

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Untersuchungen zur chirurgischen Saugferkelkastration unter
Lokalanästhesie mit Lidocain in einem Feldversuch

von Hannah Aßmann
aus Georgsmarienhütte

München 2024

Aus dem Zentrum für Klinische Tiermedizin
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Krankheiten des Schweines

Angefertigt unter der Leitung von: Univ.-Prof. Dr. Mathias Ritzmann

Mitbetreuung durch: Priv.-Doz. Dr. Susanne Zöls, Dr. Steffanie Senf

**Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität München**

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Mathias Ritzmann

Korreferent/en: Priv.-Doz. Dr. Andreas W. Brühschwein

Tag der Promotion: 06. Juli 2024

Meiner Familie

INHALTSVERZEICHNIS

I.	EINLEITUNG.....	15
II.	LITERATURÜBERSICHT	17
1.	Kastration männlicher Ferkel	17
1.1.	Rechtlicher Hintergrund	17
1.2.	Gründe für die Kastration männlicher Ferkel	18
1.3.	Methodik der chirurgischen Kastration unter acht Tage alter männlicher Saugferkel	20
1.4.	Anästhesie für die chirurgische Kastration	21
1.4.1.	Injektionsanästhesie	21
1.4.2.	Inhalationsanästhesie	22
1.4.3.	Lokalanästhesie	24
1.5.	Alternativen zur chirurgischen Kastration	25
1.5.1.	Ebermast.....	25
1.5.2.	Immunokastration.....	26
2.	Schmerz	27
2.1.	Definition von Schmerz und Nozizeption	27
2.2.	Beurteilung von Schmerzen während der chirurgischen Saugferkelkastration	28
2.2.1.	Physiologische Parameter	28
2.2.2.	Verhalten	29
2.2.2.1.	Abwehrbewegungen	29
2.2.2.2.	Vokalisation	30
3.	Lokalanästhetika	31
3.1.	Pharmakodynamik	31
3.2.	Pharmakokinetik	32
3.3.	Anwendungsformen.....	33
3.4.	Nebenwirkungen	34
3.5.	Wichtige Vertreter der Lokalanästhetika in der Veterinärmedizin	35
3.5.1.	Lidocain	35
3.5.2.	Procain.....	36
3.5.3.	Mepivacain.....	37
3.5.4.	Bupivacain	37

III.	MATERIAL UND METHODEN.....	39
1.	Ziel der vorliegenden Studie	39
2.	Genehmigung der vorliegenden Studie	39
2.1.	Projektdurchführung	40
2.2.	Studienbetriebe	41
2.3.	Versuchstiere, Versuchsgruppen und Studiendesign	42
2.4.	Vorbereitung der Kastration	43
2.5.	Lidocain, Injektion und Kastration unter Lokalanästhesie	44
2.6.	Datenerhebung	45
2.6.1.	Abwehrverhalten (Abwehrbewegungen, Vokalisation)	46
2.6.2.	Nebenwirkungen, Mortalität	47
2.6.3.	Lidocain Verbrauch, Arbeitszeit und Arbeitslast	47
3.	Statistische Auswertung.....	48
IV.	ERGEBNISSE	51
1.	Nebenwirkungen und Mortalität.....	51
2.	Abwehrbewegungen	52
2.1.	Injektion.....	54
2.2.	Kastration	55
2.3.	Hautschnitt	56
2.4.	Samenstrangdurchtrennung.....	57
3.	Vokalisation	58
3.1.	Injektion.....	58
3.2.	Hautschnitt	58
3.3.	Samenstrangdurchtrennung.....	59
4.	Lidocain Verbrauch.....	59
5.	Arbeitszeit und Arbeitslast.....	59
V.	DISKUSSION	63
1.	Lokalanästhesie-Methode.....	64
2.	Nebenwirkungen und Mortalität.....	66
3.	Abwehrverhalten.....	68
3.1.	Injektion.....	69

3.2.	Kastration.....	72
3.3.	Hautschnitt und Samenstrangdurchtrennung	72
4.	Lidocain Verbrauch	76
5.	Arbeitszeit und Arbeitslast.....	76
VI.	ZUSAMMENFASSUNG	79
VII.	SUMMARY	81
VIII.	TABELLENVERZEICHNIS	83
IX.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	85
X.	LITERATURVERZEICHNIS	87
XI.	ANHANG.....	105
XII.	DANKSAGUNG.....	115

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

µg	Mikrogramm
µm	Mikrometer
ACTH	Adrenocorticotropes Hormon
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
EEG	Elektroenzephalogramm
EM	Estimated means
EU	Europäische Union
FerkBetSachkV	Ferkelbetäubungssachkundeverordnung
g	Gramm
GnRH	Gonadotropin-Releasing-Hormon
HEF	Higher frequency of highest energy
HPA-Achse	Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse
i. m.	intramuskulär
IASP	International Association for the Study of Pain
KFS	Klinik für Schweine
kg	Kilogramm
KGW	Körpergewicht
LMU	Ludwig-Maximilians-Universität
M.	Musculus
max.	Maximum
mg	Milligramm
min.	Minimum
ml	Milliliter
mm	Millimeter

NaCl	Natriumchlorid
ODP	Ozonabbaupotential
pK _S -Wert	Säurekonstante
SD	Standardabweichung
SE	Standardfehler
STREMOD0	STRessschrei-MOnitor und DOkumentationseinheit
TierSchG	Tierschutzgesetz
TUM	Technische Universität München
VAS	Visuelle Analogskala
ZNS	Zentrales Nervensystem
ZPF	Zentrum für präklinische Forschung

I. EINLEITUNG

Mit der Richtlinie 2008/120/EG des Rates vom 18. Dezember 2008 über Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen wurde die betäubungslose Kastration von unter acht Tage alten männlichen Ferkeln auf europäischer Ebene neu geregelt (RL 2008/120/EG, 2008). Internationales Recht wurde durch das Tierschutzgesetz (TierSchG) in nationales Recht umgesetzt. Durch die Umsetzung der Richtlinie 2008/120/EG ist seit 01.01.2021 die Ausnahme der Betäubungspflicht für die Kastration von unter acht Tage alten männlichen Ferkeln in Deutschland aufgehoben und somit die Kastration von Ferkeln jeden Alters ohne vollständige Schmerzausschaltung verboten (RL 2008/120/EG, 2008; TierSchG, 2022). Zurzeit stehen sowohl chirurgische wie auch nicht chirurgische Alternativen zur betäubungslosen Kastration zur Verfügung: die Allgemeinanästhesie, entweder unter Inhalationsnarkose mit Isofluran oder unter Injektionsnarkose mit den Wirkstoffen Ketamin und Azaperon, die Ebermast und die Immunokastration (BMEL, 2021). Über die Wirksamkeit der Lokalanästhesie bei der Ferkelkastration wurden bereits verschiedene Studien durchgeführt. Deren Ergebnisse sind jedoch uneinheitlich und schwierig zu vergleichen. In einigen europäischen Ländern wird die Lokalanästhesie zur Betäubung bei der Ferkelkastration eingesetzt, wie zum Beispiel in Dänemark, Norwegen, Schweden und Belgien (De Briyne et al., 2016; Skade et al., 2021; Vilt.be, 2023). In Deutschland ist sie jedoch nicht gesetzeskonform, da sie nach derzeitigem Erkenntnisstand keine wirksame Schmerzausschaltung bewirkt (BMEL, 2021; TierSchG, 2022).

Diese Studie ist Teil eines Forschungsvorhabens, welches von der Klinik für Schweine (KFS) der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung (LMU München) sowie dem Zentrum für Präklinische Forschung (ZPF) des Klinikums rechts der Isar der Technischen Universität München (TUM) als Verbundprojekt durchgeführt wurde, mit dem Titel „Studien zur Wirksamkeit der Schmerzausschaltung durch Lokalanästhesie bei der Ferkelkastration

(LokaFer)“. Dieses Forschungsvorhaben wurde vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) ausgeschrieben um als Entscheidungshilfe zu dienen, ob es sich bei der chirurgischen Ferkelkastration unter Lokalanästhesie um ein geeignetes, auch über den 01. Januar 2021 hinaus, in Deutschland rechtskonformes Verfahren für die Ferkelkastration handelt. Das Projekt besteht aus einem Labor- und einem Feldstudienteil.

Ziel des vorliegenden Studienabschnittes war es, die chirurgische Kastration unter Lokalanästhesie mit dem Wirkstoff Lidocain an wachen Ferkeln unter Feldbedingungen auf neun konventionellen Betrieben in Süddeutschland zu untersuchen, mit besonderem Fokus auf Wirksamkeit und Durchführbarkeit, Nebenwirkungen, Ferkelverlusten und Wirtschaftlichkeit.

II. LITERATURÜBERSICHT

1. Kastration männlicher Ferkel

1.1. Rechtlicher Hintergrund

Die Kastration stellt die Amputation eines Körperteils dar, die routinemäßige Kastration von unter acht Tage alten männlichen Ferkeln ist jedoch vom allgemeinen Amputationsverbot in §6 (1) des TierSchG (2022) ausgenommen. Bis zum 01. Januar 2021 war die Kastration von normalanatomischen unter acht Tage alten männlichen Ferkeln in Deutschland durch das TierSchG (2022) routinemäßig ohne Betäubung erlaubt. Schon im Jahr 2013 wurde diese Ausnahme durch die Änderung des TierSchG (2022) gestrichen, jedoch mit einer Übergangsfrist von sechs Jahren. Nach einer erneuten Verlängerung dieser Frist bis zum 31.12.2020 unterliegt die routinemäßige Saugferkelkastration nun genauso wie andere schmerzhaftes Verfahren einer Betäubungspflicht (TierSchG, 2022). Die Betäubung muss grundsätzlich durch Tierärztinnen und Tierärzte erfolgen (TierSchG, 2022). Durch die Änderung des TierSchG (2022) wird jedoch den Tierhalterinnen und Tierhaltern ermöglicht die Lokalanästhesie für die Kastration von unter acht Tage alten männlichen Ferkeln selbst anzuwenden, soweit sie durch ein Tierarzneimittel erfolgt, das nach arzneimittelrechtlichen Vorschriften für die Schmerzausschaltung für diesen Eingriff zugelassen ist. In Deutschland steht ein solches Tierarzneimittel jedoch aktuell nicht zur Verfügung, die einzig rechtskonformen Betäubungsverfahren stellen somit die Injektionsnarkose mit den Wirkstoffen Ketamin und Azaperon und die Inhalationsnarkose mit Isofluran dar (BMEL, 2021). Die Injektionsnarkose darf weiterhin nur durch Tierärztinnen und Tierärzte durchgeführt werden. Für die Inhalationsanästhesie mit Isofluran wurde gemäß §5 (4) TierSchG im Jahr 2020 die Ferkelbetäubungssachkundeverordnung (FerkBetSachkV) erlassen, mit der es für sachkundige Personen möglich ist nach einer zwölfstündigen Schulung, einer Praxisphase, einer theoretischen und einer praktischen Prüfung bei der Kastration die Inhalationsanästhesie mit Isofluran durchzuführen (FerkBetSachkV, 2020; TierSchG, 2022).

Außerdem sind für die selbstständige Durchführung unter anderem die Verwendung spezieller automatisierter Narkosegeräte, welche ordnungsgemäß gewartet und in einem einwandfreien hygienischen und technischen Zustand sind, sowie die Dokumentation von Komplikationen im Ablauf Voraussetzung (FerkBetSachkV, 2020). Bei über acht Tage alten Schweinen darf die Narkose sowie Kastration ausschließlich von Tierärztinnen und Tierärzten durchgeführt werden (TierSchG, 2022).

Auf europäischer Ebene ist die Kastration von unter acht Tage alten Ferkeln weiterhin ohne Betäubung erlaubt. Nach dem siebten Lebenstag ist auch hier eine Anästhesie mit präemptiver Analgesie sowie die Durchführung durch Tierärztinnen und Tierärzten vorgeschrieben (RL 2008/120/EG, 2008).

1.2. Gründe für die Kastration männlicher Ferkel

Die Kastration männlicher Saugferkel stellt einen gängigen chirurgischen Eingriff im Rahmen der Ferkelaufzucht dar, um das Verhalten von Ebern zu beeinflussen und das Risiko für die Entstehung von Ebergeruch zu vermindern (BMEL, 2021). Der Eintritt der Geschlechtsreife kann bei Ebern unerwünschte aggressive und sexuelle Verhaltensweisen hervorrufen (Rydhmer et al., 2006). Diese können zu Lahmheiten, Verletzungen und Penisverletzungen durch Bisse und Aufreiten führen (Reiter et al., 2017; Weiler et al., 2016). Das Management der Mastbetriebe kann durch die Kastration der männlichen Tiere erleichtert werden, da somit Verletzungen vermieden werden und sie zusätzlich bis zur Schlachtung gemeinsam mit weiblichen Masttieren in Buchten gehalten werden können, ohne dass es zu unerwünschten Trächtigkeiten kommt (Aluwe et al., 2016). Während der Pubertät entwickelt sich bei unkastrierten Ebern der Ebergeruch (Bonneau und Weiler, 2019). Dieser entsteht durch die Anreicherung von Androstenon, Skatol und anderen Indolen im Fettgewebe intakter Eber und wird durch das Gleichgewicht zwischen ihrer Synthese und ihrem Abbau reguliert (Squires et al., 2020; Zamaratskaia und Squires, 2009). Androstenon ist ein Pheromon und dient, zusammen mit seinen Derivaten, der Kommunikation zwischen den Individuen und beeinflusst die Fortpflanzungsfunktionen der Sauen (Claus et al., 1994). Es wird in den Leydigzellen der Hoden gebildet und über die

Blutbahnen im Körper verteilt (Bonneau und Weiler, 2019). Nach der Metabolisierung in der Leber, wird es in die Speicheldrüsen aufgenommen oder es reichert sich im Fettgewebe an (Bonneau, 1982; Bonneau und Weiler, 2019). Die Wahrnehmung des Geruchs ist individuell verschieden (Bonneau und Weiler, 2019). In Deutschland wurde festgestellt, dass 70 % der Männer und 66 % der Frauen den Geruch von Androstenon nicht wahrnehmen können (Weiler et al., 2000). Skatol entsteht durch den bakteriellen Abbau von Tryptophan im Dickdarm und wird in hohem Maße von der Darmmikroflora und der Nährstoffzusammensetzung der Nahrung beeinflusst (Squires et al., 2020). Der Metabolismus und die Clearance von Skatol werden durch die Aktivität der Phase-I- und Phase-II-Enzyme in der Leber reguliert (Squires et al., 2020; Zamaratskaia und Squires, 2009). Somit kann Skatol von jedem Schwein produziert werden, jedoch scheint der hepatische Metabolismus und die Ausscheidung von Skatol durch die Produktion von Androgenen gehemmt zu werden (Squires et al., 2020; Zamaratskaia und Squires, 2009). Die Androstenon- und Skatolkonzentrationen im Fettgewebe werden daher durch das Gleichgewicht zwischen Synthese und Ausscheidung beeinflusst, die wiederum von Faktoren wie der Geschlechtsreife, der Fütterung, der Genetik und auch der Haltungsumgebung abhängen (Squires et al., 2020). Auch Skatol lagert sich aufgrund seiner lipophilen Eigenschaften im Fettgewebe des heranwachsenden Ebers ab (Claus et al., 1994). Hohe Androstenon- und Skatolkonzentrationen im Schweinefleisch werden als unangenehme Geruchsveränderung mit Fäkal- und Uringeruch wahrgenommen (Walstra, 1974). In einer Untersuchung über die Verbraucherakzeptanz von Eberfleisch und Eberfleischprodukten wurden Grenzwerte für Androstenonkonzentrationen im Schlachtkörperfett festgelegt (Desmoulin et al., 1982). Dabei wurden Androstenonkonzentrationen von mehr als einem Mikrogramm (μg) pro Gramm (g) Fett als genussuntauglich und Androstenonkonzentrationen von weniger als $0,5 \mu\text{g/g}$ Fett als für den Verbraucher unauffällig bewertet (Desmoulin et al., 1982). Für die Skatolkonzentrationen werden Grenzwerte von $0,2$ bis $0,25 \mu\text{g/g}$ Fett angegeben (Walstra et al., 1999).

Die Kastration hat außerdem einen Einfluss auf die Zusammensetzung der Schlachtkörper von Ebern und Kastraten (Bauer und Judas, 2014; Pauly et al., 2012). Der Magerfleischanteil intakter Eber ist aufgrund des geringeren intramuskulären Fettgehaltes höher als der kastrierter Eber (Pauly et al., 2012). Des Weiteren ist der Muskelfleischanteil in den Schlachtkörpern von Ebern höher (Bauer und Judas, 2014). Auch die Zusammensetzung des Schlachtkörperfettes unterscheidet sich (Barton-Gade, 1987; Pauly et al., 2012). Im Fett von Eberschlachtkörpern ist der Anteil ungesättigter Fettsäuren höher als bei Kastraten (Barton-Gade, 1987; Pauly et al., 2012). Durch die Unterschiede hinsichtlich der Fettquantität und -qualität ist die Herstellung bestimmter Fleisch- und Wurstwaren aus Schlachtkörpern intakter Eber nur eingeschränkt bzw. nur mithilfe angepasster Produktionsverfahren möglich (Corral et al., 2016; Škrlep et al., 2012).

1.3. Methodik der chirurgischen Kastration unter acht Tage alter männlicher Saugferkel

Da es sich bei der Kastration um keinen lebensnotwendigen Eingriff handelt, sollte diese grundsätzlich nur bei ungestörtem Allgemeinbefinden erfolgen (Plonait, 2004; Schnurrbusch, 2006). Zu kastrierende Ferkel sind zunächst auf Skrotalhernien oder Kryptorchismus zu überprüfen (Heinritzi, 2006a; Plonait, 2004; Schnurrbusch, 2006). Vor der Kastration wird das Skrotum mit einer Desinfektionslösung besprüht und mit Zellstoff von vorhandenem Schmutz befreit (Plonait, 2004; Schnurrbusch, 2006). Bei auf dem Rücken liegend fixierten Ferkeln werden die Hoden mit einer Hand nach kaudal gedrückt und mit zwei parallelen Schnitten bis in das Hodengewebe freigelegt (unbedeckte Kastration) (Heinritzi, 2006a; Plonait, 2004; Schnurrbusch, 2006). Alternativ können die Ferkel auch zwischen den Knien, an den Hinterbeinen hängend oder in speziellen Vorrichtungen fixiert werden (Plonait, 2004). Es können zwei Schnitte parallel zur Raphe scroti für jeden Hoden oder nur ein medianer Schnitt gesetzt werden, aus dem die Hoden nacheinander entwickelt werden (Plonait, 2004; Schnurrbusch, 2006). Der *Processus vaginalis* muss so weit eröffnet werden, dass die *Tunica vaginalis* nicht mit dem Hoden zusammen aus der Hautwunde vorgelagert wird (Plonait, 2004). Nach der

Vorverlagerung der Hoden und der Durchtrennung des Mesorchiums mit dem Skalpell werden die Samenstränge mit dem Emaskulator abgesetzt (Heinritzi, 2006a; Schnurrbusch, 2006). Die Durchtrennung des Samenstranges kann auch mit dem Skalpell erfolgen (Plonait, 2004). Bei der Kastration beim Saugferkel bleiben die Hautwunden offen (Heinritzi, 2006a; Plonait, 2004; Schnurrbusch, 2006).

1.4. Anästhesie für die chirurgische Kastration

1.4.1. Injektionsanästhesie

Die Injektionsanästhesie ist nach Waldmann et al. (2018) in Deutschland eine Möglichkeit, die Ferkelkastration unter Betäubung mit geringem apparativen Aufwand durchzuführen und unterliegt der Aufgabe der Tierärztinnen und Tierärzte (TierSchG, 2022). Für die Tierart Schwein sind in Deutschland aktuell nur die Wirkstoffe Ketamin und Azaperon für die Allgemeinanästhesie *per injectionem* zugelassen (Vetidata, 2024). In Kombination wirken sie synergistisch und führen zu einer Neuroleptanalgesie (Erhardt et al., 2012). Die analgetische Wirkung von Ketamin unterscheidet sich abhängig von den anatomischen Regionen, zeigt Speziesunterschiede und bietet trotz seiner analgetischen Komponente keine ausreichend viszerale Schmerzabdeckung (Abdominal- und Pleurahöhle) (Ammer und Potschka, 2016; Erhardt et al., 2012). Ketamin, ein Phencyclidin, induziert den Zustand der dissoziativen Anästhesie, die durch eine potente Analgesie vorwiegend somatischer Schmerzen, einen oberflächlichen Schlaf sowie Katalepsie gekennzeichnet ist (Ammer und Potschka, 2016; Erhardt et al., 2012). Durch die Katalepsie kommt es zur Unterdrückung von Abwehrreaktionen, die Reflexaktivität wird jedoch nicht unterdrückt (Ammer und Potschka, 2016). Ketamin ist beim Schwein nur in Kombination mit Sedativa, weiteren Analgetika oder Inhalations- oder Injektionsnarkotika anzuwenden (Vetidata, 2024). Azaperon, ein Vertreter der Butyrophenone und Dopamin-Antagonist, bewirkt eine psychische Dämpfung und mäßige Muskelrelaxation (Erhardt et al., 2012). Die sedative Wirkung tritt nach intramuskulärer (i. m.) Applikation nach circa fünf bis zehn Minuten ein und hält bis zu drei Stunden an (Ammer und Potschka, 2016). Bei hohen Dosierungen sind

potentielle Nebenwirkungen wie Blutdrucksenkung, Salivation, Hyperpnoe und Hypothermie beschrieben (Ammer und Potschka, 2016). Die Kombination aus Ketamin und Azaperon führt jedoch nicht zu einer ausreichenden Allgemeinanästhesie mit chirurgischer Toleranz (Enz et al., 2013a; Heinritzi, 2006b; Löscher, 2014b). Nachteil dieser Methode ist die lange Nachschlafphase, aus der sich kastrationsbedingte Ferkelverluste durch Erdrücken durch die Muttersauen ergeben (Enz et al., 2013a; Lahrman et al., 2006). Lahrman et al. (2006) kamen in ihrer Studie mit 120 Saugferkeln zum Schluss, dass eine Kombination von 25 Milligramm (mg) Ketamin und 2 mg Azaperon pro Kilogramm (kg) KGW bei dieser Alterskategorie die beste Anästhesie erreichte. Bei dieser Dosierung gab es die wenigsten und schwächsten Abwehrreaktionen: bei dem Hautschnitt erreichten 91 % der Ferkel eine chirurgische Toleranz, bei der Samenstrangdurchtrennung 70 % (Lahrman et al., 2006). Im Durchschnitt starben 4 % der mit Anästhesie kastrierten Ferkel, wobei es nur sporadisch zum Tod durch Erdrücken kam (Anteil < 0,7 %) (Lahrman et al., 2006). Nussbaumer et al. (2011) hingegen beschreiben durch Erfahrungen aus der Praxis eine unharmonische Einschlafphase, ungenügende chirurgische Toleranz, psychomotorische Anfälle in der Aufwachphase sowie vermehrte Todesfälle bei der Verwendung der von Lahrman et al. (2006) beschriebenen Kombination. Auch Enz et al. (2013a) beschreiben starke Abwehrbewegungen bei 34 % der 371 beurteilten Ferkel im Zusammenhang mit der Kastration mit Injektionsanästhesie und 17 % heftige Exzitationen während der Aufwachphase. In ihrer Studie dauerte es im Durchschnitt 112 Minuten, bis die Hälfte der Ferkel wieder koordiniert gehen konnte und die Körpertemperatur sank 60 Minuten nach der Kastration im Durchschnitt um 3,1 °C ab (Enz et al., 2013a). Außerdem beklagten 83 % der Betriebsleiter kastrationsbedingte Verluste, welche vor allem in der Anfangsphase der Injektionsanästhesie vorkamen (Enz et al., 2013a).

1.4.2. Inhalationsanästhesie

Isofluran ist ein Inhalationsanästhetikum welches eine gute hypnotische und muskelrelaxierende Wirkung, jedoch nur eine schwache analgetische Potenz besitzt (Ammer und Potschka, 2016; Loscar et al., 2019). Aus

diesem Grund muss es mit einem Analgetikum kombiniert werden (Ammer und Potschka, 2016; Erhardt et al., 2012; FerkBetSachkV, 2020). Es zählt zu den Fluorchlorkohlenwasserstoffen, die zum Treibhauseffekt und der Zerstörung der Ozonschicht beitragen können, da sie größtenteils unmetabolisiert ausgeschieden werden und in die Umwelt gelangen (Loscar et al., 2019). Isofluran hat jedoch ein niedriges Ozonabbaupotential (ODP) von 0,03 und ist weder unter dem Montrealer Protokoll, noch unter der Verordnung (EG) Nr. 1005/2009 über Stoffe, die zum Abbau der Ozonschicht führen oder der Verordnung (EG) Nr. 517/2014 über florierte Treibhausgase geregelt (BMEL, 2021). Die Zulassung des ersten Isofluranpräparates (Isofluran Baxter vet, 1000 mg, Baxter Deutschland GmbH, Unterschleißheim) für die Tierart Schwein erfolgte im Jahr 2018 (BVL, 2018). Aktuell gibt es drei für die Tierart Schwein zugelassene Präparate (Vetidata, 2024).

Die Inhalationsanästhesie mit Isofluran ist gekennzeichnet durch eine schnelle, exzitationsarme Einleitungs- sowie Aufwachphase, die es möglich macht, die Ferkel nur kurzzeitig von der Muttersau zu trennen (Baldinger et al., 2017; Waldmann et al., 2018). Im Vergleich zur Injektionsnarkose werden die Belastung und Gefährdung der Ferkel während der Nachschlaf- und Aufwachphase durch Inkoordination, fehlenden Fluchtreflex und Hypothermie vermieden (Baldinger et al., 2017; Waldmann et al., 2018).

In Deutschland kastrierten bereits vor 2021 einige Betriebe unter Inhalationsnarkose mit Isofluran durch Tierärztinnen und Tierärzte. Seit dem Jahr 2020 erlaubt die FerkBetSachkV (2020) sachkundigen Personen die Betäubung mittels Isofluran-Inhalationsnarkose ohne Anwesenheit der Tierärztinnen und Tierärzte durchzuführen. Für die selbstständige Durchführung der Inhalationsnarkose mit Isofluran durch Landwirtinnen und Landwirte ist die Teilnahme an einer zwölfstündigen Schulung Pflicht, in welcher theoretische Grundlagen im Hinblick auf die Durchführung der Kastration mit Isofluran vermittelt werden (FerkBetSachkV, 2020). Nach erfolgreich abgelegter schriftlicher und mündlicher Prüfung folgt eine Praxisphase unter Aufsicht einer Tierärztin oder eines Tierarztes (FerkBetSachkV, 2020). Am Ende erfolgt eine praktische Prüfung unter

Aufsicht einer externen Prüferin oder eines externen Prüfers (FerkBetSachkV, 2020). Nach bestandener praktischer Prüfung erhalten die teilnehmenden Personen einen Sachkundenachweis, der innerhalb von drei Jahren nach erstmaliger Ausstellung und nachfolgend alle fünf Jahre aufzufrischen ist (FerkBetSachkV, 2020). Zusätzlich müssen die Landwirtinnen und Landwirte ein geeignetes eigenes Narkosegerät besitzen, um die Kastration unter automatisierter Isoflurannarkose selbstständig durchführen zu können (FerkBetSachkV, 2020). Insgesamt sind in Deutschland Narkosegeräte von fünf Herstellern von einer DLG-Expertenkommission überprüft und zertifiziert worden (DLG, 2020). Winner et al. (2022) zeigten in ihrer Studie, dass unabhängig vom Narkosegerät bei 80 % aller kastrierten Ferkel eine ausreichende Narkosetiefe erreicht werden. Die Ergebnisse einer Studie aus der Schweiz von Enz et al. (2013b) zeigten, dass bei 66 % der unter Isofluran kastrierten Ferkel keine oder eine kurze Abwehrbewegung auftrat.

1.4.3. Lokalanästhesie

Ziel der Lokalanästhesie ist eine reversible, örtlich begrenzte Schmerzausschaltung ohne Beeinträchtigung des Bewusstseins durch die regionale Blockade von Nervenenden oder von afferenten und efferenten Nervenfasern (Richter, 2016; Tacke et al., 2012). Hauptanwendungsgebiet der Lokalanästhetika ist die lokale Schmerzausschaltung für schmerzhaftes Eingriffe, insbesondere kleine Eingriffe, unter Umständen in Kombination mit Sedativa, sodass auf eine Narkose verzichtet werden kann (Löscher, 2014a).

In einigen europäischen Ländern wird die Saugferkelkastration mit Lokalanästhesie bereits durchgeführt: in Dänemark seit 2019 mit dem Wirkstoff Procain, in Norwegen seit 2002 mit Lidocain und in Schweden von 2016 bis 2021 mit Lidocain, seit 2022 jedoch wieder mit Procain (De Briyne et al., 2016; Skade et al., 2021). In Dänemark und in Schweden dürfen die Landwirtinnen und Landwirte, nach einer erfolgreich absolvierten Schulung, das Lokalanästhetikum selbst applizieren (De Briyne et al., 2016; Skade et al., 2021).

1.5. Alternativen zur chirurgischen Kastration

1.5.1. Ebermast

Bei der Mast intakter Eber wird auf die chirurgische Kastration und somit auf eine Amputation verzichtet (Baumgartner, 2008). Die pubertäre Entwicklung und das Verhalten unkastrierter Eber unterscheiden sich im Vergleich zu Frühkastraten jedoch erheblich durch den Anstieg der Testosteron- und Östradiolkonzentrationen (Einarsson et al., 2011; Prunier et al., 2013b). Außerdem steigen aufgrund von pubertären neuroendokrinen Veränderungen auch die Androstenonkonzentrationen (Prunier et al., 2013b). Sexuell motiviertes, anhaltendes Aufreiten auf Buchtengenossen gehört beim Schwein zum normalen Fortpflanzungsverhalten und tritt verstärkt bei intakten geschlechtsreifen Ebern auf, was zu Hautläsionen und Penisverletzungen führen kann (Cronin et al., 2003; Gispert et al., 2010; Hintze et al., 2013). In der Frühmast kommt es eher zu agonistischem Verhalten, während das sexuell motivierte Verhalten in der Endmast hinzukommt (Parois et al., 2017). Das aggressive Verhalten kann durch die gemeinsame Haltung von Wurfgeschwistern oder durch die Bildung vertrauter Gruppen ab der zweiten Lebenswoche reduziert werden (Fredriksen et al., 2008). Prunier et al. (2013a) und Kress et al. (2020) stellten bei intakten Ebern einen Zusammenhang zwischen der Sexualhormonproduktion und der jahreszeitabhängigen Tageslichtlänge und Haltungssystemen fest auf die Geschlechtsentwicklung fest, der somit auch das Verhalten der Tiere und den Ebergeruch beeinflusst. Intakte Eber wachsen schneller, haben eine bessere Futterverwertung und magerere Schlachtkörper im Vergleich zu Frühkastraten (Fredriksen et al., 2009; von Borell et al., 2009). Mit zunehmendem Alter der Tiere kommt es jedoch auch zu erhöhtem Auftreten des Ebergeruchs (Bonneau, 1987). In einer Untersuchung von Heyrman et al. (2021) mit 16 000 Tieren lag die durchschnittliche olfaktorische Ebergeruchsprävalenz über alle Betriebe hinweg bei $1,80 \pm 0,83$ %. Die Spanne zwischen den Schlachtdurchgängen innerhalb der Betriebe schwankte zwischen 0,31 und 9,10 % (Heyrman et al., 2021). Eine erfolgreiche Vermarktung von Produkten unkastrierter Eber hängt von der Akzeptanz der Verbraucher ab (Lin-Schilstra et al., 2022). In der

Studie von Aluwe et al. (2022) wurden bei der sensorischen Beurteilung von Schweinefleisch hinsichtlich Geruch, Geschmack, Zartheit und Saftigkeit und der Bewertung durch Konsumenten verschiedener Nationalitäten Schweinefleischprodukte von chirurgischen Kastraten und Immunokastraten den Produkten intakter Eber vorgezogen.

1.5.2. Immunokastration

Seit 2009 ist in der Europäischen Union das Produkt Improvac® (Fa. Zoetis Deutschland GmbH, Berlin) zur „Induktion von Antikörpern gegen GnRH zur Herbeiführung einer vorübergehenden immunologischen Unterdrückung der Hodenfunktion“ für Eber ab einem Alter von acht Wochen zugelassen (Brunius et al., 2011; Vetidata, 2024). Es besteht aus einem synthetisch hergestellten Gonadotropin-Releasing-Hormon (GnRH)-Analogon, welches mit einem immunogen wirkenden Trägerprotein (Diphtherietoxoid) konjugiert ist. Um dessen Wirksamkeit zu steigern, ist Diethylaminoethyl-Dextran als Adjuvans zugesetzt (EMA, 2022). Die Impfung löst eine humorale Immunantwort gegen körpereigenes GnRH aus, wodurch die Hypothalamus-Hypophysen-Gonaden-Achse reversibel blockiert wird (Zamaratskaia et al., 2008a). Dadurch werden die Leydig-Zellen nicht stimuliert und die Bildung von Testosteron, Androstenon sowie anderen Hodensteroiden reversibel gehemmt (Claus et al., 2008; Zamaratskaia et al., 2008a). Das Immunisierungsschema von Improvac® umfasst laut Herstellerangaben zwei Injektionen frühestens ab der achten Lebenswoche mit einem Mindestabstand von vier Wochen und einem Abstand von vier bis sechs Wochen zwischen der zweiten Impfung und der Schlachtung (EMA, 2022). Infolge der zweiten Impfung kommt es zu einem starken Anstieg der Antikörper gegen körpereigenes GnRH (EMA, 2022). Eine dritte Improvac®-Impfung, welche seit 2011 zugelassen ist, ermöglicht eine längere Mastdauer beispielsweise mit dem Ziel höhere Schlachtgewichte zu erreichen (EMA, 2022). Aufgrund der verringerten Hodenfunktion werden die Androstenon- und Skatolkonzentrationen im Nackenspeck im Vergleich zu ungeimpften Tieren reduziert (Zacharias et al., 2019). Dadurch kommt es zu einer deutlichen Reduktion des Ebergeruchs im Schlachtkörper (Zacharias et al., 2019). Ein weiterer positiver Effekt ist ein

gesenktes Aggressions- und Dominanzverhalten der immunokastrierten Eber untereinander (Zacharias et al., 2019; Zamaratskaia et al., 2008a; Zamaratskaia et al., 2008b). Die Akzeptanz dieser Methode ist jedoch von Seiten der Verbraucher teilweise niedrig, da die Immunisierung gegen Ebergeruch fälschlicherweise mit einer hormonellen Behandlung des Fleisches assoziiert wird und Rückstände befürchtet werden (Heid und Hamm, 2012; Huber-Eicher und Spring, 2008). Die Immunokastration ist ein Verfahren, das das Wohlbefinden der Tiere verbessert und eine Fleischqualität gewährleistet, welche der chirurgischen Kastration nahekommt (Bonneau und Weiler, 2019).

2. Schmerz

2.1. Definition von Schmerz und Nozizeption

Der International Association for the Study of Pain (IASP) zufolge, ist Schmerz eine unangenehme, emotionale und sensorische Empfindung, die mit einer tatsächlichen oder potenziellen Gewebeschädigung einhergeht oder mit dieser vergleichbar ist (Raja et al., 2020). Die Nozizeption wird als „Aufnahme, Weiterleitung und Verarbeitung schmerzauslösender Reize im peripheren und zentralen Nervensystem“ beschrieben (Pfannkuche, 2008). Dabei erfolgt die Aufnahme von Reizen an Endigungen nozizeptiver Nervenzellen (Nozizeptoren) der Dorsalwurzelganglien (Henke et al., 2012; Pfannkuche, 2008). Die Nozizeptoren leiten den Reiz als afferente Nervenfasern an die *Substantia gelatinosa* des Hinterhorns des Rückenmarks (RM) weiter (Henke et al., 2012). Dem nozizeptiven System von Wirbeltieren liegen einheitliche physiologische Mechanismen zugrunde, die darauf schließen lassen, dass sich das Schmerzempfindungsvermögen weder innerhalb der Wirbeltierarten noch zwischen Mensch und Tier unterscheidet (Henke et al., 2012). Die Messung von Schmerzen bei Tieren ist herausfordernd, da ein wesentlicher Anteil des Schmerzempfindens nur subjektiv erfassbar ist (Henke et al., 2012; Ison et al., 2016; Raja et al., 2020). In der veterinärmedizinischen Praxis spricht man von Schmerz, wenn Verhalten und Reaktionen der Tiere auf entsprechende noxische Reize Analogien zu denen bei schmerzhaften Zuständen des Menschen zeigen (Sann, 2022).

So sind indirekte Schlüsse über einen möglichen Schmerz bei Tieren durch die Untersuchung der Nozizeption und des Verhaltens möglich (Sann, 2022). Ein Zeichen für die Aktivierung von Nozizeptoren sind die sogenannten pseudoaffektiven Reaktionen, die durch Veränderungen von Blutdruck, Herzschlagfrequenz und Atmung sowie durch motorische Reflexe, protektive Reaktionen oder Vokalisation charakterisiert sind (Sann, 2022). Laut Sann (2022) wird Schmerz beim Tier wie folgt definiert: „Schmerz bei Tieren ist eine aversive sensorische Erfahrung, die durch aktuelle oder potenzielle Verletzungen verursacht wird, protektive motorische oder vegetative Reaktionen auslöst, zur erlernten Vermeidung solcher Reize führt und somit das Verhalten modifiziert“.

2.2. Beurteilung von Schmerzen während der chirurgischen Saugferkelkastration

Da die Selbstauskunft als direkte Methode zur Schmerzevaluierung bei Tieren nicht möglich ist, muss auf indirekte Methoden zurückgegriffen werden (Le Bars et al., 2001). Ison et al. (2016) schlussfolgerten in ihrem Review, dass die ideale Methode zur Schmerzmessung sowohl die sensorische als auch die emotionale Reaktion auf den Schmerz bewerten müsste und teilten das Schmerzempfinden von Schweinen in zwei Kategorien ein: physiologische Parameter und Verhalten (Ison et al., 2016).

2.2.1. Physiologische Parameter

Die Änderung der physiologischen Parameter ist eine indirekte Methode zur Schmerzevaluierung (Le Bars et al., 2001). Sowohl die Blutparameter ACTH, Cortisol, Adrenalin und β -Endorphin, als auch der Anstieg von Herzfrequenz und Blutdruck werden häufig eingesetzt um Schmerzen bei der Kastration von Saugferkeln indirekt zu messen (Haga und Ranheim, 2005; Hofmann et al., 2019; Marchant-Forde et al., 2009; Prunier et al., 2005; Rauh et al., 2019; Saller et al., 2020; White et al., 1995; Zöls et al., 2006). Ison et al. (2016) sowie Sheil und Polkinghorne (2020) stellten jedoch retrospektiv fest, dass die Messung dieser Parameter allein nicht zur Schmerzbeurteilung ausreichend ist, da diese auch durch Stress beeinflusst werden.

2.2.2. Verhalten

Schmerzassoziiertes Verhalten kann laut Prunier et al. (2013a) in 5 Hauptkategorien eingeteilt werden: Vermeidungs- und Abwehrverhalten, Lautäußerungen, auf die schmerzhaften Bereiche gerichtetes Verhalten, Körperhaltungen und Verhaltensweisen, die darauf abzielen, die Stimulation des schmerzhaften Bereichs zu verringern und allgemeine Veränderungen der Aktivität, Bewegungslosigkeit oder Unruhe, Fressen, Trinken, Sozialverhalten und Körperpflege.

2.2.2.1. Abwehrbewegungen

Abwehrbewegungen als Reaktion auf Eingriffe wurden bereits in vielen Studien erhoben, um den Schmerz während der Kastration zu erfassen (Abendschön et al., 2020; Hansson et al., 2011; Horn et al., 1999; Leidig et al., 2009; Rauh et al., 2019; Skade et al., 2021). Es gibt verschiedene Möglichkeiten, um die Abwehrbewegungen während der Kastration zu bewerten. Leidig et al. (2009) haben in ihrer Studie eine Ordinalskala verwendet, mit der die Abwehrbewegungen der Ferkel während der Kastration mit Procain 2 % nach ihrer Intensität (Skala: 0-4; 0: keine Bewegungen, 1: eine einzelne Bewegung, 2: wiederholte Bewegungen, 3: kontinuierliche Bewegungen) und ihrer Dauer (Skala: 0-3; 0: keine Bewegung; 1: Bewegung einer Gliedmaße, 2: Bewegung von mehr als einer Gliedmaße, 3: Beteiligung der Wirbelsäule, 4: Beteiligung der Wirbelsäule mit hoher Intensität) bewertet wurden. Dieser Score wurde auch in späteren Studien adaptiert und verwendet (Abendschön et al., 2020; Rauh et al., 2019). In der Studie von Hansson et al. (2011) wurden die Abwehrbewegungen anhand einer visuellen Analogskala (VAS) bewertet, wobei eine Markierung näher am linken Ende der Linie wenig intensiven Abwehrbewegungen und eine Markierung näher am rechten Ende sehr intensiven Abwehrbewegungen entspricht. Die Ferkel wurden dann auf einer Skala von 1 (am meisten Abwehrbewegungen) bis 4 (am wenigsten Abwehrbewegungen) innerhalb jedes Wurfs nach der Intensität und Dauer ihrer Widerstandsbewegungen eingestuft (Hansson et al., 2011). Walker et al. (2004) beurteilten die Abwehrbewegungen von Ferkeln während der Kastration unter Isoflurannarkose nach einem Punktesystem für beide Hautschnitte und beide

Samenstrangdurchtrennungen einzeln wie folgt: 0 = keine Bewegung, keine Lautäußerung; 1 = eine Bewegung; 2 = Lautäußerung und leichte Bewegung; 3 = starke Lautäußerung und starke Bewegung. Sheil und Polkinghorne (2020) und Ison et al. (2016) schlussfolgerten in ihren Reviews, dass die Beurteilung von Abwehrbewegungen den Anforderungen einer Schmerzevaluation am ehesten gerecht wird.

2.2.2.2. Vokalisation

In mehreren Studien wurden Unterschiede in der Vokalisation (Frequenz, Dauer und Art der Vokalisation) von Ferkeln, die einem schmerzhaften Eingriff unterzogen wurden, festgestellt und mit dem alleinigen Handling verglichen. Keita et al. (2010) erhoben die Vokalisation während der Kastration als „Schrei“, „Knurren“ oder „Stille“ (keine Vokalisation). In der Studie von White et al. (1995) wurden die Lautäußerungen anhand der Frequenz mit der höchsten Energie in Dezibel (higher frequency of highest energy (HEF)) analysiert. In der Studie von Marx et al. (2003) wurden die Veränderungen in der Vokalisation durch eine multiparametrische Rufanalyse gemessen. Anhand der Ergebnisse dieser Studie ließen sich „Grunzen“, „Quietschen“ und „Schreien“ unterscheiden (Marx et al., 2003). Auch in den Studien von Weary et al. (1998) sowie Taylor und Weary (2000) wurden hochfrequente Lautäußerungen erhoben. Kluivers-Poodt et al. (2012) verwendeten in ihren Untersuchungen das Programm Avisoft Bioacustics zur Analyse der Vokalisation. In der Studie von Leidig et al. (2009) wurde das Analysesystem STREMOD (STRessschrei-MOnitor und DOkumentationseinheit) genutzt. Dieses unterscheidet zwischen hochfrequenten Geräuschen, die mit Stress zusammenhängen und anderen hochfrequenten Geräuschen (Leidig et al., 2009). Das Analysesystem STREMOD wurde ebenfalls von Puppe et al. (2005) verwendet. In der Studie von Hansson et al. (2011) wurde mit einem Schallpegelmessgerät der Aufschrei mit dem höchsten Intensitätsniveau während der Kastration aufgezeichnet. Auch in der Studie von Skade et al. (2021) wurde zur Messung der Vokalisation ein Schallpegelmessgerät verwendet und es wurden ein durchschnittlicher und ein maximaler Dezibelpegel gemessen. Abendschön et al. (2020) fertigten Videoaufnahmen der Injektion verschiedener Lokalanästhetika und der

anschließenden Kastration an, die Vokalisation wurde anhand der Tonaufnahmen in den Videos bewertet. Die Vokalisation wurde mit "ja" bewertet, wenn es während der Injektion und/oder der Kastration zu einem akuten Einsetzen der verstärkten Vokalisation kam, ansonsten mit „nein“ (Abendschön et al., 2020). Das akute Auftreten verstärkter Vokalisation ist vergleichbar mit dem Ruftyp "Schrei" und orientiert sich an der Klassifikation von Marx et al. (2003).

3. Lokalanästhetika

3.1. Pharmakodynamik

Lokalanästhetika binden an spannungsabhängige Natriumkanäle in den Nervenzellmembranen und blockieren so den Einstrom von Natriumionen (Richter, 2016). Durch die darauf folgende Hemmung der Depolarisation an den Nervenmembranen wird die Fortleitung von Aktionspotentialen unterdrückt (Löscher, 2014a; Richter, 2016). Damit wird die Erregbarkeit des Nervens verringert oder unterbunden und die Schmerzempfindung lokal aufgehoben (Löscher, 2014a; Tacke et al., 2012). In sehr hohen Konzentrationen können sie auch andere Ionenkanäle, wie zum Beispiel Kaliumkanäle, hemmen (Richter, 2016). An dünnen Nervenfasern ist ihre blockierende Wirkung stärker als an dickeren Fasern (Richter, 2016; Tacke et al., 2012), weshalb zunächst die Weiterleitung von Aktionspotentialen an den sensiblen, schmerzleitenden C-Fasern (Durchmesser: 0,4-1,2 Mikrometer (μm)) und erst danach in hohen Konzentration auch an den motorischen A-Fasern (Durchmesser: 12-20 μm) (Richter, 2016; Tacke et al., 2012) gehemmt wird. Die sensiblen Empfindungen aus der peripher zur Einwirkung des Lokalanästhetikums gelegenen Region verschwinden in folgender Reihenfolge: Schmerz – Temperatur – Berührung – Druck (Richter, 2016). Empfindlich sind auch postganglionäre sympathische Fasern, deren Blockade eine Verminderung der Vasokonstriktion nach sich zieht, dadurch lässt sich die unerwünschte gefäßerweiternde Wirkung der meisten Lokalanästhetika erklären (Richter, 2016).

3.2. Pharmakokinetik

Lokalanästhetika bestehen aus einer lipophilen aromatischen Gruppe, einer Zwischenkette aus Carboxylsauerstoff und (abgesehen von Benzocain) einer hydrophilen Aminogruppe (ein sekundäres oder meist tertiäres Amin) (Löscher, 2014a; Richter, 2016; Tacke et al., 2012). Die aromatische Gruppe ist mit der Zwischenkette entweder über eine Esterbindung (Lokalanästhetika vom Ester-Typ) oder über eine Säureamidgruppe (Lokalanästhetika vom Amid-Typ) verbunden (Löscher, 2014a; Richter, 2016; Tacke et al., 2012). Lokalanästhetika vom Ester-Typ (zum Beispiel Procain) werden bereits am Applikationsort und nach Resorption im Blut rasch hydrolytisch gespalten und damit inaktiviert, weshalb sie in der Regel kürzer wirken (Löscher, 2014a; Richter, 2016). Verantwortlich hierfür sind Esterasen, die ubiquitär im Plasma und Gewebe vorkommen (Richter, 2016). Die Metabolisierung der Lokalanästhetika vom Amid-Typ (zum Beispiel Lidocain) erfolgt dagegen erst in der Leber (Löscher, 2014a; Richter, 2016). Dort werden sie durch Monooxygenasen oxidativ dealkyliert und anschließend durch die Carboxylesterase hydrolysiert (Richter, 2016). Die Lipidlöslichkeit ist der wichtigste Faktor für die anästhetische Potenz, da die Wirkung der Lokalanästhetika wesentlich mit der Lipidzusammensetzung der Nervenzellmembranen verknüpft ist (Tacke et al., 2012). Ein wichtiger Parameter für die Geschwindigkeit des Wirkungseintritts ist die Dissoziationskonstante (pK_S -Wert), die das Verhältnis von ionisiertem Lokalanästhetikum und nichtionisierter Base beschreibt (Tacke et al., 2012). Die Base kann die Zellmembran durchdringen und macht die eigentliche Wirkung des Lokalanästhetikums aus (Tacke et al., 2012). Die Wirkdauer ist abhängig von der Proteinbindung: je höher die Proteinbindung, desto länger die Wirkdauer (Tacke et al., 2012). Die pK_S -Werte der Lokalanästhetika liegen zwischen 7,6 und 9 (Löscher, 2014a).

Synthetische Lokalanästhetika haben einen gefäßerweiternden Effekt und erhöhen somit die Durchblutung im betreffenden Gebiet, was ihre Resorption beschleunigt und ihre lokale Wirkung verkürzt (Löscher, 2014a; Richter, 2016). Um den Effekt zu verlängern, werden Lokalanästhetika daher oft mit vasokonstriktorisches Stoffen

(Sperrkörpern) wie Adrenalin und Noradrenalin kombiniert (Löscher, 2014a; Richter, 2016). Sie kontrahieren die Gefäße im Injektionsbereich, bewirken durch die Verminderung der Durchblutung einen verzögerten Abtransport der Lokalanästhetika und werden den Injektionslösungen in geringen Konzentrationen zugesetzt (zum Beispiel 0,01 mg Adrenalin plus 20 mg Lidocain pro Milliliter (ml)) (Löscher, 2014a; Richter, 2016). Sie können den Wirkungseintritt um das 2- bis 3-fache beschleunigen und die Wirkdauer um das 2- bis 3-fache verlängern (Tacke et al., 2012). In der Regel ist in Tierarzneimitteln Adrenalin (Epinephrin) als Sperrkörper enthalten (Richter, 2016). Durch den Sperrkörperzusatz reduziert sich durch den verzögerten Übergang des Lokalanästhetikums in die Blutbahn auch das Risiko systemischer Wirkungen auf das Herz und das zentrale Nervensystem (ZNS) (Richter, 2016). Außerdem vermindern Sperrkörper die lokale Blutungsneigung (Löscher, 2014a; Richter, 2016). Durch die verminderte Durchblutung des Operationsbezirks kann jedoch die Wundheilung verlängert sein und die Infektionsgefahr erhöht (Löscher, 2014a). Aufgrund von Nekrosegefahr dürfen Lokalanästhetika mit Sperrkörperzusatz nicht in endarterielle Gefäßgebiete (Akren) injiziert werden (Löscher, 2014a).

3.3. Anwendungsformen

Nicht jedes Lokalanästhetikum ist für alle Anwendungsarten geeignet (Richter, 2016). Je nach Art der Anwendung werden fünf Formen der Lokalanästhesie unterschieden:

Oberflächenanästhesie: das Lokalanästhetikum wird direkt auf die zu betäubenden Schleimhäute appliziert (Löscher, 2014a; Richter, 2016). Auf intakter Haut kann meist keine ausreichende Wirkung erzielt werden (Löscher, 2014a; Richter, 2016). Zur Oberflächenanästhesie kommen Lokalanästhetika in Form von Lösungen, Sprays, Salben oder Puder zur Anwendung (Richter, 2016).

Infiltrationsanästhesie: das Lokalanästhetikum wird intra- oder subkutan in das Operationsgebiet injiziert und diffundiert zu den Nervenfasern und -endigungen in der Umgebung des Applikationsorts (Löscher, 2014a; Richter, 2016). Da hierfür relativ große Mengen des Lokalanästhetikums

benötigt werden ist die Gefahr systemischer Wirkungen größer und ein Sperrkörperzusatz sinnvoll (Richter, 2016).

Leitungsanästhesie: das Lokalanästhetikum wird in die unmittelbare Umgebung eines größeren Nervs appliziert, der das Operationsgebiet innerviert (Löscher, 2014a; Richter, 2016). Dafür werden nur im Vergleich geringe Mengen des Lokalanästhetikums benötigt und das Operationsgebiet wird nicht direkt durch das Lokalanästhetikum beeinflusst (Richter, 2016).

Rückenmarksanästhesie: das Lokalanästhetikum wird rückenmarksnah injiziert und kann somit große Körpergebiete anästhesieren (Richter, 2016). Dies ist eine Art der Leitungsanästhesie und unterteilt sich in die *Epiduralanästhesie*, bei der das Lokalanästhetikum in den Epiduralraum injiziert wird, und die *Spinalanästhesie*, bei der die Injektion mit Durchstechen der *Dura mater* in den Subarachnoidalraum erfolgt (Löscher, 2014a; Richter, 2016). Die *Epiduralanästhesie* wird in der Tiermedizin bevorzugt, weil die Wirkung besser lokal begrenzt werden kann und dadurch sicherer ist als die Spinalanästhesie (Löscher, 2014a; Richter, 2016).

Intravenöse Regionalanästhesie: das Lokalanästhetikum wird in eine durch Anlegen einer Manschette nicht durchblutete Vene gespritzt, verteilt sich über das peripher des Staus gelegene Gefäßsystem und betäubt die Nervenendigungen im Gewebe innerhalb von circa zehn Minuten (Richter, 2016). Die Manschette sollte erst frühestens nach 15 Minuten entfernt werden, um systemische Wirkungen und Intoxikationen zu vermeiden (Richter, 2016). Sie wird für kürzere Eingriffe an den Extremitäten angewendet (Richter, 2016).

3.4. Nebenwirkungen

Unerwünschte Wirkungen treten bei bestimmungsgemäßer Anwendung selten auf (Richter, 2016). Die häufigste Ursache für Nebenwirkungen sind versehentliche intravasale Injektionen, lokale Injektionen zu hoch konzentrierter Lösungen oder abnorme Resorptionsverhältnisse am Applikationsort (Löscher, 2014a). Die Blutungsneigung kann aufgrund der gefäßerweiternden Wirkung durch die meisten Lokalanästhetika am

Applikationsort erhöht werden (Richter, 2016). Durch zu hohe Konzentrationen im Blut kann es zu einer Hemmung der Erregungsbildung und -fortleitung am Herzen kommen, die zu Bradykardie, Abnahme der Kontraktionskraft und Verlangsamung der Erregungsleitung bis hin zu gefährlichen Herzrhythmusstörungen führen kann (Löscher, 2014a; Richter, 2016). Die vasodilatatorische Wirkung kann zu Blutdruckabfall und Kreislaufversagen führen (Löscher, 2014a; Richter, 2016). Lokalanästhetika können auch die Blut-Hirn-Schranke passieren und zur Hemmung der Neurone des ZNS führen, was zu Erregungserscheinungen bis hin zu generalisierten Krämpfen führen kann (Löscher, 2014a; Richter, 2016). Auf die zentrale Stimulation folgt bei steigenden Konzentrationen durch den Ausfall exzitatorischer Neurone eine Depression mit Koma und zentraler Atemlähmung (Löscher, 2014a). Zur Vermeidung von Vergiftungen sollten die empfohlene Grenzdosis und Konzentration immer eingehalten werden und intravasale Applikationen und Fehlinjektionen durch eine gute Fixierung der Tiere vermieden werden (Löscher, 2014a; Richter, 2016). Alle Lokalanästhetika, besonders solche vom Estertyp, können auch zu allergischen Reaktionen führen (Löscher, 2014a).

3.5. Wichtige Vertreter der Lokalanästhetika in der Veterinärmedizin

Zu den lokalanästhetischen Wirkstoffen, die in der Tiermedizin bei lebensmittelliefernden Tieren mit Einschränkungen angewendet werden können, gehören Procain, Lidocain, Mepivacain, Benzocain, Tetracain und Bupivacain (Vetidata, 2024). Die größte Rolle in der Veterinärmedizin spielen Procain und Lidocain (Richter, 2016).

3.5.1. Lidocain

Lidocain als bekanntester Vertreter der Lokalanästhetika vom Amid-Typ kann für alle Formen der Lokalanästhesie eingesetzt werden, da es sich durch eine geringe systemische Toxizität, eine gute Gewebsverträglichkeit, eine rasch einsetzende Wirkung (etwa nach ein bis fünf Minuten) und eine längere Wirkungsdauer (konzentrationsabhängig bis zu zwei Stunden, mit Sperrkörpern bis zu vier Stunden) auszeichnet (Eberspächer-Schweda, 2020a; Löscher, 2014a; Richter, 2016). Es besitzt

eine analgetische Potenz von zwei (Löscher, 2014a). Außer der Anwendung als Lokalanästhetikum wird Lidocain im Notfall auch i. v. (intravenös) als Antiarrhythmikum und zur Behandlung eines Status epilepticus angewendet (Löscher, 2014a; Richter, 2016). Humanmedizinische Präparate sind unter anderem in Form von Injektionslösungen und zur Oberflächenanästhesie als Spray oder Gel (Gleitmittel zur Erleichterung der endotrachealen Intubation, zum Beispiel Xylocain) auf dem Markt (Richter, 2016). Als Tierarzneimittel zur Anwendung bei Hund, Katze und Pferd ist Lidocain als Injektionslösung kommerziell erhältlich (Richter, 2016). Enthalten ist es außerdem zu 1 % in Kombinationspräparaten zur Behandlung schmerzhafter Entzündungen am Auge (Keratitis, Konjunktivitis, Blepharitis) und der Haut bei Hund und Katze (Richter, 2016). Lidocain ist aktuell für die Tierart Schwein nur zur Anwendung auf der Haut und zur epiläsionalen Anwendung bei bis zu sieben Tage alten Ferkeln zugelassen (Vetidata, 2024; VO 37/2010/EU, 2010).

3.5.2. Procain

Procain kommt seit 1905 zur Anwendung und gehört zu den Lokalanästhetika vom Ester-Typ (Richter, 2016). Es hat im Vergleich zu anderen Lokalanästhetika die geringste gewebeschädigende und systemtoxische Wirkung (Löscher, 2014a; Richter, 2016). Bei Procain und anderen Lokalanästhetika vom Ester-Typ mit paraständiger Aminogruppe (Benzocain, Tetracain, Oxybuprocain) treten Allergien häufiger auf als bei Lokalanästhetika vom Amid-Typ (Richter, 2016). Procain ist in Form von Injektionslösungen als Tierarzneimittel – auch zur Anwendung bei den zur Lebensmittelgewinnung dienenden Tieren – auf dem Markt verfügbar (mit und ohne Sperrkörperzusatz) (Löscher, 2014a; Richter, 2016; Vetidata, 2024). Es wird in Konzentrationen von 0,5 bis 4 % zur Infiltrations- und Leitungsanästhesie verwendet, höher konzentrierte Lösungen wirken gewebereizend (Richter, 2016). Die Wirkung tritt nach etwa fünf bis zehn Minuten ein und hält für ungefähr 30 Minuten an (mit Sperrkörpern ca. 60 Minuten) (Löscher, 2014a; Richter, 2016). Aufgrund seiner raschen Resorption am Wirkort und der raschen Inaktivierung durch Esterasen ist es für Oberflächenanästhesien unbrauchbar (Löscher, 2014a). Für Procain,

ein Lokalanästhetikum der ersten Generation, wurde die relative analgetische Potenz mit eins festgelegt (Tacke et al., 2012).

3.5.3. Mepivacain

Mepivacain gehört zu den Lokalanästhetika vom Amid-Typ (Richter, 2016). Die pharmakologischen Eigenschaften und analgetische Potenz (2,5) ähneln denen von Lidocain (Richter, 2016; Tacke et al., 2012). Nach Applikation wirkt es nach zwei bis fünf Minuten für drei bis sechs Stunden (Richter, 2016; Tacke et al., 2012). Seine Wirkung setzt langsamer ein als die von Lidocain, seine Wirkdauer ist zwei- bis dreimal länger als die von Procain (Löscher, 2014a). Die Toxizität ist höher als die von Procain und Lidocain (Richter, 2016). Derzeit sind nur Präparate zur epiduralen und intraartikulären Anästhesie bei Pferden zugelassen (Vetidata, 2024; VO 37/2010/EU, 2010).

3.5.4. Bupivacain

Auch Bupivacain ist ein Lokalanästhetikum vom Amid-Typ (Löscher, 2014a; Tacke et al., 2012). Es besitzt eine analgetische Potenz von acht und eine Wirkdauer von 120 bis 360 Minuten (Löscher, 2014a; Tacke et al., 2012). Es wird in der Pferdepraxis auch zur postoperativen Analgesie und zur Behandlung der Laminitis angewendet, jedoch sind in Deutschland aktuell keine Tierarzneimittel mit Bupivacain im Handel erhältlich (Richter, 2016; Vetidata, 2024).

III. MATERIAL UND METHODEN

1. Ziel der vorliegenden Studie

Vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft wurde im Jahr 2018 ein Forschungsvorhaben zur Bereitstellung einer wissenschaftlichen Entscheidungshilfe bezüglich der Lokalanästhesie bei der Ferkelkastration ausgeschrieben. Das Thema des Forschungsvorhabens lautete „Studien zur Wirksamkeit der Schmerzausschaltung durch Lokalanästhesie bei der Ferkelkastration“. Auf diese Ausschreibung haben sich die KFS und der Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung (LMU München) sowie das ZPF des Klinikums rechts der Isar (TUM) mit einem Verbundprojekt beworben und den Zuschlag für die Durchführung der Studie erhalten (Aktenzeichen ROB-55.2-2532.Vet_02-20-138). Zur Bearbeitung der Fragestellung wurde das Projekt in zwei aufeinander aufbauende Abschnitte, einen Laborteil und einen Feldstudienteil, gegliedert. Die vorliegende Arbeit stellt den letzten Abschnitt dar, mit dem Ziel, die in den vorangegangenen Abschnitten ausgewählte effektivste Lokalanästhesiemethode auf ihre Wirksamkeit und Durchführbarkeit unter Feldbedingungen an unter acht Tage alten männlichen Ferkeln zu überprüfen. Die Bewertung der Wirksamkeit und Praktikabilität der Methode basiert auf dem Abwehrverhalten der Ferkel (Abwehrbewegungen und Lautäußerungen) während der Kastration und der Injektion, dem Auftreten von Nebenwirkungen, die Verluste innerhalb der ersten 24 Stunden nach der Kastration und zudem der Arbeitszeit der Landwirtinnen und Landwirte.

2. Genehmigung der vorliegenden Studie

Diese klinische Studie wurde in Übereinstimmung mit der EU-Richtlinie 2010/63/EU zum Schutz der für wissenschaftliche Zwecke verwendeten Tiere und dem deutschen Tierschutzgesetz von November 2021 bis Juni 2022 durchgeführt. Das Forschungsprotokoll wurde von der Regierung von Oberbayern genehmigt (Aktenzeichen ROB-55.2-2532.Vet_02-20-138).

2.1. Projektdurchführung

Die Untersuchungen wurden auf neun konventionellen Ferkelerzeugerbetrieben unterschiedlicher Größe und mit unterschiedlichen Abferkelrhythmen in Süddeutschland zwischen November 2021 und Juni 2022 durchgeführt. Sie umfassen Daten von 3.966 männlichen, normal-anatomischen Ferkeln. Die Ferkel waren im Durchschnitt $5 \pm 1,2$ Tage (Maximum (Max.): sieben Tage; Minimum (Min.): einen Tag) alt. Die Kastration dieser Ferkel erfolgte während vier Abferkeldurchgängen pro Betrieb (siehe Tabelle 1). Während Durchgang 1 wurde die Kastration auf jedem der neun Betriebe betäubungslos durchgeführt. Die Durchgänge 2 bis 4 wurden unter Lokalanästhesie mit dem Wirkstoff Lidocain durchgeführt. Die Injektion des Lokalanästhetikums wurde in Durchgang 2 durch eine erfahrene Tierärztin der KFS durchgeführt, in den Durchgängen 3 und 4 durch geschulte Landwirtinnen und Landwirte. Für die praktische Schulung der Landwirtinnen und Landwirte wurde auf jedem der neun Betriebe während eines zusätzlichen Abferkeldurchgangs die Kastration unter Lokalanästhesie ohne Datenerhebung durchgeführt. Aus diesem Grund wird die praktische Schulung nicht als zusätzlicher Durchgang aufgeführt. Die chirurgische Kastration sowie die Vorbereitung und Nachbereitung dieser wurden in allen Durchgängen von den Landwirtinnen und Landwirten durchgeführt. Zusätzlich wurde auf jedem Betrieb nach während eines zusätzlichen Abferkeldurchgangs für die praktische Schulung der Landwirtinnen und Landwirte kastriert.

Tabelle 1: Übersicht der Durchgänge und ihrer Eigenschaften

	Durchgang 1	Durchgang 2	Durchgang 3 & 4
Gruppe	<i>Control</i>	<i>Vet</i>	<i>Farmer</i>
Anästhesie	Betäubungslos	Alfacaine	Alfacaine
Injizierende Person	-	Tierärztin	Geschulte Landwirtin oder Landwirt
Erfasste Daten	Abwehrverhalten		
	Nebenwirkungen und Mortalität		
	Arbeitslast	-	Arbeitslast

2.2. Studienbetriebe

Die an der Studie teilnehmenden Betriebe unterschieden sich in der Größe der Abferkelgruppen und konnten anhand der Anzahl der abferkelnden Sauen pro Durchgang in drei Gruppen eingeteilt werden: Gruppe 1: ≤ 10 Sauen, Gruppe 2: > 10 und ≤ 25 Sauen, Gruppe 3: > 25 Sauen. Abhängig von der Anzahl der abferkelnden Sauen (Betriebsgröße, Abferkelrhythmus), variierte auf den Betrieben auch die Anzahl der zu kastrierenden Ferkel. Bei den Betrieben 1, 2, 7 und 8 wurden betriebsinterne Managementmaßnahmen zusammengefasst und diese mit oder unmittelbar vor der Injektion des Lokalanästhetikums durchgeführt (zum Beispiel Einziehen von Ohrmarken, Eisengabe, Vakzination, Schwanzkupieren). Details zu den einzelnen Betrieben sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2: Übersicht der Betriebe mit den pro Durchgang kastrierten Ferkeln sowie der Fixationsmethode während der Kastration

Betrieb		Anzahl kastrierter Ferkel (n)			Fixierung der Ferkel während der Kastration
Nr.	Betriebsgröße	Control	Vet	Farmer	
1	120-160, 3 Woc, 8, 42, Impfung	46	25	97	Über Kopf zwischen den Beinen des Landwirtes klemmend
2	140, 1 Woc, 8, 43, Eisen	31	55	87	Zwischen den Beinen des Landwirtes klemmend
3	85, 3 Woc, 7, 38	36	33	81	Über Kopf hängend, um die Hüfte fixiert
4	140, 3 Woc, 17, 102	52	120	213	Auf dem Rücken liegend im Arm der Frau des Landwirtes
5	100, 5 Woc, 20, 125	95	125	306	Kastrationsbock
6	160, 5 Woc, 22, 150	176	174	260	Hautschnitt: über Kopf hängend, um die Hüfte fixiert; Samenstrangdurchtrennung: zwischen den Beinen des Landwirtes klemmend
7	225, 3 Woc, 25, 147, Ohrmarken	154	158	302	Zwischen den Beinen des Landwirtes klemmend
8	150, 4 Woc, 29, 170, Eisen, Schwanzkupieren, Ohrmarken	152	161	363	Über Kopf hängend, in einem Kastrationsrahmen fixiert
9	160, 5 Woc, 33, 174	178	119	367	Über Kopf hängend, um die Hüfte fixiert
1-9		920	970	2076	

Betriebsgröße: Ø n Sau, Abferkelrhythmus in Wochen, Ø n Sau pro Durchgang, Ø n Ferkel pro Durchgang, Routinemaßnahmen am Kastrationstag; *Control*: betäubungslose Kastration (Durchgang 1); *Vet*: Kastration unter Lokalanästhesie, Injektion durch Tierärztin (Durchgang 2); *Farmer*: Kastration unter Lokalanästhesie, Injektion durch geschulte Landwirtinnen oder Landwirte; Eisen: Eisenapplikation, Ohrmarke: Einziehen Ohrmarke, Woc = Woche/Wochen.

2.3. Versuchstiere, Versuchsgruppen und Studiendesign

Insgesamt wurden 4.158 Saugferkel während vier Durchgängen pro Betrieb im Beisein der Tierärztinnen der KFS, des ZPF und des Lehrstuhls für Tierschutz, Ethologie, Tierhygiene und Tierhaltung der LMU München kastriert. 192 Ferkel mussten aus verschiedenen Gründen (fehlende oder unvollständige Videoaufnahmen; Probleme bei der Fixierung der Ferkel in dem Kastrationsbock; Ferkel mit anatomischen Anomalien wie *Hernia inguinalis* oder *scrotalis*) nachträglich aus der Studie ausgeschlossen werden (valide Daten von 3.966 Ferkeln). Eine Randomisierung der Versuchstiere fand nicht statt, da alle normalanatomischen männlichen

Ferkel jedes Durchgangs kastriert wurden. Die Studie begann auf jedem Betrieb mit dem betäubungslosen Durchgang 1, der die Kontrollgruppe darstellt. In diesem Durchgang wurden die Ferkel betäubungslos kastriert, mit einer präemptiven i. m. Verabreichung von 0,2 bis 0,3 ml Meloxicam (5 mg/ml). In Durchgang 2 wurden die Ferkel unter lokaler Betäubung kastriert. Die Injektion des Lokalanästhetikums wurde von einer erfahrenen Tierärztin der KFS durchgeführt (siehe Tabelle 1). Nach Durchgang 2 wurden die Landwirtinnen und Landwirte theoretisch zu folgenden Hauptthemen geschult: 1) Tierschutz- und arzneimittelrechtliche Vorschriften, 2) Grundlagen des Verhaltens von Schweinen, 3) Schmerz und Narkose, 4) Umgang mit Tierarzneimitteln, 5) Anatomie, Physiologie, Erkennen und Management von Zwischenfällen, 6) Vorbereitung und Durchführung der Lokalanästhesie und 7) Hygienemanagement und Desinfektion. Anschließend wurden sie anhand eines Multiple-Choice-Tests bewertet und erhielten eine praktische Schulung durch die Tierärztinnen der KFS, um die Injektion des Lokalanästhetikums zu erlernen, die ebenfalls Teil des genehmigten Tierversuchsvorhaben waren. In den darauffolgenden Durchgängen 3 und 4 injizierten die so geschulten Landwirtinnen und Landwirte das Lokalanästhetikum eigenständig unter der Aufsicht der Tierärztinnen. Die Durchgänge 3 und 4 wurden für die Datenauswertung zusammengefasst, so dass die vier Durchgänge pro Betrieb für die Auswertung der Ergebnisse in drei Gruppen unterteilt wurden: *Control* (Durchgang 1), *Vet* (Durchgang 2) und *Farmer* (Durchgänge 3 und 4). Bis auf die Injektion des Lokalanästhetikums wurden alle weiteren Arbeitsschritte (Vorbereitung, Einfangen der Ferkel, Injektion der Analgetika, Kastration und Nachbereitung) in allen Durchgängen von den jeweiligen Landwirten und Landwirtinnen und ihren Helfern und Helferinnen durchgeführt.

2.4. Vorbereitung der Kastration

Die Datenerhebung während jedes Durchgangs begann mit der Vorbereitung der notwendigen Utensilien und dem wurfweisen Herausfangen der Ferkel aus der entsprechenden Abferkelbucht. Alle männlichen, normalanatomischen Ferkel erhielten gemäß dem TierSchG eine präemptive Analgesie mit Meloxicam (5 mg/ml i. m.). Die

Landwirtinnen und Landwirte verwendeten ihre eigenen Meloxicam-Präparate, in einer Dosierung zwischen 0,2 und 0,3 ml pro Ferkel. Während den Durchgängen 2, 3 und 4 erhielt jedes Ferkel zusätzlich 100 mg Metamizol i. m. (Metamizol-Natrium 15-50 mg/kg, METAMIZOL WDT®, 500 mg/ml, WDT - Wirtschaftsgenossenschaft deutscher Tierärzte eG, Garbsen). Zu diesem Zeitpunkt wurden auf vier von neun Betrieben zusätzlich interne Routinemaßnahmen (zum Beispiel Eisengabe, Einziehen von Ohrmarken, Schwanzkupieren und Impfung) durchgeführt (Tabelle 2). Unmittelbar danach wurden die Ferkel einzeln in einem Kastrationsbock (Schippers GmbH, Kerken, Deutschland) für die Injektion von Lidocain fixiert. Anschließend wurden sie für mindestens 20 bis 30 Minuten zurück in die Abferkelbucht gesetzt. Nach Ablauf dieses Zeitraumes wurden die männlichen Ferkel wieder herausgefangen und kastriert. Während bei der Lidocain-Injektion die Fixierung der Ferkel in dem Kastrationsbock den Landwirtinnen und Landwirten vorgeschrieben war, konnten sie bei der Kastration die Fixierungstechnik wählen, die während allen vier Durchgängen gleichbleiben sollte (Tabelle 2).

2.5. Lidocain, Injektion und Kastration unter Lokalanästhesie

Das in dieser Studie verwendete Lidocain-Präparat (Alfacaine 2 % + Adrenaline Pro Inj. Oplossing voor injectie voor honden en katten, Lidocainhydrochlorid 12 mg/kg, 20 mg/ml, Adrenalin als Adrenalintartrat 0,011 mg/kg, 10 mcg/ml, Alfasan Nederland BV, Woerden, Niederlande) hat eine Arzneimittelzulassung für Hunde und Katzen. Für Saugferkel (Alter < 8 Tage; männlich), die im Rahmen dieser Studie mit diesem Lidocain-Präparat kastriert wurden, wurde vom Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit eine Wartezeit für essbares Gewebe von 68 Tagen festgelegt. Alfacaine wurde ausgewählt, weil es auf dem Markt in 100 ml Flaschen erhältlich ist, die mit dem Flaschenaufsatz der in dieser Studie für die Injektion von Lidocain verwendeten automatischen 1 ml Spritzen (HSW ECO-MATIC®, Henke-Sass, Wolf GmbH, Tuttlingen, Deutschland) kompatibel sind und weil es die gleiche Zusammensetzung wie das in einem früheren Studienteil verwendete Lidocain-Präparat aufweist. Die Injektion wurde an wachen Ferkeln durchgeführt, die in dem Kastrationsbock auf dem Rücken fixiert waren.

Für die Injektion wurden die Hoden kaudal zwischen Daumen und Zeigefinger fixiert. Den Ferkeln wurde ein Volumen von 0,6 ml Alfacaine pro Hoden injiziert, was einem Gesamtvolumen von 1,2 ml pro Ferkel entspricht. Das Lokalanästhetikum wurde in einer two-step (zweistufigen) Injektionstechnik mit einer herkömmlichen, aber verkürzten 25-G-Kanüle (0,5 x 8 mm) verabreicht: (1) für die Anästhesie des Samenstrangs wurden 0,4 ml intratestikulär verabreicht; (2) für die Anästhesie der Skrotalhaut wurden 0,2 ml während des Zurückziehens der Kanüle injiziert. Die Kanüle wurde bei Bedarf, mindestens jedoch nach jedem Wurf, gewechselt.

Die Landwirtinnen und Landwirte führten die Kastration während der vier Durchgänge selbständig, allerdings mit abhängig vom bisherigen Vorgehen unterschiedlichen Fixationstechniken durch, da diese vom Studiendesign nicht vorgegeben waren. Die Kastration musste jedoch tierschutzkonform sein und der RL 2008/120/EG (2008) und dem TierSchG (2022) entsprechen. Die Fixationstechniken sind in Tabelle 2 beschrieben.

2.6. Datenerhebung

Auf jedem Betrieb wurden während der vier Durchgänge folgende Daten erhoben: Anzahl der Sauen und der kastrierten Ferkel, Alter der Ferkel, Abwehrverhalten (Abwehrbewegungen + Vokalisation) während der Kastration sowie die benötigte Zeit für Kastration, Vorbereitung und Nachbereitung. Für die Durchgänge 2 bis 4 wurden zusätzlich der durchschnittliche Verbrauch des Lokalanästhetikums, das Abwehrverhalten während der Injektion und die benötigte Zeit für den Injektionsvorgang ermittelt. Nebenwirkungen und Ferkelverluste wurden während allen Abferkeldurchgängen dokumentiert. Zusätzlich wurden diese auch bei den 1.012 Tieren, die im Rahmen der praktischen Ausbildung der Landwirtinnen und Landwirte unter Anwendung der Lokalanästhesie kastriert wurden, erhoben. Die Datenerhebung wurde von den anwesenden Tierärztinnen durchgeführt, mit Ausnahme der Verluste innerhalb der ersten 24 Stunden nach der Kastration, die von den Landwirtinnen und Landwirten erhoben wurden.

2.6.1. Abwehrverhalten (Abwehrbewegungen, Vokalisation)

Zur Bewertung des Abwehrverhaltens wurden die Abwehrbewegungen und die Vokalisation der Ferkel erhoben. Die Abwehrbewegungen und die Vokalisation der Ferkel wurden anhand der Videoaufnahmen, die während der Injektion während den Durchgängen 2 bis 4 sowie während der Kastration während den Durchgängen 1 bis 4 mit einer Kamera (Victure AC420 Action-Kamera 14MP WLAN Full HD 1080P, China) aufgezeichnet wurden, entsprechend einem vorher festgelegten Bewertungssystem ausgewertet. Alle Videos wurden zwischen Juni und Oktober 2022 von derselben Tierärztin der Klinik für Schweine ausgewertet. Eine Verblindung war aufgrund des Versuchsaufbaus nicht möglich. Das verwendete Bewertungssystem der Abwehrbewegungen während der Injektion und der Kastration ist in Tabelle 3 dargestellt. So wurden die Abwehrbewegungen zu den Zeitpunkten Injektion, Hautschnitt und Samenstrangdurchtrennung für den linken und den rechten Hoden getrennt mittels eines Abwehrscores bewertet und anschließend für die Auswertung zusammengefasst. Aufgrund der unterschiedlichen Fixationstechniken bei der Kastration musste der ursprünglich ausgewählte Abwehrscore für diesen Arbeitsschritt für die Betriebe 1, 2, 6 und 7 modifiziert werden. So lag in den Betrieben 3, 4, 5, 8 und 9 die maximal erreichbare Punktzahl pro Arbeitsschritt bei sechs (drei pro Hoden) hingegen in den Betrieben 1, 2, 6 und 7 bei vier (zwei pro Hoden). Um eine Gesamtpunktzahl für die Kastration zu erhalten, wurden die Punktzahlen für den Hautschnitt und die Samenstrangdurchtrennung summiert. Für die statistische Auswertung wurden die verschiedenen Punktzahlen der Abwehrbewegungen auf 100 skaliert, um die neun Betriebe miteinander vergleichbar zu machen. Die Vokalisation wurde zu den Zeitpunkten Injektion, Hautschnitt und Samenstrangdurchtrennung für den linken und rechten Hoden getrennt erhoben. Anschließend wurde jedes Ereignis zusammengefasst. Die Vokalisation wurde mit 1 (Vokalisation) bewertet, wenn das Ferkel mit einem akuten Aufschrei auf den Eingriff reagierte, oder mit 0 (keine Vokalisation), wenn das Ferkel nicht auf den Eingriff mit einer Veränderung der Vokalisation reagierte.

Tabelle 3: Score zur Bewertung der Abwehrbewegungen während Injektion, Hautschnitt und Samenstrangdurchtrennung

Abwehrbewegungen	Score*: n/gesamt (%)		
	Injektion	Hautschnitt und Samenstrangdurchtrennung	
	Betriebe 1-9	Betriebe 3, 4, 5, 8, 9	Betriebe 1, 2, 6, 7
Keine Beinbewegung	0/3 (0,0)	0/3 (0,0)	0/2 (0,0)
Einzelne Beinbewegung	1/3 (33,3)	1/3 (33,3)	1/2 (50,0)
Wiederholte Beinbewegungen	2/3 (66,7)	2/3 (66,7)	
Wiederholte Beinbewegungen und Bewegung des Beckens	3/3 (100,0)	3/3 (100,0)	2/2 (100,0)

*Für jeden Arbeitsschritt (Injektion, Hautschnitt und Samenstrangdurchtrennung) wurde ein Score von 0 bis 3 (Betriebe 3, 4, 5, 8 und 9) oder von 0 bis 2 (Betriebe 1, 2, 6 und 7) pro Hoden vergeben; der entsprechende auf 100 skalierte Score befindet sich in Klammern.

2.6.2. Nebenwirkungen, Mortalität

Um die Sicherheit der Lokalanästhesie-Methode zu bewerten, wurden mögliche Nebenwirkungen nach der Lidocain-Injektion dokumentiert. Traten Nebenwirkungen auf, wurden gegebenenfalls Gegenmaßnahmen ergriffen. Die Mortalität der Ferkel innerhalb der ersten 24 Stunden nach der Kastration wurde nach jedem Durchgang erfasst.

Insgesamt wurden die Nebenwirkungen und die Mortalität von 920 betäubungslos kastrierten und 4.058 unter Lokalanästhesie kastrierten Ferkeln ausgewertet. Zusätzlich zu den 3.046 unter Lokalanästhesie kastrierten Ferkel aus den Durchgängen 2 bis 4, wurden auch die 1.012 Ferkel aus der praktischen Schulung der Landwirtinnen und Landwirte in diese Ergebnisse miteinbezogen.

2.6.3. Lidocain Verbrauch, Arbeitszeit und Arbeitslast

Der tatsächliche Lidocain-Verbrauch pro Ferkel wurde berechnet, indem das Lidocain zu Beginn und am Ende jedes Durchgangs gewogen, daraus das verbrauchte Volumen berechnet und dieses durch die Anzahl der jeweils injizierten Ferkel pro Durchgang dividiert wurde.

Die Arbeitszeit pro Ferkel wurde für die Arbeitsschritte „Injektion“ und „Kastration“ in jedem Durchgang berechnet. Dafür wurden Anfangs- und Endzeit mit einer Stoppuhr für die Arbeitsschritte „Injektion“

(Verabreichung des Lokalanästhetikums vom ersten bis zum letzten Ferkel jedes Wurfs) und „Kastration“ (vom ersten bis zum letzten Ferkel jedes Wurfs) notiert. Diese wurde durch die Anzahl der Ferkel im Wurf dividiert und daraus ein Mittelwert für die Dauer pro Ferkel für jeden Durchgang berechnet.

Zudem wurde für den gesamten Arbeitsprozess die Arbeitszeit (Vorbereitung, Injektion, Kastration und Nachbereitung) pro Ferkel ermittelt. Dafür wurde die Startzeit der Vorbereitung und die Endzeit der Nachbereitung dokumentiert und für jeden Durchgang durch die Anzahl der kastrierten Ferkel dividiert. Für die Berechnung der Arbeitslast wurde in dem jeweiligen Durchgang die Anzahl der beteiligten Personen berücksichtigt und diese mit der Gesamtarbeitszeit pro Ferkel multipliziert.

3. Statistische Auswertung

Da es sich um eine Orientierungsstudie handelt, wurde für die Tierzahlbestimmung kein statistisches Gutachten erstellt. Die Tierzahlen ergaben sich aus den vier Durchgängen und der praktischen Schulung auf jedem der neun Betriebe und wurden im Anschluss nachgemeldet. Die sich möglicherweise ergebende Tierzahl wurde wie folgt berechnet:

Ferkelzahl: Anzahl männlicher Ferkel pro Durchgang (ca. 6 pro Sau)
x Anzahl der Durchgänge x Anzahl der Betriebe

So ergab sich eine geschätzte Tierzahl von 7.650 Ferkeln.

Die gesammelten Daten wurden in einer Datenbank mit Microsoft Excel® 2021 (Fa. Microsoft, Redmond, USA) zusammengefasst und mit der Statistiksoftware IBM SPSS® Statistics (Version 29.0.0.0, Fa. IBM Corp. Armonk, USA) und R (R Version 4.3.1 (2023-06-16), R Foundation for Statistical Computing, Wien, Österreich) ausgewertet. Arbeitszeit, Arbeitslast und Lidocain-Verbrauch wurden deskriptiv ausgewertet und als Mittelwert + Standardabweichung dargestellt. Für die binomialen Parameter (Vokalisation) wurde das binomiale logistische Regressionsmodell mit Binomialfamilie verwendet, für die metrischen Parameter (Abwehrbewegungen) das generalisierte lineare Modell mit

Quasi-Binomialfamilie. Der Vergleich zwischen den Gruppen wurde mit "emmeans" berechnet. Statistische Signifikanz wurde bei $p < 0,05$ angenommen

IV. ERGEBNISSE

In die Auswertung flossen gültige Daten von 3.966 Ferkel ein. Dabei wurden Daten von 920 betäubungslos kastrierten Ferkeln aus neun Durchgängen (ein Durchgang pro Betrieb) und von 3.046 unter Lokalanästhesie kastrierter Ferkel aus 27 Durchgängen (drei Durchgänge pro Betrieb) ausgewertet. Bei 970 der unter Lokalanästhesie kastrierten Ferkel wurde diese von einer Tierärztin appliziert, bei den restlichen 2.076 Ferkeln von den geschulten Landwirtinnen und Landwirten des jeweiligen Betriebes (Tabelle 1).

1. Nebenwirkungen und Mortalität

Bei zwei von 4.058 unter Lokalanästhesie kastrierten Ferkeln (0,05 %) traten in der Zeit zwischen der Lidocain-Injektion und der Kastration unterschiedliche Nebenwirkungen auf. Ein Ferkel wies kein Stehvermögen in den Hintergliedmaßen auf, das Bewusstsein war während der Dauer des Auftretens der Nebenwirkungen ungestört. Das Tier wurde während der gesamten Zeit in der Bucht belassen und überwacht. Die Symptome verschwanden nach Aussage der Landwirtinnen und Landwirte innerhalb von zwei Stunden vollständig. Das zweite Ferkel mit unerwünschten Nebenwirkungen befand sich kurz nach der Injektion plötzlich in Seitenlage, zeigte rudernde Bewegungen der Gliedmaßen und Dyspnoe mit Maulatmung. Es wurde sofort mit kaltem Wasser abgeduscht und 1 mg Dexamethason (Dexa-Ject 2 mg/ml ad us. vet., Lösung zur Injektion) i. m. injiziert. Zudem wurde es vom Wurf vorübergehend getrennt. Innerhalb von zwei Stunden verschwanden die Symptome. Das Tier wies wieder ein ungestörtes Geh- und Stehvermögen auf und konnte zurück zu seinen Wurfgeschwistern gesetzt werden. Die Mortalität innerhalb der ersten 24 Stunden nach der Kastration unterschied sich zwischen betäubungslos kastrierten (vier von 920) und unter Lokalanästhesie kastrierten (17 von 4.058) Ferkeln nicht und lag bei jeweils 0,4 %.

2. Abwehrbewegungen

Tabelle 4: Estimated means (EM, %) $\pm$ Standardfehler (SE) des Abwehrscores für jeden Betrieb, jeden Arbeitsschritt und jede Gruppe

Arbeits- schritt		Gruppe	Betrieb										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	1-9	
Injektion		Control	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Vet	21,4 ± 5,3 ^a	42,8 ± 4,3 ^a	42,9 ± 5,6 ^a	40,8 ± 2,9 ^a	33,6 ± 2,8 ^a	73,1 ± 2,2 ^a	64,0 ± 2,5 ^a	51,5 ± 2,6 ^a	37,4 ± 2,9 ^a	50,8 ± 1,1 ^a	
		Farmer	33,5 ± 3,1 ^a	58,2 ± 3,5 ^b	34,7 ± 3,5 ^a	55,1 ± 2,2 ^b	40,4 ± 1,8 ^b	37,3 ± 2,0 ^b	43,2 ± 1,9 ^b	60,0 ± 1,7 ^b	60,3 ± 1,7 ^b	49,3 ± 0,7 ^a	
Kastration		HS	Control	12,5 ± 3,1 ^a	12,1 ± 3,7 ^a	28,7 ± 4,8 ^a	32,0 ± 4,1 ^a	26,6 ± 2,9 ^a	57,6 ± 2,4 ^a	25,7 ± 2,2 ^a	42,3 ± 2,5 ^a	33,7 ± 2,2 ^a	35,5 ± 1,1 ^a
			Vet	6,0 ± 3,0 ^a	4,1 ± 1,7 ^a	1,0 ± 1,1 ^b	13,3 ± 2,0 ^b	20,5 ± 2,3 ^a	44,9 ± 2,4 ^b	6,0 ± 1,2 ^b	25,7 ± 2,2 ^b	16,7 ± 2,2 ^b	20,0 ± 0,8 ^b
			Farmer	10,0 ± 1,9 ^a	8,1 ± 1,8 ^a	10,9 ± 2,2 ^b	21,1 ± 1,8 ^c	9,1 ± 1,0 ^b	35,1 ± 1,9 ^c	7,9 ± 1,0 ^b	22,7 ± 1,4 ^b	15,1 ± 1,2 ^b	16,9 ± 0,5 ^c
		SSD	Control	65,8 ± 4,6 ^a	87,9 ± 3,9 ^a	61,2 ± 5,4 ^a	98,1 ± 1,3 ^a	96,6 ± 1,2 ^a	91,3 ± 1,4 ^a	73,2 ± 2,4 ^a	66,3 ± 2,5 ^a	85,1 ± 1,8 ^a	81,3 ± 0,9 ^a
			Vet	8,0 ± 3,6 ^b	31,8 ± 4,2 ^b	8,1 ± 3,1 ^b	27,8 ± 2,7 ^b	30,4 ± 2,7 ^b	45,7 ± 2,5 ^b	22,2 ± 2,2 ^b	24,1 ± 2,2 ^b	18,1 ± 2,3 ^b	27,7 ± 1,0 ^b
			Farmer	18,6 ± 2,6 ^b	35,1 ± 3,4 ^b	22,6 ± 3,1 ^c	31,8 ± 2,1 ^b	18,7 ± 1,5 ^c	36,5 ± 2,0 ^c	13,7 ± 1,3 ^c	17,1 ± 1,3 ^c	17,1 ± 1,3 ^b	21,8 ± 0,6 ^c
		Gesamt (HS + SSD)	Control	39,1 ± 3,3 ^a	50,0 ± 4,2 ^a	44,9 ± 3,8 ^a	65,1 ± 3,1 ^a	61,7 ± 2,3 ^a	76,9 ± 1,5 ^a	49,5 ± 1,9 ^a	54,3 ± 1,9 ^a	59,4 ± 1,7 ^a	58,9 ± 0,8 ^a
			Vet	6,9 ± 2,4 ^b	18,0 ± 2,4 ^b	3,3 ± 1,4 ^b	20,6 ± 1,7 ^b	25,7 ± 1,8 ^b	45,4 ± 1,7 ^b	14,1 ± 1,3 ^b	24,9 ± 1,6 ^b	17,4 ± 1,6 ^b	23,8 ± 0,6 ^b
			Farmer	14,3 ± 1,6 ^b	21,5 ± 2,0 ^b	14,8 ± 1,8 ^c	26,4 ± 1,4 ^b	13,9 ± 0,9 ^c	36,0 ± 1,4 ^c	10,8 ± 0,8 ^b	19,9 ± 1,0 ^c	16,2 ± 0,9 ^b	19,3 ± 0,4 ^c

Verschiedene hochgestellte Buchstaben innerhalb einer Spalte kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Gruppen für jeden Betrieb und für jeden Arbeitsschritt; *HS*: Hautschnitt; *SSD*: Samenstrangdurchtrennung; *Control*: betäubungslose Kastration (Durchgang 1); *Vet*: Kastration unter Lokalanästhesie, Injektion durch Tierärztin (Durchgang 2); *Farmer*: Kastration unter Lokalanästhesie, Injektion durch geschulte Landwirte oder Landwirtinnen.

Tabelle 5: Anteil (%) der Ferkel mit Abwehrbewegungen (Abwehrscore > 0) für jeden Betrieb, jeden Arbeitsschritt und jede Gruppe

Arbeits-schritt	Gruppe	Betrieb									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	1-9
Injektion	<i>Control</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Vet</i>	48,0	70,9	72,7	72,5	66,7	93,1	89,0	83,6	71,2	79,1
	<i>Farmer</i>	65,3	87,2	71,6	88,2	75,7	60,6	71,8	90,9	88,0	79,2
Kastration	HS	<i>Control</i>	39,1	38,7	80,6	65,4	67,4	77,8	53,9	94,7	68,0
		<i>Vet</i>	16,0	12,7	3,0	30,0	48,8	61,5	17,1	73,9	45,4
		<i>Farmer</i>	27,8	20,7	28,4	39,0	22,9	55,8	22,5	61,4	35,1
	SSD	<i>Control</i>	93,5	100	88,9	100	100	96,6	95,5	99,3	99,4
		<i>Vet</i>	20,0	60,0	12,1	54,2	68,0	71,8	41,8	60,9	40,3
		<i>Farmer</i>	38,1	67,8	27,2	58,2	38,9	59,2	27,5	50,1	37,9

HS: Hautschnitt; SSD: Samenstrangdurchtrennung; *Control*: betäubungslose Kastration (Durchgang 1); *Vet*: Kastration unter Lokalanästhesie, Injektion durch Tierärztin (Durchgang 2); *Farmer*: Kastration unter Lokalanästhesie, Injektion durch geschulte Landwirte oder Landwirtinnen.

2.1. Injektion

Betriebsübergreifend zeigten 79,1 % der Ferkel in der Gruppe *Vet* und 79,2 % in der Gruppe *Farmer* Abwehrbewegungen während der Injektion (siehe Tabelle 5). Betriebsübergreifend lagen die Estimated means (EM) des Abwehrscores während der Injektion bei $50,8 \pm 1,1$ % für die Gruppe *Vet* und bei $49,3 \pm 0,7$ % für die Gruppe *Farmer* (siehe Tabelle 4 Abbildung 1). Diese variierten auf den einzelnen Betrieben in der Gruppe *Vet* zwischen $21,4 \pm 5,3$ % und $73,1 \pm 2,2$ % und in der Gruppe *Farmer* zwischen $34,7 \pm 3,5$ % und $60,3 \pm 1,7$ %.

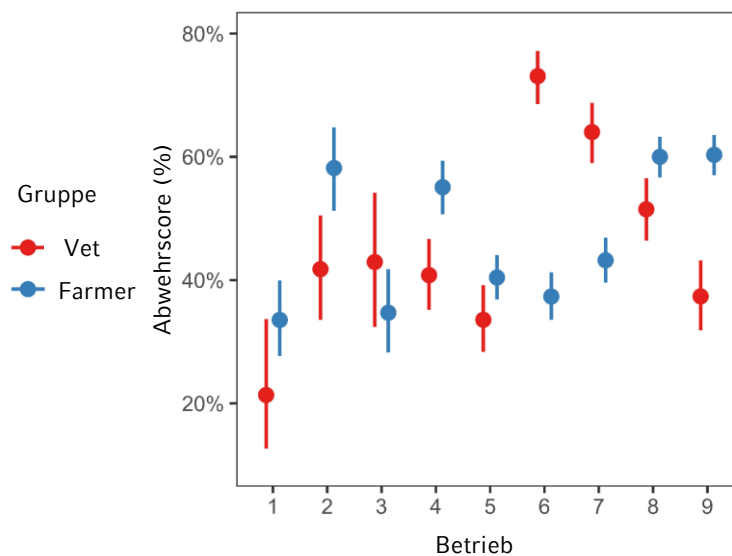


Abbildung 1: EM des Abwehrscores während der Injektion der Lokalanästhesie

2.2. Kastration

Über alle Betriebe hinweg betrugen die EM des Abwehrescores während der Kastration $58,9 \pm 0,8$ % für die Gruppe *Control*, $23,8 \pm 0,6$ % für die Gruppe *Vet* und $19,3 \pm 0,4$ % für die Gruppe *Farmer* (siehe Tabelle 5 und Abbildung 2). Die EM des Abwehrescores während der Kastration (Hautschnitt + Samenstrangdurchtrennung) verringerten sich signifikant ($p < 0,0001$) durch die Verabreichung von Lidocain in den Gruppen *Vet* und *Farmer* im Vergleich zur Gruppe *Control*. Diese variierten betriebsabhängig in der Gruppe *Control* zwischen $39,1 \pm 3,3$ % und $76,9 \pm 1,5$ %, in der Gruppe *Vet* zwischen $3,3 \pm 1,4$ % und $45,4 \pm 1,7$ % und in der Gruppe *Farmer* zwischen $10,8 \pm 0,8$ % und $26,4 \pm 1,4$ %.

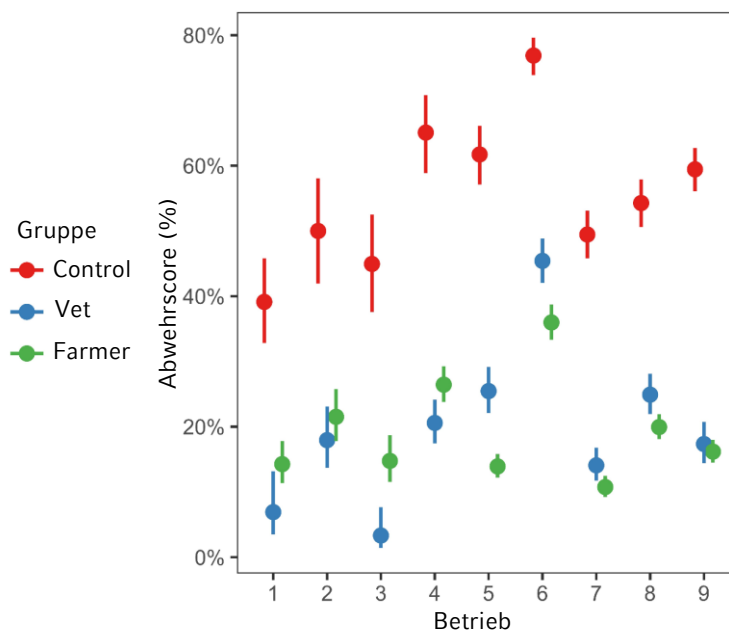


Abbildung 2: EM des Abwehrescores während der Kastration

2.3. Hautschnitt

Über alle Betriebe hinweg zeigten 69,8 % der Ferkel in der Gruppe *Control*, 42,9 % in der Gruppe *Vet* und 37,9 % in der Gruppe *Farmer* Abwehrbewegungen (Abwehrscore > 0) während des Hautschnittes (siehe Tabelle 5). Betriebsübergreifend lagen die EM der Abwehrscores bei $35,5 \pm 1,1$ in der Gruppe *Control*, bei $20,0 \pm 0,8$ % in der Gruppe *Vet* und bei $16,9 \pm 0,5$ % in der Gruppe *Farmer* (siehe Tabelle 4 und Abbildung 3). Die EM der Abwehrscores variierten auf den neun Betrieben in der Gruppe *Control* zwischen $12,1 \pm 3,7$ % und $57,6 \pm 2,4$ %, in der Gruppe *Vet* zwischen $1,0 \pm 1,1$ % und $44,9 \pm 2,4$ % und in der Gruppe *Farmer* zwischen $7,9 \pm 1,0$ % und $35,1 \pm 1,9$ %.

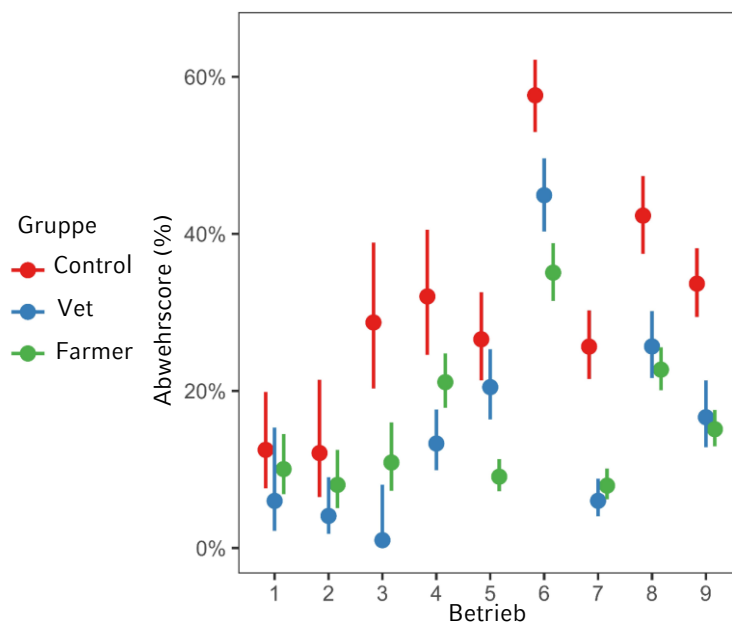


Abbildung 3: EM des Abwehrscores während des Hautschnitts

2.4. Samenstrangdurchtrennung

Betriebsübergreifend zeigten 97,6 % der Ferkel während der Samenstrangdurchtrennung Abwehrbewegungen (Abwehrscore > 0) bei der Gruppe *Control*, 54,5 % bei der Gruppe *Vet* und 44,3 % bei der Gruppe *Farmer* (Tabelle 5). Betriebsübergreifend lagen die EM des Abwehrscores bei $81,3 \pm 0,9$ % für die Gruppe *Control*, bei $27,7 \pm 1,0$ % für die Gruppe *Vet* und bei $21,8 \pm 0,6$ % für die Gruppe *Farmer* (Tabelle 4 und Abbildung 4). Die EM des Abwehrscores während der Durchtrennung der Samenstränge waren durch die Verabreichung von Lidocain in allen neun Betrieben im Vergleich zur Gruppe *Control* signifikant vermindert. Diese variierten auf den neun Betrieben in der Gruppe *Control* zwischen $61,2 \pm 5,4$ % und $98,1 \pm 1,3$ %, in der Gruppe *Vet* zwischen $8,0 \pm 3,6$ % und $45,7 \pm 2,5$ % und in der Gruppe *Farmer* zwischen $13,7 \pm 1,3$ % und $36,5 \pm 2,0$ %.

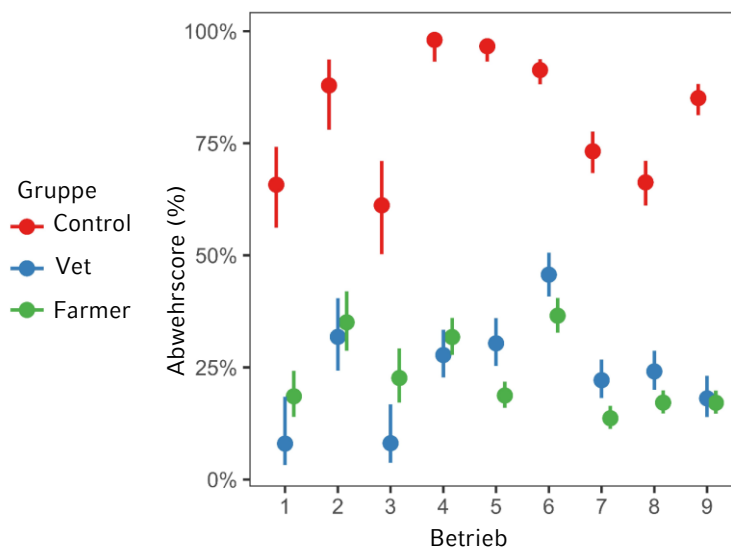


Abbildung 4: EM des Abwehrscores während der Samenstrangdurchtrennung

3. Vokalisation

3.1. Injektion

Betriebsübergreifend zeigten 73,3 % der Ferkel in der Gruppe *Vet* und 72,1 % in der Gruppe *Farmer* Lautäußerungen (siehe Tabelle 6). In den Betrieben 4, 8 und 9 war die Anzahl der Ferkel mit Lautäußerungen während der Lidocain-Injektion in der Gruppe *Vet* signifikant niedriger als in der Gruppe *Farmer*, während sie in den Betrieben 6 und 7 signifikant höher war.

Tabelle 6: Prozentualer Anteil der Ferkel mit Lautäußerungen für jeden Betrieb, jede Gruppe und jeden Arbeitsschritt

Arbeits-schritt	Gruppe	Betrieb									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	1-9
Injektion	<i>Control</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Vet</i>	24,0 ^a	74,5 ^a	66,7 ^a	51,7 ^a	61,0 ^a	93,1 ^a	84,5 ^a	79,2 ^a	67,8 ^a	73,3 ^a
	<i>Farmer</i>	43,2 ^a	81,4 ^a	63,0 ^a	77,8 ^b	65,9 ^a	59,8 ^b	62,5 ^b	88,1 ^b	82,0 ^b	72,1 ^a
Kastration	HS	<i>Control</i>	95,7 ^a	67,7 ^a	94,4 ^a	69,2 ^a	68,4 ^a	82,4 ^a	98,1 ^a	90,8 ^a	82,6 ^a
		<i>Vet</i>	48,0 ^b	50,9 ^a	12,1 ^b	32,5 ^b	44,0 ^b	59,8 ^b	48,7 ^b	63,4 ^b	49,3 ^b
		<i>Farmer</i>	44,3 ^b	44,8 ^a	27,2 ^b	43,7 ^b	20,6 ^c	51,9 ^b	48,0 ^b	57,0 ^b	42,9 ^c
	SSD	<i>Control</i>	98,2 ^a	99,2 ^a	90,6 ^a	99,2 ^a	97,2 ^a	97,5 ^a	97,9 ^a	97,5 ^a	99,1 ^a
		<i>Vet</i>	42,2 ^b	54,7 ^b	12,1 ^b	55,9 ^b	52,6 ^b	59,0 ^b	36,7 ^b	45,3 ^b	46,8 ^b
		<i>Farmer</i>	48,7 ^b	70,1 ^b	29,3 ^b	57,3 ^b	35,0 ^c	55,7 ^b	31,5 ^b	41,6 ^b	43,6 ^b

Verschiedene hochgestellte Buchstaben innerhalb einer Spalte kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Gruppen für jeden Betrieb und für jeden Arbeitsschritt; *HS*: Hautschnitt; *SSD*: Samenstrangdurchtrennung; *Control*: betäubungslose Kastration (Durchgang 1); *Vet*: Kastration unter Lokalanästhesie, Injektion durch Tierärztin (Durchgang 2); *Farmer*: Kastration unter Lokalanästhesie, Injektion durch geschulte Landwirtinnen oder Landwirte.

3.2. Hautschnitt

Betriebsübergreifend zeigten 82,6 % der Ferkel in der Gruppe *Control*, 49,3 % in der Gruppe *Vet* und 42,9 % in der Gruppe *Farmer* Lautäußerungen (siehe Tabelle 6). Auf allen Betrieben, mit Ausnahme von Betrieb 2, nahm die Anzahl der Ferkel, die während des Hautschnittes Lautäußerungen zeigten, in beiden Gruppen (*Vet* und *Farmer*) im Vergleich zur Gruppe *Control* deutlich ab. Nur in Betrieb 5 war der Prozentsatz der Ferkel mit Lautäußerungen in der Gruppe *Vet* im Vergleich zur Gruppe *Farmer* signifikant erhöht.

3.3. Samenstrangdurchtrennung

Betriebsübergreifend zeigten 97,8 % der Ferkel in der Gruppe *Control*, 46,8 % in der Gruppe *Vet* und 43,6 % in der Gruppe *Farmer* Lautäußerungen (siehe Tabelle 6). Durch die Anwendung von Lidocain (Gruppen *Vet* und *Farmer*) war die Anzahl der Ferkel mit Lautäußerungen während der Durchtrennung der Samenstränge im Vergleich zur Gruppe *Control* in allen 9 Betrieben signifikant verringert. In Betrieb 5 war der Prozentsatz der Ferkel mit Vokalisation in der Gruppe *Vet* im Vergleich zur Gruppe *Farmer* signifikant erhöht.

4. Lidocain Verbrauch

Jedes Ferkel erhielt im Durchschnitt $1,13 \pm 0,14$ ml Lidocain in der Gruppe *Vet*. Die Werte variierten zwischen 0,93 ml und 1,29 ml. In der Gruppe *Farmer* erhielt jedes Ferkel im Durchschnitt $1,24 \pm 0,15$ ml Lidocain. Hier variierten die durchschnittlichen Werte zwischen 1,0 ml und 1,56 ml pro Ferkel.

5. Arbeitszeit und Arbeitslast

Die durchschnittliche Zeit pro Wurf zwischen dem Ende der Injektion des Lokalanästhetikums und dem Beginn der Kastration betrug $25,1 \pm 5,42$ Minuten. Der betriebsübergreifende Zeitaufwand pro Ferkel für die Kastration lag in der Gruppe *Control* bei $0,4 \pm 0,12$ Minuten, in der Gruppe *Farmer* bei $0,5 \pm 0,17$ Minuten. In Tabelle 7 und Tabelle 8 sind die pro Durchgang benötigten Zeit für die Injektion, die Kastration, den gesamten Prozess und den Arbeitsaufwand (benötigte Zeit für den gesamten Prozess hochgerechnet auf die Anzahl der beteiligten Personen) für jeden Betrieb und jede Gruppe dargestellt. Der gesamte Kastrationsprozess, einschließlich der Vorbereitung, der Injektion des Analgetikums, der Kastration und der Nachbearbeitung, dauerte in der Gruppe *Control* durchschnittlich $1,2 \pm 0,43$ Minuten. In den Lokalanästhesie-Gruppen erhöhte sich der Zeitbedarf über alle Betriebe hinweg durch die Injektion des zweiten Analgetikums und des Lokalanästhetikums sowie durch die erforderliche Wartezeit von mindestens 20 Minuten zwischen Injektion und Kastration. Für die Gruppe *Farmer* betrug der Zeitaufwand pro Ferkel

somit $2,1 \pm 0,84$ Minuten. Für den gesamten Kastrationsprozess und die Berechnung der Arbeitslast wurden die Werte der entsprechenden Durchgänge angegeben (*Control*: Durchgang 1; *Farmer*: Durchgang 3 & Durchgang 4). Um die durchschnittlich benötigte Zeit für ein einzelnes Ferkel während des gesamten Kastrationsprozesses zu ermitteln, wurde seine pro Durchgang berechnete Dauer durch die Anzahl der Ferkel geteilt.

Tabelle 7: Benötigte Zeit (in Minuten) pro Ferkel für jeden Betrieb, jede Gruppe und jeden Arbeitsschritt pro Durchgang

Betrieb	Gruppe	Benötigte Zeit pro Ferkel in Minuten	
		Injektion	Kastration
1	<i>Control</i>	-	$0,4 \pm 0,13$
	<i>Farmer</i>	$0,6 \pm 0,2$	$0,4 \pm 0,08$
2	<i>Control</i>	-	$0,3 \pm 0,06$
	<i>Farmer</i>	$0,6 \pm 0,16$	$0,4 \pm 0,08$
3	<i>Control</i>	-	$0,6 \pm 0,07$
	<i>Farmer</i>	$0,8 \pm 0,14$	$0,7 \pm 0,10$
4	<i>Control</i>		$0,4 \pm 0,12$
	<i>Farmer</i>	$0,5 \pm 0,11$	$0,4 \pm 0,08$
5	<i>Control</i>		$0,6 \pm 0,10$
	<i>Farmer</i>	$0,4 \pm 0,11$	$0,6 \pm 0,12$
6	<i>Control</i>		$0,5 \pm 0,13$
	<i>Farmer</i>	$0,6 \pm 0,11$	$0,6 \pm 0,10$
7	<i>Control</i>		$0,3 \pm 0,15$
	<i>Farmer</i>	$0,5 \pm 0,10$	$0,3 \pm 0,07$
8	<i>Control</i>		$0,4 \pm 0,10$
	<i>Farmer</i>	$0,4 \pm 0,12$	$0,3 \pm 0,09$
9	<i>Control</i>		$0,6 \pm 0,13$
	<i>Farmer</i>	$0,4 \pm 0,09$	$0,7 \pm 0,13$
1-9	<i>Control</i>		$0,4 \pm 0,12$
	<i>Farmer</i>	$0,5 \pm 0,12$	$0,5 \pm 0,17$

Für die Arbeitsschritte *Injektion* und *Kastration* werden die Mittelwerte $\pm$ die Standardabweichungen angegeben; *Control*: betäubungslose Kastration (Durchgang 1); *Farmer*: Kastration unter Lokalanästhesie, Injektion durch geschulte Landwirtinnen oder Landwirte.

Tabelle 8: Benötigte Zeit (in Minuten) pro Ferkel für den gesamten Kastrationsprozess und Arbeitslast für jeden Betrieb während der Durchgänge 1, 3 & 4

Betrieb	Gruppe	DG	Anzahl Sauen pro DG	Anzahl Ferkel pro DG	Durchschnittlich benötigte Zeit pro Ferkel in Minuten		
					Gesamter Kastrationsprozess	Beteiligte Personen	Arbeitslast
1	Control	1	8	46	1,2	2	2,5
	Farmer	3	8	34	2,6	2	5,1
		4	10	63	1,8	2	3,6
2	Control	1	7	31	1,9	1	1,9
	Farmer	3	8	39	4,0	1	4,0
		4	9	48	3,3	1	3,3
3	Control	1	7	36	1,8	1	1,8
	Farmer	3	6	37	3,2	2	6,5
		4	10	44	3,4	2	6,8
4	Control	1	10	52	0,9	2	1,7
	Farmer	3	18	107	1,5	2	3,1
		4	16	106	1,6	2	3,3
5	Control	1	16	95	1,3	1	1,8
	Farmer	3	24	171	2,0	1	2,0
		4	22	135	2,1	1	2,1
6	Control	1	26	176	0,6	4	2,3
	Farmer	3	22	137	1,5	3	4,6
		4	19	123	1,3	3	3,9
7	Control	1	27	154	0,9	2	1,8
	Farmer	3	27	186	1,2	3	3,5
		4	26	116	1,7	3	5,0
8	Control	1	27	152	1,3	2	2,6
	Farmer	3	32	195	1,6	3	4,7
		4	30	168	1,4	3	4,3
9	Control	1	31	178	1,0	2	2,0
	Farmer	3	35	166	1,8	2	3,6
		4	35	201	1,3	2	2,6
1-9	Control	1			1,2 ± 0,43		2,0 ± 0,34
	Farmer	3&4			2,1 ± 0,84		4,0 ± 1,27

Arbeitslast: Zeitaufwand für den Kastrationsprozess hochgerechnet auf die Anzahl der beteiligten Personen; *DG:* Durchgang; für den *gesamten Kastrationsprozess* und die *Arbeitslast* werden die Werte der entsprechenden Durchgänge angegeben; *Control:* betäubungslose Kastration (Durchgang 1); *Farmer:* Kastration unter Lokalanästhesie, Injektion durch geschulte Landwirte oder Landwirtinnen.

V. DISKUSSION

Seit dem 01.01.2021 verbietet das deutsche TierSchG mit der Aufhebung von § 5 Abs. 3 Nr. 1a die Kastration unter acht Tage alter männlicher Schweine ohne vollständige Schmerzausschaltung (TierSchG, 2022). Schon vor dem Eintreten des Verbotes der betäubungslosen Saugferkelkastration, wurde in Deutschland über mögliche Alternativen diskutiert, auch über die chirurgische Kastration unter Lokalanästhesie. Diese würde mehrere Vorteile bieten, wie zum Beispiel den Wegfall der mit einer Allgemeinanästhesie verbundenen Risiken und einen geringeren apparativen Aufwand, weshalb bereits verschiedene Untersuchungen zu dieser Methode durchgeführt wurden mit schwer vergleichbaren beziehungsweise divergierenden Ergebnissen (Coutant et al., 2022a, b; Haga und Ranheim, 2005; Hansson et al., 2011; Hofmann et al., 2019; Horn et al., 1999; Kluivers-Poodt et al., 2012; Leidig et al., 2009; Marx et al., 2003; Pérez-Pedraza et al., 2018; Ranheim et al., 2005; Rauh et al., 2019; Skade et al., 2021; Söbbeler et al., 2022; Waldmann et al., 2018; White et al., 1995; Zankl et al., 2007).

Die vorliegende Studie stellt den letzten Teil eines groß angelegten Projekts zum Einsatz von Lokalanästhesie zur Schmerzausschaltung bei der Ferkelkastration in der ersten Lebenswoche dar (LokaFer). Ziel dieser Studie war es, die Durchführung der chirurgischen Kastration unter Lokalanästhesie mit Lidocain an wachen Ferkeln unter Feldbedingungen in konventionellen Betrieben in Süddeutschland zu untersuchen. Dafür wurden Daten von 3.966 unter acht Tage alten Ferkeln aus neun Betrieben und 27 Abferkeldurchgängen ausgewertet und hinsichtlich der Wirksamkeit und der Praktikabilität der Lokalanästhesie ausgewertet. Das Augenmerk lag auf Wirksamkeit und Sicherheit der Lokalanästhesie (Abwehrbewegungen, Nebenwirkungen und Ferkelverluste) sowie der benötigten Arbeitszeit und des Lidocainverbrauchs.

1. Lokalanästhesie-Methode

Das Lokalanästhetikum Lidocain, die Dosierung von 0,6 ml pro Hoden und die verwendete two-step Injektionstechnik mit gekürzter Kanüle wurden aufgrund der Ergebnisse der vorherigen Studienabschnitte ausgewählt (Abendschön et al., 2020; Saller et al., 2020; Werner et al., 2022). So konnten in der Studie von Abendschön et al. (2020) die Lokalanästhetika Procain und Bupivacain die Schmerzen bei der Durchtrennung der Samenstränge deutlich lindern, nicht aber während des Hautschnitts. Daher wurden in der Studie von Werner et al. (2022) ausschließlich die Auswirkungen von zwei verschiedenen Injektionstechniken (one-step F und two-step) in Kombination mit Lidocain und Mepivacain untersucht. Da die mit Lidocain injizierten Ferkel bei der two-step Methode den geringsten Anteil an Abwehrbewegungen zeigten, wurden Lidocain und die two-step Methode als Methode der Wahl für diese Feldstudie ausgewählt (Werner et al., 2022).

In der vorliegenden Studie wurde eine Mindestwartezeit von 20 Minuten zwischen Injektion und Kastration eingehalten, um die Vergleichbarkeit der einzelnen Studien des Großprojektes „LokaFer“ untereinander beizubehalten (Abendschön et al., 2020; Saller et al., 2020; Werner et al., 2022). Aus Managementgründen war es in der vorliegenden Studie jedoch nicht immer möglich, die 20 Minuten für alle Ferkel in allen Betrieben einzuhalten. Die tatsächlich vergangene Zeit zwischen Ende der Injektion des Lokalanästhetikums und Beginn der Kastration lag bei $25,13 \pm 5,42$ Minuten. Die Literatur berichtet, dass sich der Wirkstoff Lidocain durch eine rasch einsetzende Wirkung (etwa nach ein bis fünf Minuten) und eine längere Wirkungsdauer (konzentrationsabhängig bis zu zwei Stunden, mit Sperrkörpern bis zu vier Stunden) auszeichnet (Eberspächer-Schweda, 2020a; Löscher, 2014a; Richter, 2016). Auch in anderen Studien wurden für Lidocain kürzere Zeiten bis zum Wirkungseintritt berichtet (Haga und Ranheim, 2005; Söbbeler et al., 2022; Taylor und McLeod, 2020; Werner et al., 2022). Werner et al. (2022) konnten die gleichmäßige Verteilung einer 1:10 in Lidocainhydrochlorid 2 % verdünnten Kontrastmittelmischung in Skrotalhaut, Hoden, Hodenhüllen und Samenstrang direkt nach der Verabreichung nachweisen. Eine frühere

Studie von Ranheim et al. (2005) zeigte eine proximale Verteilung des Medikaments (radioaktiv markiertes Lidocain, 0,4 ml/kg pro Hoden, zwei Drittel intratestikulär injiziert, ein Drittel subkutan in das Skrotum) in den Samenstrang nach 10 Minuten und eine nur noch geringe Konzentration im *M. cremaster* nach 40 Minuten. Diese Ergebnisse wurden kürzlich auch von Söbbeler et al. (2022) bestätigt. Die aufgeführten Ergebnisse deuten darauf hin, dass in der vorliegenden Studie auch ein kürzeres Intervall zwischen der Injektion und der Kastration für die Wirksamkeit des Anästhetikums ausreichend gewesen wäre (Ranheim et al., 2005; Söbbeler et al., 2022; Werner et al., 2022). Alle in der vorliegenden Studie kastrierten Ferkel lagen jedoch im Rahmen der in der Literatur angegebenen Wirkungsdauer (konzentrationsabhängig bis zu zwei Stunden, mit Sperrkörpern bis zu vier Stunden) (Eberspächer-Schweda, 2020a; Löscher, 2014a; Richter, 2016).

Um nach dem Wirkungsende von Lidocain eine postoperative Analgesie zu gewährleisten, wurden allen Ferkeln unmittelbar vor der Injektion der Lokalanästhesie die Analgetika Meloxicam und Metamizol injiziert. Meloxicam ist ein nicht-steroidales Antiphlogistikum (NSAID) der Oxicam-Gruppe, das die Prostaglandinsynthese hemmt und dadurch antiphlogistisch, anti-exsudativ, analgetisch und antipyretisch wirkt (Eberspächer-Schweda, 2020b; Richter und Ungemach, 2014). Es ist bei Schweinen zur Linderung post-operativer Schmerzen bei kleineren Weichteiloperationen wie Kastrationen zugelassen (Vetidata, 2024). Es verringert die Cortisolwerte und das schmerzassoziierte Verhalten der Ferkel nach der Kastration (Keita et al., 2010; Tenbergen et al., 2014). Metamizol gehört zur Gruppe der Pyrazolon-Derivate und wird als Analgetikum, Antiphlogistikum, Antipyretikum und Spasmolytikum eingesetzt (Eberspächer-Schweda, 2020b; Richter und Ungemach, 2014; Tacke et al., 2008). Es hat bei Schweinen eine Zulassung für Krankheitszustände, bei denen eine positive Beeinflussung durch die analgetische, antipyretische, antiphlogistische und/oder spasmolytische Wirkung von Metamizol zu erwarten ist (Vetidata, 2024). Die Literatur zur Verwendung von Metamizol bei der Tierarzt Schwein ist begrenzt (Schoos et al., 2019). Bei Kälbern wurde jedoch nachgewiesen, dass es sich positiv

auf die intra- und postoperative Nozizeption auswirkt (Metzner et al., 2020).

2. Nebenwirkungen und Mortalität

Die Ferkelverluste innerhalb der ersten 24 Stunden nach der Kastration erhöhten sich in der vorliegenden Studie in den Durchgängen, in denen unter Lokalanästhesie kastriert wurde, nicht im Vergleich zu den betäubungslos kastrierten Durchgängen und lagen jeweils bei 0,4%. In den betäubungslosen Durchgängen verstarben vier der 920 kastrierten Tiere in den ersten 24 Stunden nach der Kastration. Bei diesen wurde von den Landwirtinnen und Landwirten plötzliches Verenden dokumentiert, die Ursachen konnten nicht verifiziert werden. Während den Lokalanästhesie-Durchgängen war die Ursache hierfür bei fünf dieser Ferkel eine unerkannt gebliebene *Hernia scrotalis*, weshalb sie fälschlicherweise wie die normalanatomischen Ferkel kastriert wurden. Zusätzlich wurde ein Ferkel von der Muttersau erdrückt. Bei elf weiteren Ferkeln konnte die Todesursache von den Landwirtinnen und Landwirten nicht festgestellt werden, wobei fünf dieser Ferkel am Tag der Kastration unter geringgradigem Durchfall litten. Die geringen Verluste decken sich mit den Ergebnissen von vorherigen Studien und zeigen, dass die Lokalanästhesie keinen Einfluss auf die Mortalität hat. In einem der vorherigen Studienabschnitten dieses Projektes verendete eines von zwölf unter Lidocain kastrierten Ferkeln (Abendschön et al., 2020). Die pathologisch-histologische Untersuchung dieses Ferkels zeigte, dass es zu einer starken Blutung in den Bauchraum kam, die möglicherweise durch eine erhöhte Blutungsneigung oder durch die chirurgische Kastration selbst bedingt wurde (Abendschön et al., 2020). Zusätzlich litt das Ferkel an einer hämorrhagisch-nekrotisierenden Pneumonie (Abendschön et al., 2020). Am wahrscheinlichsten erlag es jedoch an den Folgen einer Koagulopathie, da ein weiteres Ferkel des gleichen Wurfes nach einer Injektion mit Natriumchlorid (NaCl) verstarb (Abendschön et al., 2020). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sind vergleichbar mit denen anderer Studien, in denen es ebenfalls zu keiner erhöhten Mortalität durch die Verabreichung von Lidocain kam (Bonastre et al., 2016; Hansson et al., 2011; Hofmann et al., 2019; Kluivers-Poodt et al., 2012).

Nebenwirkungen traten bei zwei von 4.058 (0,05 %) Ferkeln dieser Studie im Zeitraum zwischen Injektion des Lokalanästhetikums und Kastration auf, die bei beiden Tieren reversibel waren. Die Gesamttierzahl 4.058 ergibt sich aus der Summe der 3.046 Ferkeln aus den Durchgängen 2 bis 4 und den 1.012 Ferkeln aus der praktischen Schulung der Landwirtinnen und Landwirte, die nachträglich in die Auswertung der Nebenwirkungen und der Mortalität eingeschlossen wurden. Das erste Ferkel war nicht in der Lage, die Hinterbeine zu belasten. Nach erneuter Kontrolle wenige Stunden später war das Tier wieder unauffällig. Ähnliche Bewegungsbeeinträchtigungen wurden von Abendschön et al. (2020) beschrieben. In ihrer Studie wurden die Ferkel nach der Kastration in einem Hindernislauf beobachtet, während bei einem der mit Lidocain kastrierten Ferkel Laufauffälligkeiten auffielen (Abendschön et al., 2020). Nachdem jedoch auch bei einem mit NaCl injizierten Ferkel Laufauffälligkeiten auftraten, schlussfolgerten sie, dass die Beeinträchtigung der Bewegungsabläufe durch den Schmerz verursacht wurde, der durch die Injektion und/oder die Kastration ausgelöst wurde (Abendschön et al., 2020). Auch in der Studie von Rauh et al. (2019) kam es im Hindernislauf bei zwei von 24 Tieren zu Laufauffälligkeiten nach der inguinalen und subskrotalen Injektion von Lidocain (5 %).

Das zweite Ferkel dieser Studie, das Nebenwirkungen zeigte, befand sich in Seitenlage mit rudernden Bewegungen der Gliedmaßen und Maulatmung. Keine der bisherigen Studien beschreibt eine ähnliche Symptomatik nach intratestikulärer und subskrotaler Injektion von Lidocain (2 %) bei Saugferkeln. Ursächlich für das Auftreten der beschriebenen Nebenwirkungen und für die Verluste nach der Injektion von Lidocain kann eine zu hohe Blutkonzentration von Lidocain aufgrund einer Fehlinjektion sein. Dadurch kann es zu einer Hemmung der Erregungsbildung und -fortleitung am Herzen kommen, was wiederum Bradykardie, Abnahme der Kontraktionskraft und Verlangsamung der Erregungsleitung bis hin zu gefährlichen Herzrhythmusstörungen verursachen kann (Richter, 2016). Aufgrund der vasodilatatorischen Wirkung können Blutdruckabfall und Kreislaufversagen auftreten (Richter, 2016). Erregungserscheinungen bis hin zu generalisierten Krämpfen

können infolge der Passage der Blut-Hirn-Schranke auftreten (Richter, 2016). Auch eine Überdosierung des Lokalanästhetikums könnte zu den beschriebenen Nebenwirkungen geführt haben. In dieser Studie wurde das Lidocainpräparat nach Volumen appliziert, ohne das Gewicht der Ferkel zu berücksichtigen. So könnte eine Überdosierung besonders bei leichteren Ferkeln dazu geführt haben, dass zusätzlich zu den schmerzleitenden Fasern auch die motorischen Fasern gehemmt wurden. Zur Vermeidung von Vergiftungen sollte daher die empfohlene Grenzdosis immer eingehalten und intravasale Applikationen und Fehlinjektionen vermieden werden (Richter, 2016). Da eine gute Fixierung der Tiere für die korrekte Injektion des Lokalanästhetikums unabdingbar ist, wurden die Ferkel während der Injektion in einem Kastrationsbock fixiert.

Trotz der geringen Anzahl an Nebenwirkungen und Verlusten, die darauf hindeutet, dass die ausgewählte Lokalanästhesiemethode sicher für die Ferkel ist, wird anhand der Ergebnisse dieser Studie den Landwirtinnen und Landwirten empfohlen werden, die Tiere nach der Injektion und bis zu 24 Stunden nach der Kastration engmaschig zu kontrollieren, um bei Bedarf frühzeitig Gegenmaßnahmen ergreifen zu können.

3. Abwehrverhalten

Für die Beurteilung des Schmerzempfindens während Injektion und Kastration wurden für diese Feldstudie die Parameter Abwehrbewegungen und Vokalisation ausgewählt. Der verwendete Abwehrscore orientiert sich an der von Leidig et al. (2009) verwendeten Ordinalskala. Diese bewertet die Abwehrbewegungen nach ihrer Intensität (Skala: 0-4; 0: keine Bewegungen, 1: eine einzelne Bewegung, 2: wiederholte Bewegungen, 3: kontinuierliche Bewegungen) und ihrer Dauer (Skala: 0-3; 0: keine Bewegung; 1: Bewegung einer Gliedmaße, 2: Bewegung von mehr als einer Gliedmaße, 3: Beteiligung der Wirbelsäule, 4: Beteiligung der Wirbelsäule mit hoher Intensität) (Leidig et al., 2009). Auch in vorherigen Studien wurde dieser Score adaptiert und verwendet (Abendschön et al., 2020; Rauh et al., 2019). Die Auswertung der Abwehrbewegungen erfolgte in der vorliegenden Studie anhand von Videoaufnahmen, unverblindet, von der gleichen Person. Aufgrund der unterschiedlichen Fixationstechniken

auf den Betrieben konnte der ursprünglich angepasste Score nach Leidig et al. (2009) jedoch nicht für alle Betriebe verwendet werden. Für die Betriebe 1, 2, 6 und 7 musste er modifiziert werden, was die Vergleichbarkeit zwischen den verschiedenen Betrieben beeinflusst haben könnte. Auch die Vokalisation (Frequenz, Dauer und Art der Vokalisation) wurde in verschiedenen Studien als Parameter verwendet, um die kastrationsbedingten Schmerzen bei Ferkeln zu beurteilen. Die Vokalisation wurde in der vorliegenden Studie anhand der Tonaufnahmen in den Videoaufnahmen immer von derselben Person unverblindet mit "ja" bewertet, wenn es während der Injektion und/oder der Kastration zu einem akuten Einsetzen verstärkter Vokalisation kam, ansonsten mit „nein“ (Abendschön et al., 2020). Das akute Auftreten von verstärkter Vokalisation ist vergleichbar mit dem Ruftyp "Schrei" und orientiert sich an der Klassifikation von Marx et al. (2003), in der Veränderungen in der Vokalisation in „Grunzen“, „Quietschen“ und „Schreien“ eingeteilt wurden. Auf ähnliche Art bewerteten Keita et al. (2010) die Vokalisation während der Kastration als „Schrei“, „Knurren“ oder „Stille“ (keine Vokalisation). Puppe et al. (2005) und Leidig et al. (2009) verwendeten das Analysesystem STREMOD (STRessschrei-MONitor und DOKumentationseinheit). White et al. (1995), Weary et al. (1998) sowie Taylor und Weary (2000) bewerteten die Lautäußerungen anhand der Frequenz mit der höchsten Energie in Dezibel (higher frequency of highest energy (HEF)). Kluivers-Poodt et al. (2012) haben in ihren Untersuchungen das Programm Avisoft Bioacustics zur Analyse der Vokalisation verwendet. Hansson et al. (2011) und Skade et al. (2021) verwendeten zur Messung der Vokalisation Schallpegelmessgeräte. Diese Art der Erhebung der Vokalisation wurde in der vorliegenden Untersuchung im Vergleich zu anderen Studien vereinfacht, um die Anwendung unter den vorliegenden Feldbedingungen zu ermöglichen.

3.1. Injektion

Frühere Studien zeigten, dass Ferkel auf die Injektion in den Hoden mit stärkerem Abwehrverhalten reagieren als auf reines Handling (Abendschön et al., 2020; Hofmann et al., 2019; Kluivers-Poodt et al., 2012; Leidig et al., 2009; Rauh et al., 2019; Skade et al., 2021; Waldmann et al.,

1994; Zankl et al., 2007). In dieser Studie wurde auf eine Handlingsgruppe verzichtet, da dies bereits in vorherigen Projektabschnitten untersucht wurde (Abendschön et al., 2020; Saller et al., 2020; Werner et al., 2022). Das Injektionsvolumen wurde in der vorliegenden Studie, wie auch in der Studie von Werner et al. (2022), im Vergleich zu Abendschön et al. (2020) auf 0,6 ml pro Hoden reduziert, um den durch die Injektion verursachten Schmerz zu minimieren. Um alle Hautschichten und den Samenstrang mit dem Lokalanästhetikum zu erreichen, wurde das Lokalanästhetikum mit einer two-step Injektionstechnik mit einer herkömmlichen, aber gekürzten 25-G-Kanüle (0,5 x 8 mm) und einer automatischen 1 ml Spritze (HSW ECO-MATIC®, Henke-Sass, Wolf GmbH, Tuttlingen, Deutschland) verabreicht. Werner et al. (2022) untersuchten zusätzlich eine one-step Injektionsmethode bei welcher eine Kanüle mit seitlichen Fenestrierungen zum Einsatz kam, um in einem Schritt das Lokalanästhetikum in den Hoden sowie subkutan zu applizieren. Sie kamen jedoch zu dem Schluss, dass diese einen zu hohen Injektionsdruck erzeugt (Werner et al., 2022). Auch Skade et al. (2021) verglichen zwei Injektionsmethoden und sprachen sich für eine schnellere und weniger komplizierte Methode für die praktische Anwendung aus. Abendschön et al. (2020) verwendeten 1 ml Lokalanästhetikum pro Hoden und kamen anhand ihrer Ergebnisse zu dem Schluss, in Übereinstimmung mit anderen Autoren, dass vor allem das Injektionsvolumen und das Einstechen der Kanüle zu vermehrten Abwehrbewegungen führen, da die Nozizeption nicht sofort blockiert wird (Haga und Ranheim, 2005; Leidig et al., 2009). Andere Autoren vermuteten eher, dass vermehrte Abwehrbewegungen während der Injektion auf den pH-Wert der injizierten Präparate zurückzuführen sind (Horn et al., 1999; Rauh et al., 2019; Waldmann et al., 1994). In der Studie von Haga und Ranheim (2005) waren die EEG- und kardiovaskulären Reaktionen auf die Lidocain Injektion geringer als die Reaktion auf die Kastration ohne Lokalanästhesie, was darauf hindeutet, dass die Ferkelkastration ohne Lokalanästhesie schmerzhafter ist als die Injektion von Lidocain in den Hoden oder den Samenstrang. In der vorliegenden Studie war der Abwehrscore während der Lidocain-Injektion auf allen Betrieben geringer als der während der betäubungslosen Samenstrangdurchtrennung, aber höher als die Reaktion auf den betäubungslosen Hautschnitt. Dieses

Ergebnis könnte man dadurch erklären, dass die Samenstrangdurchtrennung der schmerzhaftere Teil der Kastration ist verglichen mit dem Hautschnitt (Taylor und Weary, 2000). Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass für die Injektion nicht der gleiche Abwehrscore verwendet wurde, wie für den Hautschnitt und die Samenstrangdurchtrennung, weshalb die Ergebnisse der Injektion schwer mit denen der Kastration vergleichbar sind.

Bei betriebsübergreifender Betrachtung der Ergebnisse der Abwehrbewegungen während der Injektion des Lokalanästhetikums zeigt sich, dass die Injektion für die Ferkel, im Vergleich zu einer erfahrenen Tierärztin, nicht schmerzhafter war, wenn sie von geschulten Landwirtinnen und Landwirten durchgeführt wurde. Allerdings zeigte sich auf Betriebsebene ein uneinheitliches Bild. So war auf den Betrieben 2, 4, 5 und 8 der Abwehrscore signifikant höher bei der Injektion durch die Landwirtinnen und Landwirte, während er auf Betrieb 7 signifikant niedriger war im Vergleich zur Tierärztin. So deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die Landwirtinnen und Landwirte nach der theoretischen und praktischen Schulung in der Lage waren, die Lokalanästhesie vergleichbar mit erfahrenen Tierärztinnen anzuwenden. Es ist zu berücksichtigen, dass während der Durchgänge 3 und 4, in denen die Landwirtinnen und Landwirte die Injektion selbstständig durchführten, konstant eine der erfahrenen Tierärztinnen vor Ort war. Auch die Studie von Hansson et al. (2011) kam zu dem Ergebnis, dass die Injektion von Lidocain durch geschulte Landwirtinnen und Landwirte zu einer vergleichbaren Anästhesie während der Kastration führt. Die Injektion durch Landwirtinnen und Landwirte wurde hier jedoch nicht mit der Injektion durch erfahrene Tierärztinnen oder Tierärzte verglichen (Hansson et al., 2011).

Bezüglich der Vokalisation zeigten sich betriebsübergreifend keine signifikanten Unterschiede zwischen der Injektion durch die Tierärztin und der durch die Landwirtinnen und Landwirte. Jedoch war auf Betriebsebene der Anteil der Ferkel mit Vokalisation während der Injektion durch die Landwirtinnen und Landwirte auf drei Betrieben signifikant erhöht, auf zwei Betrieben hingegen signifikant reduziert (Tabelle 6). Aufgrund der

Vereinfachung der Beurteilung müssen die Ergebnisse der Vokalisation jedoch vorsichtig interpretiert werden.

3.2. Kastration

Die Ergebnisse des Abwehrverhaltens bestätigen auch in dieser Studie, dass die betäubungslose Kastration schmerzhaft ist (Kluivers-Poodt et al., 2007; Kluivers-Poodt et al., 2012; Taylor und Weary, 2000). Betriebsübergreifend konnten die EM der Abwehrscores durch die Verwendung von Lidocain im Vergleich zur betäubungslosen Kontrollgruppe signifikant verringert werden, was sich mit den Ergebnissen vorheriger Studien deckt (Hansson et al., 2011; Horn et al., 1999; Kluivers-Poodt et al., 2012; Marx et al., 2003; Rauh et al., 2019; Skade et al., 2021; White et al., 1995). Die EM des Abwehrscores der Gruppe *Farmer* wurden betriebsübergreifend signifikant verringert im Vergleich zur Gruppe *Vet*. Diese Tatsache deutet darauf hin, dass die durch die geschulten Landwirtinnen und Landwirte injizierten Ferkel besser betäubt waren als die durch die Tierärztinnen injizierten Ferkel. Ein möglicher Grund hierfür könnte der routinierte Umgang der Landwirtinnen und Landwirte mit den Ferkeln sein.

3.3. Hautschnitt und Samenstrangdurchtrennung

Betriebsübergreifend lagen die EM des Abwehrscores während des Hautschnitts bei 35,5 % während des betäubungslosen Durchgangs. Die Kastration unter Anwendung von Lidocain konnte diese betriebsübergreifend signifikant reduzieren (*Vet*: 20,0 %; *Farmer*: 16,9 %), jedoch war die Reduktion geringer als während der Samenstrangdurchtrennung. Während der Samenstrangdurchtrennung lagen die betriebsübergreifenden EM des Abwehrscores bei 81,3 % während des betäubungslosen Durchgangs und konnte auch hier durch die Anwendung von Lidocain signifikant reduziert werden (*Vet*: 27,7 %; *Farmer*: 21,8 %). Die Ergebnisse bestätigen, dass die Samenstrangdurchtrennung der schmerzhaftere Teil der Kastration ist (Haga und Ranheim, 2005; Rauh et al., 2019; Reiser et al., 2022; Taylor und Weary, 2000; White et al., 1995). Der Grund dafür ist, dass der kutane Schmerz, wie der mit dem Hautschnitt verbundene, anders ist als der

viszerale Schmerz, der mit der Hodenextraktion und der Durchtrennung der Samenstränge einhergeht (Kitchell, 1987). Der kutane Schmerz ist typischerweise scharf, stechend und stark lokalisiert, während der viszerale Schmerz dumpf, diffus und schlecht lokalisiert ist (Schmidt, 1986). Auf Betriebsebene wurde auf drei von neun Betrieben (zwei kleine Betriebe: 1 und 2; ein mittelgroßer Betrieb: 5) zwar eine Reduktion der Abwehrbewegungen während des Hautschnitts durch die Anwendung von Lidocain erreicht, jedoch war diese nicht statistisch signifikant. Zudem muss berücksichtigt werden, dass betriebsübergreifend auch während des betäubungslosen Durchgangs weniger Ferkel überhaupt mit Abwehrbewegungen auf den Hautschnitt reagierten (69,8 %). Diese Ergebnisse suggerieren, dass der Hautschnitt zwar allgemein weniger schmerzhaft ist als die Samenstrangdurchtrennung, er jedoch mit der hier angewandten Methode nur unzureichend betäubt wurde. Die Ergebnisse dieser Studie decken sich mit denen von Horn et al. (1999) und Werner et al. (2022). Schon die Ergebnisse der Studie von Horn et al. (1999) zeigten, dass die Haut im Perianalbereich eine geringe Empfindlichkeit ausweist. Eine zusätzliche subkutane Injektion konnte in ihrer Studie die eh schon geringen Abwehrreaktionen in Zusammenhang mit dem Hautschnitt zwar weiter reduzieren, sie erhöhte jedoch insgesamt die Dauer der Abwehrbewegungen während des gesamten Eingriffes (Horn et al., 1999). Skade et al. (2021) konnten hingegen die Anzahl der Ferkel mit Abwehrverhalten auch während des Hautschnittes im Vergleich zur Kontrollgruppe durch die intratestikuläre und subskrotale Anwendung von 0,3 ml Lidocain 2 % signifikant reduzieren. Ein möglicher Grund für die bessere Hautanästhesie könnte die kürzere Zeit zwischen Injektion und Kastration (drei Minuten) sein. Auch die Anzahl der Tiere mit Vokalisation konnte in der vorliegenden Studie während des Hautschnitts durch die Lokalanästhesie betriebsübergreifend im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant reduziert werden. Übereinstimmend zeigten sich auf Betriebsebene, mit Ausnahme von Betrieb 2, vergleichbare Ergebnisse. Auch die Ergebnisse der Vokalisation decken sich somit weitgehend mit denen der Abwehrbewegungen.

Während der betäubungslosen Samenstrangdurchtrennung zeigten betriebsübergreifend ein Großteil der Ferkel (97,6 %) Abwehrbewegungen (Abwehrscore > 0). Auch diese Ergebnisse bestätigen, dass die Samenstrangdurchtrennung extrem schmerzhaft ist (Taylor und Weary, 2000). Betriebsübergreifend und auf Einzelbetriebsebene konnten die EM des Abwehrscores durch die Anwendung von Lidocain in allen Gruppen signifikant reduziert werden. Dies spricht für eine gute Wirksamkeit der ausgewählten Lokalanästhesiemethode bei der Betäubung der Samenstränge. Hinsichtlich der Vokalisation konnte die Applikation von Lidocain auch auf allen neun Betrieben während der Samenstrangdurchtrennung den Prozentsatz der Ferkel mit Vokalisation signifikant reduzieren.

Durch die Anwendung von Lidocain als Lokalanästhetikum für die Betäubung bei der Saugferkelkastration konnte das Abwehrverhalten reduziert werden. Es war jedoch nicht möglich, eine vollständige Schmerzausschaltung, die in dieser Studie als Abwesenheit von Abwehrverhalten interpretiert wurde, bei allen Ferkeln zu erreichen. Es muss berücksichtigt werden, dass die Studie an wachen Ferkeln durchgeführt wurde, die mit Abwehrverhalten nicht nur auf Schmerz, sondern auch auf angstassoziiertes Verhalten und Stress durch Handling oder Fixierung reagieren können (Abendschön et al., 2020; Kluivers-Poodt et al., 2007; Kluivers-Poodt et al., 2012; Leidig et al., 2009; Marx et al., 2003; Rauh et al., 2019; White et al., 1995). Um diese Faktoren auszuschließen, wäre eine Handling-Gruppe als Kontrolle erforderlich gewesen, die es ermöglicht hätte, den Prozentsatz der Ferkel mit Abwehrverhalten nur aufgrund von Handling und Fixierung zu bestimmen, was eine Limitation dieser Studie darstellt. Abendschön et al. (2020) zeigten in einem vorherigen Projektabschnitt, dass unter standardisierten Bedingungen nur 36,4 % der Ferkel in der Handling-Gruppe kein Abwehrverhalten zeigten. In der Studie von Rauh et al. (2019) zeigte sich ebenfalls, dass auch bei den Handling-Tieren Abwehrbewegungen vorhanden waren, wenn auch in deutlich geringerer Intensität als in den Lokalanästhesie-Gruppen (Procain und Lidocain). Verschiedene Studien zeigen, dass gehandelte Ferkel die gleichen Vokalisationswerte erreichten

wie Ferkel, die unter Lokalanästhesie kastriert wurden (Kluiwers-Poodt et al., 2007; Kluiwers-Poodt et al., 2012; Leidig et al., 2009; Marx et al., 2003; White et al., 1995). All diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass das Herausnehmen der Tiere aus der Bucht und das Fixieren der Tiere zu einem enormen angstassoziierten Verhalten führt und dass das Abwehrverhalten daher nicht nur auf Schmerzen zurückzuführen ist. Äußere Einflüsse, wie das Handling und die Fixierung der Ferkel, werden daher als wahrscheinlichster Grund dafür angenommen, dass viele Ferkel trotz lokaler Betäubung auf den Hautschnitt und die Durchtrennung des Samenstrangs reagierten.

Die teilweise erheblich unterschiedlichen Ergebnisse auf Betriebsebene könnten durch die unterschiedlichen Fixierungstechniken der Ferkel während der Kastration erklären. Während die Fixierung der Ferkel während der Injektion im Kastrationsbock vom Studiendesign vorgeschrieben war, musste die Fixierung während der Kastration auf jedem Betrieb auf die gleiche Weise durchgeführt werden wie vor dem Verbot der betäubungslosen Kastration, da die Landwirtinnen und Landwirte dies so gewohnt waren. Die unterschiedlichen Fixationstechniken, die während der Kastration angewandt wurden, führten dazu, dass der ursprüngliche Score für die Bewertung der Abwehrbewegungen in den Betrieben 1, 2, 6 und 7 geändert werden musste, da er nicht für alle Arten der Fixierung anwendbar war. Bezüglich der Kastrationstechnik konnten die Landwirtinnen und Landwirte frei entscheiden, ob sie die Kastration nur mit einem Skalpell oder mit einem Skalpell (für den Hautschnitt) und einem Emaskulator (für die Samenstrangdurchtrennung) durchführen wollten. In der Studie wurde außerdem nicht vorgegeben, wie oft die Skalpellklingen gewechselt werden mussten. Weary et al. (1998) fanden heraus, dass die Fixationsmethode keinen Einfluss auf die kastrationsbedingten Schmerzen hat, wobei sie die Häufigkeit der hochfrequenten Rufe als Maß für Schmerzen verwendeten. Darüber hinaus wurden in der vorliegenden Studie auf einigen Betrieben neben der Kastration weitere routinemäßige Managementverfahren durchgeführt, meist unmittelbar nach oder zusammen mit der Injektion des Analgetikums und der Lokalanästhesie.

Es ist davon auszugehen, dass diese mit zusätzlichem Stress für die Ferkel verbunden waren und die Ergebnisse ebenfalls beeinflusst haben könnten. Auch das teilweise sehr unterschiedliche Handling der Ferkel durch die Landwirtinnen und Landwirte hatte vermutlich einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf Verhalten und Abwehrverhalten. Das Phänomen des Schmerzes muss immer in direktem Zusammenhang mit den Empfindungen von Angst und Stress gesehen werden (Henke et al., 2012). Ein Tier, das unter Angst oder Stress ein schmerzhaftes Ereignis erlebt, wird mehr Schmerzen empfinden als ein Tier, das keine Angst empfindet (Henke et al., 2012).

Eine weitere Limitation der Studie stellt die Tatsache dar, dass die Auswertung des Abwehrverhaltens anhand der Videos nicht verblindet erfolgte. Dies war aufgrund der hohen Tierzahl und des Studiendesigns nicht möglich.

4. Lidocain Verbrauch

Die automatischen 1 ml Spritzen waren für die intratestikuläre Lidocain-Applikation auf 0,4 ml voreingestellt. Beim Zurückziehen der Kanüle sollte nochmal die Hälfte (0,2 ml) subskrotal injiziert werden. Da die subskrotal injizierte Menge des Lokalanästhetikums während der Applikation nur geschätzt werden konnte, ist diese Methode fehleranfällig. Dieses Problem wurde bereits von Werner et al. (2022) beschrieben. Aus diesem Grund wurde auf jedem Betrieb während der Durchgänge 3 und 4 der gesamte Lidocain-Verbrauch erhoben und anschließend der durchschnittliche Verbrauch pro Ferkel berechnet. Im Durchschnitt erhielt in der vorliegenden Studie jedes Ferkel 1,24 ml Lidocain durch die Landwirtinnen und Landwirte. Abweichende Lidocain-Mengen bei einzelnen Ferkeln könnten die Ergebnisse beeinflusst haben.

5. Arbeitszeit und Arbeitslast

In der vorliegenden Studie wurden die Daten zur Arbeitszeit und -last vergleichbar mit der Feldstudie von Winner et al. (2022) zur Ferkelkastration unter automatisierter Isofluranästhesie erfasst. Ziel war es, den zeitlichen Aufwand für die einzelne Arbeitsschritte zu erheben und

genauer zu bewerten. Für die Arbeitsschritte Injektion und Kastration wurden Startzeitpunkt und Endzeitpunkt der Kastration jedes Wurfs durch die anwesenden Tierärztinnen erhoben und durch die Anzahl der Ferkel in dem jeweiligen Wurf geteilt, um die durchschnittlich benötigte Zeit pro Ferkel zu berechnen. Für den gesamten Kastrationsprozess (Vorbereitung, Injektion der Schmerzmittel und des Lokalanästhetikums, Kastration und Nachbereitung) wurden der Startzeitpunkt der Vorbereitung und der Endzeitpunkt der Nachbereitung notiert und durch die Anzahl kastrierter Ferkel geteilt. Die Injektion dauerte betriebsübergreifend vergleichbar lange wie die Kastration in der Gruppe *Farmer* (Kastration: $0,5 \pm 0,17$ Minuten pro Ferkel; Injektion: $0,5 \pm 0,12$ Minuten pro Ferkel). Die betäubungslose Kastration nahm bei einigen Betrieben verglichen mit der Kastration lokalanästhesierter Ferkel weniger Zeit in Anspruch (ca. 0,1 Minuten). Durch die Lokalanästhesie verlängerte sich der gesamte Kastrationsprozess pro Ferkel um annähernd eine Minute auf $2,1 \pm 0,84$ Minuten. Die Dauer für die Arbeitsschritte Injektion und Kastration divergierte nur geringfügig zwischen den Betrieben, hingegen wurde die Dauer für den gesamten Kastrationsprozess erheblich vom Betrieb und der Anzahl zu kastrierender Ferkel beeinflusst. Übereinstimmend benötigte Scollo et al. (2021) eine ähnliche Zeit pro Ferkel bei der Kastration unter Procain-Lokalanästhesie (2,1 Minuten pro Ferkel) im Vergleich zur Kontrollgruppe ohne Schmerzlinderung. De Roest et al. (2009) berechneten hingegen einen zusätzlichen Zeitaufwand von 0,43 bzw. 0,58 Minuten pro Ferkel bei der Kastration unter lokaler Betäubung mit Lidocain. Bei zusätzlicher Applikation einer präemptiven Analgesie nach der Kastration kamen sie auf einen Mehraufwand von 0,58 Minuten pro Ferkel im Vergleich zur betäubungslosen Kastration (De Roest et al., 2009). Skade et al. (2021) kamen zu dem Ergebnis, dass die Injektion eines Lokalanästhetikums unabhängig vom Wirkstoff und der Injektionsmethode durchschnittlich 5,6 Sekunden dauerte und dass die Verabreichung von Lidocain 0,6 Sekunden schneller war als die Injektion von Procain, unabhängig von der Injektionsmethode oder dem Injektionsvolumen war. Eine mögliche Erklärung für dieses Ergebnis könnte sein, dass die Injektion mit Lidocain weniger Schmerzen verursacht als die Injektion mit Procain (Hofmann et al., 2019; Rauh et al., 2019; Skade

et al., 2021). In ihrer Untersuchung dauerte die Kastration unter Lokalanästhesie durchschnittlich 14 Sekunden pro Ferkel und war eine Sekunde schneller als die Kastration der Kontrollgruppe (Skade et al., 2021). Ein möglicher Grund für die geringfügig kürzere Dauer der Kastration lokalanästhesierter Ferkel könnten die geringeren Abwehrbewegungen durch die Schmerzreduktion darstellen (Skade et al., 2021). Jedoch konnte dies nicht durch die vorliegende Studie bestätigt werden. Ein möglicher Grund für die abweichenden Ergebnisse könnte in der unterschiedlichen Erhebung der Daten liegen. So wurden bei Skade et al. (2021) die Zeiten pro Ferkel gemessen, in der vorliegenden Studie hingegen die Zeiten pro Wurf. Aufgrund der höheren Tierzahl wäre diese Erhebung der Zeiten in der vorliegenden Studie nicht praktikabel gewesen. Insgesamt wird der Grund für den größeren Zeitaufwand von durchschnittlich circa einer Minute pro Ferkel in der vorliegenden Studie in der Injektion des zusätzlichen Schmerzmittels, in dem zusätzlichen Arbeitsschritt Injektion, der Wartezeit zwischen diesem und der Kastration, aber auch in der, unabhängig von der Ferkelzahl, verlängerten Vor- und Nachbereitungszeit für die Lokalanästhesie gesehen. Interessanterweise war die Dauer für die Kastration unter automatisierter Isoflurannarkose für den gesamten Kastrationsprozess mit $2,2 \pm 0,8$ Minuten pro Ferkel in Untersuchungen von Winner et al. (2022) vergleichbar.

Wurde zudem die in den Arbeitsablauf involvierte Personenzahl berücksichtigt und daraus die Arbeitslast berechnet, betrug diese betriebsübergreifend für den gesamten Kastrationsprozess mit Lokalanästhesie $4,0 \pm 1,27$ Minuten, im Gegensatz zu $2,0 \pm 0,34$ Minuten pro Ferkel bei der betäubungslosen Kastration. Entsprechend zeigte sich, dass sich die Arbeitslast pro Person im Mittel annähernd verdoppelte, jedoch zwischen den Betrieben auch erheblich variierte. Winner et al. (2022) erhoben vergleichbare Ergebnisse pro Ferkel bei der Kastration unter Isoflurannarkose ($3,0 \pm 1,6$ versus $4,5 \pm 1,7$ Minuten).

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Ziel dieser Arbeit war die Evaluation und Implementierung der chirurgischen Kastration männlicher Saugferkel unter Lokalanästhesie mit Lidocain unter Feldbedingungen. Untersucht wurden die Wirksamkeit, die Durchführbarkeit der Lokalanästhesie durch die Landwirte, die Nebenwirkungen, die Ferkelverluste bis 24 Stunden nach der Kastration und der Arbeitsaufwand.

Die Datenerhebung fand auf neun konventionellen ferkelerzeugenden Betrieben in Süddeutschland statt und erfolgte während einem betäubungslosen (Durchgang 1) und drei Lokalanästhesie-Abferkeldurchgängen (Durchgänge 2-4) pro Betrieb. Die Injektion des Lokalanästhetikums wurde während eines Durchgangs (Durchgang 2, Gruppe *Vet*) von einer erfahrenen Tierärztin, in den weiteren zwei Durchgängen (Durchgänge 3 und 4, Gruppe *Farmer*) von den vorher in Theorie und Praxis geschulten Landwirtinnen und Landwirten durchgeführt. Insgesamt gingen Daten von 3.966 männlichen, normal-anatomischen Ferkeln mit einem durchschnittlichen Alter von $5 \pm 1,2$ Tagen in die Auswertung ein, davon 920 aus neun betäubungslosen Durchgängen und 3.046 aus 27 Lokalanästhesie-Durchgängen. In die Auswertung der Nebenwirkungen und der Mortalität wurden auch die Daten aus der praktischen Schulung der Landwirtinnen und Landwirte eingeschlossen (1.012 Ferkel). Alle unter Lokalanästhesie kastrierten Ferkel erhielten mindestens 20 Minuten vor der Kastration eine Injektion von 0,6 ml Lidocain in beide Hoden, jeweils 0,4 ml davon intratestikulär und 0,2 ml subskrotal. Zusätzlich erhielten sie Meloxicam und Metamizol als präemptive Analgesie.

Die Mortalität innerhalb der ersten 24 Stunden nach der Kastration unterschied sich zwischen betäubungslos kastrierten (4/920) und unter Lokalanästhesie kastrierten (17/4.058) Ferkeln nicht und lag bei jeweils 0,4 %. Bei zwei von 4.058 unter Lokalanästhesie kastrierten Ferkeln (0,05 %) traten in der Zeit zwischen der Lidocain-Injektion und der Kastration reversible Nebenwirkungen auf. Die Wirksamkeit der

Lokalanästhesie wurde anhand der Abwehrbewegungen und der Vokalisation während der Injektion und der Kastration bewertet. Während der Injektion unterschied sich das Abwehrverhalten in den Gruppen *Vet* und *Farmer* nicht signifikant. Während der Samenstrangdurchtrennung konnte das Abwehrverhalten auf allen neun Betrieben durch die Lokalanästhesie im Vergleich zur betäubungslosen Kontrollgruppe signifikant reduziert werden. Während des Hautschnitts konnte eine signifikante Reduktion jedoch nicht auf allen Betrieben erreicht werden. Betriebsübergreifend war die Reduktion des Abwehrverhaltens signifikant geringer in der Gruppe *Vet* als in der Gruppe *Farmer*. Diese Tatsache spricht dafür, dass die Injektion für die Landwirtinnen und Landwirte gut erlernbar war. Durch die Lokalanästhesie verlängerte sich der gesamte Kastrationsprozess pro Ferkel um annähernd eine Minute auf $2,1 \pm 0,84$ Minuten. Unter Berücksichtigung der in den Arbeitsablauf involvierten Personenzahl, verdoppelte sich die Arbeitslast pro Person im Mittel auf annähernd $4,0 \pm 1,27$ Minuten.

Die Kastration unter Lokalanästhesie, wie sie in dieser Studie durchgeführt wurde, kann aufgrund der geringen Nebenwirkungen und Tierverluste als sichere Methode angesehen werden. Die Injektion war für die geschulten Landwirtinnen und Landwirte einfach durchzuführen, auch wenn sie zeitaufwändiger war. Sie führte jedoch zu erhöhtem Abwehrverhalten. Im Gegensatz zur Samenstrangdurchtrennung konnte das Abwehrverhalten während des Hautschnittes durch die Lokalanästhesie nicht auf allen Betrieben signifikant reduziert werden.

VII. SUMMARY

The aim of this study was the evaluation and implementation of surgical castration of male suckling piglets under local anesthesia with lidocaine under field conditions. The study investigated the effectiveness of the method, the feasibility of local anesthesia by farmers, side effects, piglet losses up to 24 hours after castration and workload.

Data collection took place on nine conventional piglet farms in southern Germany, during one farrowing batch without anesthesia (batch 1) and three farrowing batches with local anesthesia (batches 2-4) per farm. Local anesthesia was injected by an experienced veterinarian during one batch (batch 2, group *Vet*) and by the farmers, who had received theoretical and practical training, during the other two batches (batch 3 and 4, group *Farmer*). In total, data from 3966 anatomically normal male piglets, averaging 5 ± 1.2 days old, were included in the evaluation, of which 920 came from nine batches without anesthesia and 3046 from 27 batches with local anesthesia. The evaluation of adverse effects and mortality also included data from the practical training of the farmers (1012 piglets). All piglets castrated under local anesthesia received an injection of 0.6 ml lidocaine into both testes at least 20 minutes before castration, 0.4 ml intratesticularly and 0.2 ml subscrotally. In addition, they received meloxicam and metamizole as preemptive analgesia.

Mortality in the first 24 hours after castration did not differ between piglets castrated without anesthesia (4/920) and those castrated under local anesthesia (17/4058). It was 0.4 % in each case. Two of the 4058 piglets castrated under local anesthesia (0.05 %), showed reversible side effects between injection of lidocaine and castration. The effectiveness of local anesthesia was assessed based on defensive movements and vocalizations during injection and castration. During injection, there was no significant difference in defensive behavior between the groups *Vet* and *Farmer*. During the spermatic cord transection, defensive behavior in all nine farms was significantly reduced by local anesthesia compared to the control group without anesthesia. During skin incision, however, a significant

reduction could not be achieved in all farms. On all farms, the reduction of defensive behavior was significantly lower in the group *Vet* than in the group *Farmer*. This fact indicates that the injection was easy to learn and perform for the farmers. Local anesthesia prolonged the castration process per piglet by almost a minute to 2.1 ± 0.84 minutes. Considering the number of people involved in the procedure, the workload per person doubled on average to almost 4.0 ± 1.27 minutes.

Castration under local anesthesia, as performed in this study, can be considered a safe method due to the low number of side effects and piglet losses. Injection is easy to perform for trained farmers, even if it does take longer. However, it has also led to an increase in defensive behavior. In contrast to spermatic cord transection, defensive behavior during skin incision was not significantly reduced by local anesthesia on all farms.

VIII. TABELLENVERZEICHNIS

<i>Tabelle 1: Übersicht der Durchgänge und ihrer Eigenschaften</i>	<i>40</i>
<i>Tabelle 2: Übersicht der Betriebe mit den pro Durchgang kastrierten Ferkeln sowie der Fixationsmethode während der Kastration</i>	<i>42</i>
<i>Tabelle 3: Score zur Bewertung der Abwehrbewegungen während Injektion, Hautschnitt und Samenstrangdurchtrennung</i>	<i>47</i>
<i>Tabelle 4: Estimated means (EM, %) ± Standardfehler (SE) des Abwehrscores für jeden Betrieb, jeden Arbeitsschritt und jede Gruppe .</i>	<i>52</i>
<i>Tabelle 5: Anteil (%) der Ferkel mit Abwehrbewegungen (Abwehrscore > 0) für jeden Betrieb, jeden Arbeitsschritt und jede Gruppe</i>	<i>53</i>
<i>Tabelle 6: Prozentualer Anteil der Ferkel mit Lautäußerungen für jeden Betrieb, jede Gruppe und jeden Arbeitsschritt.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabelle 7: Benötigte Zeit (in Minuten) pro Ferkel für jeden Betrieb, jede Gruppe und jeden Arbeitsschritt pro Durchgang</i>	<i>60</i>
<i>Tabelle 8: Benötigte Zeit (in Minuten) pro Ferkel für den gesamten Kastrationsprozess und Arbeitslast für jeden Betrieb während der Durchgänge 1, 3 & 4.....</i>	<i>61</i>

IX. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<i>Abbildung 1: EM des Abwehrscores während der Injektion der Lokalanästhesie</i>	<i>54</i>
<i>Abbildung 2: EM des Abwehrscores während der Kastration</i>	<i>55</i>
<i>Abbildung 3: EM des Abwehrscores während des Hautschnitts</i>	<i>56</i>
<i>Abbildung 4: EM des Abwehrscores während der Samenstrangdurchtrennung.....</i>	<i>57</i>

X. LITERATURVERZEICHNIS

Abendschön N, Senf S, Deffner P, Miller R, Grott A, Werner J, Saller AM, Reiser J, Weiß C, Zablotzki Y, Fischer J, Bergmann S, Erhard MH, Baumgartner C, Ritzmann M, Zöls S (2020). Local Anesthesia in Piglets Undergoing Castration-A Comparative Study to Investigate the Analgesic Effects of Four Local Anesthetics Based on Defensive Behavior and Side Effects. *Animals (Basel)*, 10 (10).

Aluwe M, Bonneau M, Buttazzoni L, Candek-Potokar M, Courboulay V, Failla S, Fontanesi L, Font-i-Furnols M, Fredriksen B, Skrlep M, von Borell E (2016). CASTRUM—Pig Castration for Traditional and Conventional Products: A Report on Methods and their Impacts on Animal Welfare, Meat Quality and Sustainability of European Pork Production Systems. Final Report., <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/5fe8db00-dbb8-11e6-ad7c-01aa75ed71a1>. accessed: 17/01/2024.

Aluwe M, Heyrman E, Kostyra E, Zakowska-Biemans S, Almeida J, Citek J, Font-i-Furnols M, Moreira O, Zadinova K, Tudoreanu L, Lin-Schistra L, van den Broeke A (2022). Consumer evaluation of meat quality from barrows, immunocastrates and boars in six countries. *Animal*, 16 (3): 10.

Ammer H, Potschka H (2016). Pharmakologie des zentralen Nervensystems (ZNS). In: *Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie für die Veterinärmedizin*. 4. Auflage; Löscher W, Richter A (Hrsg.); Stuttgart, Enke Verlag: 125-79.

Baldinger L, Traulsen I, Weissmann F, Krieter J, Bussemas R (2017). Comparison of injection and inhalation anesthesia for castration of organic piglets, with regard to behavior and growth. *Landbauforschung*, 67 (2): 71-8.

Barton-Gade PA (1987). Meat and fat quality in boars, castrates and gilts. *Livest Prod Sci*, 16 (2): 187-96.

Bauer A, Judas M (2014). Schlachtkörperqualität von Mastebären in Vergleich zu Sauen und Börgen. *Züchtungskunde*, 86 (5): 374-89.

Baumgartner J (2008). Die Kastration männlicher Ferkel - Methoden und Bewertung. *Nutztierschutztagung, Irdning, Österreich*.

BMEL (2021). Ausstieg aus der betäubungslosen Ferkelkastration. <https://www.bmel.de/DE/themen/tiere/tierschutz/ferkelkastration201811>. accessed: 17/01/2024.

Bonastre C, Mitjana O, Tejedor MT, Calavia M, Yuste AG, Úbeda JL, Falceto MV (2016). Acute physiological responses to castration-related pain in piglets: the effect of two local anesthetics with or without meloxicam. *Animal*, 10 (9): 1474-81.

Bonneau M (1982). Compounds responsible for boar taint, with special emphasis on androstenone - A review. *Livest Prod Sci*, 9 (6): 687-705.

Bonneau M (1987). Effects of age and live weight on fat 5 alpha-androstenone levels in young boars fed two planes of nutrition. *Reprod Nutr Dev*, 27 (2a): 413-22.

Bonneau M, Weiler U (2019). Pros and Cons of Alternatives to Piglet Castration: Welfare, Boar Taint, and Other Meat Quality Traits. *Animals (Basel)*, 9 (11).

Brunius C, Zamaratskaia G, Andersson K, Chen G, Norrby M, Madej A, Lundström K (2011). Early immunocastration of male pigs with Improvac® - Effect on boar taint, hormones and reproductive organs. *Vaccine*, 29 (51): 9514-20.

BVL (2018). Erstes Inhalationsnarkotikum für die schmerzfreie Ferkelkastration in Deutschland zugelassen. https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Fachmeldungen/05_tierarzneimittel/2018/2018_11_23_Fa_Isofluran.html. accessed: 21/01/2024.

Claus R, Weiler U, Herzog A (1994). Physiological aspects of androstenone and skatole formation in the boar - a review with experimental data. *Meat Sci*, 38 (2): 289-305.

Claus R, Rottner S, Rueckert C (2008). Individual return to Leydig cell function after GnRH-immunization of boars. *Vaccine*, 26 (35): 4571-8.

Corral S, Salvador A, Flores M (2016). Effect of the use of entire male fat in the production of reduced salt fermented sausages. *Meat Sci*, 116: 140-50.

Coutant M, Malmkvist J, Kaiser M, Foldager L, Herskin MS (2022a). Piglets' acute responses to procaine-based local anesthetic injection and surgical castration: Effects of two volumes of anesthetic. *Front Pain Res (Lausanne)*, 3: 943138.

Coutant M, Malmkvist J, Kaiser M, Foldager L, Herskin MS (2022b). Piglets' acute responses to local anesthetic injection and surgical castration: Effects of the injection method and interval between injection and castration. *Front Vet Sci*, 9: 1009858.

Cronin GM, Dunshea FR, Butler KL, McCauley I, Barnett JL, Hemsworth P (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 (2): 111-26.

De Briyne N, Berg C, Blaha T, Temple D (2016). Pig castration: will the EU manage to ban pig castration by 2018? *Porcine Health Manag*, 2: 11.

De Roest K, Montanari C, Fowler T, Baltussen W (2009). Resource efficiency and economic implications of alternatives to surgical castration without anaesthesia. *Animal*, 3 (11): 1522-31.

Desmoulin B, Bonneau M, Frouin A, Bidard JP (1982). Consumer testing of pork and processed meat from boars - the influence of fat androstenone level. *Livest Prod Sci*, 9 (6): 707-15.

DLG (2020). Prüfbericht 7080, 7081, 7082, 7089, 7090. <https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/tests/suche-nach-pruefberichten/?unterkategorie=291&page=1&pruefgebiet=3>. accessed: 21/01/2024.

Eberspächer-Schweda E (2020a). Lokalanästhesie. In: *AnästhesieSkills*. 2. Auflage; Eberspächer-Schweda E (Hrsg.); Stuttgart, Georg Thieme Verlag KG: 428-85.

Eberspächer-Schweda E (2020b). Medikamente. In: *AnästhesieSkills*. 2. Auflage; Eberspächer-Schweda E (Hrsg.); Stuttgart, Georg Thieme Verlag KG: 68-150.

Einarsson S, Brunius C, Wallgren M, Lundström K, Andersson K, Zamaratskaia G, Rodriguez-Martinez H (2011). Effects of early vaccination with Improvac® on the development and function of reproductive organs of male pigs. *Anim Reprod Sci*, 127 (1-2): 50-5.

EMA (2022). Improvac. <https://www.ema.europa.eu/en/medicines/veterinary/EPAR/improvac>. accessed: 18/01/2024.

Enz A, Schüpbach-Regula G, Bettschart R, Fuschini E, Bürgi E, Sidler X (2013a). Erfahrungen zur Schmerzausschaltung bei der Ferkelkastration in der Schweiz Teil 2: Injektionsanästhesie. *Schweiz Arch Tierheilk*, 155 (12): 661-8.

Enz A, Schüpbach-Regula G, Bettschart R, Fuschini E, Bürgi E, Sidler X (2013b). Erfahrungen zur Schmerzausschaltung bei der Ferkelkastration in der Schweiz, Teil 1: Inhalationsanästhesie. *Schweiz Arch Tierheilk*, 155 (12): 651-9.

Erhardt W, Henke J, Tacke S, Baumgartner C, Kroker R (2012). Allgemeinanästhetika. In: *Anästhesie und Analgesie beim Klein- und Heimtier mit Exoten, Labortieren, Vögeln, Reptilien, Amphibien und Fischen*. 2. Auflage; Erhardt W, Henke J, Haberstroh J, Baumgartner C, Tacke S (Hrsg.); Stuttgart, Schattauer Verlag: 17-110.

FerkBetSachkV (2020). Ferkelbetäubungssachkundeverordnung. <https://www.gesetze-im-internet.de/ferkbetsachkv/index.html>. accessed: 17/01/2024.

Fredriksen B, Lium BM, Marka CH, Mosveen B, Nafstad O (2008). Entire male pigs in farrow-to-finish pens - Effects on animal welfare. *Appl Anim Behav Sci*, 110 (3-4): 258-68.

Fredriksen B, Font IFM, Lundström K, Migdal W, Prunier A, Tuytens FA, Bonneau M (2009). Practice on castration of piglets in Europe. *Animal*, 3 (11): 1480-7.

Gispert M, Angels Oliver M, Velarde A, Suarez P, Pérez J, Font i Furnols M (2010). Carcass and meat quality characteristics of immunocastrated male, surgically castrated male, entire male and female pigs. *Meat Sci*, 85 (4): 664-70.

Haga HA, Ranheim B (2005). Castration of piglets: the analgesic effects of intratesticular and intrafunicular lidocaine injection. *Vet Anaesth Analg*, 32 (1): 1-9.

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: 9.

Heid A, Hamm U (2012). Consumer Attitudes Towards Alternatives to Piglet Castration Without Pain Relief in Organic Farming: Qualitative Results from Germany. *J Agric Environ Ethics*, 25 (5): 687-706.

Heinritzi K (2006a). Zootechnische Maßnahmen: Saugferkelkastration. In: *Schweinekrankheiten*; Heinritzi K, Gindele HR, Reiner G, Schnurrbusch U (Hrsg.); Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer: 42-3.

Heinritzi K (2006b). Anästhesie. In: *Schweinekrankheiten*; Heinritzi K, Gindele HR, Reiner G, Schnurrbusch U (Hrsg.); Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer: 45-50.

Henke J, Tacke S, Erhardt W (2012). Analgesie. In: *Anästhesie und Analgesie beim Klein- und Heimtier mit Exoten, Labortieren, Vögeln, Reptilien, Amphibien und Fischen*. 2. Auflage; Erhardt W, Henke J, Haberstroh J, Baumgartner C, Tacke S (Hrsg.); Stuttgart, Schattauer Verlag: 384-431.

Heyrman E, Millet S, Tuytens FAM, Ampe B, Janssens S, Buys N, Wauters J, Vanhaecke L, Aluwé M (2021). On-farm prevalence of and potential risk factors for boar taint. *Animal*, 15 (3): 11.

Hintze S, Scott D, Turner S, Meddle SL, D'Eath RB (2013). Mounting behaviour in finishing pigs: Stable individual differences are not due to dominance or stage of sexual development. *Appl Anim Behav Sci*, 147 (1-2): 69-80.

Hofmann K, Rauh A, Harlizius J, Weiß C, Scholz T, Schulze-Horsel T, Escribano D, Ritzmann M, Zöls S (2019). Schmerz- und Stressbestimmung bei der Injektion und Kastration von Saugferkeln unter Lokalanästhesie mit Procain und Lidocain Teil 1: Kortisol, Chromogranin A, Wundheilung, Gewichtsentwicklung, Saugferkelverluste. *Tierärztl Prax Ausg G* 47 (2): 87-96.

Horn T, Marx G, Borell E (1999). Verhalten von Ferkeln während der Kastration mit und ohne Lokalanästhesie. *Dtsch Tierärztl Wochenschr* (106 (7)): 271-4.

Huber-Eicher B, Spring P (2008). Attitudes of Swiss consumers towards meat from entire or immunocastrated boars: A representative survey. *Res Vet Sci*, 85 (3): 625-7.

Ison SH, Clutton RE, Di Giminiani P, Rutherford KMD (2016). A Review of Pain Assessment in Pigs. *Front Vet Sci*, 3: 16.

Keita A, Pagot E, Prunier A, Guidarini C (2010). Pre-emptive meloxicam for postoperative analgesia in piglets undergoing surgical castration. *Vet Anaesth Analg*, 37 (4): 367-74.

Kitchell RL (1987). Problems in defining pain and peripheral mechanisms of pain. *J Am Vet Med Assoc*, 191 (10): 1195-9.

Kluiwers-Poodt M, Hopster H, Spoolder HAM (2007). Castration under anaesthesia and/or analgesia in commercial pig production. accessed: 18/02/2024.

Kluiwers-Poodt M, Houx BB, Robben SR, Koop G, Lambooij 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 (9): 1469-75.

Kress K, Weiler U, Schmucker S, Candek-Potokar M, Vrecl M, Fazarinc G, Skrlep M, Batorek-Lukac N, Stefanski V (2020). Influence of Housing Conditions on Reliability of Immunocastration and Consequences for Growth Performance of Male Pigs. *Animals (Basel)*, 10 (1): 16.

Lahrman KH, Kmiec M, Stecher R (2006). Die Saugferkelkastration mit der Ketamin/Azaperon-Allgemeinanästhesie: tierschutzkonform, praktikabel, aber wirtschaftlich? *Praktischer Tierarzt*, 87 (10): 802-9.

Le Bars D, Gozariu M, Cadden SW (2001). Animal models of nociception. *Pharmacol Rev*, 53 (4): 597-652.

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 (2-4): 174-8.

Lin-Schilstra L, Backus G, Snoek H, Mörlein D (2022). Consumers' view on pork: Consumption motives and production preferences in ten European Union and four non-European Union countries. *Meat Sci*, 187: 11.

Loscar M, Annecke T, Conzen P (2019). Inhalationsanästhetika. In: *Die Anästhesiologie*. 4. Auflage; Roissant R, Werner C, Zwißler B (Hrsg.); Berlin, Heidelberg, Springer Verlag: 343-69.

Löscher W (2014a). Lokalanästhetika. In: *Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren*. 9. Auflage; Löscher W, Richter A, Potschka H (Hrsg.); Stuttgart, Enke Verlag: 166-72.

Löscher W (2014b). Pharmaka mit Wirkung auf das Zentralnervensystem. In: *Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren*. 9. Auflage; Löscher W, Richter A, Potschka H (Hrsg.); Stuttgart, Enke Verlag: 93-165.

Marchant-Forde JN, Lay DC, Jr., 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 (4): 1479-92.

Marx G, Horn T, Thielebein J, Knubel B, von Borell E (2003). Analysis of pain-related vocalization in young pigs. *J Sound Vibr*, 266 (3): 687-98.

Metzner M, Behrendt-Wippermann M, Baumgartner C, Feist M, von Thaden A, Rieger A, Knubben-Schweizer G (2020). Use of metamizole as an additional analgesic during umbilical surgery in calves. *Vet Anaesth Analg*, 47 (5): 710-9.

Nussbaumer I, Indermühle N, Zimmermann W, Leist Y (2011). Ferkelkastration mittels Injektionsanästhesie: Erfahrungen mit der Kombination Azaperon, Butorphanol und Ketamin. *Schweiz Arch Tierheilk*, 153 (1): 33-5.

Parois S, Larzul C, Prunier A (2017). Associations between the dominance status and sexual development, skin lesions or feeding behaviour of intact male pigs. *Appl Anim Behav Sci*, 187: 15-22.

Pauly C, Luginbühl W, Ampuero S, Bee G (2012). Expected effects on carcass and pork quality when surgical castration is omitted - Results of a meta-analysis study. *Meat Sci*, 92 (4): 858-62.

Pérez-Pedraza E, Mota-Rojas D, Ramírez-Necoechea R, Guerrero-Legarreta I, Martínez-Burnes J, Lezama-García K, Mora-Medina P, Rosas M, Martínez V, González-Lozano M (2018). Effect of the number of incisions and use of local anesthesia on the physiological indicators of surgically-castrated piglets. *Int J Vet Sci Med*, 6 (2): 159-64.

Pfannkuche H (2008). Nozizeption und Schmerz: neurophysiologische Grundlagen. *Tierärztl Prax Ausg K*, 36: 5-11.

Plonait H (2004). Die Kastration männlicher Schweine. In: Lehrbuch der Schweinekrankheiten. 4. Auflage; Waldmann KH, Wendt M (Hrsg.); Stuttgart, Parey Verlag: 542-6.

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 (1): 216-22.

Prunier A, Mounier L, Le Neindre P, Leterrier C, Mormède P, Paulmier V, Prunet P, Terlouw C, Guatteo R (2013a). Identifying and monitoring pain in farm animals: a review. *Animal*, 7 (6): 998-1010.

Prunier A, Brillouët A, Merlot E, Meunier-Salaün MC, Tallet C (2013b). Influence of housing and season on pubertal development, boar taint compounds and skin lesions of male pigs. *Animal*, 7 (12): 2035-43.

Puppe B, Schön PC, Tuchscherer 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 (1-2): 67-78.

Raja SN, Carr DB, Cohen M, Finnerup NB, Flor H, Gibson S, Keefe FJ, Mogil JS, Ringkamp M, Sluka KA, Song XJ, Stevens B, Sullivan MD, Tutelman PR, Ushida T, Vader K (2020). The revised International Association for the Study of Pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises. *Pain*, 161 (9): 1976-82.

Ranheim B, Haga HA, Ingebrigtsen K (2005). Distribution of radioactive lidocaine injected into the testes in piglets. *J Vet Pharmacol Ther*, 28 (5): 481-3.

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, 47 (3): 160-70.

Reiser J, Kreuzer M, Werner J, Saller AM, Fischer J, Senf S, Deffner P, Abendschön N, Groll T, Grott A, Miller R, Bergmann S, Erhard MH, Ritzmann M, Zöls S, Schneider G, Steiger K, Baumgartner C (2022). Nociception-Induced Changes in Electroencephalographic Activity and FOS Protein Expression in Piglets Undergoing Castration under Isoflurane Anaesthesia. Animals (Basel), 12 (18).

Reiter S, Zöls S, Ritzmann M, Stefanski V, Weiler U (2017). Penile Injuries in Immunocastrated and Entire Male Pigs of One Fattening Farm. Animals (Basel), 7 (9): 7.

Richter A, Ungemach FR (2014). Pharmaka zur Beeinflussung von Entzündungen. In: Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren. 9. Auflage; Löscher W, Richter A, Potschka H (Hrsg.); Stuttgart, Enke Verlag: 446-67.

Richter A (2016). Lokalanästhetika. In: Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie für die Veterinärmedizin. 4. Auflage; Löscher W, Richter A (Hrsg.); Stuttgart, Enke Verlag: 180-7.

RL 2008/120/EG (2008). Richtlinie 2008/120/EG des Rates vom 18. Dezember 2008 über Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen
(<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0120-20191214&from=sk>).

Rydhmer L, Zamaratskaia G, Andersson HK, Algers B, Guillemet R, Lundström K (2006). Aggressive and sexual behaviour of growing and finishing pigs reared in groups, without castration. *Acta Agric Scand Sect A-Anim Sci*, 56 (2): 109-19.

Saller AM, Werner J, Reiser J, Senf S, Deffner P, Abendschön N, Weiß C, Fischer J, Schörwerth A, Miller R, Zablotzki Y, Bergmann S, Erhard MH, Ritzmann M, Zöls S, Baumgartner C (2020). Local anesthesia in piglets undergoing castration-A comparative study to investigate the analgesic effects of four local anesthetics on the basis of acute physiological responses and limb movements. *PLoS One*, 15 (7): e0236742.

Sann H (2022). Sinnesphysiologie: Nozizeption und Schmerz. In: *Physiologie der Haustiere*. 5. Auflage; Breves G, Diener M, Gäbel G (Hrsg.); Stuttgart, Georg Thieme Verlag KG: 74-81.

Schmidt RF (1986). Nociception and Pain. In: *Fundamentals of Sensory Physiology*; Schmidt RF (Hrsg.); Berlin, Springer Verlag: 117-43.

Schnurrbusch U (2006). Kastration. In: *Schweinekrankheiten*; Heinritzi K, Gindele HR, Reiner G, Schnurrbusch U (Hrsg.); Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer: 342-4.

Schoos A, Devreese M, Maes DG (2019). Use of non-steroidal anti-inflammatory drugs in porcine health management. *Vet Rec*, 185 (6): 172.

Scollo A, Galli MC, Contiero B, De Benedictis GM, Orlandi B, Gottardo F (2021). Analgesia and/or anaesthesia during piglet castration - part II: practicability of farm protocols, resource efficiency and economic implications. *Ital J Anim Sci*, 20 (1): 472-8.

Sheil M, Polkinghorne A (2020). Optimal Methods of Documenting Analgesic Efficacy in Neonatal Piglets Undergoing Castration. *Animals (Basel)*, 10 (9).

Skade L, Kristensen CS, Nielsen MBF, Diness LH (2021). Effect of two methods and two anaesthetics for local anaesthesia of piglets during castration. *Acta Vet Scand*, 63 (1): 1.

Škrlep M, Batorek N, Bonneau M, Prevolnik M, Kubale V, Candek-Potokar M (2012). Effect of immunocastration in group-housed commercial fattening pigs on reproductive organs, malodorous compounds, carcass and meat quality. *Czech J Anim Sci*, 57 (6): 290-9.

Söbbeler FJ, Wendt S, Briese A, Tünsmeier J, Waldmann KH, Kästner SBR, von Altrock A (2022). Comparative Study of Pain-Related Responses of Male Piglets up to Seven Days of Age to the Application of Different Local Anaesthetics and Subsequent Castration. *Animals (Basel)*, 12 (20).

Squires EJ, Bone C, Cameron J (2020). Pork Production with Entire Males: Directions for Control of Boar Taint. *Animals (Basel)*, 10 (9): 22.

Tacke S, Henke J, Erhardt W (2008). Schmerztherapie mit Metamizol. *Tierärztl Prax Ausg K*, 36 (1): 10-25.

Tacke S, Erhardt W, Henke J, Baumgartner C, Kroker R (2012). Lokalanästhetika. In: Anästhesie und Analgesie beim Klein- und Heimtier mit Exoten, Labortieren, Vögeln, Reptilien, Amphibien und Fischen. 2. Auflage; Erhardt W, Henke J, Haberstroh J, Baumgartner C, Tacke S (Hrsg.); Stuttgart, Schattauer Verlag: 111-40.

Taylor A, McLeod G (2020). Basic pharmacology of local anaesthetics. *BJA Educ*, 20 (2): 34-41.

Taylor AA, Weary DM (2000). Vocal responses of piglets to castration: identifying procedural sources of pain. *Appl Anim Behav Sci*, 70 (1): 17-26.

Tenbergen R, Friendship R, Cassar G (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 (2): 64-70.

TierSchG (2022). Tierschutzgesetz. <https://www.gesetze-im-internet.de/tierschg/BJNR012770972.html>. accessed: 18/02/2024.

Vetidata (2024). Veterinärmedizinischer Informationsdienst für Arzneimittelanwendung, Toxikologie und Arzneimittelrecht. 20/01/2024.

Vilt.be (2023). KB gepubliceerd waarmee varkenshouders hun biggen zelf mogen verdoven voor castratie. <https://vilt.be/nl/nieuws/kb-gepubliceerd-waarmee-varkenshouders-hun-biggen-zelf-mogen-verdoven-voor-castratie>. accessed: 08/02/2024.

VO 37/2010/EU (2010). Verordnung (EU) Nr. 37/2010 der Kommission vom 22. Dezember 2009 über pharmakologisch wirksame Stoffe und ihre Einstufung hinsichtlich der Rückstandshöchstmengen in Lebensmitteln tierischen Ursprungs (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02010R0037-20231112>).

von Borell E, Baumgartner J, Giersing M, Jägglin N, Prunier A, Tuytens FA, Edwards SA (2009). Animal welfare implications of surgical castration and its alternatives in pigs. *Animal*, 3 (11): 1488-96.

Waldmann KH, Otto K, Bollwahn W (1994). Ferkelkastration - Schmerzempfindung und Schmerzausschaltung. *Dtsch Tierärztl Wochenschr* (101 (3)): 105-9.

Waldmann KH, Potschka H, Lahrmann KH, Kästner S (2018). Saugferkelkastration unter Lokalanästhesie? Eine Situationsanalyse aus wissenschaftlicher Sicht. *Deutsches Tierärzteblatt* (9 (66)): 1218-26.

Walker B, Jäggin N, Doherr M, Schatzmann U (2004). Inhalation anaesthesia for castration of newborn piglets: Experiences with isoflurane and isoflurane/N₂O. *J Vet Med Ser A-Physiol Pathol Clin Med*, 51 (3): 150-4.

Walstra P (1974). Fattening of young boars: quantification of negative and positive aspects. *Livest Prod Sci*, 1 (2): 187-96.

Walstra P, Claudi-Magnussen C, Chevillon P, von Seth G, Diestre A, Matthews KR, Homer DB, Bonneau M (1999). An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: levels of androstenone and skatole by country and season. *Livest Prod Sci*, 62 (1): 15-28.

Weary DM, Braithwaite LA, Fraser D (1998). Vocal response to pain in piglets. *Appl Anim Behav Sci*, 56 (2-4): 161-72.

Weiler U, Font IFM, Fischer K, Kemmer H, Oliver MA, Gispert M, Dobrowolski A, Claus R (2000). Influence of differences in sensitivity of Spanish and German consumers to perceive androstenone on the acceptance of boar meat differing in skatole and androstenone concentrations. *Meat Sci*, 54 (3): 297-304.

Weiler U, Isernhagen M, Stefanski V, Ritzmann M, Kress K, Hein C, Zöls S (2016). Penile Injuries in Wild and Domestic Pigs. *Animals (Basel)*, 6 (4).

Werner J, Saller AM, Reiser J, Senf S, Deffner P, Abendschön N, Fischer J, Grott A, Miller R, Zablotzki Y, Steiger K, Bergmann S, Erhard MH, Ritzmann M, Zöls S, Baumgartner C (2022). Evaluation of Two Injection Techniques in Combination with the Local Anesthetics Lidocaine and Mepivacaine for Piglets Undergoing Surgical Castration. *Animals (Basel)*, 12 (8).

White RG, Deshazer JA, Tressler CJ, Borchert GM, Davey S, Waninge 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 (2): 381-6.

Winner EM, Beisl M, Gumbert S, Härtel H, Kaiser J, Wernecke A, Senf S, Zablotzki Y, Ritzmann M, Zöls S (2022). Implementation of piglet castration under inhalation anaesthesia on farrowing farms. *Porcine Health Manag*, 8 (1): 20.

Zacharias B, Reiter S, Schrade H-J, Zacharias T, Ritzmann M, Schütz A, Andrée S, Zimmermann S, Zöls S (2019). GnRH - Vakzination von Masttieren und verschiedene Futterfettquellen. 2020-09-09T15:04:57000Z - JCR autoupdate, 74, 2019 (2-11).

Zamaratskaia G, Rydhmer L, Andersson HK, Chen G, Lowagie S, Andersson K, Lundström K (2008a). Long-term effect of vaccination against gonadotropin-releasing hormone, using Improvac™, on hormonal profile and behaviour of male pigs. *Anim Reprod Sci*, 108 (1-2): 37-48.

Zamaratskaia G, Andersson H, Chen G, Andersson K, Madej A, Lundström K (2008b). Effect of a gonadotropin-releasing hormone vaccine (Improvac™) on steroid hormones, boar taint compounds and performance in entire male pigs. *Reprod Domest Anim*, 43 (3): 351-9.

Zamaratskaia G, Squires EJ (2009). Biochemical, nutritional and genetic effects on boar taint in entire male pigs. *Animal*, 3 (11): 1508-21.

Zankl A, Ritzmann M, Zöls S, Heinritzi K (2007). Untersuchungen zur Wirksamkeit von Lokalanästhetika bei der Kastration von männlichen Saugferkeln. *Dtsch Tierärztl Wochenschr*, 114 (11): 418-22.

Zöls S, Ritzmann M, Heinritzi K (2006). Einfluss von Schmerzmitteln bei der Kastration männlicher Ferkel. Berl Münch Tierärztl Wochenschr, 119 (5/6): 193-6.

XI. ANHANG

Anhang 1: Formular zur Datenerhebung

Betrieb: _____ *Durchgang:* _____

Datum: _____ Beginn: _____ Ende: _____

Anzahl Personen: _____

Name und Aufgaben Person 1 _____

Name und Aufgaben Person 2 _____

Name und Aufgaben Person 3 _____

Checkliste vor Beginn:

- ☐ Kamera aufgebaut und eingeschaltet (siehe separate Anleitung).
- ☐ Injektor überprüft.
- ☐ Ausreichend Lokalanästhetikum und Analgesie vorhanden.
- ☐ Ferkelkisten vorbereitet.
- ☐ Abferkelbuchten nummeriert.

Allgemeine Daten:

Anzahl abgeferkelter Sauen	
Tag(e) der Abferkelung	
Gesamtzahl Ferkel (♂ und ♀)	
Anzahl männlicher Ferkel	

Durchführung Kastration: Skalpell ☐ Zange ☐ Emaskulator ☐

Fixierungshilfe: _____

Arbeitsablauf - Kombi mit Kastration:

Meloxicam Dosis:

Eisen ☐

Antibiose ☐

Behandlung Kokzidien ☐

Impfung ☐

Schwanzkupieren ☐

Ohrmarken ☐

sonstiges ☐

*Betrieb:**Durchgang:***Zeitaufwand:**

Tätigkeit	Beginn	Ende
Vorbereitung Material		
Injektion		
Kastration		
Rausfangen pro Wurf		
Reinigung/Desinfektion Materialien		
Zusätzliche Verzögerungen		

Betrieb:	Durchgang:									
	Normal-anatomisch	Binnen-/Bruchf.	Nicht kastriert, weil*	BCS			Auffälligkeiten/ Anmerkungen	Vorbereitung Start Start Metacam Ende Metacam	Injektion Start Ende	Kastration Start Ende
				0	1	2				
Sau 1										
ID:										
Parität:										
Sau 2										
ID:										
Parität:										
Sau 3										
ID:										
Parität:										
Sau 4										
ID:										
Parität:										
Sau 5										
ID:										
Parität:										
Sau 6										
ID:										
Parität:										
Sau 7										
ID:										
Parität:										
Sau 8										
ID:										
Parität:										
Sau 9										
ID:										
Parität:										
Sau 10										
ID:										
Parität:										

Betrieb:	Durchgang:									
	Normal-anatomisch	Binnen-/Bruchf.	Nicht kastriert, weil*	BCS			Auffälligkeiten/ Anmerkungen	Vorbereitung		
				0	1	2		Start Weisam	Ende Weisam	Kastration Start Ende
Sau 11 ID: * Parität:										
Sau 12 ID: * Parität:										
Sau 13 ID: * Parität:										
Sau 14 ID: * Parität:										
Sau 15 ID: * Parität:										
Sau 16 ID: * Parität:										
Sau 17 ID: * Parität:										
Sau 18 ID: * Parität:										
Sau 19 ID: * Parität:										
Sau 20 ID: * Parität:										

Betrieb:	Normal-anatomisch	Binnen-/Bruchf.	Nicht kastriert, weil*	BCS			Auffälligkeiten/ Anmerkungen	Vorbereitung			Injektion Start Ende	Kastration Start Ende
				0	1	2		Start	Start Metacam	Ende Metacam		
Sau 21												
ID:												
*												
Parität:												
Sau 22												
ID:												
*												
Parität:												
Sau 23												
ID:												
*												
Parität:												
Sau 24												
ID:												
*												
Parität:												
Sau 25												
ID:												
*												
Parität:												
Sau 26												
ID:												
*												
Parität:												
Sau 27												
ID:												
*												
Parität:												
Sau 28												
ID:												
*												
Parität:												
Sau 29												
ID:												
*												
Parität:												
Sau 30												
ID:												
*												
Parität:												

Betrieb:	Durchgang:									
	Normal-anatomisch	Binnen-/Bruchf.	Nicht kastriert, weil*	BCS			Auffälligkeiten/ Anmerkungen	Vorbereitung Start Melssam Ende Melssam	Injektion Start Ende	Kastration Start Ende
				0	1	2				
Sau 31 ID: * Parität:										
Sau 32 ID: * Parität:										
Sau 33 ID: * Parität:										
Sau 34 ID: * Parität:										
Sau 35 ID: * Parität:										
Sau 36 ID: * Parität:										
Sau 37 ID: * Parität:										
Sau 38 ID: * Parität:										
Sau 39 ID: * Parität:										
Sau 40 ID: * Parität:										

Betrieb:	Durchgang:									
	Normal-anatomisch	Binnen-/Bruchf.	Nicht kastriert, weil*	BCS			Auffälligkeiten/ Anmerkungen	Vorbereitung Start Start Metacam Ende Metacam	Injektion Start Ende	Kastration Start Ende
				0	1	2				
Sau 41										
ID: *										
Parität:										
Sau 42										
ID: *										
Parität:										
Sau 43										
ID: *										
Parität:										
Sau 44										
ID: *										
Parität:										
Sau 45										
ID: *										
Parität:										
Sau 46										
ID: *										
Parität:										
Sau 47										
ID: *										
Parität:										
Sau 48										
ID: *										
Parität:										
Sau 49										
ID: *										
Parität:										
Sau 50										
ID: *										
Parität:										

Durchgang:

Betrieb:

Zwischenfälle:

Ferkel-ID bzw. Sau	Gewicht/ BCS	Beschreibung Zwischenfall	Zeitpunkt	Untersuchungsergebnisse	Maßnahmen	Erfolgreich?

Betrieb:

Durchgang:

Ferkelverluste: (sofern möglich, Gründe/Zeitpunkt/Wurf/Geschlecht vermerken)

Bis 24h nach Kastration

Verbrauchsmaterialien am Kastrationstag:

Skalpellklingen		
Neuanschaffungen (ggf. auch erst am Ende erheben)		
Handschuhe		
Kanülen	Analgesie:	Lokalanästhesie:
Lokalanästhetikum (wiegen)	Flasche [g] oder Füllmenge [ml] vorher:	Flasche [g] oder Füllmenge [ml] nachher:
Metacam (wiegen)	Flasche [g] oder Füllmenge [ml] vorher:	Flasche [g] oder Füllmenge [ml] nachher:
Metamizol (wiegen)	Flasche [g] oder Füllmenge [ml] vorher:	Flasche [g] oder Füllmenge [ml] nachher:
Sonstiges:		

Nächster Termin:**Materialbedarf nächster Besuch:**

- ☐
☐
☐
☐

Checkliste Ende:

- ☐ Aufzeichnung Kamera gestoppt.
☐ Alle Daten auf Erhebungsbogen notiert.
☐ Score Sheets ausgefüllt.
☐ Abgabebeleg geschrieben.
☐ Film auf Computer speichern und hochladen.

Betrieb:

Durchgang:

Ferkelverluste bis Tag 1 nach Kastration				
Datum	Nummer Sau	Geschlecht	Gewicht	Ursache?

XII. DANKSAGUNG

An erster Stelle möchte ich mich herzlich bei meinem Doktorvater Prof. Dr. Mathias Ritzmann für das Überlassen dieses interessanten und aktuellen Themas und die Unterstützung während der Durchführung und Anfertigung dieser Arbeit bedanken. Vielen Dank für die schöne, lehrreiche und interessante Zeit an der Klinik für Schweine.

Mein besonderer Dank gilt meiner Betreuerin Frau Dr. Susanne Zöls für die freundliche, konstruktive und motivierende Betreuung dieser Arbeit.

Ein großes Dankeschön geht an Frau Dr. Steffanie Senf und Frau Dr. Pauline Deffner, die mich nicht nur bei der Planung und der praktischen Durchführung dieser Arbeit unterstützt haben, sondern auch bei der Anfertigung dieser Arbeit durch immer wieder neue Denkanstöße. Vielen Dank Steffi, dass du mich in deinem Büro aufgenommen hast!

Ich danke außerdem dem gesamten "LokaFer"-Team für die gute Zusammenarbeit und eure außerordentliche Hilfsbereitschaft.

Ich bedanke mich bei den Projektlandwirten und -landwirtinnen für die großartige, humorvolle Zusammenarbeit und die außerordentlich herzliche Gastfreundschaft.

Bei Dr. Yury Zablotzki möchte ich mich ebenso herzlich für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung dieser Arbeit bedanken.

Zusätzlich möchte ich mich beim gesamten Team der Klinik für Schweine, auch bei allen ehemaligen Mitarbeitern bedanken. Vielen Dank für eure Unterstützung, jeden Rat und Hilfestellung sowie das angenehme Arbeitsklima.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, die mich stets unterstützt hat, schon während des Studiums und auch über diesen Zeitraum hinweg. Ohne all eure Unterstützung wäre das alles nicht möglich gewesen. Danke!