nebenwirkungen bei dieser Applikationsform stärker ausgeprägt.

### Lokalanästhesie zur chirurgischen Saugferkelkastration

Um mit einer Lokalanästhesie bei der chirurgischen Kastration eine Schmerzfremheit zu erzielen, muss die sensible somatische Innervation der Skrotalhaut und die viszerale Innervation der Tunica vaginalis und des Musculus cremaster über den Nervus pudendus durch ein Lokalanästhetikum ausgeschaltet werden. Der Zug am Samenstrang und seine Durchtrennung stellen dabei die schmerzhaftesten Prozesse der Kastration dar [39,40,41], deshalb muss dieser Bereich zum Zeitpunkt der Kastration ausreichend mit Lokalanästhetikum infiltriert sein. Die korrekte Infiltration des Samenstrangs im Sinne einer Leitungsanästhesie stellt sich bei Saugferkeln aufgrund der Größe und von Abwehrbewegungen technisch als sehr schwierig dar, deshalb kann alternativ das Lokalanästhetikum als einfachere Methode direkt in den Hoden appliziert werden, wobei für Lidocain eine Infiltration des M. cremaster bereits 3 Minuten nach Injektion in den Hoden beschrieben ist [42]. Allerdings ruft die intratestikuläre Applikation selbst – volumenbedingt und durch den sauren pH-Wert der Injektionslösung – zunächst eine deutliche Schmerzreaktion hervor [43]. Bei den bisher beschriebenen lokalen Anästhesieverfahren wird ein Lokalanästhetikum in den Hoden, den Samenstrang und/oder unter die Haut der Regio skrotalis appliziert. Ein systematischer Vergleich der Ergebnisse von unterschiedlichen Untersuchungen (**Tab. 1**) fällt schwer, da sehr unterschiedliche Parameter für die Beurteilung herangezogen wurden. In einem systematischen Review wurde die Studienlage zur Kastration von Saugferkeln unter Lokalanästhesie im Jahr 2014 als unzureichend bewertet und eine Empfehlung gegen die Lokalanästhesie ausgesprochen [44,45].

### Nachweis von Schmerzen beim Tier

Säugetiere sind als fühlende (sentient) Lebewesen anerkannt. Freiheit von Schmerzen ist eine der fünf wichtigen Komponenten in der Definition von Tiergerechtigkeit. Schmerz ist eine unangenehme sensorische und emotionale Erfahrung, die immer subjektiv und individuell ist und ohne verbale Kommunikation grundsätzlich sehr schwer erfasst werden kann.

In der Wissenschaft gibt es verschiedene Ansätze zum Nachweis und zur Graduierung von Schmerz bei Tieren. Unter experimentellen Bedingungen kann die Erregung der peripheren und zentralen Schmerzbahnen über quantitativ sensorische Tests, Bestimmung nozizeptiver

Reflexschwellenwerte und -latenzen [46], Messung der Nervenleitgeschwindigkeit, somatosensorisch evozierte Potenziale (SEPs) oder spezifische EEG-Frequenzen und eingeschränkt über funktionelle Magnetresonanztomografie oder postmortal über den Nachweis neuronaler Aktivität mittels Genexpressionsstudien (z. B. c-fos) vergleichend nachgewiesen werden [47].

Weiterhin werden indirekte Methoden verwendet, Schmerz zu erfassen, z. B. Veränderungen in Leistungsparametern, wie Gewichtszunahme oder Futteraufnahme, physiologische Parameter, wie Herz- und Atemfrequenz, Herzfrequenzvariabilität, Blutdruck, Körpertemperatur, oder Plasmakonzentrationen sogenannter Stresshormone, wie Kortisol, Adrenalin, Noradrenalin, bzw. weitere Parameter, wie Endorphine, Substanz P, Interleukine, TNF und Akutphasenproteine [48,49].

Als „Eigenauskunft“ des Tieres in Bezug auf die aversive Komponente von Schmerz können Modulationen des spontanen und interaktiven Verhaltens (schmerzassoziiertes Verhalten), der Mimik (Schmerzgesicht) und der Aktivität herangezogen werden. In zusammengesetzten Schmerzskaleten (composite measure pain scales) werden verschiedene dieser Parameter als Konstrukt „Schmerz“ zusammengeführt [48,50].

Bei der Kastration von Ferkeln unter Lokalanästhesie wurden bisher unterschiedliche Reaktionen auf den Kastrationsstimulus beschrieben. Neben Veränderungen in der Vokalisation [51,52] und Abwehrbewegungen [53] können Pulsfrequenzanstieg oder -abfall, Abfall der Hauttemperatur, Blutdruckanstieg sowie ein Anstieg des Serumkortisolspiegels und der Katecholaminkonzentration im Blut beobachtet werden. Nach der Kastration zeigen sich ebenfalls Veränderungen im Verhalten [39,40, 54,55]. Sie äußern sich in einem vermehrten Liegen und einer geringeren Säugezeit. Dementsprechend wurden diese Parameter bzw. deren Dämpfung auch zur Beurteilung der Wirksamkeit von Medikamenten und Techniken zur Schmerzausschaltung herangezogen. Allerdings werden endokrinologische ebenso wie vegetative und Verhaltensparameter (z. B. Abwehrbewegungen) auch stark von anderen Stressfaktoren beeinflusst, u. a. der Art und Dauer des Handlings der Tiere, sodass neben einer allgemeinen leichten Belastungsreduktion mit ausgewählten Methoden (**Tab.1**) bisher keine Aussage über Schmerzfremheit gemacht werden konnte.

### Fazit

Mit der Jungebermast, der Impfung gegen GnRH und der Kastration unter Allgemeinanästhesie stehen drei Alternativen zur betäubungslosen Kastration der Saugferkel zur Verfügung, die jeweils mit Vor- und Nachteilen behaftet sind und deshalb zum Teil auch noch

optimiert werden müssen. Die Ebermast und die Impfung gegen GnRH können jedoch bereits jetzt in der Praxis mit Erfolg eingesetzt werden, wobei u. a. Verbesserungen der standardisierten Detektion geruchsbelasteten Fleisches am Schlachtband nötig wären. Wenn die automatisierte Allgemeinanästhesie mit Isofluran derart weiterentwickelt wird, dass das Toleranzstadium bei jedem Ferkel sicher erreicht wird, könnte auch diese Methode – abgesehen von den Vorbehalten bezüglich des Anwender- und Umweltschutzes – ebenso wie die Injektionsanästhesie für den Einsatz in der Praxis genutzt werden.

Bezüglich der Kastration unter Lokalanästhesie sind jedoch dringend weitere wissenschaftliche Untersuchungen notwendig, um die geeigneten Wirkstoffe sowie deren lokale Verteilung und Wirkdauer, die optimale Lokalisation für eine schmerzfreie Applikation dieser Infiltrationsanästhesie sowie Methoden zur objektiven Evaluation der Schmerzfremheit zu bestimmen. Gerade bezüglich des letzten Punktes überzeugen die bisherigen Ergebnisse nicht. Erst wenn diese Untersuchungen zu einem zufriedenstellenden Resultat geführt haben, kann eine alleinige Lokalanästhesie für die Indikation Ferkelkastration in Erwägung gezogen werden.

In Anbetracht der Notwendigkeit, die richtigen anatomischen Strukturen in korrekter und ausreichender Weise zu anästhesieren, und des Risikos systemischer Nebenwirkungen insbesondere bei Fehlapplikationen, ist die kontinuierliche tierärztliche Beobachtung und Überwachung während und nach der Injektion von Lokalanästhetika essenziell. Deshalb darf § 5 Abs. 1 Satz 2 TierSchG aus veterinärmedizinischer Sicht nicht gelockert werden.

Abschließend sollte bei den aktuellen Diskussionen zum Thema Ferkelkastration nicht vergessen werden, dass alle Bemühungen und Strategien auf diesem Sektor in allererster Linie auf eine Verbesserung des Tierschutzes abzielen.

Literatur bei der Redaktion (dtbl@btkberlin.de)

### Korrespondierender Autor

#### Prof. Dr. Karl-Heinz Waldmann



Klinik für kleine Klautentiere und forensische Medizin und Ambulatorische Klinik, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Bischofsholer Damm 15, 30173 Hannover, karl-heinz.waldmann@tiho-hannover.de

## **Literaturverzeichnis zum Beitrag „Saugferkelkastration unter Lokalanästhesie? Eine Situationsanalyse aus wissenschaftlicher Sicht“**

von Karl-Heinz Waldmann, Heidrun Potschka, Karl-Heinz Lahrmann, Sabine Kästner

*DTBI*. 9/2018, S. 1218-1226.

[1] Tierschutzgesetz v. 18.05.2006; BGBl. I. v. 31.05.2006, S. 1207; zuletzt geänd. 04.07.2013; BGBl. I. Nr. 36 v. 12.07.2013, S. 2182

[2] Rydhmer L, Zamaratskaia G, Andersson HK, Algiers B, Guillemet R, Lundstrom K (2006): Aggressive and sexual behaviour of growing and finishing pigs reared in groups, without castration. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A-Animal Science* 56: 109-119.

[3] Rydhmer L, Lundström K, Andersson K (2010): Immunocastration reduces aggressive and sexual behaviour in male pigs. *Animal* 4: 965-972.

[4] Bünger B, Schrader L, Schrade H, Zacharias B (2015): Agonistic behaviour, skin lesions and activity pattern of entire male, female and castrated male finishing pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 171: 64-68.

[5] Weiler U, Isernhagen M, Stefanski V, Ritzmann M, Kress K, Hein C, Zöls S (2016): Penile Injuries in Wild and Domestic Pigs. *Animal* 6: 25.

[6] Haugen J-E, Brunius C, Zamaratskaia G (2012): Review of analytical methods to measure boar taint compounds in porcine adipose tissue: The need for harmonised methods. *Meat science* 90: 9-19.

[7] Fàbrega E, Puigvert X, Soler J, Tibau J, Dalmau A (2013): Effect of on farm mixing and slaughter strategy on behaviour, welfare and productivity in Duroc finished entire male pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 143: 31-39.

[8] Sander SJ, Osterhues A, Tabeling R, Kamphues J (2012): Geruchsabweichungen am Schlachtkörper bei der Ebermast – Einflüsse von Genetik, Fütterung und Haltung. Übersichten zur Tierernährung 40: 65-111

[9] Prunier A, Brillouët A, Merlot E, Meunier-Salaün MC, Tallet C (2013): Influence of housing and season on pubertal development, boar taint compounds and skin lesions of male pigs. *Animal* 7: 2035–2043.

[10] Kruse A (2014): Untersuchungen zu spezifischen Mischfutterkonzepten für die Endmast von Ebern zur Minimierung der Skatol- bzw. Androstenon-bedingten Geruchsabweichungen am Schlachtkörper. Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss.

[11] Holinger M, Früh B, Hillmann E (2015): Group composition for fattening entire male pigs under enriched housing conditions – Influences on behaviour, injuries and boar taint compounds. *Applied Animal Behaviour Science* 165: 47–56.

[12] Wesoly R, Jungbluth I, Stefanski V, Weiler U (2015): Pre-slaughter conditions influence scatole and androstenone in adipose tissue of boars. *Meat Science* 99: 60–67.

[13] Frieden L, Neuhoﬀ C, Große-Brinkhaus C, Cinar MU, Schellander K, Looft C, Tholen E (2012): Züchterische Möglichkeiten zur Verminderung der Ebergeruchsproblematik bei Schlachtschweinen. *Züchtungskunde* 84(5): 394-411.



- [14] Pauly C, Spring P, O'Doherty JV, Ampuero Kragten S, Bee G (2009): Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group-penned surgically castrated, immunocastrated (Improvac®) and entire male pigs and individually penned entire male pigs. *Animal* 3: 1057-1066.
- [15] Hennessy DP, Dunshea FR, McCauley I, Colantoni C, Jackson P, Long KA, Lopaticki S, Nugent EA, Simons JA, Walker J (2000): Immunocastration – World First Boar Taint Vaccine. The 6th International Pig Veterinary Society Congress, Melbourne, Australia, 17.-20.09.2000, 315-323.
- [16] Hemonic A, Courboulay V, Kuhn G, McLaughlin CL, Martin VA, Brock FC, Pearce MC (2009): Evaluation of the safety, efficiency and production benefits of vaccination against boar taint in male pigs raised under commercial field conditions in France. *Rev Med Vet* 160: 383-393.
- [17] Fuchs T (2009): Beurteilung der Wirksamkeit und wirtschaftlichen Auswirkungen der Behandlung von Ebern mit Improvac® unter konventionellen Haltungsbedingungen. Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss.
- [18] Clarke I, Walker J, Hennessy D, Kreeger J, Nappier J, Crane J (2008): Inherent food safety of a synthetic gonadotropin-releasing factor (GnRF) vaccine for the control of boar taint in entire male pigs. *International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine* 6: 7-14.
- [19] Vanhonacker F, Verbeke W (2011): Consumer response to the possible use of a vaccine method to control boar taint v. physical piglet castration with anaesthesia: a quantitative study in four European countries. *Animal* 5:1107-1118.
- [20] Sattler T, Schmoll F (2012): Impfung oder Kastration zur Vermeidung von Ebergeruch – Ergebnisse einer repräsentativen Verbraucherumfrage in Deutschland. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* 7: 117-123.
- [21] Lahrmann K-H, Kmiec M, Stecher R (2006): Die Saugferkelkastration mit der Ketamin/Azaperon-Allgemeinanästhesie: tierschutzkonform, praktikabel, aber wirtschaftlich? *Praktischer Tierarzt* 87: 802-809.
- [22] Rintisch U, Baars J, Lahrmann K-H (2012): Beurteilung der perioperativen Analgesie mit dem nozizeptiven Flexorreflex bei Schweinen unter Ketamin-Azaperon-Allgemeinanästhesie. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 125:96-112.
- [23] Schmidt T, König A, Von Borell E (2012): Impact of general injection anaesthesia and analgesia on 583 post-castration behaviour and teat order of piglets. *Animal* 6: 1998-2002.
- [24] Lahrmann K-H, Baars J, Rintisch U (2014): Perioperative intensivmedizinische Untersuchungen zur Verträglichkeit der Ketamin-Azaperon-Allgemeinanästhesie beim Schwein. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 127: 3-11
- [25] Rigamonti S, Bettschart-Wolfensberger R, Schwarz A, et al. (2018): [Evaluation of a field-suitable injection anesthesia protocol for the castration of 8 to 14 days old piglets]. *Schweiz Arch Tierheilkd* 160:469-474.
- [26] Steigmann M (2013): Evaluierung der Schmerzausschaltung bei der Kastration männlicher Ferkel unter automatisierter Isoflurannarkose. Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss.
- [27] Schwennen C, Kohlbaum N, Waldmann K-H, Höltig D (2016): Evaluation of the anaesthetic depth during piglet castration under an automated isoflurane anaesthesia at farm level. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 129: 40-47
- [28] Hug PJ, Cap VH, Honegger J, Schüpbach-Regula G, Schwarz A, Bettschart-Wolfensberger R (2018): Optimization of analgesia for piglet castration under isoflurane anaesthesia with parenteral butorphanol, meloxicam or intratesticular lidocaine. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* 160:461-467

- [29] Weber S (2013): Isoflurane-anaesthesia used for piglet-castration: evaluation of labour time and bacteriological assessment of the shared and stationary inhaler devices. Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss.
- [30] Short CR, Davis LE (1970): Perinatal development of drug-metabolizing enzyme activity in swine. *J Pharmacol Exp Ther.* 174(2): 185-96.
- [31] Campoy I, Read M. (2013): *Small Animal Regional Anaesthesia and Analgesia.* 1 ed. Oxford: Wiley-Blackwell.
- [32] Richter A (2016): Lokalanästhetika. In: Löscher W, Richter A (Eds.): *Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie für die Veterinärmedizin.* 4. Auflage. Enke Verlag, Stuttgart S. 180-187.
- [33] Berde CE, Strichartz GR. (2010): Local anesthetics In: Miller RD, Eriksson L, Fleisher LA, et al., eds. *Miller's Anesthesia.* 7th ed: Churchill Livingstone, Elsevier, Philadelphia, 913-940.
- [34] Rioja Garcia, E (2015): Local Anesthetics, in: Lumb and Jones' *Veterinary Anesthesia and Analgesia,* ed 5, Hrsg. K.A. Grimm, L.A. Lamont, W.J. Tranquilli, SA., Greene, SA. Robertson, John Wiley & Sons, pp 332-356.
- [35] Gokin AP, Philip B, Strichartz GR. (2001): Preferential block of small myelinated sensory and motor fibers by lidocaine: in vivo electrophysiology in the rat sciatic nerve. *Anesthesiology* 95: 1441-1454.
- [36] McKay W, Morris R, Mushlin P (1987): Sodium bicarbonate attenuates pain on skin infiltration with lidocaine, with or without epinephrine. *Anesth Analg* 66: 572-574.
- [37] Martin AJ. (1990): pH-adjustment and discomfort caused by the intradermal injection of lignocaine. *Anaesthesia* 45: 975-978.
- [38] Wedel D, Horlocker T (2010): Nerve Blocks In: Miller RD, Eriksson L, Fleisher LA, et al., eds.: *Miller's Anesthesia: Churchill Livingstone Elsevier, Philadelphia,*S. 1639-1674.
- [39] White RG, DeShazer JA, Tressler CJ et al. (1995): Vocalization and physiological response of pigs during castration with or without a local anesthetic. *J Anim Sci* 73: 381-386.
- [40] Horn T, Marx G, von Borell E. (1999): Behavior of piglets during castration with and without local anesthesia. *Dtsch Tierarztl Wochenschr* 106: 271-274.
- [41] Haga HA, Ranheim B (2005): Castration of piglets: the analgesic effects of intratesticular and intrafunicular lidocaine injection. *Vet Anaesth Analg* 32: 1-9.
- [42] Ranheim B, Haga HA, Ingebrigtsen K (2005): Distribution of radioactive lidocaine injected into the testes in piglets. *J Vet Pharmacol Ther* 28: 481-483.
- [43] Waldmann K-H, Otto K, Bollwahn W. (1994): Piglet castration--pain sensation and pain elimination. *Dtsch Tierarztl Wochenschr* 101: 105-109.
- [44] Dzikamunhenga RS, Anthony R, Coetzee J, et al. (2014): Pain management in the neonatal piglet during routine management procedures. Part 1: a systematic review of randomized and non-randomized intervention studies. *Anim Health Res Rev* 15: 14-38.
- [45] O'Connor A, Anthony R, Bergamasco L et al. (2014): Pain management in the neonatal piglet during routine management procedures. Part 2: grading the quality of evidence and the strength of recommendations. *Anim Health Res Rev* 15: 39-62.
- [46] Spadavecchia C, Haga HA, Ranheim B. (2012): Concentration-dependent isoflurane effects on withdrawal reflexes in pigs and the role of the stimulation paradigm. *Vet J.* 194(3):375-379.

- [47] Nyborg PY, Sørig A, Lykkegaard K et al. (2000): Nociception after castration of juvenile pigs determined by quantitative estimation of c-Fos expressing neurons in the spinal cord dorsal horn. *Dansk Veterinærtidsskrift* 83: 16-17.
- [48] Egger, CM, Love, L, Doherty, T. (2014): *Pain Management in Veterinary Practice*, Wiley Blackwell, Ames, Iowa.
- [49] Srithunyarat T, Høglund OV, Hagman R, et al. (2016): Catestatin, vasostatin, cortisol, temperature, heart rate, respiratory rate, scores of the short form of the Glasgow composite measure pain scale and visual analog scale for stress and pain behavior in dogs before and after ovariohysterectomy. *BMC Res Notes* 9:381.
- [50] Walton MB, Cowderoy E, Lascelles D, Innes JF. (2013): Evaluation of construct and criterion validity for the 'Liverpool Osteoarthritis in Dogs' (LOAD) clinical metrology instrument and comparison to two other instruments. *PLoS One*. 8(3).
- [51] Rittershaus D (2009): *Topische Anästhesieverfahren zur Schmerzreduktion bei der Saugferkelkastration*. Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss.
- [52] Rittershaus D, Schoen PC, Duepjan S, Waldmann K-H (2009): Topical anaesthetic techniques during castration of male suckling piglets. *Sustainable animal husbandry: prevention is better than cure*, Proceedings of the 14th International Congress of the International Society for Animal Hygiene pp 411-414.
- [53] Leidig MS, Hertrampf B, Failing K et al. (2009): Pain and discomfort in male piglets during surgical castration with and without local anaesthesia as determined by vocalisation and defence behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* 116: 174-178.
- [54] Zöls S, Ritzmann M, Heinritzi K (2006): Einsatz einer Lokalanästhesie bei der Kastration von Ferkeln. *Tierärztl Prax* 34 (G): 103-106.
- [55] Zankl A, Ritzmann M, Zöls S, Heinritzi K (2007): Untersuchungen zur Wirksamkeit von Lokalanästhetika bei der Kastration von männlichen Saugferkeln. *Dtsch Tierärztl Wochenschr* 14: 418-422.
- [56] McGlone JJ, Hellman JM (1988): Local and general anesthetic effects on behavior and performance of two- and seven-week-old castrated and uncastrated piglets. *J Anim Sci* 66: 3049-3058.
- [57] Hansson M, Lundeheim N, Nyman G, et al. (2011): Effect of local anaesthesia and/or analgesia on pain responses induced by piglet castration. *Acta Vet Scand* 53: 34.
- [58] Kluivers-Poodt M, Houx BB, Robben SR et al. (2012): Effects of a local anaesthetic and NSAID in castration of piglets, on the acute pain responses, growth and mortality. *Animal* 6: 1469-1475.
- [59] Gottardo F, Scollo A, Contiero B, et al. (2016): Pain alleviation during castration of piglets: a comparative study of different farm options. *J Anim Sci* 94: 5077-5088.
- [60] Lomax S, Harris C, Windsor PA et al. (2017): Topical anaesthesia reduces sensitivity of castration wounds in neonatal piglet. *PLoS One* 12: e0187988.
- [61] Bonastre C, Mitjana O, Tejedor MT et al. (2016): Acute physiological responses to castration-related pain in piglets: the effect of two local anesthetics with or without meloxicam. *Animal* 10: 1474-1481.