

Aus dem Institut für Tierernährung
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

**Retrospektive Feldstudie
bei Schlachtschweinen
zu den Risikofaktoren der Caudophagie**



Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Swantje Schumacher
Tierärztin aus Bremen

Berlin 2019
Journal-Nr.: 4154

**Aus dem Institut für Tierernährung
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin**

Retrospektive Feldstudie bei Schlachtschweinen zu den Risikofaktoren der Caudophagie

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der
Freien Universität Berlin**

**vorgelegt von
Swantje Schumacher
Tierärztin
aus Bremen**

Berlin 2019

Journal-Nr.: 4154

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Jürgen Zentek
Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Jürgen Zentek
Zweiter Gutachter: Jun.-Prof. Dr. Christian Visscher
Dritter Gutachter: apl. Prof. Dr. Karl Heinz Lahrmann

Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):

pigs, pig fattening, meat hygiene, animal welfare, animal husbandry, behaviour disorders, pig feeding, animal nutrition

Tag der Promotion: 27.09.2019

Bibliografische Information der *Deutschen Nationalbibliothek*

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<https://dnb.de>> abrufbar.

ISBN: 978-3-96729-012-7

Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2019

Dissertation, Freie Universität Berlin

D188

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen, usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

This document is protected by copyright law.

No part of this document may be reproduced in any form by any means without prior written authorization of the publisher.

alle Rechte vorbehalten | all rights reserved

© Mensch und Buch Verlag 2019

Choriner Str. 85 - 10119 Berlin

verlag@menschundbuch.de – www.menschundbuch.de

Für Mats

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
1 Einleitung.....	1
2 Literaturübersicht.....	3
2.1 Tierwohl bei Nutztieren	3
2.2 Das natürliche Verhalten von Schweinen	5
2.3 Futteraufnahmeverhalten	5
2.4 Caudophagie als Problemverhalten und ihre Ursachen	7
2.4.1 Theorie der drei motivationalen Kategorien für das Caudophagie-Verhalten	7
2.4.2 Primäre Caudophagie.....	8
2.4.3 Sekundäre Caudophagie	10
2.5 Einfluss- und Risikofaktoren für das Auftreten von Caudophagie	12
2.5.1 Besatzdichte und Gruppengröße	12
2.5.2 Beschäftigungsmaterialien.....	13
2.5.3 Einfluss von Alter und Körpermasse auf Caudophagie	14
2.5.4 Einfluss des Geschlechts auf Caudophagie.....	15
2.5.5 Wasser	16
2.5.6 Fütterungsbezogene Risikofaktoren.....	19
2.6 Der Verdauungsprozess und fütterungsbedingte Störungen der Magen-Darm-Gesundheit sowie ihre Folgen	22
2.7 Wirtschaftliche Einbußen aufgrund von Schwanzspitzenerkrankungen.....	25
2.8 Maßnahmen gegen ein akutes Beißgeschehen.....	26
2.9 Rechtliche Situation.....	28
3 Fragestellung und Studiendesign.....	33
4 Material und Methoden.....	34
4.1 Auswahl und Einteilung der Betriebe in Hoch- und Niedrig-Risiko-Betriebe.....	34
4.1.1 Projektbetriebe	35
4.1.2 Evaluationsbögen.....	36
4.2 Futtermitteluntersuchung mittels Siebanalyse	36
4.3 Weender Futtermittelanalyse	36
4.3.1 Bestimmung des Trockensubstanz-Gehaltes (TS)	36
4.3.2 Bestimmung des Rohprotein-Gehaltes (Rp)	37
4.3.3 Bestimmung des Rohfaser-Gehaltes (Rfa).....	37
4.4 Van-Soest-Analyse	37
4.4.1 Neutral- Detergenzien-Faser (NDF, Neutral Detergent Fiber)	38
4.4.2 Säure-Detergenzien-Faser (ADF, Acid Detergent Fiber)	38
4.4.3 Säure-Detergenzien-Lignin (ADL, Acid Detergent Lignin).....	39
4.5 Sektionsgang und Probengewinnung	40
4.5.1 Beprobung des Ileocaecallymphknotens.....	41
4.5.2 Beprobung des distalen Jejunums und des <i>Colon ascendens</i>	41
4.5.3 Adspektion des Ileums.....	42

Inhaltsverzeichnis

4.5.4	Beprobung des Caecums.....	42
4.5.5	Beprobung des Magens.....	42
4.6	Histologische Analyse der Darmwandproben.....	43
4.6.1	Entwässerungsschema	43
4.6.2	Schneiden der Paraffinblöcke	44
4.6.3	Die Färbung der Gewebeschnitte mit Hämatoxylin-Eosin	44
4.7	Gewinnung von Blutproben zur Bestimmung des Haptoglobinwertes	48
4.8	Molekularbiologische Analyse der Darmwandproben und des Ileocaecallymphknotens.....	48
4.8.1	Genexpressionsanalysen durch quantitative Reverse-Transkriptase-Polymerase-Kettenreaktion (RT-qPCR).....	49
4.8.2	RNA-Extraktion.....	49
4.8.3	Quantitative Reverse Transkriptase-Polymerase-Kettenreaktion (RT-qPCR).....	50
4.8.4	cDNA-Synthese und qPCR.....	50
4.9	Bestimmung der kurzkettigen Fettsäuren im Magen- und Darminhalt.....	53
4.10	Statistische Auswertung.....	55
5	Ergebnisse.....	56
5.1	Datenerhebungen	56
5.1.1	Platzangebot.....	56
5.1.2	Bodengestaltung	56
5.1.3	Beschäftigungsmaterialien.....	56
5.1.4	Mastformen in NRB und HRB	57
5.1.5	Licht.....	57
5.1.6	Tränken.....	57
5.1.7	Fütterungstechnik	58
5.1.8	Mittlere tägliche Körpermassezunahmen und Lebendmasse bei der Schlachtung	58
5.1.9	Letzte Fütterung vor dem Transport zum Schlachthof	59
5.1.10	Betriebliche Therapiehäufigkeit anhand von Angaben aus der Antibiotikadatenbank	60
5.2	Fütterung.....	61
5.2.1	Siebanalyse der Futtermittel	61
5.2.2	Konzentrationen der kurzkettigen Fettsäuren im Magen- und Caecuminhalt.....	62
5.2.3	Nährstoffanalysen.....	63
5.2.3.1	Ergebnisse der Nährstoffanalysen der untersuchten Futtermittel.....	63
5.2.3.2	Daten der Betriebe über die Nährstoffanalysen bzw. Futtermitteldeklarationen.....	64
5.2.3.3	Rohprotein- und Rohfasergehalt des Magen- und Caecuminhaltes.....	64
5.3	Pathologisch-anatomische Befunde.....	66
5.4	Konzentrationen von Haptoglobin im Serum	69
5.5	Genexpressionsanalysen von TLR-5, Cytokinen und dem Natürlichen Killerzellen Rezeptor NKG2D in jejunalem Gewebe, Colon asc. und Ileocaecallymphknoten von gesunden Schweinen, Schweine mit akuten Läsionen und Schweine mit chronischen Läsionen.....	70
5.6	Ergebnisse der histologischen Untersuchung der Darmabschnitte hinsichtlich der Morphometrie und Entzündungsscores	72
5.6.1	Ergebnisse der histologischen Untersuchung des distalen Jejunums.....	72
5.6.2	Ergebnisse der histologischen Untersuchung des Colon ascendens	74

Inhaltsverzeichnis

6	Diskussion	83
6.1	Hintergrund der Arbeit und Versuchsziele	83
6.2	Bewertung des Studiendesigns und der Versuchsdurchführung	83
6.3	Die untersuchten Schweine und die Haltungsbedingungen	84
6.4	Futtermittel	85
6.5	Einfluss der Fütterung auf die Magen-und Darmgesundheit	87
7	Schlussfolgerung	91
8	Zusammenfassung.....	92
9	Summary.....	96
10	Anhang.....	99
11	Literaturverzeichnis	104
12	Publikationsverzeichnis.....	122
13	Danksagung	123
14	Selbstständigkeitserklärung.....	125

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufteilung der Betriebe in Hoch-Risiko-Betriebe/ Niedrig-Risiko-Betriebe	35
Abbildung 2: Tägliche Zunahmen der Hoch-Risiko-Betriebe und Niedrig-Risiko-Betriebe in g/d	58
Abbildung 3: Durchschnittliche Lebendmasse der Mastschweine aus den Hoch-Risiko-Betrieben und den Niedrig-Risiko-Betrieben zum Zeitpunkt der Schlachtung	59
Abbildung 4: Zeitlicher Abstand zwischen der letzten Fütterung und der Schlachtung der Mastschweine aus Hoch-Risiko-Betrieben und Niedrig-Risiko-Betrieben	59
Abbildung 5: Hochgradig gerötete Magenschleimhaut eines Schweins aus einem Hoch-Risiko-Betrieb ...	67
Abbildung 6: Magenschleimhaut aus einem Hoch-Risiko-Betrieb mit multiplen chronischen Ulzera	68
Abbildung 7: Konzentration des Haptoglobins im Serum der einzelnen Tiergruppen.....	70
Abbildung 8: Distales Jejunum eines Schweins mit akuten Läsionen aus einem Hoch-Risiko-Betrieb	78
Abbildung 9: Distales Jejunum eines Schweins mit akuten Läsionen aus einem Hoch-Risiko-Betrieb	79
Abbildung 10: Distales Jejunum eines Schweins mit akuten Läsionen aus einem Hoch-Risiko-Betrieb	80
Abbildung 11: Colon ascendens eines Schweins mit akuten Läsionen aus einem Hoch-Risiko-Betrieb	81
Abbildung 12: Colon ascendens eines Schweins ohne Läsionen aus einem Hoch-Risiko-Betrieb	82

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Mindestfläche für Zuchtläufer und Mastschweine	12
Tabelle 2: Charakterisierung für lebensmittelliefernde Tiere "geeignetes" Wasser (= Tränkwasser)	18
Tabelle 3: Herkunft des Tränkwassers in Nutztierhaltungen.....	18
Tabelle 4: Säure-Detergenzien-Faser (ADF)- und Neutral-Detergenzien-Faser (NDF)-Lösung.....	37
Tabelle 5: Verwendete Geräte und Chemikalien für die Futtermitteluntersuchungen	40
Tabelle 6: Herstellung einer 4 %igen Formalinlösung	43
Tabelle 7: Für die histologische Aufarbeitung genutzten Geräte	44
Tabelle 8: Färbereihe der Hämatoxylin-Eosin-Färbung	45
Tabelle 9: Die Einteilung von histopathologischen Veränderungen nach Chiu et al. (1970)	47
Tabelle 10: Histologischer Score zum Entzündungsgrad mononukleärer Zellinfiltrate.....	48
Tabelle 11: Reaktionsansätze der cDNA-Synthese	50
Tabelle 12: Reaktionsansätze der qPCR	51
Tabelle 13: Eingesetzte Primer für die qPCR und RT-qPCR	51
Tabelle 14: Geräte und Chemikalien für die RNA- Extraktion, Bestimmung der RNA-Konzentration, cDNA Synthese und PCR	52
Tabelle 15: Für die gaschromatografischen Analysen genutzte Geräte und Chemikalien.....	54
Tabelle 16: Parameter des Ofen- und Injektortemperaturprogrammes	54
Tabelle 17: Angaben zu den Mastformen in den Niedrig-Risiko-Betrieben und Hoch-Risiko-Betrieben...	57
Tabelle 18: Angaben der Korngrößenverteilung der Niedrig-Risiko-Betriebe und Hoch-Risiko-Betriebe	61
Tabelle 19: Konzentration der kurzkettigen Fettsäuren im Mageninhalt der einzelnen Tiergruppen	62
Tabelle 20: Konzentration der kurzkettigen Fettsäuren im Caecum-Inhalt der einzelnen Tiergruppen ...	63
Tabelle 21: Ergebnisse der Nährstoffanalysen in Endmastfuttermitteln der Niedrig-Risiko-Betriebe bzw. Hoch-Risiko-Betriebe	63
Tabelle 22: Daten der Nährstoffanalyse von Futtermitteln der Niedrig-Risiko-Betriebe bzw. Hoch-Risiko- Betriebe	64
Tabelle 23: Trockensubstanz, sowie Rohprotein-, Rohfaser-, NDF-, ADF- und ADL-Gehalt im Mageninhalt der einzelnen Tiergruppen	65
Tabelle 24: Trockensubstanz, sowie Rohprotein-, Rohfaser-, NDF-, ADF- und ADL-Gehalt im Caecuminhalt der einzelnen Tiergruppen	65
Tabelle 25: Pathologische Veränderungen vom Magen-Darm-Trakt, Ileocaecallymphknoten, Lunge und Leber aus Hoch-Risiko-Betrieben sowie Niedrig-Risiko-Betrieben in %	69
Tabelle 26: Genexpression der Tiergruppen mit akuten bzw. chronischen Läsionen relativiert auf die Genexpression der Tiere in der Kontrollgruppe	71
Tabelle 27: Genexpression der Tiergruppen mit akuten bzw. chronischen Läsionen in Relation zur Genexpression von Schweinen ohne Läsionen aus Niedrig-Risiko-Betrieben als Kontrollgruppe.....	72

Tabellenverzeichnis

Tabelle 28: Genexpression der Tiergruppen mit akuten bzw. chronischen Läsionen in Relation zur Genexpression von gesunden Schweinen aus Hoch-Risiko-Betrieben als Kontrollgruppe.....	72
Tabelle 29: Ergebnisse der histologischen Untersuchung der jejunalen Proben	76
Tabelle 30: Ergebnisse der histologischen Untersuchung der Colon ascendens Proben.....	77

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

ADF	Acid Detergent Fibre
ADL	Acid Detergent Lignin
APPs	Akute-Phase-Proteine
BVL	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
COX	Cyclooxygenase
ELER	Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raumes
FAWC	Farm Animal Welfare Council
HRB	Hoch-Risiko-Betrieb
Il	Interleukin
k.A.	Keine Angaben
NDF	Neutral Detergent Fibre
NRB	Niedrig-Risiko-Betrieb
PGE2	Prostaglandin E2
qPCR	Quantitative Polymerase Kettenreaktion
RL	Richtlinie
TNF α	Tumornekrosefaktor α
TLR	Toll-like Rezeptor
TierSchG	Tierschutzgesetz
TierSchNutzV	Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung
u.a.	unter anderem

1 Einleitung

In Deutschland betrug der Bestand an Schweinen im Jahr 2018 26,4 Millionen Tiere, die in 22400 Betrieben gehalten wurden. Davon waren 11,9 Millionen Schweine Mastschweine (Statistisches Bundesamt, 2018). Ein stetiges Problem in einer Vielzahl dieser Schweinemastbetriebe ist das Auftreten von Caudophagie (Schwanzbeißen). Diese Symptomatik tritt in vielen schweinehaltenden Betrieben auf (Larsen, 2019).

Die Caudophagie ist eine Verhaltensstörung, die durch verschiedene Einflussfaktoren ausgelöst werden kann. Obwohl die Problematik häufig bei Läufern und Mastschweinen unter konventionellen Haltungsbedingungen auftritt, wird dieses unerwünschte Verhalten zudem in Haltungen nach ökologischen Standard sowie in Freilandhaltungen beobachtet (Hansson et al., 2000; Taylor et al., 2012; Schneider, 2013).

Aufgrund der weiter voranschreitenden Forschung auf diesem Gebiet wurde in den letzten Jahren deutlich, dass Caudophagie ein multifaktorielles Geschehen darstellt, welches den betroffenen Tieren Schmerzen, Leiden und Schäden zufügt. Es kommt hierbei zu einer oralen Manipulation der Schwänze durch Buchtengenossen, die in unterschiedlicher Ausprägung bis hin zum kompletten Abtrennen der Schwänze stattfinden kann (EFSA, 2007, D'Eath et al., 2018). Unter anderem werden die verschiedenen Haltungssysteme, Tiergesundheit, Gruppengröße, Platzangebot, Belegdichte, Stress, Alter, Geschlecht, Genetik, Beschäftigungsmaterial, Klima und Lichtverhältnisse sowie das Fütterungsmanagement und die Wasserversorgung als mögliche auslösende Faktoren benannt (EFSA, 2007).

Den Haltungsbetrieben entsteht durch die Caudophagie ein sehr hoher wirtschaftlicher Schaden durch Abszessbildungen im Tierkörper und dadurch bedingtes Verwerfen von Schlachttierkörpern bzw. Teilstücken am Schlachtband, wovon circa 0,5 – 3,4 % der geschlachteten Schweine betroffen sind (EFSA, 2007). Bei ca. 60 Millionen Schlachtungen pro Jahr entspricht dies einer Zahl von 300.000 beanstandeten Schlachttierkörpern (Jaeger, 2013). Das Verwerfen von Teilstücken oder ganzen Schlachttierkörpern am Schlachthof führt zu Verlusten von circa 1,10 Euro pro erzeugtem Schwein (D'Eath et al., 2018). Als Präventionsmaßnahme wird in Deutschland in vielen Betrieben das Kupieren von Schwänzen bei bis zu vier Tage alten Ferkeln routinemäßig durchgeführt (§6 Abs. 1 Nr. 3 in Verbindung mit §5 Abs. 3 Nr. 3 TierSchG). Ziel dieser Studie war es, die Haltungsbedingungen von

Einleitung

Schweinemastbetrieben in Nordrhein-Westfalen (NRW), unterteilt in Niedrig- und Hoch-Risiko-Betrieben, zu vergleichen. Hierzu wurden post mortem Untersuchungen an Schweinen an einem Schlachthof in NRW durchgeführt, Futterproben auf festgelegte Parameter analysiert und die entsprechenden Betriebe aufgesucht und hinsichtlich ihrer Haltungsbedingungen untersucht.

2 Literaturübersicht

2.1 Tierwohl bei Nutztieren

Der Begriff „Tierwohl“ wird durch die Begrifflichkeiten Wohlergehen und Wohlbefinden beschrieben (Broom and Fraser, 2007) und ersetzt den lange verwendeten Begriff der „Tiergerechtigkeit“ (Ingenbleek et al., 2012). Das Wohlbefinden wird von Lorz bereits 1992 als „[...] Zustand körperlicher und seelischer Harmonie des Tiers in sich und mit der Umwelt [...]“ beschrieben. Regelmäßige Anzeichen des Wohlbefindens sind „[...] Gesundheit und ein in jeder Beziehung normales Verhalten [...]“ (Lorz and Metzger, 1999; Schneider, 2013). Der Begriff setzt „[...] das Fehlen von Schmerzen, Leiden und Schäden sowie die Sicherung des Wohlbefindens der Tiere voraus [...]“ (Knierim, 2010). Tierwohl liegt dann vor, wenn keine Überforderung der Anpassungsfähigkeit der Tiere in der jeweiligen Haltung vorliegt (Simianer, 2015). Die Fortpflanzung muss ebenso wie die Leistung ohne Störung erfolgen können, Etho- und Technopathien dürfen nicht auftreten und der Krankheitsstand sowie die Anzahl von Todesfällen müssen niedrig sein. Das alles repräsentiert Wohlbefinden von Tieren (Prange, 2004). Ein unabhängiges Beratungsgremium der britischen Regierung ist das Farm Animal Welfare Council (FAWC). Das Gremium wurde 1979 gegründet und setzte sich aus ständigen Ausschüssen und Arbeitsgruppen zusammen, in denen aktuelle Themen des Tierschutzes bei landwirtschaftlichen Nutztieren bearbeitet wurden. Im Jahr 2011 wurde das Farm Animal Welfare Council durch das Farm Animal Welfare Committee ersetzt (Farm Animal Welfare Committee, 2011). Das Farm Animal Welfare Council unterteilte das Tierwohl in folgende fünf Freiheitsgrade:

1. Freiheit von Hunger und Durst
2. Freiheit von Unwohlsein durch die Umgebung
3. Freiheit von Schmerzen und Schäden (wie z.B. Erkrankungen und Wunden)
4. Freiheit zum arttypischen Verhalten
5. Freiheit von Leiden und Angst

(Quelle: FAWC, 2009).

Die Wahrnehmung von der Begrifflichkeit „Tierwohl“ ist keineswegs einheitlich, sondern wird durch die ethische Einstellung und das Bewusstsein der Bevölkerung geprägt. Durch Forschungserkenntnisse hat sich die Tierhaltung fortwährend weiterentwickelt, und die

gesellschaftliche Betrachtungsweise für die Erfordernisse, die Gesundheit und den Stellenwert von landwirtschaftlichen Nutztieren wurde geprägt. Nutztierhalter und Tierärzte fordern vermehrt eine verbesserte Tiergerechtigkeit, welche im zunehmenden Maße umgesetzt wird (Fraser, 2008).

Der Begriff „Tierwohl“ ist auch vermarktungsstrategisch im Rahmen von Zertifizierungssystemen gebräuchlich, bei denen Produkten von Landwirten, die die vorgegebenen Tierwohlstandards umsetzen, mit einem Tierwohl-Label gekennzeichnet werden und eine Alternative zu konventionell erzeugten Waren bieten, die preislich zwischen nachhaltigen und konventionellen Produkten liegen (Theuvsen et al., 2007; Deimel et al., 2010).

Rechtlich ist das allgemeine Tierwohl in §2 des Tierschutzgesetzes (TierSchG) der Bundesrepublik Deutschland geregelt. Danach „[...] muss, wer ein Tier hält oder betreut, das Tier seiner Art und seinen Bedürfnissen entsprechend angemessen ernähren, pflegen und verhaltensgerecht unterbringen [...]“. Eine artgerechte Tierhaltung setzt die Bedürfnisse der Tiere um, schränkt die Bewegungsfreiheit der Tiere nicht ein und das arttypische Verhalten wird nicht verfälscht oder manipuliert, so dass dem Tier keine Schmerzen, Leiden oder Schäden entstehen.

2.2 Das natürliche Verhalten von Schweinen

Die natürliche Lebensform von Schweinen ist durch kleine, individuelle Gruppenbildungen gekennzeichnet. Wildschweine bilden sogenannte Rotten, die Frischlinge werden von zwei bis vier Bachen geführt (Hulsen and Scheepens, 2008).

Die jungen Keiler lösen sich dann von dieser Rotte, schließen sich zunächst in eigenen Kleinverbänden zusammen, die sich aber im Zeitverlauf wieder auflösen. Zur Zeit der Paarung integrieren sie sich vorübergehend in eine Rotte. Die Rotten verbleiben an sich immer autonom und zeigen keine Vermischungen. Tiere aus anderen Rotten oder Einzeltiere werden nicht akzeptiert. Die soziale Rangordnung ist sehr konstant. Rangniedere Tiere verlassen die Rotte, um eine eigene zu gründen (Hoy, 2009). Umfangreiche Studien zeigen, dass nur eine geringe Verhaltensveränderung von Hausschweinen gegenüber Wildschweinen im Laufe der Domestikation stattgefunden hat. Ist ein ausreichender Freilauf vorhanden und stellt die Haltung natürliche Begebenheiten dar, zeigen Hausschweine ein mannigfaltiges Verhalten entsprechend den jeweiligen Umweltbedingungen (Wechsler, 1997). Das arteigene Verhalten eines Schweins wird durch die Haltungsbedingungen stark eingeschränkt und beeinflusst. Ein Schwein kann seine Verhaltensweisen nicht unterdrücken, die durch endogene und exogene Impulse ausgelöst werden. Das Verhaltensrepertoire lässt sich in folgende Bestandteile gliedern: Sozialverhalten, Aggression, Spielverhalten, Sexualverhalten, Mutter-Kind-Verhalten, Fress- und Trinkverhalten, Ausscheide-, Ausruh- und Komfortverhalten sowie das Erkundungsverhalten (Van Putten, 1978; Schneider, 2013). Aufgrund der Domestikation zeigten sich Änderungen des Verhaltens, die Tiere passten sich hierbei den geänderten Haltungsbedingungen an (Röhrs, 1974).

2.3 Futteraufnahmeverhalten

Das adulte Schwein ist vom Bau des Verdauungstraktes ein Omnivor (Kamphues, 2014). Der Anteil von Pflanzenmaterial in der Ernährung variiert bei Wildschweinen abhängig von der Umgebung (D'Eath and Turner, 2009), liegt aber laut Mageninhaltsanalysen bei durchschnittlich 90 % ihrer Nahrung (Pinna et al., 2007). Der restliche Anteil der Nahrung ist tierischer Herkunft und beinhaltet Regenwürmer, Krebse, Insekten, kleine Amphibien, Reptilien und Nagetiere (Baubet et al., 2003; D'Eath and Turner, 2009). Auch Aas wird verzehrt und von erwachsenen Wildschweinen sogar Kitz (Gundlach, 1968).

Literaturübersicht

Zudem ist das Nahrungsspektrum von Wildschweinen geprägt von einer flexiblen Anpassung an verschiedene Habitats über die Jahreszeiten hinweg. In landwirtschaftlich geprägten Gegenden ernähren sich Wildschweine von Kartoffeln, Getreide wie Weizen und Mais sowie Trauben (Genov, 1981; Herrero et al., 2006). In Laubwäldern werden Eicheln und Bucheckern bevorzugt (Massei et al., 1996; Herrero et al., 2005). In Kiefernwäldern ernähren sich Wildschweine von Baumrinden, Wirbellosen und Wurzeln (Leaper et al., 1999). Der sehr fein ausgeprägte Geruchssinn des Wildschweins kombiniert mit der schaufelartigen Schnauze und starken Halsmuskeln stellen eine Anpassung an das Graben und Wühlen dar (Gundlach, 1968). Unterirdische Nahrungsteile wie Wurzeln, Knollen, Zwiebeln und unterirdisch lebende Wirbellose bilden vor allem im Winter und Frühling (Dardaillon, 1987) einen wichtigen Teil der Nahrung (Cocca et al., 2007).

Aufgrund des saisonal stark variierenden Nahrungsangebots verfügen die Schweine über einen ausgeprägten Geruchssinn und zeigen während der Futtersuche eine Mannigfaltigkeit an Verhaltensweisen (Wechsler, 1997). Das Schwein zeigt von Natur aus ein ausgeprägtes Futteraufnahmeverhalten und betreibt eine sehr zeitintensive Nahrungssuche. Mit der Nahrungsaufnahme beschäftigen sich nicht versorgte Schweine daher über den gesamten Tag hinweg (Fraser and Broom, 1990). Die Nahrungssuche und Futteraufnahme nehmen zwischen 25 bis 59 % des Tages in Anspruch. Bei übermäßigem Futterangebot können diese Aktivitäten geringer ausfallen (Brooks, 2004). Während der Futtersuche der Wildschweine können unterschiedliche Verhaltensweisen wie Wühlen oder Scharren festgestellt werden. Dieses Verhalten kann ebenfalls beim domestizierten Hausschwein festgestellt werden (Van Putten, 1978; Price, 1999). Bei der *ad libitum*-Fütterung ist Futter als Ressource in ausreichender Menge vorhanden, sodass Konkurrenzsituationen verringert werden (EFSA, 2007). In einem Zeitraum von 6,5 Stunden nimmt ein ausgewachsenes Schwein in Freilandhaltung 15 – 20 kg Gras auf (Van Putten, 1978). Ab der zweiten Lebenswoche verkosten Wildschweinfrischlinge sowohl Milch als auch anderes Futter. Ab der vierten Lebenswoche werden reichliche Mengen Raufutter aufgenommen (Hulsen and Scheepens, 2008). Bei Stallhaltung mit restriktiver Fütterung ändert sich die natürliche Nahrungsaufnahme als Folge auferlegter Bedingungen. Findet keine *ad libitum*-Fütterung statt, wird lediglich zweimal täglich Futter geboten. Dieses wird mit der Gefahr der Verfettung der Tiere begründet (Meyer et al., 2012). Studien zum Nahrungsaufnahmeverhalten haben belegt, dass bei Futterrestriktion nach erfolgter Fütterung weiterhin eine hohe Motivation zur Nahrungsaufnahme besteht (Lawrence et al., 1989a; Lawrence et al., 1989b). Die eingeschränkte Futteraufnahme erhöht den Wettbewerb um Futtermittel und die Frustration unter den Tieren (EFSA, 2007). Das

Futteraufnahmeverhalten, der soziale Rang und Aggressionen untereinander sind eng mit den täglichen Zunahmen der Tiere bei restriktiver Fütterung verbunden. Bei *ad libitum* gefütterten Schweinen konnte eine Verknüpfung nicht festgestellt werden (Vargas et al., 1987; Taylor et al., 2010). Mangel an Mineralstoffen und Proteinen oder auch geringe Proteinqualität und zu niedrige Energiegehalte können wie auch zu energiereiches Futter zu abnormem Verhalten führen (EFSA, 2007).

2.4 Caudophagie als Problemverhalten und ihre Ursachen

2.4.1 Theorie der drei motivationalen Kategorien für das Caudophagie-Verhalten

Die bisherigen verschiedenen Erklärungsansätze für Caudophagie basieren auf dem aktuellen Stand des Wissens hinsichtlich von Verhaltensabweichungen bei Tieren. So kann Caudophagie als ein normales Verhalten angesehen werden, dass auf die Schwänze von Buchtgenossen umgelenkt wird und als solches üblicherweise nur gering ausgeprägt ist (Newberry and Wood-Gush, 1986). Dieses Verhalten kann jedoch in Stärke und Häufigkeit deutlich zunehmen, wenn das Schwein aufgrund von unangemessenen Haltungsbedingungen Stress erfährt. Caudophagie umfasst normale Verhaltensmuster wie Saugen, Exploration, Nahrungssuche- und Sexualverhalten, die in einer reizarmen Umgebung auf die Schwänze von Artgenossen um- und fehlgeleitet werden (Feddes and Fraser, 1994).

Es existieren Verhaltensweisen hinsichtlich Caudophagie: zweistufige („*two-stage*“), plötzlich und kraftvolles („*sudden-forceful*“) sowie zwanghafte („*obsessive*“) Caudophagie (Taylor et al., 2010).

Bei der zweistufigen Caudophagie (Fraser and Broom, 1990) führt das vorsichtige Benagen des Schwanzes im Vorverletzungsstadium noch zu keiner sichtbaren Verletzung und Stressreaktion durch das benagte Schwein. Die zweistufige Caudophagie wird häufig beobachtet, wenn die beiden beteiligten Schweine liegen oder ruhig stehen (Schröder-Petersen et al., 2004). Dieses Verhalten, bei dem es nicht zu erkennbaren Verletzungen am Schwanz kommt, wird als „*tail-in-mouth*“-Verhalten bezeichnet (Schröder-Petersen et al., 2003). Es wird als normale Erweiterung des natürlichen Nahrungssuche- und Explorationsverhaltens von Schweinen angesehen. Der Übergang zum Verletzungsstadium erfolgt möglicherweise, wenn bei einem „*tail-in-mouth*“-Verhalten die Haut verletzt wird (Fraser and Broom, 1990). Da der blutende Schwanz auch auf die anderen Schweine attraktiv wirkt, kann die Situation schnell eskalieren (Fraser, 1987a).

Literaturübersicht

Die zweistufige Caudophagie ist nicht als typisches Aggressions- oder Kampfverhalten von Schweinen anzusehen, wo es bei den sich gegenüberstehenden Schweinen zu Bissen in der Schulterregion kommt (Jensen, 1980).

Bei der plötzlichen und kraftvollen Caudophagie (Fraser and Broom, 1990) wird der Schwanz ohne vorangehende vorsichtige orale Manipulation kraftvoll gebissen, wodurch es zu schweren Verletzungen bis hin zur kompletten Abtrennung des Schwanzes kommen kann. Möglicherweise wird auf diese Form von Caudophagie Bezug genommen, wenn der Begriff Kannibalismus für ein akutes, plötzlich einsetzendes Caudophagie-Verhalten verwendet wird, das im Kontrast zu einem eher chronischen, im Hintergrund ablaufenden Caudophagie-Verhalten, steht (Fritschen and Hogg, 1983). Die plötzliche und kraftvolle Caudophagie wird häufig beobachtet, wenn Schweine gewünschte Ressourcen, z.B. Futtertröge nicht erreichen (Holmgren and Lundeheim, 2004) und lässt sich somit als Aggressionsverhalten aufgrund von Frustration interpretieren (Widowski, 2002).

Die zwanghafte Caudophagie geht überwiegend auf ein oder wenige Tiere zurück und ähnelt dem *sudden-forceful*-Typ. Jedoch erfolgt der zwanghafte Typ nicht notwendigerweise mehr aus Frustration heraus, sobald sich dieses Verhalten einmal etabliert hat, das bis zu 25 % der Gesamtaktivität bei diesen Individuen ausmachen kann (Beattie et al., 2005; Van de Weerd et al., 2005).

2.4.2 Primäre Caudophagie

In einer Vielzahl von Studien wurde nachgewiesen, dass Stress innerhalb des Haltungssystems aufgrund sozialer Imbalancen, sowie klimatischer oder infektiöser Gründe, ein Kannibalismusgeschehen verschiedenster Schweregrade bewirken kann (Scholtes and Jaeger, 2015). Dieser primäre Kannibalismus zeichnet sich durch eine orale Manipulation der Schwänze aus. Eine Entzündung des Schwanzendes lässt sich im Blut an erhöhten Konzentrationen von Akute-Phase-Proteinen feststellen (Heinonen et al., 2010). Porcines Haptoglobin kann als Akute-Phase-Protein durch einen spezifischen Enzymimmunoassay bestimmt werden, welcher zudem ausreichend sensitiv für die Anwendung mit Fleischsaft als Probenmaterial ist (Hiss et al., 2003). Die Wirksamkeit von verabreichten Antibiotika kann ebenfalls durch eine Bestimmung des Haptoglobingehaltes im Blut festgestellt werden (Hulten et al., 2003). Abweichungen von der normalen Verteilung stellen ein nützliches Werkzeug für die Diagnostik, Prognose und Beobachtung verschiedener Erkrankungen in der Human- und Veterinärmedizin dar. Die akute Phase-Reaktion ist Bestandteil der frühen

Literaturübersicht

unspezifischen Immunantwort und wird durch Gewebetrauma, Infektion oder Entzündung ausgelöst (Petersen et al., 2004). Während des Entzündungsprozesses nimmt die hepatische Synthese der APPs in Korrelation zum Ausmaß der Entzündung und des Schweregrad des Gewebeschadens zu (Salamano et al., 2008). Als Entzündungsmarker können die Konzentrationen der APPs im Serum zur Überwachung des Gesundheitszustandes (Petersen et al., 2002b; Petersen et al., 2004; van den Berg et al., 2007), sowie auch zur Therapieüberprüfung (Hultén et al., 2003) oder zur Überprüfung des Stressaufkommens (Murata et al., 2004; Salamano et al., 2008) eingesetzt werden. Die APP-Konzentrationen eignen sich auch als Tierwohl-Indikator (Piñeiro et al., 2007), z. B. während des Transportes (Salamano et al., 2008). Zahlreiche Studien belegen, dass die Konzentrationen vom C-reaktiven Protein, Serum-Amyloid-A (SAA) und Haptoglobin (Hp) im Serum nutzbare Entzündungsmarker bei Schweinen sind (Petersen et al., 2002a; Chen et al., 2003; Parra et al., 2006; Sorensen et al., 2006).

Hautverletzungen ermöglichen das Eindringen von Umweltkeimen in Wundbereiche. Zuerst treten leichte Rötungen auf. Dieser *Rubor* kann sich zu einer Entzündung entwickeln, die sich phlegmonös ausbildet. Als Folge kann eine kolbenartige Form des Schwanzes entstehen (Plonait, 2004). Der primären Caudophagie werden somit Schwanzbeißattacken durch Frustration der Tiere zugeordnet, wenn beispielsweise kein ausreichender Zugang zu Futter, Wasser und/oder Liegebereichen vorhanden ist und einem Buchtengenosse durch Schwanzbeißen ein Substanzverlust zugefügt wird. Die Entstehung und Entwicklung der Caudophagie beinhaltet den additiven und ansteigenden Effekt diverser Faktoren der Schweineintensivhaltung (Mayer et al., 2006; EFSA, 2007; D'Eath et al., 2014; Lechner et al., 2015; Reiner, 2015). Die wesentlichen und häufigsten Risikofaktoren konnten mit Hilfe einer Risikoanalyse des Friedrich-Loeffler-Instituts identifiziert werden. Hierfür wurde ein EDV-Programm (SchwIP) verwendet, das entsprechend spezifisch vorgeht (Vom Brocke et al., 2014; Vom Brocke et al., 2015) und folgend vorgestellt wird (Madey et al., 2014):

1. Beschäftigung:

- Beschäftigungsmaterial, welches aktiv durch das Tier veränderbar ist, wie z.B. Heu oder Stroh wird nicht angeboten
- ein Austausch von Beschäftigungsmaterial erfolgt nicht oder selten

Literaturübersicht

2. Komfort:

- die Umgebungstemperatur im Liegebereich ist warm
- den Tieren stehen zu wenig Abkühlungsmöglichkeiten zur Verfügung
- die Belegdichte ist zu hoch
- intensiver Einfall von direktem Sonnenlicht
- unstrukturierte Buchtenstruktur fördern Aggressivität untereinander

3. Wasser:

- zu hohe / zu geringe Durchflussrate der Tränke

4. Gesundheit:

- Atemwegserkrankungen

5. Direkter Stress:

- Umgruppierung (Madey et al., 2014).

Bestandsübersichten und Literaturrecherchen verdeutlichen aber, dass als Risikofaktoren ≥ 3 Ursachen identifiziert werden, die nur bedingt verschaltet sind (Mayer et al., 2006; Lechner et al., 2015; Reiner, 2015).

2.4.3 Sekundäre Caudophagie

Es konnte festgestellt werden, dass sich Schwanznekrosen ohne jeglichen Einfluss anderer Schweine bilden können (Penny et al., 1971; Jadamus and Schneider, 2002; Blowey and Done, 2003; Santi et al., 2008; Reiner, 2015) und dies ohne ein vorheriges Auftreten von Caudophagie, bereits bei Aufzuchtferkeln beobachtet wurde. Dieses hat zu der Hypothese geführt, dass Stoffwechselstörungen die Ursache für Nekrosen sein könnten und das Caudophagie-Verhalten erst sekundär entsteht (Jaeger, 2013). Es ist hier allerdings hervorzuheben, dass diese Hypothese bislang noch nicht durch Studien belegt wurde.

Es wird angenommen, dass der sekundäre Kannibalismus auf einem Stoffwechselgeschehen beruht, welches eine enge Interaktion zwischen der Ernährung und Tränkwasserversorgung der Tiere wiedergibt und mit hohen Leistungsanforderungen an die Tiere einhergeht. Aus einem Ungleichgewicht der intestinalen Mikrobiota und einer gestörten Darmgesundheit sollen pathologische Veränderungen des Magen-Darm-Traktes resultieren, die zu einer erhöhten Permeabilität der Darmwand führen (Scholtes and Jaeger, 2015). Studien wiesen nach, dass abgestorbene Bakterien eine Konzentrationserhöhung an Endo- und Exotoxinen im Darm bedingen und bei einer geschädigten Darmschranke in den Blutkreislauf übergehen

Literaturübersicht

können (Janosi et al., 1998; Reiner, 2015; Scholtes and Jaeger, 2015). Ebenfalls erwiesen ist, dass die mikrobiellen Abbauprodukte, wie z.B. Endotoxine, Zirkulationsstörungen in den Blutgefäßen der Endstrombahnen bewirken können (Ritzmann et al., 2010; Wieler and Ewers, 2010). Zudem wurde bereits in anderweitigen Studien nachgewiesen, dass eine Erkennung der mikrobiellen Abbauprodukte durch Toll-like Rezeptoren (TLRs) auf der Oberfläche der Abwehrzellen stattfindet. Diese werden dann gebunden. Die entstehenden Enzymkaskaden führen zur Cytokinbildung (z.B. Interleukin (IL) 1 und Tumornekrosefaktor α (TNF α)) und Cyclooxygenase (COX) wird exprimiert, sowie die Bildung des Entzündungsmediators PGE2 (Prostaglandin E2) gefördert (Smith, 1986; Reiner, 2015). Eine Stase des Blutes mit Blutgerinnung und Pfropfbildung ist die Folge der weitgestellten Blutgefäße (Roth et al., 1997). Es wird vermutet, dass das betroffene Gewebe mit Sauerstoff unterversorgt wird und sich daraus Nekrosen bilden könnten (Weissenbacher-Lang et al., 2012). Die Nekrosen sollen durch die Charakteristika der Entzündungen einen Juckreiz bewirken, sodass eine orale Manipulation durch andere Schweine geduldet wird (Scholtes and Jaeger, 2015). Blutige Verletzungen der Schwänze rufen eine Eskalation der Caudophagie hervor (Fraser, 1987a; Fraser, 1987b).

Ebenfalls wird eine enge Korrelation der Caudophagie zu Ohrtrand- und Ohrspitzennekrosen diskutiert. In einer Studie konnte festgestellt werden, dass von 147 kupierten Schweinen, die nach 26 bis 32 Tagen in Gruppen von sechs bis zwölf Tieren abgesetzt wurden, ein gehäuftes Auftreten von Schwanz- und/oder Ohrtrandnekrosen vorlag (Blackshaw, 1981). Beim Auftreten von Ohrnekrosen werden Blutgefäße verlegt (Richardson et al., 1984; Weissenbacher-Lang et al., 2012).

Entzündungen, die mit Hypoxien im Darm einhergehen, hinterlassen im Darm morphologisch sichtbare Schädigungen, die sich zuerst an den Villusspitzen zeigen, da diese Zellen in der Grenzzone der arteriellen Versorgung liegen und eine kritisch niedrige Blutversorgung sie zuerst trifft (Chiu et al., 1970).

Zur Beurteilung des Schweregrades ischämischer Läsionen der Dünndarmmukosa dient zur histologischen Klassifikation ein erarbeiteter Score (Chiu et al., 1970). Die Einteilung basiert auf dem Verlauf der Mukosa-Schädigung, bei der sich zunächst *subepitheliale* Spalten (Grünhagen'scher Raum) an den Zottenspitzen bilden, die sich bis zur Zottenbasis ausweiten und zur Denudation der Zotten führen. Es folgen Hämorrhagien in den *Peyer'schen Plaques* sowie verstopfte Kapillaren. Eine voll ausgeprägte Schädigung der Mukosa zeigt sich in einer

kompletten Denudation oder sogar Zerstörung der Zotten sowie Desintegration der *Lamina propria*, Ulzerationen und schweren Hämorrhagien (Chiu et al., 1970). Der Chiu-Score wurde modifiziert und erweitert, um auch Schädigungen in den tieferen Schichten des Darms zu berücksichtigen (Park et al., 1990). Eine weitere Klassifizierung wurde vorgenommen (Swerdlow et al., 1981), die später ebenfalls modifiziert wurde (Hegde et al., 1998; Plonka et al., 1989). Aktuell werden die Klassifizierungen nach Chiu und Chiu/Parks für den Vergleich berichteter Ergebnisse empfohlen (Quaedackers et al., 2000; Oltean and Olausson, 2010; Oltean et al., 2017; Egin et al., 2018).

2.5 Einfluss- und Risikofaktoren für das Auftreten von Caudophagie

2.5.1 Besatzdichte und Gruppengröße

Gemäß Abschnitt 5, § 29 der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (TierSchNutzV) ist eine Gruppenhaltung von Zuchtläufern und Mastschweinen als artgerecht anzusehen und umzusetzen. Auf eine stabile Gruppenkonstellation ist zu achten. Für jedes Schwein muss eine durchweg nutzbare Mindestbodenfläche vorhanden sein, die in Korrelation zum Durchschnittsgewicht der Tiere steht (Tabelle 1).

Tabelle 1: Mindestfläche für Zuchtläufer und Mastschweine
(Quelle: Abschnitt 5, § 29 TierSchNutzV)

Durchschnittsgewicht	Fläche in Quadratmetern
über 30 bis 50 kg	0,5
über 50 bis 110 kg	0,75
über 110 kg	1

Gruppen in einer Größe oberhalb von 25 bis 30 Tiere bilden keine konstante Rangordnung. Die ungeklärte Gruppenstruktur kann ein Auslöser für Verhaltensstörungen wie z.B. Caudophagie sein (Gonyou, 1998). Negatives Sozialverhalten tritt häufiger in großen Gruppen auf. Ebenfalls steigt mit zunehmender Gruppengröße die Inzidenz von Wunden am Tierkörper (Meyer-Hamme et al., 2016). Das Ergebnis einer Studie, die die Wirkung der Gruppengröße auf die Leistung der Mastschweine untersuchte, zeigte keine Korrelation zwischen Beißgeschehen und Gruppengröße sowie Beißgeschehen und dem Auftreten von Verletzungen (Schmolke et al., 2003). Unter einer zu hohen Besatzdichte verliert die

Literaturübersicht

Rangordnung ihre aggressionsmildernde Funktion durch die fehlenden Ausweichmöglichkeiten für rangniedere Tiere (Ewbank and Bryant, 1972). Hohe Besatzdichten haben Auswirkungen auf das Sozialverhalten. Das Ausweich- und Meideverhalten wird stark eingeschränkt (Moinard et al., 2003).

2.5.2 Beschäftigungsmaterialien

Die Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen sind in der Richtlinie 2008/120/EG zusammengefasst. Anhang I Kapitel I Nummer 4 der vorgenannten Richtlinie fordert für die Tiere den „ständigen Zugang zu ausreichenden Mengen an Materialien, die sie untersuchen und bewegen können, wie z. B. Stroh, Heu, Holz, Sägemehl, Pilzkompost, Torf oder eine Mischung dieser Materialien, durch die die Gesundheit der Tiere nicht gefährdet werden kann [...]“. Auf nationaler Ebene wird diese Richtlinie durch die TierSchNutzV umgesetzt. Abschnitt 5, § 26 TierSchNutzV fordert den „[...] ständigen Zugang zu Beschäftigungsmaterial, welches das Schwein untersuchen und bewegen kann und vom Schwein veränderbar ist [...]“. In der nationalen Verordnung werden keine Vorgaben hinsichtlich der Materialien gemacht, so dass in der Praxis oftmals lediglich Metallketten mit Kunststoffkugeln vorgefunden werden. Damit ist die Richtlinie 2008/120 nur unzureichend umgesetzt (Pütz, 2014). Das Tier muss sich mit seinem arttypischen Verhalten dem Haltungssystem anpassen und kann weder den endogenen noch den exogenen Impulsen nachgehen (Van Putten, 1978). Caudophagie beginnt oftmals durch Deprivationszustände (Hoy, 2009). In einer reizlosen Umgebung werden die Erkundungsbedürfnisse häufig an den Buchtengenossen ausgelebt. Andere Schweine werden olfaktorisch wahrgenommen und die Schwanzextremitäten werden mit dem Maul manipuliert. Dies kann Caudophagie auslösen. In einem Freigehege unter naturnahen Bedingungen zeigen Schweine viele Standortwechsel, einen Großteil der Aktivität wird mit der Futteraufnahme und –suche verbracht und dazwischen werden Ruhepausen wahrgenommen (Hoy, 2009).

Siebzig Prozent der Aktivität dient der Futtersuche, obgleich die Tiere eine ausreichende Tagesration erhalten haben (Wechsler, 1997). Daher wurde bereits in der Vergangenheit in Studien die essentielle Wichtigkeit der Beschäftigungsmaterialien nachgewiesen (EFSA, 2014; Valros and Heinonen, 2015; Holling et al., 2017). Am besten eignen sich solche Beschäftigungsmaterialien, die die Grundbedürfnisse eines Schweins weitestgehend erfüllen. Materialien, die das Interesse der Schweine dauerhaft wecken können, sind fressbar, kaubar, wühlbar und veränderbar. Durch den Einsatz solcher Materialien und durch das Ermöglichen

Literaturübersicht

einer ungestörten gleichzeitigen Beschäftigung aller Tiere wird das natürliche Verhalten der Nahrungssuche in der Regel weitestgehend befriedigt (Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, 2016).

Es gibt zwei Arten von Beschäftigungsmöglichkeiten:

1. Beschäftigungsmöglichkeiten mit Stroh, Heu oder erdartigen Stoffen;
2. Beschäftigungsmöglichkeiten ohne Stroh wie Holzstücke, Ketten, Seile, Spielbälle (EFSA, 2007; Hoy, 2009). Stroh, auch angeboten über Strohspendeautomaten, sowie Ketten (mit befestigten Materialien) können das Interesse und die Aktivität der Schweine wecken und in Folge dessen das Auftreten von Caudophagie senken (Hoy, 2009; EFSA, 2014). Beschäftigungsmöglichkeiten wie Stroh, Heu oder erdartige Stoffe fördern die Nahrungssuche, das Ausruh-, Mutter-Kind-, Komfort-, Spiel- und Erkundungsverhalten (Van Putten, 1978). Steht Raufutter den Tieren zur Verfügung dient es dem Erkundungsverhalten (Høok Presto et al., 2009). Hängende Beschäftigungsgeräte ohne Stroh sind in einer erreichbaren Höhe zu montieren. Hingegen eignen sich auf dem Boden liegende Objekte weniger zur Beschäftigung, da diese oftmals in die Kotecke geschoben und somit für die Tiere uninteressant werden (Hoy, 2009). Zeitgleich wird mit dem Angebot an abwechslungsreichen Beschäftigungsmaterial das Risiko für Deprivationsschäden und Verhaltensanomalien wie Schwanzbeißen gesenkt (EFSA, 2007). In einer Zeitspanne von 24 Stunden lag der prozentuale Anteil der Beschäftigung mit Stroh bei 21,9 %. Bei einer reinen Spaltenbodenhaltung ohne die Gabe von Stroh lag die Beschäftigung mit dem Boden bei 16,3 %. Innerhalb von 24 Stunden war die relative Häufigkeit zur Beschäftigung mit der Stroheinstreu bei 4,3 % (ca. eine Stunde pro Tier und Tag). Sofern keine Einstreu angeboten wurde, waren die Interaktionen der Schweine untereinander zeitlich länger (5,1 %) als bei einer Darreichung von Einstreu (4,8 %) (Hoy, 2009). Als Schwierigkeiten hinsichtlich des Einsatzes von Stroh werden höhere Futterkosten, ein größerer Arbeitsaufwand, drohende Hygienemängel und die Möglichkeit des Verstopfens der bestehenden Gülleanlagen aufgeführt (Tuytens, 2005; EFSA, 2007).

2.5.3 Einfluss von Alter und Körpermasse auf Caudophagie

In der Literatur sind unterschiedliche Feststellungen bezüglich des Alters und Gewichts zu Beginn der Caudophagie zu finden. Am häufigsten wird das Auftreten von Caudophagie im Bereich der Mast beschrieben (EFSA, 2007; Sonoda et al., 2013). In einer weiteren Studie wurde das Verhalten der Schweine eine Woche nach dem Absetzen aufgezeichnet. Es konnte

Literaturübersicht

beobachtet werden, dass die Schweine nach vier Wochen vermehrt die Schweineschwänze mit ihrem Maul manipulierten (*Tail-in-mouth behaviour*; TIM), jedoch wurden zu diesem Zeitpunkt noch keine Schwanzverletzungen festgestellt. Es handelt sich hierbei um einen Vorläufer der Caudophagie. Erst ab dem fünften bis sechsten Lebensmonat wurden Verletzungen bemerkt (Simonsen, 1995; Schröder-Petersen et al., 2003).

Eine weitere Studie untersuchte das Beißverhalten vom Beginn des Absetzens bis zum Tag der Schlachtung. Zwischen dem 106. und 140. Lebenstag trat in der Mast ein gesteigertes Beißverhalten auf (Moinard et al., 2003). Das Durchschnittsalter, bei dem das Beißen zuerst beobachtet wurde, betrug 40,7 (+/- 15,5) Tage, was darauf hinweist, dass es in einigen Gruppen kurz nach dem Absetzen auftrat. Das mittlere Alter, in dem es nicht mehr beobachtet wurde, betrug 90 (+/- 28,4) Tage (Blackshaw, 1981). Eine erhöhte Anzahl an Fällen der Caudophagie wurde in einer Gewichtsklasse von 20 bis 40 kg festgestellt. Das Auftreten von Caudophagie nahm mit steigendem Alter ab (Van de Perre et al., 2011). Das hauptsächliche Aufkommen wurde bei einem Gewicht von 45 kg festgestellt (Van de Weerd et al., 2005). Neuere Untersuchungen zeigen, dass bereits während der Ferkelaufzucht Caudophagie auftritt, wobei bereits eine frühzeitige Identifizierung von Beißern und Opfern erfolgen kann (Zonderland et al., 2011). Eine weitere Studie zeigte, dass Caudophagie zwei Wochen nach dem Absetzen auftrat. Der Ausbruch stieg mit zunehmendem Alter an. Die ersten Schwanzverluste wurden in der vierten Woche nach der Entwöhnung beobachtet (Veit et al., 2017).

2.5.4 Einfluss des Geschlechts auf Caudophagie

Es besteht ein höheres Risiko, dass männliche Schweine, sowohl kastriert als auch unkastriert, mehr Schwanzläsionen aufweisen, als weibliche Tiere (Valros et al., 2004; EFSA, 2007). In einer weiteren Studie wurde festgestellt, dass Böрге öfters gebissen werden als weibliche Schweine (Kritas and Morrison, 2004). Jedoch wurden diese Daten auf Schlachthöfen gewonnen, sodass die bereits auf den Betrieben getöteten Tiere oder bereits abgeheilte Schwänze nicht in die Datenerfassung einfließen. Ebenfalls konnte dies in einer Studie über Schweine in Freilandhaltung nachgewiesen werden. Hier wiesen die kastrierten männlichen Tiere vermehrt Schwanzverletzungen im Gegensatz zu den Jungsauen auf. Die Prävalenz der gebissenen Böрге war positiv mit dem Anteil der Weibchen in der Gruppe korreliert (Walker and Bilkei, 2006). Hingegen wurden in einer weiteren Studie die Beteiligung von weiblichen als auch männlichen Tieren gleichermaßen am Caudophagie-Prozess nachgewiesen (Sinisalo

et al., 2012). In einer Gruppe von 96 kupierten Absetzern (fünf Wochen und älter), wobei die männlichen Tiere kastriert waren, konnte beobachtet werden, dass in Gruppen mit weiblichen und kastrierten männlichen Tieren das TIM-Verhalten vermehrt auftrat. In Gruppen mit ausschließlich weiblichen oder kastrierten männlichen Tieren wurde dieses Verhalten deutlich weniger wahrgenommen. Zudem wurde in Gruppen mit beiden Geschlechtern festgestellt, dass die Schweine dazu tendieren, das TIM-Verhalten beim anderen Geschlecht auszuführen. Hierbei waren die weiblichen Tiere deutlich aktiver (Schröder-Petersen et al., 2003). In einer Folgestudie an älteren Schweinen (Gewicht 40 – 50 kg) konnte das TIM-Verhalten bei männlichen Gruppen am wenigsten beobachtet werden. Bei gemischtgeschlechtlichen oder auch weiblichen Gruppen war dieses Verhalten deutlich häufiger zu registrieren (Schröder-Petersen et al., 2004).

2.5.5 Wasser

Nach § 26 Absatz 1 Nummer 2 TierSchNutzV muss “[...] jedes Schwein jederzeit Zugang zu Wasser in ausreichender Menge und Qualität [...]“ haben. Bei einer Haltung in Gruppen müssen „[...] räumlich getrennt von der Futterstelle zusätzliche Tränken in ausreichender Zahl [...]“ vorhanden sein. Nach § 28 Absatz 2 Nummer 5 TierSchNutzV muss für abgesetzte Ferkel bis zu einem Alter von zehn Wochen „[...] bei der Verwendung von Selbsttränken für jeweils höchstens zwölf Absatzferkel eine Tränkstellenvorhanden sein [...]“.

Wasser erfüllt lebenswichtige Körperfunktionen wie die Temperaturregulation, die Aufrechterhaltung des Zelldrucks, den Transport von Nährstoffen und die Unterstützung an verschiedenen Stoffwechselreaktionen sowie die Produktion von Körperflüssigkeiten. Die tägliche aufgenommene Wassermenge dient dem Nährstofftransport. Zudem stellt sie eine wichtige Funktion des Abtransports und der Ausscheidung von Abbauprodukten und Salzen dar (Paul, 2001).

Der Wasserhaushalt wird hauptsächlich über die Nieren gesteuert. Ebenso die Ausscheidung von Stoffwechselprodukten, darunter auch toxische und sich im Blut anreichernde Stoffe. Die Blutzusammensetzung und auch die Osmolarität der Interzellularflüssigkeit sind an den Wasserhaushalt gekoppelt (Silbernagel and Despopoulos, 2007).

Schlechte Tränkwasserqualität kann eine mögliche Ursache für Schwanzbeißproblematiken sein (EFSA, 2007). Besteht ein quantitativer Mangel bei einer elementaren Ressource, so steigert dies die Aggressivität. Die Anzahl und die Durchflussrate der Tränken und die

Literaturübersicht

mikrobiologische Qualität des Wassers können auslösende Faktoren für die Caudophagie darstellen (Freitag, 2014). Im Anhang III der Futtermittelhygiene-Verordnung (VO (EG) Nr. 1831/2003) unter „Futtermittel und Wasser“ wird angegeben, dass eine Eignung des Tränkwassers für die jeweilige Tierart Pflicht ist. Des Weiteren müssen die Fütterungs- und Tränkanlagen so geplant, gestaltet und installiert sein, dass eine Verunreinigung auf ein Mindestmaß reduziert wird. Tränksysteme sind in regelmäßigen Abständen zu reinigen und instand zu halten. Trinkwasser unterliegt den Anforderungen der Trinkwasser-VO. Bisher wurde für Tränkwasser keine rechtliche Anforderung in ausführlicher Form verfasst. Die hygienische Qualität von Tränkwasser wird anhand des Orientierungsrahmens zur futtermittelrechtlichen Beurteilung nach bestimmten Kriterien bewertet (Tabelle 2). Das Bakterienaufkommen im Tränkwasser, die Qualität nach chemischen und physikochemischen Parametern werden in regelmäßigen zeitlichen Abständen kontrolliert. Empfehlungswerte dienen der Auswertung (Kamphues et al., 2007).

Das Wasser zur Tränkung der Tiere zeigt je nach Betrieb deutliche Qualitätsunterschiede, da viele Betriebe aufgrund ihrer Lage nicht an das öffentliche Wassernetz angeschlossen sind. Häufig dienen eigene Versorgungssysteme, wie z.B. Brunnen als ausschließliche Wasserversorgung (Kamphues et al., 2007). In Deutschland und in anderen EU-Mitgliedsstaaten wird die Wasserversorgung in dieser Form sichergestellt, sodass insgesamt 50 bis 80 % der Betriebe die landwirtschaftliche Wasserversorgung innerbetrieblich organisieren (ESS, 2003).

Tabelle 2: Charakterisierung für lebensmittelliefernde Tiere "geeignetes" Wasser (= Tränkwasser)
(Quelle: BMEL, 2007)

Anforderungen ¹⁾	Erläuterung / Bedeutung
Schmackhaftigkeit	Voraussetzung für eine ausreichende Wasseraufnahme (=Voraussetzung für adäquate Trockensubstanz-Aufnahme)
Verträglichkeit	Inhaltsstoffe und/oder unerwünschte Stoffe nur in einer für die Tiere bzw. die von ihnen gewonnenen Lebensmittel nicht schädlichen bzw. nachteiligen Konzentration
Verwendbarkeit	Keine nachteiligen Effekte auf die bauliche Substanz (z.B. Gebäude- und Tränketchnik) sowie bei Nutzung ²⁾ des Wassers zur Zubereitung des Futters
Anforderungen ¹⁾	Erläuterung / Bedeutung

¹⁾ implizieren allgemein auch eine entsprechende sensorische Qualität (z. B. Trübung, Fremdgeruch)

²⁾ z. B. auch bei Applikation von Arzneimitteln, bestimmten Futtermittelzusatzstoffen etc.

Herkunft, Einsatz bzw. Verbreitung und mögliche Einträge von Trinkwasser für Nutztiere werden unter Tabelle 3 erfasst.

Tabelle 3: Herkunft des Tränkwassers in Nutztierhaltungen
(Quelle: Kamphues et al., 2007)

Herkunft des Tränkwassers	Verbreitung	Mögliche Einträge
1. Öffentliches Netz (kommunale Trinkwasserversorgung)	Betriebe mit Tierhaltungen jeglicher Art	Keine bzw. die für Trinkwasser bekannten Risiken
2. Oberflächenwasser 2.1 aus Fließgewässern (Bachläufe, Flüsse, Vorfluter) 2.2 aus stehenden Gewässern (Teiche, Seen)	Weidehaltung Almwirtschaften, Deichbeweidung	Einträge von Keimen/ Exkrementen u.a., Kontaminanten je nach Art und Herkunft der eingeleiteten Abwässer (Klärwerke) bzw. Verunreinigung durch Wild
3. Meerwasser	Beweidung meernaher Grünlandflächen, Polderwirtschaft	evtl. erhöhte Salzgehalte und Kontaminanten aus besonderen Einleitungen, Abwässern etc.
4. Sonstige Wasserquellen (aufgefangenes Wasser, Regenwasser)	Hallig, häufig in kleinen Tierhaltungen	Regen (luftgetragene Emissionen), Kontamination durch Dachflächen, Sammelsysteme, Algen

Literaturübersicht

Hohe Eisengehalte des Tränkwassers können zu Sieb- und Ventilverengungen der Leitungssysteme führen. Erhöhte Fe-Konzentrationen $> 10 \text{ mg/l}$ können die Schmachhaftigkeit des Wassers beeinflussen. Die Wasseraufnahme durch die Tiere kann dementsprechend sinken. Erhöhte Eisengehalte im Tränkwasser können auch zu Komplexbildungen mit Arzneimitteln führen (Kamphues et al., 2007). Stoffwechsel- und Fruchtbarkeitsstörungen können das Resultat von zu hohen Nitratwerten im Tränkwasser sein. Bei Schweinen kann Kannibalismus durch hohe Konzentrationen von Ammonium im Tränkwasser ausgelöst werden. Weiterhin kann es zu Leistungsminderungen und zu Durchfällen kommen. Hohe Sulfatgehalte wirken laxierend mit der Folge von Durchfall und negativer Beeinflussung der Kotkonsistenz (Kamphues et al., 2002; Geißler, 2009). Die Funktionsfähigkeit der Tränken kann ebenfalls durch hohe Calciumgehalte negativ beeinflusst werden (Kamphues et al., 2002). Saugferkel, die erst wenige Tage alt sind, beginnen bereits mit der Wasseraufnahme und trinken etwa neunmal pro Tag ca. 50 ml. Können die Jungtiere nicht in ausreichendem Maß Saugakte ausführen, entstehen Ersatzhandlungen. Gegenseitiges Besaugen an Ohren, Bauch und Flanke sind die Folge (Hoy, 2009). Die Wasseraufnahme findet in einem biphasischen Rhythmus statt. Sowohl morgens als auch nachmittags findet ein Maximum an Wasseraufnahme statt, wobei 80 % des Wassers am Tag und 20 % in der Nacht aufgenommen werden (Hoy, 2009). Bei rationierter Fütterung trinken die Schweine erst nach der Futteraufnahme. Ein Zehntel der Tiere weist einen nicht ausreichenden Speichelfluss auf, deshalb sind sie während der Futteraufnahme stetig in Bewegung um Wasser aufzunehmen. Es kommt zu einer geringeren Futteraufnahme und geringeren täglichen Zunahmen (Van Putten, 1978). Die soziale Rangordnung veranschaulicht sich an der Tränke, hier nehmen ranghöhere Schweine zuerst Wasser auf (Van Putten, 1978).

2.5.6 Fütterungsbezogene Risikofaktoren

Schweine sind Allesfresser. Pflanzliche und tierische Nahrung werden in der freien Natur aufgenommen (Hoy, 2009). Nach Art. 11 der Verordnung (EG) Nr. 1069/2009 mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte [...] (Verordnung über tierische Nebenprodukte) ist die Fütterung von Nutztieren mit Küchen- und Speiseabfällen verboten. Schweine verbringen unter naturnahen Bedingungen etwa 75 % ihrer Aktivitätszeit mit der Futtersuche, auch dann, wenn sie einmal täglich satt gefüttert werden (Berentsen et al., 2016). Die Nahrungssuche ist geprägt von

Literaturübersicht

einem stetigen Stoff- und Informationsaustausch mit der Umwelt (Busch, 2006). In der Natur suchen die Schweine hauptsächlich feste Nahrungsbestandteile. In den Mastbetrieben werden aus technischen Gründen vielfach Futter-Wasser-Gemische angeboten. Eine schnelle Futteraufnahme ist das Resultat. Der arttypischen Futtersuche und -aufnahme wird hier keine Bedeutung beigemessen (Busch, 2006). Eine bis zu fünfmal schnellere Futteraufnahme von breiigen Futtermischungen im Gegensatz zur Aufnahme des Trockenfutters ist die Folge (Hoy, 2009). Die Flüssigfütterung mittels Breiautomaten reduziert die Staubbelastung im Stall. Eine weitere Fütterungsmethode stellt die Sensorfütterung dar (Busch, 2006). Sensorfütterung erfolgt mittels ein bis zwei Trogsensoren in Edelstahltrögen als Füllstandkontrolle des Futters im Trog. Durch Impulssteuerung wird nach Sensorprüfung das Futter angeboten. Üblich sind hier drei Fütterungsblöcke, die morgens, mittags und abends über jeweils sechs bis sieben Trogabfragen in 30 minütigem Abstand die Regulierung umsetzen. Je nach Fressverhalten werden 18 bis 20 frische Futterrationen am Tag verfüttert (Hoy, 2012). Eine verkürzte Fressdauer pro Trogbesuch wurde bei der sensorgesteuerten Flüssigfütterung mit steigendem Tier-Fressplatzverhältnis festgestellt, eine verlängerte Wartezeit sowie reduzierte Tageszunahmen waren die Folge. Eine geringere Anzahl an Fressplätzen benachteiligt leichtere und rangniedere Schweine (Wechsler and Rasmussen, 2005). Eine zu geringe Anzahl an Futterplätzen führt zu Stress und Konkurrenzsituationen der Schweine untereinander. Unbehagen und Stress können als auslösende Faktoren der Caudophagie dienen (Schröder-Petersen and Simonsen, 2001). Bei der *ad libitum*-Fütterung (Sattfütterung; Fütterung zur freien Aufnahme) ist der Konkurrenzkampf der Tiere um die Futterressource stark verringert. Die Schweine nehmen mehrmals am Tag Futter auf. Hierdurch ist die Aktivität gefördert und die Tiere werden vermehrt beschäftigt. Manuelle Fütterung reduzierte Caudophagie (Busch, 2006). Auswirkungen der sozialen Rangordnung auf das Futteraufnahmeverhalten bei *ad libitum*-Fütterung zeigte eine Studie, in der Mastschweine an Breifutterautomaten mit zwei Fressplätzen gefüttert wurden. Es konnte nachgewiesen werden, dass zu Mastbeginn nur zu 27,7 % der Zeit (bezogen auf 24 Stunden) beide Fressplätze gleichzeitig belegt waren. Gegen Mastende reduzierte sich der Wert auf 10 %. Eine kürzere Trogaufenthaltsdauer und häufigere Automatenbesuche zeigten rangniedere Schweine im Gegensatz zu den ranghöheren Tieren. Das Tier-Fressplatz-Verhältnis betrug 10:1 (Hoy, 2009). Gesetzlich wird das Tier-Fressplatz-Verhältnis im § 28 TierSchNutzV „Besondere Anforderungen an das Halten von Absatzferkeln“ der Tierschutznutztierhaltungsverordnung konkretisiert. Danach muss bei „[...] rationierter Fütterung der Fressplatz so beschaffen sein, dass alle Absatzferkel gleichzeitig fressen

Literaturübersicht

können. Bei tagesrationierter Fütterung muss für jeweils höchstens zwei Absatzferkel eine Fressstelle vorhanden sein [...]“. Eine Fressstelle für jeweils höchstens vier Absatzferkel wird beim *ad libitum*-Futterangebot verlangt. Das bekräftigt eine Studie, in der weniger als fünf Schweine auf einen Fressplatz berechnet sind, gegenüber einem Tier : Fressplatzverhältnis von fünf oder mehr Schweinen je Futterstelle. Die Gefahr der Caudophagie wurde um den Faktor 2,7 reduziert (Moinard et al., 2003). Die Qualität und Quantität des Proteingehalts im Futter, energiereiches oder energiearmes Futter sowie Mineralienmangel können Verhaltensveränderungen wie auch Caudophagie bewirken (Ewbank, 1973; Fraser, 1987a; Fraser, 1987b; Schröder-Petersen and Simonsen, 2001).

Eine rohfasearme Fütterung kann zu Dysbiosen, also einem Zustand, in dem die Mikrobiota aus ihrem natürlichen Gleichgewicht geraten ist, sowie zu Fehlgärungen und zu Veränderungen der Chymus-Passage führen (Lallès et al., 2007). Durch einen hohen Rohfaseranteil im Futter wird der Verdauungsprozess positiv beeinflusst, die Faserstoffe wirken sättigend und dienen dem Wohlbefinden der Tiere. Ein hoher Anteil an fermentierbarer, d.h. durch Mikroorganismen umsetzbarer Faser, lässt über die entstehenden Fermentationsprodukte den Blutzucker- und Insulinspiegel von Sauen weniger stark schwanken, wodurch sich das Sättigungsgefühl der Tiere verlängert (De Leeuw et al., 2004). Durch das vorhandene Sättigungsgefühl sind die Tiere ruhiger und die Gesamtaktivität ist reduziert (Lee and Close, 1987; Brouns et al., 1994; Whittaker et al., 1999). Des Weiteren erfolgt eine Reduktion des Erkundungsbedürfnisses durch rohfaserreiches Futter, was eine Verminderung von Verhaltensstörungen bei Sauen mit stereotypen Verhalten zur Folge hat (Robert et al., 1993a). Zudem wurde in einer weiteren Studie dargelegt, dass Leerkauen und aggressives Verhalten durch rohfaserreiches Futter reduziert werden (Danielsen and Vestergaard, 2001). Nach heutigen wissenschaftlichen Erkenntnissen ist eine rohfasearme Schweinemastfütterung nicht artgerecht. Sowohl ethologisch als auch ernährungsphysiologisch ist eine erhöhte Rohfasergabe dienlich (Kallabris, 2013). Verhaltensanomalien finden eine große Relevanz bei Schweinen. Eine vermehrte Speichelproduktion könnte zudem ein Indikator für ein reduziertes Wohlbefinden bzw. einer beeinträchtigten Gesundheit insbesondere im Magenbereich darstellen. Forcierte Salivation kann einen möglichen Überschuss an Magensäure neutralisieren. Eine förderliche Wirkung auf die anatomischen und physiologischen Strukturen des Verdauungstraktes wurde festgestellt (Wenk, 2001). Mastschweinen, die 7 Tage kein Stroh als Rohfaser erhielten, wiesen nach einer Woche Epithelschäden in der Magenschleimhaut auf. Nach 4 Wochen bildeten sich die pathologischen Veränderungen nach erneuter kontinuierlicher Rohfasergabe

Literaturübersicht

zurück. Rohfaserreicheres Futter kann offenbar die Magenschleimhaut schützen (Martens et al., 2006). Gesetzlich ist die Zufütterung von Rohfaser bei trächtigen Jungsauen und Sauen im §30 Absatz 6 der TierSchNutzV geregelt. Trächtige Jungsauen sowie Sauen sollten bis eine Woche vor dem voraussichtlichen Abferkeltermin ein Alleinfutter mit einem Rohfasergehalt von mindestens 8 % in der Trockenmasse erhalten bzw. sollte eine tägliche Rohfaseraufnahme von wenigstens 200 g je Tier sichergestellt sein. Eine vergleichbare gesetzliche Regelung existiert nicht für Mastschweine.

2.6 Der Verdauungsprozess und fütterungsbedingte Störungen der Magen-Darm-Gesundheit sowie ihre Folgen

Eine bedarfsgerechte Schweinefütterung soll ermöglichen, dass die Futterinhaltsstoffe direkt in den Fleischansatz überführt werden.

Kohlenhydrate, Proteine und Fette sind hier die essenziellen Inhaltsstoffe, wobei nur Proteine und Fette regelrechte Tierkörperbestandteile darstellen. Mit Hilfe der Weender Futtermittelanalyse, die auch in dieser Studie eingesetzt wurde, lassen sich die Bestandteile der Futtermittel und Tierkörper analysieren. Die Verdauungsvorgänge des Schweins bilden im Wesentlichen folgende drei Bereiche:

- mechanische Aufbereitung (fressen, zerkleinern, einspeicheln),
- chemische bzw. enzymatische Verdauung (u.a. HCl, Pepsin, Neutralisation, enzymatische Spaltung),
- mikrobielle Verdauung (Flachowsky et al., 2006).

Das Verdauungssystem von adulten Mastschweinen fasst ungefähr 26-28 Liter, die sich auf Magen, Dünndarm und Dickdarm verteilen, Magen und Dünndarm sind beim Schwein die vorrangigen Wirkbereiche der Verdauungsvorgänge. Über die Magen- und Darmschleimhaut sowie die Bauchspeicheldrüse werden Verdauungsenzyme sezerniert, weitere membrangebundene Enzyme bauen die verschiedenen Spaltprodukte zu Monomeren ab. Die Aufspaltung der Futterinhaltsstoffe ermöglicht deren Absorption und Verfügbarmachung für den Tierkörper (Flachowsky et al., 2006). Vor allem die Mucosa des etwa 15 bis 20 m langen Dünndarms, der aus Zwölffinger-, Leer- und Hüftdarm besteht, aber auch der 3 bis 5 m lange Dickdarm zeigen eine Oberflächenvergrößerung durch Falten, Zotten und Mikrovilli. Enzymaktivität und Nährstoffabsorption im Dünndarm sind dabei kennzeichnend für die Effizienz der Futteraufnahme- und -verdauung. Aufgenommene Energie und Nährstoffe

Literaturübersicht

dienen zunächst der Abdeckung des Erhaltungsbedarfs, darüber hinaus verfügbare Energie fließt u.a. in die Ressourcenbildung (Flachowsky et al., 2006).

Der Intestinaltrakt eines frisch geworfenen Säugetiers ist bereits während des Geburtsvorgangs, möglicherweise sogar noch früher, d.h. im Fetusstadium, bakteriell besiedelt (Brade and Distl, 2016). Es wird davon ausgegangen, dass die direkte Umwelt während des Geburtsvorganges die Zusammensetzung dieser mikrobiellen Gemeinschaft bestimmt. Im Wesentlichen besteht diese initiale Besiedelung des Darmtraktes aus aeroben oder fakultativ anaeroben Bakterien, wodurch ein für anaerobe Bakterien geeignetes Milieu aufgebaut wird. Im Zeitverlauf reduziert sich die Zahl der aeroben Bakterien zugunsten der ansteigenden Zahl Anaerobier. Die Aufnahme von Kolostrum unterstützt mit antimikrobiellen Peptiden / Proteinen die Abwehr pathogener Keime und bereitet den Verdauungstrakt des Jungtieres auf die Flora mit Darmmikrobiota vor. Diese entwickelt sich dann mit dem Übergang zu Brei und Folgefutter stetig weiter (Brade and Distl, 2016). In Form einer zellulären Barriere unterstützen verschiedene Bakterien die Körperabwehr grundsätzlich, Laktobazillen und Bifidobakterien nehmen hier eine besondere Stellung für die Immunität ein (Brade and Distl, 2016).

Die Fütterung (inkl. Futterzusammensetzung und Tränkwasserqualität) kann die Mikrobiota in ihrer Zusammensetzung, Diversität, Aktivität und Funktion, aber auch in der Prävalenz von Zoonoseerregern im Bestand beeinflussen. Der Anteil von Störungen der Magen-Darm-Gesundheit, bei denen der Einsatz von Antibiotika bei Nutztieren indiziert ist, liegt nach epidemiologischen Studien bei 20 bis 40 Prozent (Kamphues, 2014). Nach Abgaben des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) liegen für das zweite Halbjahr 2017 bundesweite Kennzahlen zur Antibiotika-Therapiehäufigkeit bei Masttieren vor. Danach sei nach Angaben der QS GmbH der Antibiotikaeinsatz in der Tierhaltung weiter rückläufig. Allerdings ergeben sich je nach Autoren der Erhebungen abweichende Ergebnisse bei QS GmbH und BVL. Laut QS-Antibiotikamonitoring und deren Kennzahlen erhalten Schweine, Geflügel und Kälber immer weniger Antibiotika. Für die anderen Tierarten wurde der Rückgang des Therapieindex beobachtet. In der Gegenüberstellung mit einer Auswertung durch das BVL für den gleichen Zeitraum stellt dieses davon abweichend einen leichten Anstieg des Antibiotikaeinsatzes bei Mastschweinen, Masthühnern, Puten und Mastkälbern im Vergleich zum 1. Halbjahr 2017 fest und kann den von der QS GmbH ermittelten Rückgang des Therapieindex bei den anderen Tierarten nur in geringfügigem

Literaturübersicht

Maße erkennen. Trotzdem wird ein Rückgang des Antibiotikaeinsatzes als Trend insgesamt seit 2014 bestätigt. Betriebe mit Schweinehaltung wie auch Betriebe mit Geflügelhaltung wiesen nach QS-System in 2017 ca. 3 % weniger Antibiotikaeinsatz auf als in 2016. Im Vergleich zu 2014 ergab dieses eine Reduzierung um 32 % (QS GMBH, 2018).

Nutritiv bedingte Diarrhoen können durch Abweichungen in der Futterzusammensetzung, mangelhafte Futtermittelhygiene und/oder der Tränkwasserqualität, sowie durch Mängel in der Fütterungstechnik bedingt sein (Kamphues et al., 1984). Fütterungsbedingte Verdauungsstörungen bei jungen Schweinen können anhand eines Vergleichs von Hausschweinen mit Wildschweinen dargestellt werden. Wildschweine nehmen kontinuierlich kleine Futtermengen auf. Die Folgen sind eine bessere Einspeichelung und aufgrund kleinerer Portionen eine bessere Einsäuerung des Futterbreies im Magen (Drochner, 1999). Ein weit verbreitetes Problem bei Mastschweinen ist das Auftreten von Magengeschwüren. Einundfünfzig Prozent der Mastschweine wiesen am Schlachthof pathologische Veränderungen der *Pars nonglandularis* auf. Die Tiere erhielten ein fein gemahltes und pelletiertes Futter. Von den verendeten Schweinen wiesen 27 % in der pathologischen Untersuchung perforierende Ulzera auf. Die Tiere verbluteten in den Magen-Darm-Trakt (Melnichouk, 2002). Epithelschäden werden vornehmlich in der *Pars proventricularis* diagnostiziert. Ulzerationen können zu Bruxismus, Anorexie, Vomitus, Schmerzen während der Bewegung bis hin zum Tod führen. Mögliche Auslöser können haltungsbedingter Stress und strukturarmes Mastfutter mit einem hohen Vermahlungsgrad sein. Während der Durchmischung des Futters mit dem Mageninhalt wird der pH-Wert deutlich gesenkt. Die Entleerung des Magens ist verkürzt. Rohfaserreiches Futter verlangsamt die pH-Wert Senkung und der Speisebrei verweilt länger im Magen. Aufgrund des geringeren Kontakts von Magensäure mit dem Magenwandepithel sind die pathologischen Veränderungen verringert (Martens et al., 2006; Martens, 2012). Ein gröberer Vermahlungsgrad des Alleinfutters bei Absetzferkeln reduziert das Auftreten von Schleimhautläsionen in der *Pars nonglandularis* (Grosse Liesner et al., 2009). Schweine am Mastende mit einer kurzen Anfahrt zum Schlachthof und optimalen Haltungsbedingungen im Mastbetrieb, die allerdings mit einem Futtermittel auf Weizenbasis gefüttert wurden, welches einen feinen Vermahlungsgrad aufwies, hatten vermehrt pathologische Veränderungen der *Pars nonglandularis*. Tiere unter den gleichen Haltungsbedingungen, mit dem gleichen Futter, allerdings mit einem gröberem Vermahlungsgrad wiesen die Anomalien nicht auf (Betscher et al., 2010). Ein grob vermahltes Futter bewirkt eine Schichtung des Mageninhalts. Eine Gradientenbildung des pH-Wertes ist die Folge (Kamphues, 1987).

2.7 Wirtschaftliche Einbußen aufgrund von Schwanzspitzenerkrankungen

Caudophagie ist eine häufige Ursache für sekundäre Ausbreitung von Bakterien im Tierkörper. Sie erhöht das Risiko, dass der Schlachtkörper aufgrund von Abszessen verworfen wird. Aufgrund von Läsionen, die am Schwanz durch die Zähne der Tiere gesetzt werden, dringen Bakterien in die Blut- und Lymphbahn ein. Infektiöse Thromben können durch Lymphgefäße zur Lendenwirbelsäule oder in den Thorakalwirbelbereich gelangen, oftmals kann an diesen Stellen Osteomyelitis beobachtet werden. Bei 61,7 % der Schlachtkörper, die Abszesse in beiden Schlachtkörperhälften aufweisen, ist Caudophagie der Grund für die Entstehung der Abszesse (Huey, 1996). Neben der Verursachung von Wirbelsäulenabszessen kann als Folge der Pyämie eine Infektion der Lunge stattfinden, weniger häufig sind die Nieren und andere Körperregionen betroffen (Fraser and Broom, 1990). Das klinische Hauptsymptom von Wirbelsäulenabszessen sind Paralysen im Bereich der Hinterläufe (Hagen and Skulberg, 1960). Gemäß Artikel 3 der Verordnung (EG) Nr. 1/2005 „[...] darf niemand eine Tierbeförderung durchführen oder veranlassen, wenn den Tieren dabei Verletzungen oder unnötige Leiden zugefügt werden könnten [...]“. Zudem muss die Transportfähigkeit der Tiere gewährleistet sein (EG-Verordnung 2005). Bereits am Haltungsort behandelte oder getötete Tiere führen zu finanziellen Schäden, die vom Mäster getragen werden. Diese Verluste werden in Studien oftmals nicht erfasst (Boyle and Teixeira, 2010). Die wirtschaftlichen Auswirkungen der Caudophagie sind gravierend, da trotz Schwanzamputationen infolge von Caudophagie mehr als 3 % aller Mastschweine Entzündungen und Nekrosen an den gekürzten Schwänzen aufweisen (EFSA, 2007). Eine weitere Folge ist die Bildung von Abszessen, die sich bis zu einer Septikämie manifestieren können. Erkrankte Tiere weisen oftmals körperliche Unterentwicklungen auf. Die Folgen können bis zum Totalverluste führen (Jaeger, 2010). Durch das Verwerfen von Teilstücken bzw. des gesamten Schlachttierkörpers werden immense betriebswirtschaftliche Verluste erzielt. Davon sind etwa 0,5 bis 3,4 % der Schlachtschweine betroffen (EFSA, 2007). In Deutschland sind von ca. 60 Mio. Schlachtungen/Jahr insgesamt über 300.000 Tierkörper/Jahr als ganze oder teilweise Verluste zu verzeichnen (Jaeger, 2013). Die durchschnittliche Schwanzbeißer-Erwartung bei Einhaltung des Kupierverbotes unter den zurzeit betriebenen Haltungsfaktoren soll nach Expertenmeinungen bei 60 % zu erwarten sein (Mayer et al., 2006; Pütz et al., 2011; Lechner et al., 2015; Reiner, 2015). Eine Studie der Schweiz zeigte, dass 14 bis 20 % der unkupierten Schweine bei der Schlachtung Symptome von Caudophagie aufwiesen, obgleich die Tiere extensiv und im Freiland gehalten wurden

Literaturübersicht

(Walker and Bilkei, 2006). Erhebliche finanzielle Einbußen entstehen aufgrund von verminderten täglichen Zunahmen, erhöhtem Bedarf an medizinischer Versorgung, Aussortierung betroffener Schweine sowie Wertminderung des Tierkörpers nach der Schlachtung (Kritas and Morrison, 2007). Bei Schlachttierkörpern führt das Verwerfen von Teilstücken oder des ganzen Schlachttierkörpers zu geschätzten Verlusten von circa 1,10 Euro pro erzeugtem Schlachttier. Die negativen Auswirkungen wurden ebenfalls für die Ferkelerzeuger mit circa 0,59 Euro je Ferkel berechnet. Die erheblichen Lohn- und Tierkosten sind nicht in der Berechnung erfasst. Bei der Schlachtung betreffen schwere Schwanzläsionen (Teil- oder Gesamtschwanzverlust) 1 bis 3 % aller Schweine und zusätzlich werden bei über 70 % aller Schweine Defekte am Schwanz nachgewiesen. Außerdem ist die Prävalenz von landwirtschaftlichen Betrieben sehr wahrscheinlich höher als Schlachthofschätzungen vermuten lassen (D'Eath et al., 2018).

2.8 Maßnahmen gegen ein akutes Beißgeschehen

Die Caudophagie tritt meist schleichend im Bestand auf. Bevor Verletzungen an den Schwänzen erkennbar sind, tritt eine erhöhte Unruhe in den Buchten auf, die oftmals unbemerkt bleibt (Schröder-Petersen and Simonsen, 2001). Weitere Vorzeichen können bereits haarlose Stellen auf den Schwänzen und/ oder kleine Beißstellen an den Schwanzspitzen sein (Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, 2016). Oftmals sind die Schwänze bereits ödematös geschwollen (Treuthardt, 2001). Um einem akuten Beißgeschehen entgegenzuwirken und bereits vor dem ersten Auftreten von Caudophagie Maßnahmen ergreifen zu können, muss der Tierbestand täglich intensiv und aufmerksam beobachtet werden (EFSA, 2007; Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, 2016). Die Tierbeobachtung hinsichtlich der Verhaltensänderung muss trainiert werden, damit z.B. eine erhöhte Aktivität in der Bucht, hyperaktive Tiere und beißende Schweine unverzüglich erkannt sowie die verletzen Tiere und die Beißer separiert werden (Blaha, 2015; Vom Brocke et al., 2015). Diese Maßnahmen sind bereits in §4 Abs. 1 TierSchNutzV wie folgt verankert: „[...] Wer Nutztiere hält, hat sicherzustellen, dass 1. für die Fütterung und Pflege der Tiere ausreichend viele Personen mit den hierfür erforderlichen Kenntnissen und Fähigkeiten vorhanden sind; 2. das Befinden der Tiere mindestens einmal täglich durch direkte Inaugenscheinnahme von einer für die Fütterung und Pflege verantwortlichen Person überprüft wird und 3. soweit erforderlich, unverzüglich Maßnahmen für die Behandlung, Absonderung in geeignete Haltungseinrichtungen mit trockener und weicher Einstreu oder

Literaturübersicht

Unterlage oder die Tötung kranker oder verletzter Tiere ergriffen werden sowie ein Tierarzt hinzugezogen wird [...]“ .

Vom Niedersächsischen Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz wurde ein Ratgeber zur Reduzierung des Risikos für Caudophagie herausgebracht. In diesem wird die Schwanzhaltung als weiteres Warnsignal bei der täglichen Kontrolle angeführt. Bei einem beginnenden Caudophagie-Problem werden die Schwänze meist zwischen den Hinterbeinen eingeklemmt oder hängen gelassen. Des Weiteren wird darauf verwiesen, dass bei einer beginnenden Problematik zweimal täglich ein Rundgang durch die Buchten erfolgen sollte. Hiervon sollte eine der Kontrollen in der Hauptaktivitätsphase am Nachmittag durchgeführt werden (Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, 2016). Beißgeschehen mit einem einzelnen, aggressiven Täterschwein ist meist durch ein ruhiges Verhalten der Gruppe ohne *Tail-in-mouth*-Aktivitäten und Schwanzveränderungen charakterisiert (Edwards, 2006). Gerade in solchen Fällen ist eine intensive Beobachtung der entsprechenden Gruppe erforderlich. Das Täterschwein muss schnellstmöglich identifiziert und isoliert werden, um das akute Geschehen in den Griff zu bekommen (EFSA, 2007). Die verletzten Schweine sollten ebenfalls aus der Gruppe separiert werden, da gerade bei blutenden Wunden das akute Beißgeschehen noch intensiviert wird (EFSA, 2007). Da der Geschmack des Blutes besonders attraktiv für Schweine ist, muss die Alternative ebenso attraktiv und nährstoffreich sein, um diese von akuten Beißattacken ablenken zu können (Fraser, 1987a). Mit Blut benetzte Gewebe in der Größe von Schweineschwänzen sowie nicht mit Blut benetzte Gewebe wurden in einer weiteren Studie Schweinen für zwölf Tage angeboten. Im Durchschnitt kauten die Schweine deutlich mehr auf dem mit Blut benetzten Modell (Fraser, 1987a). Das Beschäftigungsmaterial scheint bei einem akuten Beißgeschehen ein essentieller Faktor zu sein. Ein mannigfaltiges Angebot an Beschäftigungsmaterialien steigert die Aktivität und das Erkundungsverhalten, die Aggressivität und ein atypisches Verhalten wird gesenkt (Fraser et al., 1991; Høek Presto et al., 2009). Durch die Gabe von nichtsteroidalen Antiphlogistika in Verbindung mit Antibiotika wurde eine Besserung erzielt (Jaeger, 2013).

In der Literatur sind zahlreiche unterschiedliche Möglichkeiten der Präventionen von Caudophagie beschrieben. Jedoch muss individuell im Betrieb geprüft werden, welche Auslöser zur Caudophagie geführt haben (Vom Brocke et al., 2012). Erfolgreiche Lösungen eines Betriebes müssen in einem anderen Betrieb nicht zwingend erfolgreich sein. Unerlässlich bleibt daher die Vorbeugung von Caudophagie als komplexe Aufgabe unter individueller betrieblicher Anpassung (Vom Brocke et al., 2012).

2.9 Rechtliche Situation

Die Richtlinie 2008/120/EG des Rates vom 18. Dezember 2008 über Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen regelt die Haltungsanforderungen für Zucht- und Mastschweine. Gleiche Anforderungen an die landwirtschaftlichen Betriebe, sowie die Einhaltung eines Standards im Tierschutz sollen EU weit gelten. Die Richtlinie besagt, dass nur ein Teil des Schwanzes amputiert werden darf, wenn ein Nachweis erbracht wird, dass Verletzungen bei anderen Tieren aufgetreten sind. Ein routinemäßiger Eingriff zum Kupieren der Schwänze ist jedoch nicht gestattet. Es müssen zunächst andere Maßnahmen zur Verhinderung der Caudophagie hinsichtlich der Unterbringung und der Bestandsdichte im Bestand getroffen worden sein, um eine Ausnahmeregelung zu erhalten. Die nationale Gesetzgebung weist zu diesen beiden Punkten jedoch keine Regelungen auf. Ebenfalls die Erwägungsgründe der Richtlinien greifen das Kupieren der Schwänze mit der Beschreibung von akuten und in manchen Fällen andauernden Schmerzen auf. Die EU-RL wird auf nationaler Ebene durch das Tierschutzgesetz (§6 Abs. 1 Nummer 3 in Verbindung mit §5 Absatz 3 Nummer 3 TierSchG) umgesetzt. In Deutschland ist danach der Eingriff im Einzelfall erlaubt, „[...] wenn das Kupieren für die vorgesehene Nutzung des Tieres, zu dessen Schutz oder zum Schutz anderer Tiere unerlässlich ist [...]“. Der rechtliche Rahmen erlaubt den Eingriff ohne Betäubung nur bei unter vier Tage alten Ferkeln. Es müssen jedoch Maßnahmen ergriffen werden, die Schmerzen und/oder Leiden der Tiere entgegen wirken. Die EU veröffentlichte die Empfehlung KOM 2016/336 zur Anwendung und Konkretisierung der bestehenden Regelungen bezüglich des Angebots an Beschäftigungsmaterial und die Verringerung der Notwendigkeit des Schwanzkupierens. Diese Empfehlungen richten sich an die für den Tierschutz zuständige Behörde der Mitgliedstaaten. Sie soll die unbestimmten Rechtsbegriffe konkretisieren und den Behörden als Hilfestellung dazu dienen, die schweinehaltenden Betriebe aufzufordern die Unerlässlichkeit des Eingriffs glaubhaft darzulegen (Ministerium für Umwelt, 2018).

Die Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) aus dem Jahre 2005 regelt einen Erhalt von Direktzahlungen und seit 2007 zudem den Bezug von Beihilfen für flächenbezogene Agrarumwelt- und Forstmaßnahmen an die Einhaltung anderweitiger Verpflichtungen als sogenannte Cross Compliance bzw. Überkreuzverpflichtung. Land- und Forstwirten werden Beihilfen nur unter Einhaltung der relevanten Grundanforderungen und Standards in vollem Umfang gewährt. Die Verordnung (EU) Nr. 1306/2013 über die Finanzierung, die

Literaturübersicht

Verwaltung und das Kontrollsystem der Gemeinsamen Agrarpolitik regelt die Cross Compliance. Anhang II der Cross Compliance Vorschriften gemäß Artikel 93 enthält eine Liste mit 13 bindenden europäischen Grundanforderungen und 7 Standards zur Erhaltung von Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand in den Bereichen

- Umweltschutz, Klimawandel, guter landwirtschaftlicher Zustand der Flächen,
- Gesundheit von Mensch, Tier und Pflanze und
- Tierschutz

Quelle: (EG-Verordnung Nr.1306, 2013)

Eine Missachtung der Vorschriften kann eine Kürzung des Prämienanspruches bedeuten. Losgelöst von der Prämienkürzung kann ein Verstoß nach dem Tierschutzrecht zusätzlich geahndet werden (Pütz, 2014).

Ein Erlass des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz aus dem Jahr 2011 regelte, dass schweinehaltende Betriebe, bei denen vermehrt Caudophagie auftrat und Schweine daher präventiv kupierten bzw. kupierte Schweine halten wollten, einen Maßnahmenplan zu erstellen hatten. Dieser musste vom Tierhalter zur Verhinderung des Fortbestehens der Problematik umgesetzt werden. Der Maßnahmenplan sollte durch den Bestandstierarzt geprüft werden. Eine Dokumentation über den Maßnahmenplan und die Befunde des Tierbestandes waren erforderlich. Ein Nachweis des Bestandstierarztes konnte als ausreichend erachtet werden und war der Überwachungsbehörde auf Verlangen vorzulegen (Ministerium für Umwelt, 2011, Pütz, 2014). Das NRW-Landwirtschaftsministerium, der Rheinische und Westfälisch - Lippische Landwirtschaftsverband haben eine gemeinsame Erklärung festgelegt, um eine Lösung aus dem präventiv durchgeführten Kupieren der Schwänze zu schaffen. Es wurden hierbei drei Phasen beschlossen:

Phase eins begann im Jahr 2014 und hatte zum Ziel, dass die auslösenden Faktoren, die zur Caudophagie geführt haben, durch Ursachenforschung identifiziert wurden. Eine Informations- und Beratungsoffensive für Tierärzte und die schweinehaltenden Betriebe sollte den aktuellen Wissensstand zur Caudophagie vermitteln. Hierzu hatte die FH Südwestfalen ein Beratungskonzept zur Verhinderung der Caudophagie bei Schweinen erstellt.

„[...] Diese Beratungs- und Informationsoffensive muss grundsätzlich auch eine einzelbetriebliche Beratung vor Ort ermöglichen können, denn eine „Blaupause“ für das Verzicht auf das „routinemäßige“ Kürzen der Ferkelschwänze gibt es nicht [...]“.

Literaturübersicht

Phase zwei (2015) beinhaltete festgelegte Maßnahmenpläne für 15 Pilotbetriebe, die eine bestimmte Anzahl von unkupierten Tieren hielten. Zudem wurde ein Leitfaden zur Haltung von unkupierten Schweinen für bestandsbetreuende Tierärzte, Berater und Landwirte erarbeitet. Die Bewertung der Maßnahmen floss in Phase drei (2016/2017) ein. In dieser Phase verzichteten 58 Betriebe mit bis zu 129 Ferkeln auf das Schwanzkupieren. In einem Abschlussdurchgang wurden nochmals eine größere Anzahl vom Beirat der NRW-Erklärung geforderte Schweine mit bis zu 269 Tieren in 25 Betriebseinheiten gemästet. Als Fazit konnte festgestellt werden, dass eine Verbesserung im Abschlussdurchgang zu Phase drei nicht festgestellt werden konnte. Ebenfalls wurde die vom Beirat der NRW-Erklärung geforderte Quote von mindestens 95% intakter Schwänze nicht erreicht (Ministerium für Umwelt et al., 2014; Ministerium für Umwelt, 2017).

Das Niedersächsische Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz verlautbarte folgendes Fortgestaltungsvorhaben im Rahmen der EU-Förderperiode:

„[...] In der EU-Förderperiode von 2014 bis 2020 möchte das Niedersächsische Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz durch Tierwohlzahlungen unter anderem die Haltung von Mastschweinen fördern, die ohne Kupierung von Ringelschwänzen auskommen. Dafür stehen 28 Millionen Euro aus dem Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raumes (ELER) bereit. Für die Mehraufwendungen der Landwirte wie Haltung auf Stroh, Einsatz von Beschäftigungsmaterial, mehr Platz für die Tiere und intensive Betreuung erhält der Landwirt dann eine Prämie. Mit der Zahlung von 16,50 Euro für unversehrte und gesunde Ringelschwänze seit Dezember 2015 soll ein Anreiz für mehr Tierschutz in Niedersachsens Ställen geboten werden. Diese Prämie wird jedoch nur an Landwirte ausgezahlt, die ein überzeugendes Konzept für den angemeldeten Bestand vorweisen, bei dem zu jeder Zeit mindestens 70 Prozent der Tiere mit einem intakten Ringelschwanz ausgestattet sind. Intakt ist ein Ringelschwanz immer dann, wenn er unversehrt ist. Die gleichzeitige Haltung von kupierten und unkupierten Tieren in einer Gruppe ist nicht erlaubt. Die Förderung kann für maximal 3.000 Tiere gewährt werden [...]“ (Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, 2014).

Im November 2017 forderte die EU-Kommission die Mitgliedstaaten auf einen Aktionsplan zur Einhaltung der RL 2008/120/EG (Mindestanforderungen an Schweinehaltungen) zu erstellen. Die bisher von Deutschland getroffenen Maßnahmen wurden als nicht ausreichend erachtet, um das routinemäßige Kupieren der Schwänze zu unterbinden. Im Februar 2018

Literaturübersicht

führte die EU ein erneutes Audit in Deutschland durch mit dem Schwerpunkt der Überprüfung der Eignung und Effektivität der umgesetzten Maßnahmen zur Verhinderung der Caudophagie und des präventiv durchgeführten Schwanzkupierens. Aus dem Auditbericht ging als Resultat hervor, dass die Strategien der Bundes- und Länderbehörden zu keinen eindeutigen Ergebnissen hinsichtlich der Vermeidung der Caudophagie und des routinemäßigen Schwanzbeißen geführt haben, obgleich hohe Forschungsgelder investiert und die Ergebnisse veröffentlicht wurden. Weiterhin erfolgt unerlaubt der präventive Eingriff der Amputation eines Schwanzteilstücks. Der Aktionsplan soll für schweinehaltenden Betriebe und Veterinärverwaltungen eine Rechtssicherheit schaffen, in dem Betriebe, die weiterhin Kupieren, nachvollziehbar erläutern müssen, warum diese Notwendigkeit besteht und welche Verbesserungsmaßnahmen bereits umgesetzt wurden, um Caudophagie zu verhindern. Des Weiteren soll die Caudophagie durch eine Verbesserung der Haltungsfaktoren und des Managements vermindert und somit eine Grundlage geschaffen werden im nächsten Schritt kleine Gruppen unkupierter Schweine zu halten (Europäische Kommission, 2018).

In der Agrarministerkonferenz im September 2018 wurde der Aktionsplan beschlossen. Er soll ab dem 01. Juli 2019 umgesetzt werden. Der Aktionsplan gibt dem Landwirt zwei Möglichkeiten zur Auswahl:

Erste Option:

Jeder Betrieb, der weiterhin kupieren muss, bzw. kupierte Tiere zukauf, hat die Unerlässlichkeit des Kupierens auf seinem Betrieb nachzuweisen. Es muss eine betriebsindividuelle Risikoanalyse durchgeführt werden. Voraussetzung ist hierbei, dass mehr als 2 % der Tiere in den letzten zwölf Monaten Schwanz- und/oder Ohrverletzungen aufwiesen. Diese Risikoanalyse soll mit einem Tierarzt oder Betriebsberater erarbeitet werden und die Bereiche Stallklima, Beschäftigungsmaterial, Gesundheit und Fitness, Wettbewerb und Ressourcen, Ernährung, sowie Buchtensauberkeit und –struktur erfassen. Hierbei sollen Schlachtbefunde, betriebsinterne Tierschutzindikatoren, sowie Checks und Analyseergebnisse einfließen. Des Weiteren sollen Verletzungen der kupierten Schweine aus dem Bestand oder Schlachtbefunde erhoben werden. Für die daraus festgestellten Ergebnisse sind geeignete Verbesserungsmaßnahmen festzulegen und umzusetzen. Dies soll ebenfalls unter Mithilfe eines Tierarztes oder Bestandsberaters erfolgen.

Literaturübersicht

Zweite Option: Betriebe, die in den Kupierverzicht einsteigen, können eine kleinere Gruppe an unkupierten Schweinen halten. Mindestens 1 % der vorhandenen Tierplätze muss dabei dauerhaft mit unkupierten Tieren belegt sein. Es wird bei dieser Option eine Risikobeurteilung mit einem Tierarzt oder Berater empfohlen. Zudem müssen die Verletzungen der unkupierten Tiere dokumentiert werden. Sofern sich hieraus Optimierungsmaßnahmen ergeben, sind diese ebenfalls umzusetzen.

Im Anschluss an die beiden Optionen ist eine Tierhaltererklärung zur Vorlage beim Ferkelerzeuger, Aufzüchter und Mäster durch den Tierhalter zu unterschreiben. Im Rahmen einer Betriebskontrolle durch die zuständige Behörde sind diese Vorgaben zu kontrollieren. Sofern innerhalb von 2 Jahren erneut Caudophagie im Bestand auftritt, hat der Tierhalter möglichst unter Mithilfe eines Tierarztes oder Bestandsberaters einen Plan zu erstellen, der Maßnahmen zur Senkung des Caudophagierisikos enthält und diesen beider zuständigen Behörde vorzulegen (Ministerium für Umwelt, 2018).

3 Fragestellung und Studiendesign

Ziel dieser Studie war es, die Haltungsbedingungen von Schweinemastbetrieben in Nordrhein-Westfalen (NRW), unterteilt in Niedrig- und Hoch-Risiko-Betriebe, zu vergleichen. Hierzu wurden post mortem Untersuchungen an Schweinen an einem Schlachthof in NRW durchgeführt, Futterproben analysiert und die entsprechenden Betriebe hinsichtlich ihrer Haltungsbedingungen geprüft.

Um zu untersuchen, ob sich die Futterzusammensetzung und dessen Mahlgrad auf die Darmgesundheit bzgl. Darm-Morphologie auswirken, wurden Trockensubstanz, Rohprotein- und Rohfaser-, NDF-, ADF- und ADL-Gehalt des Futters analysiert sowie eine Siebanalyse durchgeführt

Das Jejunum wurde auf morphologische Läsionen histopathologisch untersucht und die Konzentration der Immunparameter TLR5, IL8, IL10, IL17 und NKGD2 in der Darmwand und in den Ileocaecallympknoten gemessen.

Als Indikator für Entzündungsvorgänge wurde die Konzentration des Akute-Phase-Proteins Haptoglobin gemessen.

4 Material und Methoden

4.1 Auswahl und Einteilung der Betriebe in Hoch- und Niedrig-Risiko-Betriebe

An dem Projekt nahmen 20 Schweinemastbetriebe aus NRW teil. Diese Betriebe wurden anhand von veterinärmedizinischen Datenerhebungen des Zeitraums vom 01.01.2014 bis 28.02.2015 der amtlichen Tierärzte des Schlachthofs Tönnies in Rheda-Wiedenbrück ausgewählt. Unter Berücksichtigung des Auftretens pathologischer Befunde wie Schwanzspitzennekrosen, Beckenabszesse, Schwanzansatzabszesse und Kotelett-Wirbelsäulenabszesse, die als Folge von Kannibalismus gewertet werden, wurden die Mastbetriebe aus NRW herausgefiltert. Betriebe, die ein deutliches Aufkommen dieser Befunde zeigten wurden ausgesucht, sowie Mastbetriebe die offenbar keine Symptomatik hinsichtlich Caudophagie aufwiesen. Im Anschluss wurden zwei Hauptgruppen von Betrieben gebildet. Zehn Mastbetriebe, bei denen keine Anzeichen von Caudophagie (0 %) in den letzten 1 ½ Jahren am Schlachtband der Firma Tönnies dokumentiert wurden, wurden als Niedrig-Risiko-Betriebe (NRB) eingestuft. Weitere zehn Mastbetriebe, die aufgrund der Schlachtdaten Schwanzveränderungen zwischen 1 und 5 % bei den gelieferten Schweinen zeigten, wurden als Hoch-Risiko-Betriebe (HRB) eingestuft. Die Bestandsgrößen der Betriebe lagen zwischen 450 und 2300 Mastplätzen.

Aufgrund der vorliegenden Schlachtbefunde wurden die angelieferten Mastschweine aus HRB in 3 Kategorien eingeteilt:

Kategorie 1

Hierbei handelt es sich um Schweine ohne Schwanzläsionen, die keine Anzeichen von Schwanzspitzen- oder Ohrrandnekrosen sowie keine Stauungen der Blutgefäße der Ohren zeigten. Sie werden fortan als gesund benannt.

Kategorie 2

Die Schweine wiesen akute und blutige Schwanznekrosen auf. Diese Tiere werden fortan mit akuten Läsionen benannt.

Kategorie 3

Die Schweine wiesen abgeheilte Wunden an den Schwänzen und Narbengewebe auf. Die Tiere werden fortan als Tiere mit chronischen Läsionen bezeichnet. Abbildung 1 zeigt die Verteilung der Fallgeschehen nach Risiko-Einstufung der Betriebe:

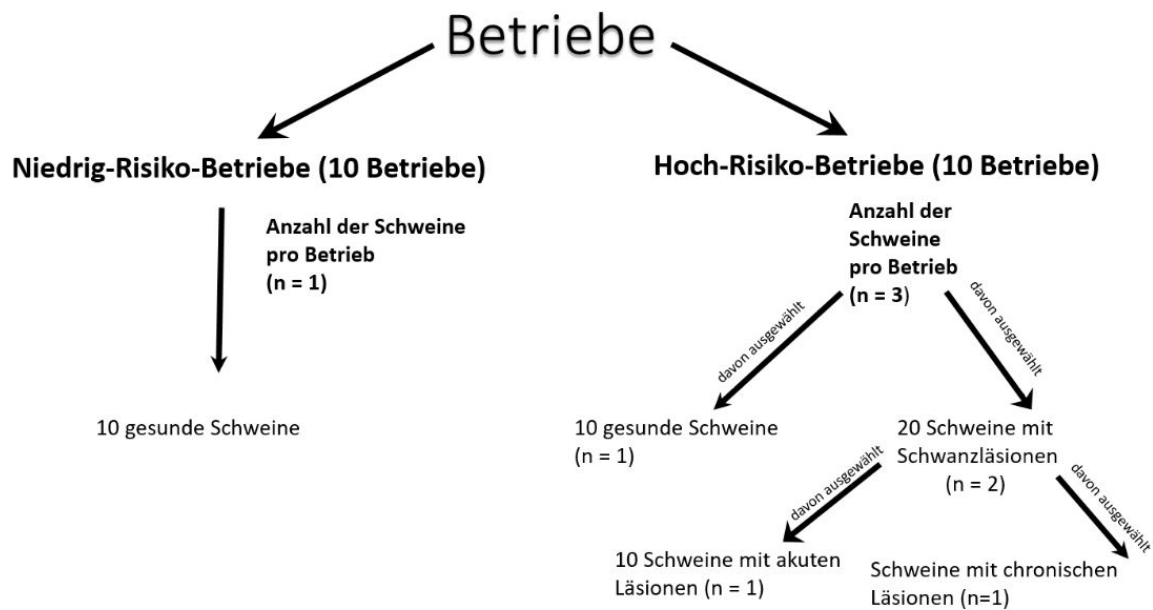


Abbildung 1: Aufteilung der Betriebe in Hoch-Risiko-Betriebe/ Niedrig-Risiko-Betriebe; Kategorisierung der Schweine in gesund, mit akuten Läsionen, mit chronischen Läsionen

4.1.1 Projektbetriebe

Jeder einzelne Betrieb, der an der Studie teilnahm, wurde vor Ort mit Hilfe eines Evaluationsbogens beurteilt. Zudem wurden der Antibiotikaeinsatz und die täglichen Tageszunahmen erfasst. Sofern Endmastfutter auf den Betrieben vorhanden war, wurde eine Futtermittelprobe gezogen und diese analysiert.

4.1.2 Evaluationsbögen

Die Evaluationsbögen sollten einen umfangreichen Überblick über den Tierbestand und sein Management ermöglichen. Hierzu wurden die Hauptfaktoren für Caudophagie erfasst.

4.2 Futtermitteluntersuchung mittels Siebanalyse

Von neun NRB und zehn HRB konnten Proben von Endmastfuttermitteln zur weiteren Analyse gezogen werden.

Um die Struktur des Futters zu ermitteln, wurden die Futtermittel einer feuchten Siebanalyse unterzogen. Der Siebturm, bestehend aus acht Siebebenen ohne Boden (Maschenweite in mm: $<0,1/ 0,15/0,2/0,4/0,63/1/2,5/4/>4$), wurde zuerst in den Trockenschrank bei 103 °C gelegt und anschließend im Exsikkator abgekühlt. Das Wiegen der einzelnen Ebenen erfolgte separat. 40 g des Analysenmaterials wurden mittels eines Probenteilers entnommen. Danach wurde mit 1000 ml destilliertem Wasser unter periodischem Rühren für 60 Minuten eine Suspension angefertigt. Im Anschluss wurde mittels Druck die Suspension mit ca. 10 l destilliertem Wasser durch den Siebturm gespült. Darauf wurden die Siebebenen mit dem Probenmaterial bei 103 °C bis zur Gewichtskonstanz in den Trockenschrank gelegt. Im Anschluss erfolgte das Abkühlen im Exsikkator und die einzelnen Ebenen wurden erneut ausgewogen. Mittels Dreisatz, bezogen auf den TS-Gehalt des ursprünglichen Probenmaterials wurden die prozentualen Anteile berechnet. Mit Hilfe der Subtraktion wurden die feinsten gelösten Anteile ($< 0,1$ mm) bestimmt.

4.3 Weender Futtermittelanalyse

Die Analyse von Rohprotein und Rohfaser in den Endmastfuttermischungen wurde nach den Vorgaben der Weender-Analyse (Naumann et al., 2004) durchgeführt.

4.3.1 Bestimmung des Trockensubstanz-Gehaltes (TS)

Zwei Gramm der Futtermittelproben wurden in einem Porzellantiegel eingewogen und bei 103 °C für 4 Stunden getrocknet. Daraufhin erfolgte eine Abkühlung des Probenmaterials im Exsikkator auf Raumtemperatur. Das Probenmaterial wurde dann erneut gewogen und die Trockensubstanz wurde berechnet.

4.3.2 Bestimmung des Rohprotein-Gehaltes (Rp)

Der Stickstoffgehalt der Futtermittelproben wurde nach dem Dumas-Verfahren gemessen mit der Hilfe eines Makro-Elementaranalysators. Zur Kalibrierung wurde Glutaminsäure verwendet.

4.3.3 Bestimmung des Rohfaser-Gehaltes (Rfa)

Die Rohfaser-Ermittlung erfolgte unter der Verwendung eines Rohfaseranalysators. Die Futtermittelproben wurden in 1,25 %iger Schwefelsäure und dann in 1,25 %iger Natronlauge bei 100 °C erhitzt. Anschließend wurden die gekochten Proben in den Trockenschrank gestellt und bei 105 °C getrocknet und anschließend gewogen (Einwaage 1). Nachfolgend erfolgte die Veraschung der getrockneten Futtermittelproben bei 500°C im Muffelofen. Im Anschluss wurden sie nochmals gewogen (Einwaage 2).

Der Rohfasergehalt wurde mittels Subtraktion des Gewichts der Rohasche (Einwaage 2) vom Gewicht der getrockneten Futtermittelproben (Einwaage 1) berechnet. Tabelle 4 bildet die zur Rohfaseranalyse benötigten Lösungen ab.

Tabelle 4: Säure-Detergenzien-Faser (ADF)- und Neutral-Detergenzien-Faser (NDF)-Lösung

ADF-Lösung	NDF-Lösung:
20 g Cetyltrimethylammoniumbromid	30 g Natriumlaurylsulfat
Mit 0,05molarer Schwefelsäure auf 1l auffüllen	18,61 g EDTA-Natriumsalz*2H ₂ O
	6,81 g Natriumtetraborat*10H ₂ O
	4,56 g Natriumphosphatdibasic
	10 ml Triethylenglycol
	Ad 1 l Reinstwasser
	pH-Wert 6,9-7,1

4.4 Van-Soest-Analyse

Die NDF-, ADF- und ADL-Bestimmung wurde gemäß der VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalten) durchgeführt (Naumann et al., 2004).

4.4.1 Neutral- Detergenzien-Faser (NDF, Neutral Detergent Fiber)

Vom gemahlene Futter wurden 0,45 bis 0,55 g in einen gewogenen Filterbeutel eingewogen und verschlossen.

Anschließend wurden die Filterbeutel in den Suspender gegeben. Bei jedem Durchgang lief ein leerer Filterbeutel zur Bestimmung des Leerwertes. Heißwasser (70 °C) wurde eingeschaltet und nach automatischer Zugabe der NDF-Lösung werden 20 g Natriumsulfit und 4 ml hitzestabile alpha-Amylase per Hand hinzugefügt. Alpha-Amylase (8 ml) wurde mit 350 ml Wasser verdünnt und in den zugehörigen Amylase-Dispenser gefüllt. Diese Amylase-Lösung wurde vollautomatisch vom Rohfaser-Analysator während der ersten und zweiten Waschvorgänge zugefügt. Nach Abschluss der NDF-Extraktion und Waschvorgänge wurden die Filterbeutel für 5 Minuten in Aceton eingeweicht, um überschüssiges Wasser zu entfernen, unter dem Abzug vorgetrocknet, um das Aceton zu entfernen und anschließend bei 104 °C im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz verbracht. Das Abkühlen erfolgte im Exsikkator, im Anschluss wurden die Filterbeutel gewogen und der NDF-Gehalt mit folgender Formel bestimmt:

$$\%NDF = \frac{w_3 - (w_1 * c_1)}{w_2} * 100$$

w_1 = Masse des leeren Filterbeutels

w_2 = Einwaage

w_3 = Masse des Filterbeutels nach Extraktion

c_1 = Blindwertkorrektur (Filterbeutel nach Extraktion / Filterbeutel)

4.4.2 Säure-Detergenzien-Faser (ADF, Acid Detergent Fiber)

Zur Bestimmung der Säure-Detergenzien-Faser (ADF), hauptsächlich Cellulose und Lignin, wurden wie bei der Bestimmung der NDF 0,45 bis 0,55 g des gemahlene Futters analog zum Vorgehen bei der Bestimmung der NDF behandelt, abweichend davon wurde jedoch eine saure Detergenzienlösung (ADF-Lösung, Tabelle 5) verwendet und keine α -Amylase zugesetzt. Auch die Berechnung erfolgte wie bei der NDF:

$$ADF \left(\frac{g}{kg} TS \right) = \frac{w_3 - (w_1 * c_1)}{w_2}$$

w_1 = Masse des leeren Filterbeutel

w_2 = Einwaage

w_3 = Masse des Filterbeutels nach Extraktion

c_1 = Blindwertkorrektur (Filterbeutel nach Extraktion / Filterbeutel)

4.4.3 Säure-Detergenzien-Lignin (ADL, Acid Detergent Lignin)

Zur Bestimmung der ADL wurde zunächst die ADF-Analyse durchgeführt. Die Filterbeutel wurden mit Papiertüchern getrocknet und 5 Minuten in Aceton eingeweicht. Anschließend wurden sie bei 103 °C eine Stunde lang im belüfteten Trockenschrank getrocknet, im Exsikkator abgekühlt und gewogen. Die getrockneten Filterbeutel wurden in ein 3-L-Becherglas gegeben und mit maximal 250 ml Schwefelsäure benetzt, um alles zu bedecken. Ein 2-Liter-Becherglas übergestülpt und vorsichtig auf und ab bewegt, um die Filterbeutel zu umspülen. Dieser Vorgang wurde ca. 30 Mal alle 3 Minuten wiederholt. Nach drei Stunden wurden die Filterbeutel mit Reinstwasser gewaschen, für drei Minuten in Aceton stehen gelassen und dann bei 105 °C in etwa zwei bis vier Stunden getrocknet und gewogen (w_3). Anschließend wurden die Bags bei 525 °C verascht, abgekühlt und gewogen (w_4 , c_2) und die ADL folgendermaßen berechnet:

$$ADL_{DM}(as - received basis) = \frac{w_3 - (w_1 * c_1)}{w_2}$$

$$ADL_{DM}(DM basis) = \frac{w_3 - (w_1 * c_1)}{w_2 * DM}$$

$$ADL_{OM}(DM basis) = \frac{w_4 - (w_1 * c_1)}{w_2 * DM}$$

w_1 = Gewicht des leeren Filterbeutels

w_2 = Einwaage

w_3 = Gewicht des Filterbeutels nach Extraktion

w_4 = Gewicht der organischen Substanz (OM) (Gewichtsverlust durch Verbrennungen am Filterbeutel und Faserreste)

c_1 = Blindwertkorrektur (Filterbeutel-Gewicht nach Trocknung/ursprünglicher Blindwert)

Material und Methoden

c_2 = Asche-korrigierter Blindwert (Gewichtsverlust durch Verbrennungen am Filterbeutel/ursprünglicher Blindwert)

DM = Trockensubstanz

Tabelle 5: Verwendete Geräte und Chemikalien für die Futtermitteluntersuchungen

Bezeichnung	Hersteller	Ort, Land
Exsikkator Typ Novus NS 24/29	Schott/Duran	Mainz, Deutschland
Siebturm	Retsch GmbH	Haan, Deutschland
Rohfaser-Analysator: Ankomm2000Fibre Analyser	Ankom Technology Corp.	Macedon, USA
Heraeus® Trockenschrank T5042	Heraeus electronic	Hanau, Deutschland
Analysewaage Typ Genius	Sartorius AG	Göttingen, Deutschland
Schwefelsäure 72 %		
Schwefelsäure (98 %) Qualität	J. T. Baker	Griesheim, Deutschland
Makroelementaranalysator vario max CN	Elementar Analysensystem GmbH	Hanau, Deutschland
Alpha-Amylase: Hitzestabile bakterielle α -Amylase (Aktivität: 17,400 Liquefon-Einheiten/ml)	Ankom Technology Corp.	Macedon, USA
Natronlauge	Merck, KGaA	Darmstadt, Deutschland
Muffelofen Heraeus® Thermicon®P	Heraeus electronic	Hanau, Deutschland

4.5 Sektionsgang und Probengewinnung

Die ausgewählten Schweinemastbetriebe lieferten ihre Schweine an den Schlachthof, wo in den Wartebuchten eine Selektion und Einteilung der Schweine vorgenommen wurde. Vor Beginn der Probenentnahme wurden die Mastschweine aus den HRB bzw. NRB

Material und Methoden

adspektorisch und palpatorisch auf Schwanzspitzen- und Ohrtrandnekrosen untersucht und kategorisiert. Mittels eines farbigen Fettstifts wurden die Tiere gekennzeichnet und dem weiteren Schlachtprozess zugeführt. Die Schweine wurden mittels eines Backloaders mit einer 80 %igen CO₂-Konzentration betäubt und unverzüglich entblutet. Nach Einsetzen der Betäubung wurden die Tiere zusätzlich mit einer chronologischen Ohrmarke gekennzeichnet. Danach erfolgte der Brüh-, Entborste- und Flammvorgang, sowie die Organentnahme. Am Schlachtband wurden die Geschlinge und die Darmpakete entnommen und unverzüglich untersucht und beprobt.

Von jedem Tier wurde eine Adspektion der Lunge, des Herzens, der Leber, der Ileocaecallymphknoten, des Magens, des distalen Jejunums, des Ileums, des Caecums sowie des *Colon ascendens* durchgeführt.

Die Untersuchungen und Probennahmen fanden im Zeitraum Juli bis Dezember 2015 statt.

4.5.1 Beprobung des Ileocaecallymphknotens

Nach Lokalisation des Ileocaecallymphknotens in der *Plica ileocaecalis* wurde dieser entnommen und das umliegende Bindegewebe entfernt.

Für die molekularbiologischen Analysen wurde mit einer chirurgischen Schere ein 1 x 1 cm großes Gewebestück herausgeschnitten, mit 5 bis 6 Schnitten auf einem Schneidebrett mittels einer Schneideklinge zerkleinert und in ein mit 5 ml RNA*later*-Lösung gefülltes Röhrchen gegeben. Dieses wurde ca. 60 Minuten bei Raumtemperatur gelagert, darauf in Trockeneis gebettet und bis zum erneuten Gebrauch bei –80 °C gelagert.

4.5.2 Beprobung des distalen Jejunums und des *Colon ascendens*

Zuerst wurde das Ende der *Plica ileocaecalis* lokalisiert und mit einer Darmklemme abgebunden. Anschließend wurde eine zweite Darmklemme in einem Abstand zur ersten Klemme von 10 cm auf das distale Jejunum gesetzt, woraufhin das abgeklemmte Darmstück mittels einer chirurgischen Schere herausgelöst und *antimesenterial* eröffnet wurde. Der Darminhalt wurde unverzüglich mittels eines Silikonschabers vorsichtig von den Darmschleimhäuten gelöst. Das Darmstück wurde daraufhin in isotonischer Kochsalzlösung gespült und ein 1,5 x 1,5 cm großes Gewebestück mittels einer Schneideklinge gelöst und mit 5 bis 6 Schnitten zerkleinert. Für die molekularbiologische Analyse wurde die Probe wie der

Material und Methoden

Ileocaecallymphknoten behandelt. Für die Gewebeschnitte wurde das restliche Darmstück auf Filterpapier platziert. Mit einer Schneideklinge wurde ein 1,5 x 1,5 cm großes Stück gelöst und vorsichtig mittels einer stumpfen Pinzette in eine Einbettkassette gelegt und in 4 %iges Formalin überführt.

Die *Colon ascendens* Proben wurden analog den jejunalen Proben genommen. Der Übergang des *Colon ascendens* ist durch das *Ostium ileale* begrenzt. Die Beprobung erfolgte in einem Abstand von 5 cm zum *Ostium ileale*.

4.5.3 Adspektion des Ileums

Die erste Darmklemme an der *Plica ileocaecalis* wies das proximale Ende des Ileums aus. Mit einer weiteren Darmklemme wurde der Übergang zum Caecum auf Höhe des *Ostium ileale* abgebunden.

Das Ileum wurde abgesetzt. Im Anschluss erfolgte eine *antimesenteriale* Eröffnung des Ileums mittels chirurgischer Schere. Vorsichtig wurde die Darmschleimhaut mit einem Silikonschaber gereinigt und in Natriumchloridlösung geschwenkt, sodass keine Digesta-Reste auf der Schleimhaut vorhanden waren. Es folgte eine adspektorische Untersuchung

4.5.4 Beprobung des Caecums

Das *Ostium ileale* weist den Beginn des blind endenden Caecums aus. Das Caecum wurde im Ganzen abgetrennt und entlang der Tānie bis zur *Apex caeci* eröffnet. Der Darminhalt wurde entnommen und zu einer homogenen Probe drei Minuten lang vermischt. Anschließend wurden zwei Greiner-Röhrchen zu $\frac{3}{4}$ mit der Digesta befüllt und auf Trockeneis eingefroren. Das Caecum wurde mittels eines Silikonspatels gereinigt und mit Natriumchlorid-Lösung gespült. Anschließend erfolgte eine adspektorische Untersuchung.

4.5.5 Beprobung des Magens

Der Magen wurde entlang der *Curvatura ventriculi major* mittels chirurgischer Schere eröffnet. Aus dem Cardia-, Fundus- und Pylorus-Bereich wurden Digesta-Proben entnommen und drei Minuten lang zu einem homogenen Gemisch verarbeitet. Darauf wurden die Proben in zwei Greiner Röhrchen zu $\frac{3}{4}$ gefüllt und auf Trockeneis eingefroren. Im nächsten Schritt

wurde der Magen mit Natriumchlorid-Lösung vorsichtig gespült und adspektorisch untersucht.

4.6 Histologische Analyse der Darmwandproben

Die frisch entnommenen Darmwandproben des distalen Jejunums und des *Colon ascendens* wurden in eine Einbettkassette gelegt und bis zur weiteren Verwendung in 4 % neutral gepufferter Formalinlösung (Tabelle 6) fixiert. Die Darmwandproben wurden auf einer Korkplatte mithilfe von Igelstacheln fixiert und für 24 Stunden konserviert. Anschließend fand die Entwässerung und das Ausgießen der Proben in Paraffin statt. Eine Woche später wurden die Paraffinschnitte angefertigt, auf Objektträger aufgezogen und bei Raumtemperatur aufbewahrt.

Tabelle 6: Herstellung einer 4 %igen Formalinlösung

Formol 37 %	108 ml
Aqua dest.	1000 ml
2 x PBS	500 ml

4.6.1 Entwässerungsschema

Bevor die Einbettung der in Formalin fixierten Darmwandproben in Paraffin erfolgen konnte, mussten die Proben einem bestimmten Entwässerungsschema unterzogen werden:

Die in Formalin fixierten Proben wurden zwei Stunden in Leitungswasser gespült und über Nacht in PBS eingelegt.

Das Dehydrieren der Proben erfolgte in einer aufsteigenden Alkoholreihe (70 %, 80 %, 96 %). Die Behandlung mit 70 %igen und 80 %igen Alkohol erfolgte über 48 Stunden. Nach jeweils 24 Stunden wurde der Alkohol gewechselt.

Für zwei Stunden wurden die Darmwandproben in 96 %igen Alkohol und Isopropanol (2-Propanol) gegeben, anschließend 30 Minuten in Xylol inkubiert. Dem Xylol wurde 96 %iges Ethanol im 1:1 Verhältnis zugegeben. Es folgten drei Inkubationen für jeweils 30 Minuten in reinem Xylol, um das Formalin zu entfernen. Für ca. 12 Stunden wurden die Proben in 60 °C warmes Paraffin I eingebettet. Am darauffolgenden Tag wurden die Proben in Paraffin II und

III für jeweils 60 Minuten überführt. Die Proben wurden dann in eine Ausgießstation verbracht und durch Erkalten zu Paraffinblöcken erhärtet.

4.6.2 Schneiden der Paraffinblöcke

Mittels eines Schlittenmikrotoms wurden aus den erhärteten Paraffinblöcken 5 µm Schnitte erstellt und in 40 °C warmen Wasser gestreckt. Im Anschluss wurden die Schnitte auf adhäsive (silanisierte) Glasobjektträger gezogen. Diese wurden über Nacht in einem Trockenschrank mit einer konstanten Temperatur von 37 °C gelagert. Die weitere Aufbewahrung erfolgt bei Raumtemperatur. Die histologische Aufarbeitung wurde mit den in Tabelle 7 angeführten Materialien umgesetzt.

Tabelle 7: Für die histologische Aufarbeitung genutzten Geräte

Bezeichnung	Hersteller	Ort, Land
EC-350 Paraffin-Ausgießstation	Fa. Microm	Walldorf, Deutschland
Grundschlittenmikrotom, Typ 1400	Fa. Leitz	Wetzlar, Deutschland
Einbettkassette Macro, weiss	Fa. Carl Roth GmbH	Karlsruhe, Deutschland

4.6.3 Die Färbung der Gewebeschnitte mit Hämatoxylin-Eosin

Die Färbung Hämatoxylin-Eosin (HE) stellt eine dichromatische Standardfärbung dar. Sie besteht aus dem basischen Hämatoxylin (färbt den Kern) und dem sauren Zytoplasma-Farbstoff Eosin. Der Zellkern wird nach dem Färbeprozess Hämalaun blau dargestellt, das azidophile Zytoplasma, die Muskulatur und das kollagene Bindegewebe färben sich rot und das elastische Bindegewebe erhält eine rosa Färbung (Mulisch and Welsch, 1989). Zur Vorbereitung auf die Färbung wurden die Schnitte entparaffiniert und rehydriert und nach der HE-Färbung wieder entwässert, wie folgend in Tabelle 8 mit zeitlicher Aufteilung vorgestellt wird.

Tabelle 8: Färbereihe der Hämatoxylin-Eosin-Färbung

Schritt	Zeit
<i>Entparaffinierung und Rehydrierung der Schnitte:</i>	
Xylol I	15 min
Xylol II	15 min
Isopropanol	3 min
96 % Alkohol	3 min
80 % Alkohol	3 min
70 % Alkohol	3 min
Spülen in Aqua dest	2 min
<i>Färbung mit Hämalaun-Eosin</i>	
Färben mit Hämalaun sauer nach Mayer	10 min
Bläuen mit fließendem Leitungswasser	10 min
Färben mit 1 %igem Eosin in Aqua dest.	3 min
Spülen mit Aqua dest.	20-30 Sekunden
<i>Entwässerung der Schnitte</i>	
70 % Alkohol	3 min
80 % Alkohol	3 min
96 % Alkohol	3 min
Isopropanol	2 min
Xylol I 5 min	5 min
Xylol II 5 min	5 min

Fünf Tropfen Eisessig werden der 1 %igen Eosin-Gebrauchslösung (1 g Eosin in 1000 ml Aqua dest.) zugegeben. Anschließend wurden die Schnitte nach dem Xylol ohne Trocknungsprozess mit Histokit eingedeckt. Die Objektträger trockneten bei Raumluft (22 °C) und wurden bei Zimmertemperatur bis zur weiteren mikroskopischen Betrachtung gelagert. Die histologische Aufbereitung und Bearbeitung erfolgte im Labor der chirurgischen Klinik des Uniklinikums der RWTH Aachen.

Material und Methoden

Jede Probe des Jejunums wurde auf die Parameter Hyperplasie/ Metaplasie der Becherzellen, degenerative Veränderungen der Darmzotten, Entzündungen in der *Lamina propria*, kapilläre Stauung, Ödeme, Entzündungen des gesamten Darmgewebes, Entzündungen in der Mukosa und Submukosa sowie Entzündungen der Kryptendrüsen untersucht. Eine Metaplasie in direkter Form ist eine Umwandlung differenzierter Zellen in andere differenzierte Zelltypen. Das heißt, ein ausdifferenziertes Gewebe erfährt eine reversible Umwandlung in ein anderes differenziertes Gewebe. Hierbei findet keine Zellteilung statt (Gruber and Baumgärtner, 2007). Intestinale Metaplasien entstehen bei Defektheilungen, so auch bei noch nicht erkennbaren Micro-Erosionen (Stolte et al., 1997). Hyperplasien in ihrer reaktiven Form werden als sogenannte markige Schwellungen bezeichnet (Vallant, 2004).

Die Betrachtung der histologischen Schnitte erfolgte unter dem Lichtmikroskop (Leica DM2500, Wetzlar, Deutschland). Zur Übersicht wurden die HE-Präparate mit der fünffachen Vergrößerung betrachtet. Hiernach wurde schrittweise jeweils eine größere Vergrößerung gewählt bis zur 400-fachen Vergrößerung.

Zur Beurteilung der histopathologischen Veränderungen der jejunalen Darmmukosa und der jejunalen Darmzotten wurde der „Chiu“-Score (Chiu et al., 1970) herangezogen (Tabelle 9). Der Chiu-Score stellt einen etablierten histopathologischen Score dar. Anhand dieses Scores können histologisch sichtbare Dünndarmschädigungen als Resultat einer Ischämie beurteilt werden.

Bei jedem Dünndarmschnitt erfolgte eine Festlegung von sechs Gesichtsfeldern, die mit einer 400-fachen Vergrößerung betrachtet wurden. Anschließend wurde der Chiu-Score festgelegt und der Mittelwert errechnet. Der Mittelwert aller Darmschnitte einer Probe wurde als repräsentativ für die Schädigung des distalen Jejunums angesehen.

Tabelle 9: Die Einteilung von histopathologischen Veränderungen nach Chiu et al. (1970)

Chiu-Score	Befund
0	Unveränderte <i>Tunica mucosa</i> bzw. zu vernachlässigende Veränderungen
1	Die <i>Tunica mucosa</i> löst sich von der Basalmembran. Es entsteht ein subepithelialer Raum (Grünhagen-Raum). Das Epithel ist unverändert, jedoch ist eine kapilläre Stauung vorhanden. Die Zotten sind kürzer und verdickt
2	Vergrößerung des Grünhagen-Raums, indem sich das Epithel abhebt. Auftreten verdickter und kürzerer Zotten
3	Hochgradige Abhebungen des Epithels an der Villusunterseite, teilweise Defekte an den Villi
4	Defekte an den Villusspitzen
5	Verlust der Villi, Verdauung und Abbau der <i>Lamina propria</i> , Hämorrhagien und Ulzerationen

Sowohl der kapilläre Stau, die Ödeme als auch die Krypten- und Becherzellen finden beim Chiu-Score keine bzw. nicht im ausreichendem Maß Berücksichtigung. Daher wurden diese einzeln bewertet, indem alle Schnitte gesichtet und anschließend mit Score-Punkten von 0-4 versehen wurden. Die Beurteilung der einzelnen Schnitte wurde ohne Wissen über die Zugehörigkeit zu den einzelnen Kategorien vorgenommen. Die Einarbeitung und Bewertung der Schnitte wurde unter Mithilfe eines Fachtierarztes für Pathologie erarbeitet.

Jede Probe des *Colon ascendens* wurde auf die Parameter epitheliale degenerative Veränderungen, Entzündungen in der *Lamina propria*, kapilläre Stauung, Entzündungen des gesamten Darmgewebes, Entzündungen in der Mukosa und Submukosa untersucht. Auch hier erfolgte eine Sichtung aller Schnitte mit anschließender Bewertung in Score-Punkten von 0-4. Entzündungen wurden mit Hilfe eines histologischen Scores beurteilt. Dieser wurde anhand des Aufkommens an mononukleären (Lymphozyten, Makrophagen und Plasmazellen) und granulozytären (neutrophile, basophile und eosinophile) Zellinfiltraten gemessen. Bei jedem Dickdarmschnitt erfolgte eine Festlegung von sechs Gesichtsfeldern, die mit einer 400-fachen Vergrößerung betrachtet wurden. Anschließend wurde der histologische Score bestimmt und gemittelt.

Das Auftreten der mononukleären und granulozytären Zellen wurde mit 0 - 4 Score - Punkten bewertet (Tabelle 10). Ein etablierter Score stand nicht zur Verfügung. Die Beurteilung der

Material und Methoden

einzelnen Schnitte wurde ohne Wissen über die Zugehörigkeit zu den einzelnen Kategorien vorgenommen. Die Einarbeitung und Bewertung der Schnitte wurde unter Mithilfe eines Fachtierarztes für Pathologie erarbeitet.

Der Mittelwert und die Standardabweichung wurden für jede Gruppe (NRB, HRB gesund, HRB akute Läsionen und HRB chronische Läsionen) ermittelt und ausgewertet. Der Gesamt-Score jeder Probe wurde aus dem Mittelwert der histologischen Scores berechnet (Gesamt-Score = Mittelwert (Score Epithelschaden + Score Ödeme + Score Stau + Score Infiltrat).

Tabelle 10: Histologischer Score zum Entzündungsgrad mononukleärer Zellinfiltrate

Histologischer Score	Befund
	Durchschnittliches Aufkommen von mononukleären Zellinfiltraten
1	1,5 – 2 faches Aufkommen von mononukleären Zellinfiltraten
2	3 – 5 faches Aufkommen von mononukleären Zellinfiltraten
3	6 – 8 faches Aufkommen von mononukleären Zellinfiltraten
4	>8 faches Aufkommen von mononukleären Zellinfiltraten

4.7 Gewinnung von Blutproben zur Bestimmung des Haptoglobinwertes

Bei 18 Schweinen wurde das Blut direkt nach dem Entbluteschnitt in 10 ml Serum-Monovetten (Firma Sarstedt, Nümbrecht) aufgefangen und unmittelbar im Anschluss im Labor des Schlachthofs zentrifugiert. Das Blut wurde in der Laborzentrifuge 15 min bei 2500 U/min zentrifugiert und das Plasma in Eppendorfgefäße abpipettiert und bei –20 °C eingefroren. Der Versand des Serums zur serologischen Untersuchung mittels Kapillarelektrophorese im Labor der Firma Laboklin (Bad Kissingen) erfolgte noch am selben Tag.

4.8 Molekularbiologische Analyse der Darmwandproben und des Ileocaecallymphknotens

Die wie unter 4.5.1 – 4.5.3 beschrieben gewonnenen Proben der Darmwände und der Ileocaecallymphknoten der geschlachteten Schweine wurden zur Analyse der Genexpression der Immunparameter TLR5, IL8, IL10, IL17 und NKGD2 genutzt. Hierbei wurde die Genexpression in den Darmwandproben der verschiedenen Versuchsgruppen (Schweine

gesund, Schweine mit akuten Läsionen und Schweine mit chronischen Läsionen) direkt miteinander verglichen.

4.8.1 Genexpressionsanalysen durch quantitative Reverse-Transkriptase-Polymerase-Kettenreaktion (RT-qPCR)

Die quantitative Reverse-Transkriptase-PCR misst ein spezifisches RNA-Transkript. Hierzu dient die DNA als Template. Die Umschreibung der vorhandenen RNA erfolgt mit dem Enzym reverse Transkriptase in komplementäre DNA (cDNA). Anschließend erfolgt die Amplifizierung bestimmter Abschnitte der cDNA mit einer Polymerasekettenreaktion (PCR) unter der Verwendung von spezifischen Primern. Darauf wird der Fluoreszenzfarbstoff SYBR[®]Green verwendet. Es erfolgt eine Einlagerung zwischen den DNA-Strängen. Die Fluoreszenz kann durch Anregung emittieren und somit in jedem Reaktionsschritt gemessen werden. Die Menge des PCR-Produkts korreliert dabei proportional zum Fluoreszenzfarbstoff. Unter Verwendung einer eingesetzten Standardreihe mit bestimmten RNA Mengen bzw. Kopienzahlen des Zielgens ist so eine quantitative Bestimmung der exprimierten mRNA umsetzbar. Neben dem Detektionsfluoreszenzfarbstoff wird ein weiterer Farbstoff mit gleichbleibenden Fluoreszenzeigenschaften genutzt, um gezielte Messfehler zu beheben. Bei den vorliegenden Untersuchungen wurde der Referenzfluoreszenzfarbstoff ROX angewandt. Die genutzten Geräte und Chemikalien werden in Tabelle 14 aufgelistet.

4.8.2 RNA-Extraktion

Zur Extraktion der Gesamt-RNA wird der NucleoSpin[™] RNA II Kit (Machery-Nagel GmbH & Co. KG, Düren, Deutschland) nach Vorgaben des Herstellers eingesetzt. Dazu wurden 30 mg Gewebe des Jejunums, des Ileocaecallymphknotens und des Colon asc. verwendet. Die Nukleinsäureextrakte wurden bis zur weiteren Verwendung bei -80 °C eingefroren. Der Bioanalyser bestimmt die Qualität und Gesamtkonzentration der extrahierten RNA (Agilent 2100, Agilent, Waldbronn, Deutschland). Die *RNA integrity number* muss mindestens 7 als minimalen Reinheitswert für den weiteren Gebrauch aufweisen. Die RNA mit RNase-freiem Wasser wurde äquimolar auf eine Gesamtkonzentration von 100 ng/μl justiert.

4.8.3 Quantitative Reverse Transkriptase-Polymerase-Kettenreaktion (RT-qPCR)

Zu Beginn erfolgte die Umschreibung der isolierten RNA in *first strand*-cDNA. Diese wurde im Anschluss in der qPCR als Template verwendet. Die Durchführung beider Vorgänge erfolgte in einem Ansatz unter der Verwendung des *one-step* RT-qPCR master mix kits in PCR-Reaktionsgefäßen. Beide RT-qPCRs wurden in MX3000p und MX3005p Thermocyclern der Firma Agilent umgesetzt, die Analyse erfolgte unter Zuhilfenahme des Softwareprogramms MxPro (Agilent Technologies, Amsterdam, Niederlande). Um unspezifische PCR-Resultate anzuzeigen, wurde nach jedem erfolgten RT-qPCR Durchlauf am Ende des letzten Elongationsschritts eine Schmelzkurvenanalyse angewandt.

4.8.4 cDNA-Synthese und qPCR

Unter Verwendung des SuperScript® III Reverse Transcriptase *First-Strand complementary* DNA Synthesis Systems wurde die extrahierte RNA in cDNA umgeschrieben. Danach erfolgte die Amplifizierung der cDNA mit Hilfe des *two-step* qRT-PCR Kits und den genspezifischen Primern (Tabelle 12). Tabelle 11 und 12 beschreiben die Reaktionsansätze für die cDNA Synthese und die PCR. TLR5, NKG2D, IL 8, IL 10 und IL17 wurden als Referenzgene eingesetzt. Unter Nutzung des NCBI Onlineprogramms Primer-BLAST (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer-blast>) wurden einige der genutzten Primerpaare auf Basis der Sequenzen der Zielgene erstellt.

Tabelle 13 bildet die verwendeten qPCR und RT-qPCR- Primer mit Produktgröße und Annealingtemperatur ab.

Tabelle 11: Reaktionsansätze der cDNA-Synthese

Ansatz	Volumen
Random Hexamer-Primer (200 ng/µL)	2 µl
dNTP Mix (10 mM)	2 µl
RNA-Probe (2,5 ng/µl)	22 µl
RNAse freies Wasser	2 µl
Denaturieren der Probe bei 65 °C für 5 min	
5x First-Strand Buffer	8 µl
DTT (0.1 M)	2 µl
SuperScript® III RT (200 u/µl)	2 µl

Tabelle 12: Reaktionsansätze der qPCR

Ansatz	Volumen
Brilliant [®] II QRT-PCR MasterMix	12,5 µL
Forward Primer (10µM)	0,5 µL
Reverse Primer (10µM)	0,5 µL
RNase freies Wasser	10,5 µL
cDNA-Probe	1,0 µL

Tabelle 13: Eingesetzte Primer für die qPCR und RT-qPCR

Ziel-Gen	Primersequenz (5' → 3')	Produktgröße	Annealingtemperatur	Referenz
TLR5	CCTTCCTGCTTCTTTGATGG CTGTGACCGTCCTGATGTAG	122 bp	60 °C	Entwickelt im Institut für Tier-Ernährung
IL8	GGTCTGCCTGGACCCCAAGGAA TGGGAGCCACGGAGAATGGGTT	142 bp	60 °C	Entwickelt im Institut für Tier-Ernährung
IL10	GTCCGACTCAACGAAGAAGG GCCAGGAAGATCAGGCAATA	136 bp	60 °C	Entwickelt im Institut für Tier-Ernährung
IL17	GCACACGGGCTGCATCAACG TGCAACCAACAGTGACCCGCA	87bp	60 °C	Entwickelt im Institut für Tier-Ernährung
NKG2D	GCTCCAGAGCCAAGCTTCTT GAACCATCTTCCCACTGCCA	101bp	60 °C	Entwickelt im Institut für Tier-Ernährung

Material und Methoden

Tabelle 14: Geräte und Chemikalien für die RNA- Extraktion, Bestimmung der RNA-Konzentration, cDNA Synthese und PCR

Bezeichnung	Hersteller	Ort, Staat
2100 Bioanalyzer	Agilent Technologies	Santa Clara, USA
2100 Bioanalyzer Software	Agilent Technologies	Santa Clara, USA
5x First-Strand Buffer (10 mM)	Agilent Technologies	Santa Clara, USA
AccuBlock™ Digital Dry Bath	Labnet International Inc	Edison, USA
Brilliant II SYBR® <i>one-step</i> QRT-PCR MasterMix Kit	Agilent Technologies	Santa Clara, USA
Brilliant®II QRT-PCR MasterMix Kit	Agilent Technologies	Santa Clara, USA
Chip Priming Station	Agilent Technologies	Santa Clara, USA
DNase PureLink	Invitrogen	Darmstadt, Deutschland
dNTP Mix (200 ng/μl)		
DTT (0,1 M)	Agilent Technologies	Santa Clara, USA
Ethanol ROTIPURAN® ≥ 99,8 %, p.a.	Carl Roth GmbH & Co. KG	Karlsruhe, Deutschland
Gusto™ High-Speed Mini-Centrifuge	Heathrow Scientific	Nottingham, UK
IKA MS 3 Vortex	Agilent Technologies	Santa Clara, USA
MaxQ 6000 Inkubator	Thermo Scientific	Waltham, MA, USA
MiniStar Silverline Mikrozentrifuge	VWR	Wien, Österreich
MxPro QPCR Software	Agilent Technologies	Santa Clara, USA
NucleoSpin RNA II Kit	Macherey & Nagel	Düren, Deutschland
PCR Gefäße Optical tube + cap strips	Agilent Technologies	Santa Clara, USA
PCR Primer	Eurofins MWG Operon	Ebersberg, Deutschland
PCR Workstation mit UV / Air circulator	Peqlab	Erlangen, Deutschland
Random Hexamer-Primer		
RNA 6000 Nano Chips	Agilent Technologies	Santa Clara, USA
RNA 6000 Nano Kit	Agilent Technologies	Santa Clara, USA
RNAlater® -ICE	Ambion	Darmstadt, Deutschland

Material und Methoden

RNase Zap Dekontaminationslsg.	Life Technologies	Darmstadt, Deutschland
RT/RNase block enzyme mix	Agilent Technologies	Santa Clara, USA
Safe-Lock Tube 0,5 ml	Agilent Technologies	Santa Clara, USA
Safe-Lock Tube 1,5 ml / 2 ml	Eppendorf AG	Hamburg, Deutschland
β -Mercaptoethanol	Sigma Aldrich	St. Louis, USA
Stratagene Mx3000P/Mx3005P Thermocycler	Agilent Technologies	Santa Clara, USA
SuperScript [®] III RT (200 u/ μ l)	Agilent Technologies	Santa Clara, USA
SureCycler 8800 Thermocycler	Agilent Technologies	Santa Clara, USA
Vortex Genie	Scientific Industries	West Palm Beach, USA
Waage Sartorius BP 110 S	Sartorius AG	Göttingen, Deutschland
Wasser, nuklease-frei, sterilfiltriert	Carl Roth GmbH & Co. KG	Karlsruhe, Deutschland
Zentrifuge Eppendorf 5430	Eppendorf AG	Hamburg, Deutschland

4.9 Bestimmung der kurzkettigen Fettsäuren im Magen- und Darminhalt

Das Gemisch der kurzkettigen Fettsäuren (Acetat, Propionat, Butyrat und Valeriat) und deren quantitative Bestimmung wurde mit einem Gaschromatograf mit Flammenionisationsdetektor durchgeführt. Es wurde eine Kapillarsäule HP-INNOWax (Länge: 30 m; Durchmesser: 530 μ m) verwendet. Wasserstoff wurde als Trägergas eingesetzt. Circa 300 mg Probenmaterial der aufgetauten Digesta-Proben wurden eingewogen. Ein Milliliter eines internen Standards, der 0,5 mmol/l Capronsäure (C6:0) enthielt, wurde zugegeben. Die Proben wurden 60 Minuten lang im Rüttler Reax 2000 bewegt und im Anschluss 8 Minuten lang bei Raumtemperatur mit 16200 x g zentrifugiert. Zu 500 μ l des Überstands der Magendigestaprobe wurden 500 μ l des internen Standards zugegeben, bei den Caecumdigesta-Proben wurden je 400 μ l des Überstandes mit 800 μ l internem Standard versetzt, mit dem Rüttler 8 Minuten bewegt und

Material und Methoden

anschließend gemessen. Für die gaschromatischen Analysen standen die in Tabelle 15 genannten Materialien zur Verfügung.

Die am Gaschromatografen eingestellten Parameter sind der Tabelle 16 zu entnehmen.

Tabelle 15: Für die gaschromatografischen Analysen genutzte Geräte und Chemikalien

Bezeichnung	Hersteller	Ort, Land
2-Propanol	Carl Roth GmbH&Co.KG	Karlsruhe, Deutschland
Gaschromatograf: Modell 6890N	Agilent Technologies	Waldbronn, Deutschland
Gefriertrockner: Freeze Dryer Alpha 1-4	Fa.Christ	Osterode am Harz, Deutschland
n-Hexan	Carl Roth GmbH&Co.KG	Karlsruhe, Deutschland
Rüttler: Reax 2000	Heidolph GmbH&Co.KG	Instruments Schwabach, Deutschland
Säule CP-SIL 88	Varian	Middelburg, Niederlande
Säule HP-INNOWax	Agilent Technologies	Waldbronn, Deutschland
Screw cap vials clear (Part No. 5182-0714)	Agilent Technologies	Waldbronn, Deutschland
Volatile Acid Standard Mix	Supelco	Bellefonte, USA
Vortex Genie2	Scientific Industries	West Palm Beach, USA
Zentrifuge: Centrifuge 5415 C	Eppendorf AG	Hamburg, Deutschland

Tabelle 16: Parameter des Ofen- und Injektortemperaturprogrammes

	Temperatur (°C)	Zeit (Minuten)	°C/Minute
Ofenprogramm	70 (initial)	0,5	
(Analysezeit: 9,6 min)	140	1	150
	90	3	120
Injektortemperaturprogramm	100 (initial)	0,02	
(Splitverhältnis 1:1)	150	0,5	600
	120	2,0	600

4.10 Statistische Auswertung

Unter Verwendung des Statistikprogramms SPSS 15.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) wurde die statistische Analyse durchgeführt. Die Berechnung von Mittelwert und Standardabweichung erfolgte mit Microsoft Windows 8.1 und der Tabellenkalkulation Excel 2013 für Windows 8.1 (Microsoft, Redmond, USA).

Zum Vergleich der Futtermittel wurde das arithmetische Mittel sowie die Standardabweichung als Maß für die Streuung berechnet. Zum Vergleich der Futtermittel zwischen Niedrig- und Hoch-Risiko-Betrieben wurde die Normalverteilung mit dem Shapiro-Wilk-Test geprüft. Bei normalverteilten Werten erfolgte im Anschluss der t-test; bei nicht-normalverteilten Werten wurde der Mann-Whitney-U-Test angewandt. Das Signifikanzniveau lag bei $p < 0,05$.

Zum Vergleich der vier Gruppen wurde als Test auf Normalverteilung der Shapiro-Wilk Test durchgeführt. Bei normalverteilten Werten wurde die ANOVA-Posthoc-Analyse mit dem Tukey-Test umgesetzt; bei nicht-normalverteilten Werten wurde der Kruskal-Wallis-Test angewandt. Das Signifikanzniveau lag bei $p < 0,05$.

Zum Vergleich der histologischen Untersuchung wurden der Mittelwert und die Standardabweichung als Maß für die Streuung berechnet. Beim Vorliegen von Unterschieden in den Ergebnissen wurden beim Vergleich von mehreren Gruppen eine einfaktorielle ANOVA und als Posthoc-Analyse der Tukey's comparison test angewandt. Lag $p < 0,05$, wurde er als signifikant erachtet.

Die statistische Auswertung der qPCR erfolgte über die Software REST2009, die eine relative Genexpression (im Vergleich zur Kontrollgruppe) ermöglicht. Hierbei wird nach Normalisierung die Genexpression der Kontrollgruppe auf 1,0 gesetzt. Abweichungen der Versuchsgruppen zur Kontrollgruppe sind dann als erhöhte ($> 1,0$) bzw. verringerte ($< 1,0$) Genexpression sichtbar.

5 Ergebnisse

5.1 Datenerhebungen

Die Ergebnisse der Evaluation zu den Punkten Ferkelbezug, Reinigungsmanagement, Genetik, Luftwechselrate, Temperatur, Maßnahmen beim Auftreten von Caudophagie und Auffälligkeiten, bevor Caudophagie im Bestand auftrat, wurden erhoben, jedoch in dieser Studie nicht ausgewertet.

5.1.1 Platzangebot

In zwei HRB und einem NRB wurde eine Überbelegung einzelner Buchten festgestellt, ansonsten wurden die Maße von 0,75 bis 1 m² uneingeschränkt nutzbarer Bodenfläche für die Schweine eingehalten. Ein NRB und ein HRB, die an der „Initiative Tierwohl“ teilnahmen, boten den Schweinen 10 %, sowie ein weiterer HRB 20 % mehr frei nutzbare Bodenfläche als vom Gesetzgeber gefordert, an.

5.1.2 Bodengestaltung

Von den 20 Mastbetrieben hielten zwei HRB einen Teil ihrer Mastschweine (vornehmlich Schweine mit Schwanzläsionen) auf Stroh, um diese von den anderen Tieren zu separieren. Hiermit konnten die Betriebe nach Aussage der Betriebsleiter eine deutliche Reduktion der Caudophagie erzielen. Ein HRB und zwei NRB hielten einen Teil ihres Bestandes auf Teilspaltenboden. Ein NRB hielt seinen Tierbestand ausschließlich auf Teilspalten. Die restlichen Betriebe hielten ihre Schweine auf Vollspaltenboden.

5.1.3 Beschäftigungsmaterialien

Alle besuchten Betriebe boten ihren Schweinen verschiedene Beschäftigungsmaterialien wie z.B. Ketten mit Beißkugeln, Kunststoffelemente oder Beißsterne, Leckmasse, Holzstücke, verschiebbare Kunststoffrohre, Schnüre aus Sisalfasern sowie Spielbälle an. Sowohl sechs HRB als auch sechs NRB boten den Tieren zusätzlich Stroh oder Heu in aufgehängten Strohkörben oder direkt als Auslage in den Buchten an.

5.1.4 Mastformen in NRB und HRB

In neun NRB und sieben HRB wurden Kastraten und weibliche Schweine gemeinsam gemästet, wobei einer der HRB zusätzlich Ebermast durchführte. Ein HRB und drei NRB mästeten getrenntgeschlechtlich, davon ein NRB zusätzlich Eber.

Tabelle 17: Angaben zu den Mastformen in den Niedrig- und Hoch-Risiko-Betrieben; (n=10)¹

	Gemeinsame Mast	Getrenntgeschlechtliche Mast	
Ebermast			
NRB	9	1	1
HRB	7	3	1

¹ Sowohl ein Niedrig-Risiko-Betrieb als auch ein Hoch-Risiko-Betrieb betrieben zusätzlich zur gemeinsamen/ getrenntgeschlechtlichen Mast Ebermast; die Betriebsanzahl bleibt demnach bei n=10.

5.1.5 Licht

In zwei HRB und zwei NRB wurden die gesetzlich geforderten 80 Lux unterschritten. Die restlichen Betriebe hatten mindestens 80 Lux in ihren Stallungen.

5.1.6 Tränken

Das Angebot an Tränken war in allen Betrieben im Sinne der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung erfüllt. Eine Tränke wurde einer maximalen Anzahl von 12 Schweinen angeboten. In drei HRB und fünf NRB wurden zusätzlich Schalen-Tränken bereitgestellt. Hygienisch zeigten sich diese allerdings als nachteilig, da die Schalen oftmals mit Exkrementen der Tiere verunreinigt waren und ein deutlich höherer Arbeitsaufwand durch eine tägliche Überprüfung und gegebenenfalls Reinigung erfolgen musste. Zwei HRB und vier NRB nutzten Stadtwater. Jeweils ein NRB und ein HRB boten den Tieren sowohl Brunnen- als auch Leitungswasser an. Sieben HRB und fünf NRB nutzten ausschließlich Brunnenwasser zur Tränkung ihrer Tiere. Eine Untersuchung des Tränkwassers wurde in zwei HRB und drei NRB nicht durchgeführt. Die in den übrigen Betrieben erfolgten

Ergebnisse

Tränkwasseruntersuchungen wiesen in drei Fällen bei HRB Beanstandungen hinsichtlich der Keimzahl auf. Korrekturmaßnahmen wurden unverzüglich durch die Betriebe eingeleitet.

5.1.7 Fütterungstechnik

Sieben HRB und fünf NRB führten eine Fütterung per Breiautomaten durch. Alle Betriebe fütterten *ad libitum*, lediglich ein NRB fütterte rationiert durch Breiautomaten. Drei HRB und fünf NRB verwendeten eine Sensorfütterung. In den Betrieben waren über den Tag zwei bis drei Fütterungsblöcke (morgens, mittags, abends) eingerichtet mit jeweils drei bis fünf Trogabfragen im Abstand von ca. 30 Minuten. Das Tier : Fressplatzverhältnis fand in allen Betrieben ausreichend Berücksichtigung. Bei der rationierten Fütterung waren die Fressplatzbreiten von 33 cm eingehalten. Jedem Tier stand ein Fressplatz zur Verfügung. Bei der *ad libitum*-Fütterung wurde grundsätzlich das Tier : Fressplatzverhältnis von 4:1 eingehalten.

5.1.8 Mittlere tägliche Körpermassezunahmen und Lebendmasse bei der Schlachtung

Die HRB (n=10) weisen eine tägliche Zunahme der Mastschweine von $796 \pm 23,4$ g und die NRB (n=9) von $863 \pm 28,3$ g auf ($p=0,08$) (Abbildung 2).

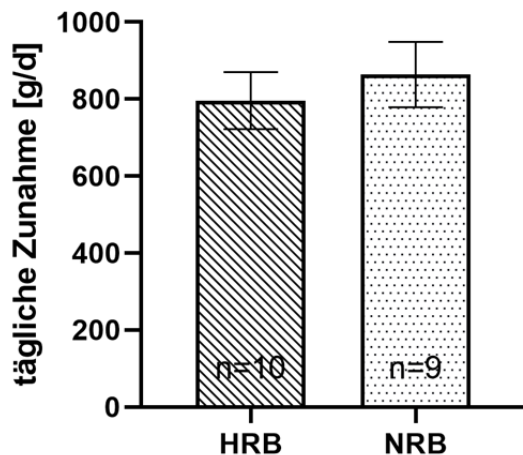


Abbildung 2: Tägliche Zunahmen der Hoch-Risiko-Betriebe (n=10) und Niedrig-Risiko-Betriebe (n=9) in g/d

Im Mittel lieferten die HRB Mastschweine mit einer Lebendmasse von 119,5 kg zum Schlachthof, die Tiere aus den NRB hatten eine Lebendmasse von 121,7 kg ($p=0,15$) (Abbildung 3).

Ergebnisse

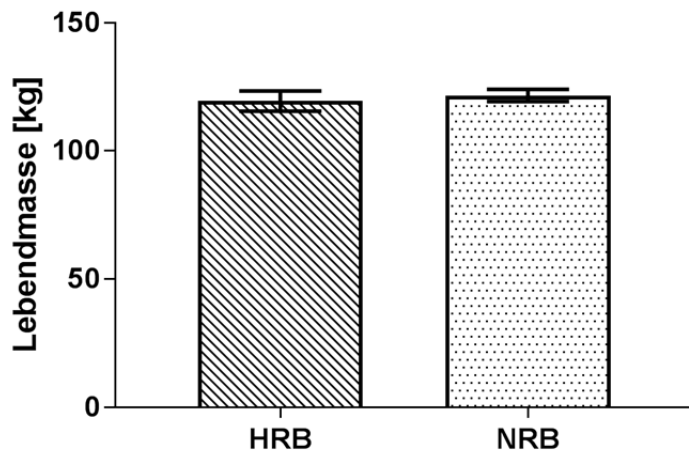


Abbildung 3: Durchschnittliche Lebendmasse der Mastschweine aus den Hoch-Risiko-Betrieben und den Niedrig-Risiko-Betrieben zum Zeitpunkt der Schlachtung; (n=10)

5.1.9 Letzte Fütterung vor dem Transport zum Schlachthof

Die zehn HRB fütterten im Mittel 13,5 Stunden und die zehn NRB 12,2 Stunden vor dem Abtransport letztmalig die Tiere, die zur Schlachtung bestimmt waren ($p=0,64$) (Abbildung 4).

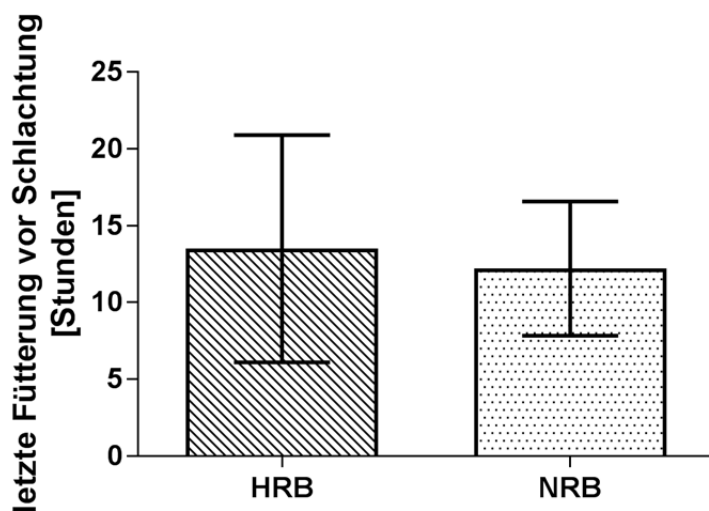


Abbildung 4: Zeitlicher Abstand zwischen der letzten Fütterung und der Schlachtung der Mastschweine aus Hoch-Risiko-Betrieben und Niedrig-Risiko-Betrieben (Angabe in Stunden); (n=10)

5.1.10 Betriebliche Therapiehäufigkeit anhand von Angaben aus der Antibiotikadatenbank

Die Therapiehäufigkeit, wie in der Antibiotika-Datenbank (Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere) dokumentiert, wurde aus Daten für das erste Halbjahr 2015, Nutzungsrichtung Mastschweine über 30 kg ermittelt. Der Tierhalter übermittelt für das entsprechende Halbjahr der zuständigen kontrollierenden Behörde die

- Angaben zum verwendeten Tierarzneimittel
- Anzahl und die Art der behandelten Tiere
- Anzahl der Behandlungstage
- insgesamt angewendete Antibiotikamenge
- Gesamtanzahl an gehaltenen Tiere
- die Anzahl der Zu- und Abgänge

Die halbjährliche individuelle betriebliche Therapiehäufigkeit berechnet sich nach der Formel:

$$\frac{\text{Anzahl behandelter Tiere} \times \text{Anzahl Behandlungstage}}{\text{durchschnittliche Anzahl gehaltener Tiere pro Halbjahr}}$$

Aus den ermittelten Therapiehäufigkeiten errechnet das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) die Kennzahl 1 und die Kennzahl 2. Die Kennzahl 1 stellt den Median (der Wert, unter dem 50 Prozent aller erfassten Therapiehäufigkeiten liegen) dar. Ist diese Kennzahl überschritten, müssen Tierhalter und Bestandstierarzt Ursachenforschung betreiben und Lösungsansätze finden, um die Antibiotikagaben zu reduzieren.

Die Kennzahl 2 wird als drittes Quartil (der Wert, unter dem 75 % aller erfassten Therapiehäufigkeiten liegen) bezeichnet. Ist diese Zahl überschritten, muss der Tierhalter innerhalb einer Frist von vier Monaten einen schriftlichen Maßnahmenplan zur Reduzierung der Antibiotikagaben aufstellen und bei der zuständigen Behörde einreichen.

Die NRB wiesen eine Therapiehäufigkeit zwischen 0 bis 8,7 auf. Vier Betriebe überschritten die Kennzahl 1. Grund dafür war ein plötzliches Auftreten von Ohrnekrosen und Lungenerkrankungen. Die HRB wiesen Therapiehäufigkeiten von 0 bis 21,6 auf. Sechs HRB

Ergebnisse

überschritten die Kennzahl 1. Ein HRB überschritt die Kennzahl 2 und musste einen Maßnahmenplan erarbeiten. Als Ursachen für den Antibiotikaeinsatz wurden Caudophagie, Ohrtrandnekrosen, Lungenerkrankungen und Gelenkserkrankungen genannt.

5.2 Fütterung

5.2.1 Siebanalyse der Futtermittel

Die Siebanalyse der Futtermittel aus den HRB und NRB ergab ein ähnliches Verteilungsmuster der Partikelgrößen (Tabelle 18). Sowohl bei den HRB als auch bei den NRB hatte der größte Anteil des Futters eine Partikelgröße von 2,5 bis 1 mm, gefolgt von Partikeln mit der Größe 0,63 bis 1 mm. Sehr feine Partikel ($< 0,1$ mm) wurden in keinem Futter festgestellt.

Tabelle 18: Angaben der Korngrößenverteilung der Niedrig-Risiko-Betriebe und Hoch-Risiko-Betriebe in % der untersuchten schrotförmigen Substanz

Korngrößen (mm)	HRB (%) (n = 9)	Kumulativ (%)	NRB (%) (n = 4)	Kumulativ (%)
> 4,00	0,43 ± 0,32	0,43	0,32 ± 0,32	0,32
2,50 – 4,00	1,79 ± 0,77	2,22	2,47 ± 0,91	2,79
1,00 – 2,50	53,82 ± 11,69	56,04	53,71 ± 10,82	56,50
0,63 – 1,00	21,05 ± 5,86	77,09	20,40 ± 7,57	76,90
0,40 – 0,63	10,82 ± 3,95	87,91	11,24 ± 3,70	88,14
0,20 – 0,40	8,69 ± 2,50	96,60	7,94 ± 1,15	96,08
0,15 – 0,20	2,91 ± 1,81	99,51	3,28 ± 1,01	99,36
0,10 – 0,15	0,47 ± 0,31	99,98	0,63 ± 0,15	99,99
< 0,1	0	99,98	0	99,99

Ergebnisse

5.2.2 Konzentrationen der kurzkettigen Fettsäuren im Magen- und Caecuminhalt

Es wurden keine Unterschiede in den Konzentrationen der kurzkettigen Fettsäuren im Magen (Tabelle 19) und im Caecum (Tabelle 20) zwischen den verschiedenen Versuchsgruppen festgestellt. Die Propionatkonzentration im Caecum war bei den Schweinen mit chronischen Läsionen aus den HRB tendenziell höher ($p=0,069$) als in den anderen Gruppen.

Tabelle 19: Konzentration ($\mu\text{mol/ml}$) der kurzkettigen Fettsäuren im Mageninhalt der einzelnen Tiergruppen (n=10)

	NRB + gesund	HRB + gesund	HRB + akute Läsionen	HRB + chronische Läsionen	p- Wert
Acetat	9,41 \pm 9,38	7,30 \pm 11,8	4,88 \pm 4,89	8,54 \pm 9,26 ⁹	0,724
Propionat	4,67 \pm 5,70	3,51 \pm 6,82	2,65 \pm 2,30 ⁹	4,42 \pm 5,89 ⁸	0,871
i-Butyrat	0,06 \pm 0,03 ³	0,03 \pm 0,01 ²	0,05 \pm 0,01 ⁵	0,05 \pm 0,03 ²	0,366
n-Butyrat	2,73 \pm 2,23 ³	3,14 \pm 4,06 ⁶	2,45 \pm 2,44 ³	2,09 \pm 3,71 ²	0,571
i-Valerat	0,09 \pm 0,06 ³	0,07 \pm 0,05 ⁶	0,13 \pm 0,05 ⁵	0,07 \pm 0,04 ⁸	0,288
n-Valerat	0,85 \pm 0,70 ²	0,91 \pm 1,47 ²	4,88 \pm 1,18 ³	1,10 \pm 1,45 ⁵	0,684
Gesamtfettsäuren	16,80 \pm 17,20	13,50 \pm 22,20	9,72 \pm 9,51	15,0 \pm 18,5 ⁹	0,811

Anmerkungen: NRB + gesund = Tiere ohne Läsionen aus Niedrig-Risiko-Betrieb, HRB + gesund = Tiere aus Hoch-Risiko-Betrieb ohne Läsionen, HRB + akute Läsionen = Tiere mit akuten Läsionen aus Hoch-Risiko-Betrieb, HRB + chronische Läsionen = Tiere mit chronischen Läsionen aus Hoch-Risiko-Betrieb; Abweichungen von der Gruppenanzahl n=10 sind den entsprechenden Ergebnissen der Konzentration als hochgestellte Zahlen hinten angefügt.

Ergebnisse

Tabelle 20: Konzentration ($\mu\text{mol/ml}$) der kurzkettigen Fettsäuren im Caecum-Inhalt der einzelnen Tiergruppen (n=10)

	NRB + gesund	HRB + gesund	HRB + akute Läsion	HRB + chronische Läsion	p-Wert
Acetat	66,5 \pm 21,0	54,5 \pm 2,20	58,7 \pm 13,0	69,4 \pm 16,3	0,157
Propionat	21,4 \pm 6,62	21,4 \pm 7,55	20,1 \pm 5,15	28,0 \pm 8,43	0,069
i-Butyrat	0,87 \pm 0,31	1,07 \pm 0,80	0,87 \pm 0,31	0,87 \pm 0,46	0,988
n-Butyrat	12,5 \pm 6,98	12,1 \pm 5,89	12,0 \pm 4,90	15,6 \pm 4,89	0,443
i-Valerat	1,19 \pm 0,55	1,6 \pm 1,48	1,19 \pm 0,50	1,20 \pm 0,71	0,991
n-Valerat	1,64 \pm 0,37	2,5 \pm 2,01	1,52 \pm 0,28	1,76 \pm 0,36	0,456
Gesamtfettsäuren	104 \pm 33,3	93,2 \pm 23,6	94,3 \pm 21,4	117 \pm 25,70	0,177

Anmerkungen: NRB + gesund = Tiere ohne Läsionen aus Niedrig-Risiko-Betrieb, HRB + gesund = Tiere ohne Läsionen aus Hoch-Risiko-Betrieb, HRB + akute Läsion = Tiere mit akuten Läsionen aus Hoch-Risiko-Betrieb, HRB + chronische Läsion = Tiere mit chronischen Läsionen aus Hoch-Risiko-Betrieb

5.2.3 Nährstoffanalysen

5.2.3.1 Ergebnisse der Nährstoffanalysen der untersuchten Futtermittel

Die Nährstoffgehalte der Futtermittel aus den HRB und NRB zeigen keine Unterschiede. Der Rohfasergehalt im Futter aus den NRB lag tendenziell höher ($p=0,065$) als im Futter der HRB (Tabelle 21).

Tabelle 21: Ergebnisse der Nährstoffanalysen (% in der Trockensubstanz) in Endmastfuttermitteln der Niedrig-Risiko-Betriebe (n=9) bzw. Hoch-Risiko-Betriebe (n=10)

	NRB (n=9)	HRB (n=10)	p-Wert
Rohprotein	19,8 \pm 1,45	19,1 \pm 1,09	0,223
Rohfaser	4,47 \pm 0,64	3,92 \pm 0,58	0,065
NDF	17,0 \pm 3,07	18,0 \pm 2,04	0,406
ADF	5,92 \pm 1,21	5,61 \pm 1,15	0,580
ADL	0,65 \pm 0,78	1,23 \pm 0,88	0,211

5.2.3.2 Daten der Betriebe über die Nährstoffanalysen bzw. Futtermitteldeklarationen

Von vier NRB und acht HRB wurden Futtermittelanalysen bzw. -deklarationen vorgelegt. In den HRB und NRB zeigten die Rohproteingehalte keine Unterschiede (HRB $17,9 \pm 1,04$ %; NRB $17,9 \pm 1,34$ %, $p = 0,963$). Der Rohfaseranteil in HRB ($5,05 \pm 0,53$ %) zeigte niedrigere Werte ($p=0,109$) als in den NRB ($5,56 \pm 0,53$ %) (Tabelle 22). Der Rohfaseranteil liegt in der durchgeführten Futtermittelanalyse deutlich niedriger als in den Futtermittelanalysen/Futtermitteldeklarationen der Betriebe. Hingegen konnten beim Rohproteingehalt in den Nährstoffanalysen deutlich höhere Werte gemessen werden als die Futtermitteldeklaration angab.

Tabelle 22: Daten der Nährstoffanalyse (% in der Trockensubstanz) von Futtermitteln der Niedrig-Risiko-Betriebe (n=4) bzw. Hoch-Risiko-Betriebe (n=8); die Daten wurden von den Betrieben geliefert und stützen sich auf Futtermitteldeklarationen sowie vom Betrieb eingeleiteten Futtermittelanalysen

	NRB (n = 4)	HRB (n = 8)	p-Wert
Rohprotein	$17,9 \pm 1,34$	$17,9 \pm 1,04$	0,963
Rohfaser	$5,56 \pm 0,53$	$5,05 \pm 0,53$	0.109

5.2.3.3 Rohprotein- und Rohfasergehalt des Magen- und Caecuminhaltes

Die Analyse der Nährstoffgehalte im Magen- (Tabelle 23) und Caecuminhalt (Tabelle 24) der Mastschweine ergab keine Unterschiede zwischen den vier Versuchsgruppen. Die Konzentration von Rohprotein im Mageninhalt war bei den Schweinen mit chronischen Läsionen aus den HRB tendenziell höher ($p=0,052$) als bei den Schweinen ohne Läsionen aus den NRB (Tabelle 23).

Ergebnisse

Tabelle 23: Trockensubstanz, TS (% in der ursprünglichen Substanz) sowie Rohprotein-, Rohfaser-, NDF-, ADF- und ADL-Gehalt (% in der TS) im Mageninhalt der einzelnen Tiergruppen (n=10)

	NRB + gesund	HRB + gesund	HRB + akute Läsion	HRB + chronische Läsion	p-Wert
Trockensubstanz	16,6 ± 10,1	14,6 ± 11,4	13,4 ± 6,38	14,2 ± 9,33 ²	0,899
Rohprotein	14,3 ± 1,84 ⁵	15,3 ± 2,84 ⁵	16,4 ± 1,40 ³	17,4 ± 1,95 ⁵	0,052
Rohfaser	11,5 ± 5,42	14,9 ± 12,0	13,4 ± 5,81	12,0 ± 9,08 ²	0,817
NDF	33,1 ± 9,13 ³	38,0 ± 13,1 ⁴	34,6 ± 8,64 ²	38,9 ± 26,2 ⁵	0,861
ADF	17,2 ± 5,73 ³	14,0 ± 7,38 ⁴	19,1 ± 9,84	18,0 ± 12,70 ³	0,729
ADL	5,93 ± 1,79 ³	8,77 ± 3,96 ³	7,12 ± 1,91	8,18 ± 5,58 ³	0,306

Anmerkungen: NRB + gesund = Tiere ohne Läsionen aus Niedrig-Risiko-Betrieb,

HRB + gesund = Tiere ohne Läsionen aus Hoch-Risiko-Betrieb, HRB + akute Läsion = Tiere mit akuten Läsionen aus Hoch-Risiko-Betrieb, HRB + chronische Läsion = Tiere mit chronischen Läsionen aus Hoch-Risiko-Betrieb

² n = 9

³ n = 8

⁴ n = 7

⁵ n = 6

Tabelle 24: Trockensubstanz, TS (% in der ursprünglichen Substanz) sowie Rohprotein-, Rohfaser-, NDF-, ADF- und ADL-Gehalt (% in der TS) im Caecuminhalt der einzelnen Tiergruppen (n=10)

	NRB + gesund	HRB + gesund	HRB + akute Läsion	HRB + chronische Läsion	p-Wert
TS	12,7 ± 2,25	12,9 ± 2,17	12,5 ± 1,91	13,1 ± 1,88	0,929
Rohprotein	21,2 ± 2,37	23,0 ± 5,76 ²	20,8 ± 3,00	21,4 ± 2,04	0,568
Rohfaser	17,5 ± 4,24	17,0 ± 3,51	17,9 ± 3,72	17,4 ± 3,62	0,898
NDF	45,7 ± 6,91	42,8 ± 7,52	46,6 ± 5,23	42,5 ± 6,40	0,419
ADF	27,1 ± 6,32	24,1 ± 5,31	28,1 ± 7,32	23,3 ± 5,22	0,258
ADL	10,2 ± 4,73	6,89 ± 4,49	10,6 ± 4,57	7,38 ± 3,69	0,175

Anmerkungen: NRB + gesund = Tiere ohne Läsionen aus Niedrig-Risiko-Betrieb, HRB + gesund = Tiere ohne Läsionen aus Hoch-Risiko-Betrieb, HRB + akute Läsion = Tiere mit akuten Läsionen aus Hoch-Risiko-Betrieb, HRB + chronische Läsion = Tiere mit chronischen Läsionen aus Hoch-Risiko-Betrieb; ² n=9

5.3 Pathologisch-anatomische Befunde

Bei den 30 untersuchten Schweinen der HRB konnte in der pathologisch-anatomischen Untersuchung adspektorisch festgestellt werden, dass 26 Mägen (87 %) pathologische Veränderungen in Form von hochgradig geröteten Schleimhäuten (Abbildung 5) und hochgradigen Fibrinauflagerungen der Magenschleimhaut aufwiesen. Bei 10 Mägen (30 %) konnten Magengeschwüre in der *Pars nonglandularis* ermittelt werden (Abbildung 6). Es wurde festgestellt, dass bei den gesunden Schweinen der HRB sechs Tiere Schleimhautveränderungen wie hochgradige Rötungen und Fibrinauflagerungen und ein Tier ein Magengeschwür aufwies. Bei den Tieren mit akuten Läsionen konnten vier Tiere mit Magengeschwüren und zwölf Tiere mit Schleimhautveränderungen ermittelt werden. Bei den Tieren mit chronischen Läsionen hatten fünf Tiere Magengeschwüre und acht Tiere Schleimhautveränderungen.

An den insgesamt zehn untersuchten Schweinen der NRB konnte in der pathologisch-anatomischen Untersuchung adspektorisch an fünf Mägen (50 %) Veränderungen in Form von hochgradig geröteten Schleimhäuten und Fibrinauflagerungen diagnostiziert werden, davon war bei einem Magen ein Ulcus in der *Pars nonglandularis* sichtbar (Tabelle 25). Die Veränderung durch multiple Ulzera bei einem Tier der HRB ist in Abbildung sechs erkennbar.



Abbildung 5: Hochgradig gerötete Magenschleimhaut eines Schweins aus einem Hoch-Risiko-Betrieb



Abbildung 6: Magenschleimhaut aus einem Hoch-Risiko-Betrieb mit multiplen chronischen Ulzera

Bei der Aspektion des Caecums wurden pathologische Befunde an der Schleimhaut zweier HRB-Tiere erhoben. Es handelte sich hierbei um mittelgradig gerötete und verdickte Schleimhäute. Bei einem Darmpaket konnten zusätzlich Verwachsungen des Caecums festgestellt werden.

Ein Mastschwein aus einem HRB zeigte mittelgradig gerötete Schleimhäute. Alle anderen Tiere waren unauffällig (Tabelle 25).

In der pathologisch-anatomischen Untersuchung konnte zudem ein hochgradig verändertes Ileum, Jejunum, Caecum und Colon eines Tieres eines NRB festgestellt werden. Diese Befunde wiesen auf eine akut aufgetretene porcine intestinale Adenomatose (PIA) hin. Der PIA-Befund wurde in einer anschließenden durch den Tierhalter veranlassten pathologischen Untersuchung eines weiteren Schweines aus derselben Mastgruppe wie das hier beprobte Tier bestätigt.

Ergebnisse

Die Ileocaecallymphknoten von zwei Schweinen aus NRB und zwei Schweinen aus HRB waren deutlich vergrößert.

Acht Schweinelungen von Tieren aus NRB und 21 Lungen von Tieren aus HRB waren mittelgradig bis hochgradig pathologisch verändert. Es handelte sich bei den Lungenveränderungen makroskopisch um Spitzenlappenpneumonien (Tabelle 25).

Zwei Lebern (jeweils ein NRB und ein HRB) waren mit *Ascaris suum* befallen.

Tabelle 25: Pathologische Veränderungen vom Magen-Darm-Trakt, Ileocaecallymphknoten, Lunge und Leber aus Hoch-Risiko-Betrieben sowie Niedrig-Risiko-Betrieben in %

	NRB (n = 10)	HRB (n = 30)
Magen	50 %	87 %
Caecum	10 %	7 %
Colon	10 %	3 %
Ileocaecallymphknoten	20 %	7 %
Lungen	80 %	70 %
Lebern	10 %	3 %

5.4 Konzentrationen von Haptoglobin im Serum

Der Referenzbereich des Haptoglobins liegt bei $< 0,68$ g/l (Laboklin, Bad Kissingen). Bei sechs Tieren, die aus HRB stammten, lagen die Werte außerhalb des Referenzbereichs. Dies entspricht einem Drittel der Tiere. Bei zwei Schweinen aus NRB lagen die Haptoglobinwerte ebenfalls über dem Referenzbereich (Abbildung 7).

Die Haptoglobinwerte der Schweine ohne Läsion und mit akuter Läsion der HRB lagen höher als bei Schweinen ohne Läsion der NRB. Diese Ergebnisse entsprachen auch den pathologischen Befunden der Geschlinge und des Magen-Darm-Traktes, die makroskopisch auf ein entzündliches Geschehen hinwiesen. Der Haptoglobinwert der Tiere mit chronischer

Ergebnisse

Läsion war am niedrigsten. Allerdings waren die Variationen in den Gruppen so stark, dass es statistisch keine abzusichernden Ergebnisse gab ($p=0,577$) (Abbildung 7).

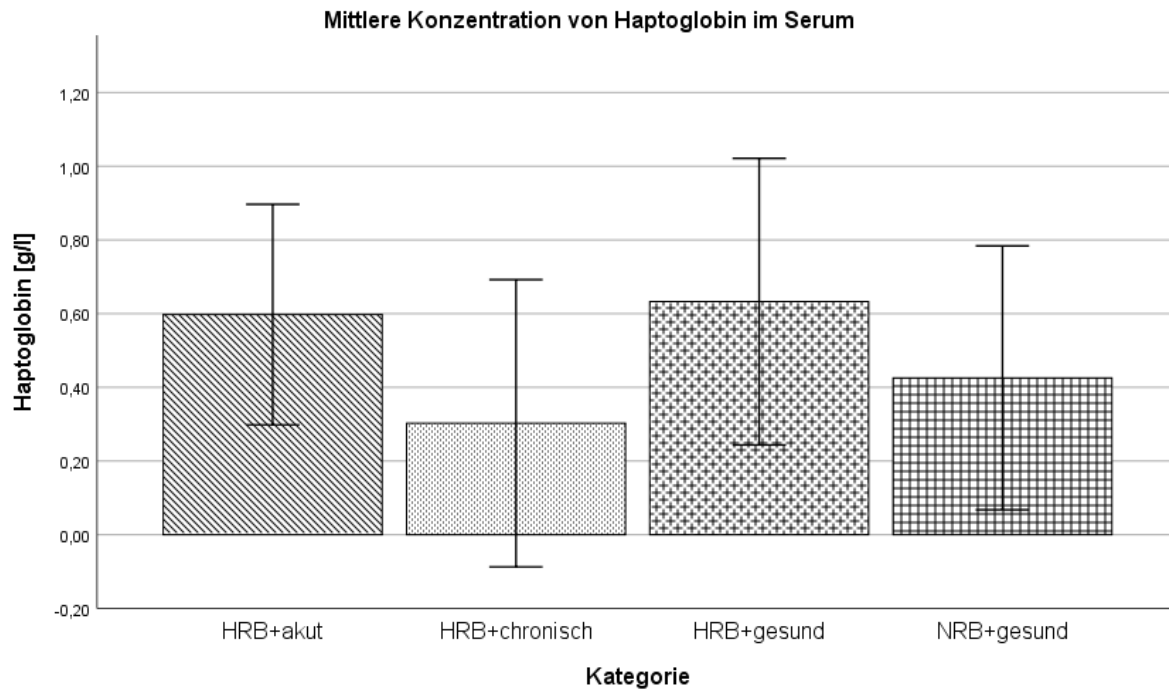


Abbildung 7: Konzentration des Haptoglobins (g/l) im Serum der einzelnen Tiergruppen

NRB + gesund = Tiere ohne Läsionen aus Niedrig-Risiko-Betrieb (n=6)

HRB + gesund = Tiere ohne Läsionen aus Hochrisikobetrieb (n=4)

HRB + akut = Tiere mit akuten Läsionen aus Hochrisikobetrieb (n=4)

HRB + chronisch = Tiere mit chronischen Läsionen aus Hochrisikobetrieb (n=4)

5.5 Genexpressionsanalysen von TLR-5, Cytokinen und dem Natürlichen Killerzellen Rezeptor NKG2D in jejunalem Gewebe, Colon asc. und Ileocaecallymphknoten von gesunden Schweinen, Schweine mit akuten Läsionen und Schweine mit chronischen Läsionen

Die Bestimmung der relativen Genexpressionsrate der Immunparameter TLR-5, IL-8, IL-10, IL-17 sowie des Natürlichen Killerzellen Rezeptors NKG2D wurde unter Verwendung der qRT-PCR mit Gesamt-RNA aus jejunalem Gewebe, Colon asc. und Ileocaecallymphknoten (Tabellen 26 bis 28) durchgeführt. Im Vergleich zu den gesunden Schweinen aus beiden Betriebsarten war die Expression von TLR5, IL-8 und NKG2D bei den Schweinen mit akuten Läsionen erhöht ($p \leq 0,05$), IL-17 war numerisch erhöht und IL-10 numerisch geringer. Bei den

Ergebnisse

Schweinen mit chronischen Läsionen war die Expression aller untersuchten Immunparameter verringert im Vergleich zur Gesamtheit der gesunden Tiere, davon NKG2D signifikant (Tabelle 26).

Eine erhöhte Expression wurden in der akut betroffenen Gruppe bei TLR5, NKG2D und IL8 beobachtet ($p \leq 0,05$), während die Tiere mit chronischen Läsionen eine insgesamt numerisch oder signifikant verringerte Expression aufwiesen. Als Kontrollgruppe wurden bei dieser Untersuchung alle in dieser Studie beprobten gesunden Schweine (aus NRB und HRB; insgesamt 20 Tiere) herangezogen (Tabelle 26). In Tabelle 27 und 28 werden die Genexpressionslevel der Schweine mit akuten und chronischen Läsionen aus den HRB jeweils mit den gesunden Schweinen aus NRB bzw. HRB als Kontrollgruppe verglichen ($n=20$; Gesamtheit der untersuchten gesunden Schweine aus HRB und NRB).

Tabelle 26: Genexpression von Tiergruppen mit akuten bzw. chronischen Läsionen (n=10) relativiert auf die Genexpression der Tiere in der Kontrollgruppe (n=20; Gesamtheit der untersuchten gesunden Schweine aus Hoch-Risiko-Betrieben und Niedrig-Risiko-Betrieben)

	Akute Läsion	Chronische Läsion
TLR5	1,260*	0,842
IL17	1,158	0,775
NKG2D	1,225*	0,814*
IL10	0,831	0,841
IL8	1,349*	0,888

Anmerkungen: * = signifikant unterschiedlich zur Kontrollgruppe ($p \leq 0,05$)

Im Vergleich zu den gesunden Tieren aus NRB war das Niveau der Expression bei den Schweinen mit akuten Läsionen deskriptiv entweder nahezu gleich (TLR5) oder niedriger. Bei den Tieren mit chronischen Läsionen war die Expression deskriptiv entweder nahe dem Niveau der gesunden NRB-Tiere oder numerisch verringert bzw. im Fall von NKG2D signifikant verringert ($p \leq 0,05$; Tabelle 27).

Ergebnisse

Tabelle 27: Genexpression von Tiergruppen mit akuten bzw. chronischen Läsionen in Relation zur Genexpression von gesunden Schweinen aus Niedrig-Risiko-Betrieben als Kontrollgruppe; (n=10)

	Akute Läsion	Chronische Läsion
TLR5	0,957	0,995
IL17	0,667	0,952
NKG2D	0,848	0,725*
IL10	0,827	0,936
IL8	0,893	0,824

Anmerkungen: * = signifikant unterschiedlich zur Kontrollgruppe ($p \leq 0,05$)

Im Vergleich zu gesunden Schweinen aus HRB war die Expression bei den Tieren mit Läsionen deskriptiv auf vergleichbaren Niveau (Tabelle 27).

Tabelle 28: Genexpression von den Tiergruppen mit akuten bzw. chronischen Läsionen in Relation zur Genexpression von gesunden Schweinen aus Hoch-Risiko-Betrieben als Kontrollgruppe; (n=10)

	Akute Läsion	Chronische Läsion
TLR5	0,885	0,919
IL17	0,826	1,179
NKG2D	1,072	0,917
IL10	0,835	0,945
IL8	1,094	1,009

5.6 Ergebnisse der histologischen Untersuchung der Darmabschnitte hinsichtlich der Morphometrie und Entzündungsscores

5.6.1 Ergebnisse der histologischen Untersuchung des distalen Jejunums

Insgesamt wurden aus der Gruppe der beprobten Schweine NRB gesund, aus der Gruppe HRB gesund, HRB akute Läsion und HRB chronische Läsion jeweils zehn jejunale Schnitte

Ergebnisse

ausgewertet. Insgesamt wurden 40 Proben von Jejunum untersucht, mit jeweils vier aufeinanderfolgenden Schnitten pro Probe.

Keine der Proben wies Veränderungen der Kryptendrüsen auf. Drei Proben zeigten eine vermehrte Zahl und Aktivität der Becherzellen, deren reguläre Aufgabe in der Sezernierung von Mucus in gleichmäßiger Verteilung auf der Schleimhautoberfläche liegt (Gruber and Baumgärtner, 2007).

Die Proben der Gruppe NRB zeigten leichte Veränderungen des Dünndarmgewebes. Der Chiu-Mittelwert lag bei 0,7. Ein geringer kapillärer Stau konnte nur in Einzelfällen nachgewiesen werden. Ödeme waren nicht nachweisbar. Es waren jedoch geringgradige Entzündungen der *Lamina propria* festzustellen. Die histologischen Mittelwerte lagen bei 0,9. Geringgradige Entzündungen des gesamten jejunalen Gewebes waren feststellbar. Der histologische Mittelwert lag bei 0,7. Geringgradige Entzündungen in der Submukosa waren nur in zwei Einzelfällen erkennbar. Die mononukleären Zellinfiltrate lagen 1,5 bis 2-fach höher als beim durchschnittlichen Aufkommen von mononukleären Zellinfiltraten. Der Gesamt-Score der Proben lag bei 0,8.

Die Proben der Gruppe HRB gesund zeigten leichte Veränderungen des Dünndarmgewebes und kapilläre Stauungen. Die Chiu-Mittelwerte lagen jeweils bei 0,7. Ödeme waren in den Proben nicht nachweisbar. Geringgradige Entzündungen des gesamten jejunalen Darmgewebes waren vorhanden. Der histologische Mittelwert lag bei 0,8. Die *Lamina propria* wies ebenfalls geringgradige Entzündungen auf. Die mononukleären Zellinfiltrate wiesen 1,5 bis 2-fach höhere Werte im Gegensatz zum Durchschnitt auf. Es konnten kürzere, verdickte Zotten festgestellt werden (Abbildung 8). Des Weiteren wurden an der Hälfte der Gewebeschnitte eosinophile Infiltrate nachgewiesen. Der Mittelwert des Gesamt-Scores lag bei 0,9.

Die Proben der Gruppe HRB akute Läsion zeigten leichte degenerative Veränderungen des Dünndarmgewebes. Der Chiu-Mittelwert lag bei 0,8. Leichte kapilläre Stauungen konnten mit einem Mittelwert von 0,6 nachgewiesen werden. Geringgradige Entzündungen des gesamten jejunalen Darmgewebes waren vorhanden. Ebenfalls konnten in der gesamten Mukosa geringgradige Entzündungen vorgefunden werden. Es wurde vereinzelt leichte Veränderungen in der Submukosa beobachtet. Die mononukleären Zellinfiltrate waren 1,5 bis 2-fach höher als der durchschnittliche Wert. Der Mittelwert des Gesamt-Scores lag bei 1,1. Es wurden bei drei Präparaten verdickte, verkürzte Darmzotten vorgefunden. Vier Präparate

Ergebnisse

wiesen eosinophile Infiltrationen auf (Abbildung 8). Bei einem weiteren Präparat waren deutliche Fusionierungen (*Giant-Villi*) der jejunalen Darmzotten erkennbar (Abbildung 9 und 10).

Die Proben der Gruppe HRB chronische Läsion zeigten leichte Veränderungen des Dünndarmgewebes. Der Chiu-Mittelwert betrug 1,2. Die Proben zeigten zudem kapilläre Stauungen. Das jejunale Darmgewebe zeigte geringgradige Entzündungen. Ebenfalls wies die Mukosa (histologischer Mittelwert 1,3) geringgradige Entzündungen auf. Die mononukleären Zellinfiltrate zeigten das 2 bis 3-fache Aufkommen. An fünf Präparaten waren verdickte und verkürzte Zotten erkennbar. An sechs Präparaten konnten eosinophile Infiltrate nachgewiesen werden. Der Gesamtscore der Entzündung lag bei 1,3. Abschließend ist herauszustellen, dass die Gruppe der Schweine mit chronischen Läsionen tendenziell höhere Scores bei Entzündungen, Ödemen, kapillären Stauungen, degenerativen Veränderungen und zellulärer Infiltration aufwiesen als die Gruppen HRB gesund und NRB gesund. Auch bei den HRB Schweinen mit akuten Läsionen konnte man im Gegensatz zu den gesunden Tieren ansteigende Scorewerte feststellen. Bei der statistischen Auswertung wurden signifikante Unterschiede beim Stauungsgrad von der Gruppe NRB gesund im Vergleich zur Gruppe HRB mit chronischen Läsionen festgestellt ($p \leq 0,05$).

5.6.2 Ergebnisse der histologischen Untersuchung des Colon ascendens

Insgesamt wurden aus den Gruppen NRB gesund, HRB gesund, HRB mit akuter Läsion und HRB mit chronischer Läsion jeweils zehn Schnitte des Colon ascendens ausgewertet. Insgesamt wurden vierzig Dickdarmschnitte mit jeweils vier aufeinanderfolgenden Schnitten hinsichtlich ihrer Veränderungen am Epithel, Stauung in den Kapillaren, Entzündung im gesamten Gewebe des Colon ascendens, Entzündung in der Mukosa und Submukosa untersucht.

Die histologischen Unter-Scores Epithelschäden, kapillärer Stau und Infiltrat wurden einzeln bewertet. Der histologische Unter-Score pro Probe errechnete sich aus den jeweiligen Mittelwerten aller vier Schnitte.

Der histologische Gesamt-Score jeder Probe wurde aus dem Mittelwert der histologischen Unter-Scores berechnet (Gesamt-Score = Mittelwert (Epithelschaden + Stau + Infiltrat)).

Ergebnisse

Die Proben der Gruppe NRB gesund zeigten leichte degenerative Veränderungen am Epithel mit einem Score von 0,5. Befunde, die auf Entzündungen hinwiesen, konnten nicht nachgewiesen werden. Der Gesamt-Score lag bei 0,1.

Die Proben der Gruppe HRB gesund zeigten im Epithel leichte degenerative Veränderungen mit einem Score von 0,7. Anzeichen für Entzündungen konnten anhand des Scores nicht bestätigt werden. Der Gesamt-Score lag bei 0,4.

Die Proben der Gruppe HRB akute Läsion wiesen leichte Veränderungen am Epithel auf (Abbildung 10). Der Score lag bei 1,2. Zudem konnten geringgradige Entzündungen des gesamten Gewebes festgestellt werden. In der Mukosa und Submukosa wurden leichte Entzündungen vorgefunden. Der Gesamt-Score lag bei 0,5. Es wurden in einem Präparat mehrfach Verletzungen der Darmschleimhaut durch Futterbestandteile festgestellt (Abbildung 11). Diese Verletzungen gingen zudem mit Bakterienansammlungen und Gewebenekrosen einher.

Die Proben der Gruppe HRB chronische Läsion zeigten ebenfalls leichte degenerative Veränderungen. Der Score lag bei 1,2. Es konnten im gesamten Gewebe leichte Entzündungen vorgefunden werden. Die Mukosa zeigte geringgradige Entzündungen. Der Gesamt-Score lag bei 0,8.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass sowohl die Entzündungsscores, der kapilläre Stau als auch die degenerativen Veränderungen tendenziell höhere Werte bei den Schweinen mit chronischen Läsionen aufwiesen. Bei den Schweinen mit akuten Läsionen konnte ein Anstieg der Scores festgestellt werden. Die NRB gesund Schweine wiesen die niedrigsten Werte auf.

Tabelle 29 bildet Mittelwerte und Standardabweichungen der Ergebnisse der histologischen Untersuchung der jejunalen Proben ab. Bei der statistischen Auswertung wurden signifikante Unterschiede beim Grad der degenerativen Veränderungen von Gruppe NRB gesund im Vergleich zur Gruppe HRB mit akuter Läsion ($p \leq 0,05$) und beim Grad der Entzündung der Mukosa in Gruppe NRB gesund im Vergleich zu Gruppe HRB mit chronischer Läsion ($p \leq 0,05$) festgestellt.

Ergebnisse

Tabelle 29: Ergebnisse der histologischen Untersuchung der jejunalen Proben (MW \pm SD); Betriebe/Kategorien (2A = Niedrig-Risiko-Betrieb gesund (n=10), 1A = Hoch-Risiko-Betrieb gesund (n=10), 1B = Hoch-Risiko-Betrieb akute Läsion (n=10), 1C = Hoch-Risiko-Betrieb chronische Läsion (n=10))¹

Betrieb	2	1	1	1
Kategorie	A	A	B	C
Becherzellen	0	0	3	0
Kryptendrüsen	0	0	0	0
Chiu-Score	0,70 \pm 0,67	0,70 \pm 0,48	0,80 \pm 0,78	1,20 \pm 0,63
Stau ¹⁾	0,30 \pm 0,48	0,70 \pm 0,48	0,60 \pm 0,51	0,90 \pm 0,31
Ödem	0 \pm 0	0 \pm 0	0,10 \pm 0,31	0,20 \pm 0,42
Entzündung gesamt	0,70 \pm 0,44	0,80 \pm 0,42	1,00 \pm 0,47	1,30 \pm 0,48
Entzündung in der <i>Lamina propria</i>	0,90 \pm 0,31	0,80 \pm 0,42	1,00 \pm 0	0,90 \pm 0,31
Entzündung in der Mukosa	0,90 \pm 0,56	0,70 \pm 0,82	1,10 \pm 0,31	1,30 \pm 0,48
Entzündung in der Submukosa	0,20 \pm 0,42	0,10 \pm 0,31	0,30 \pm 0,48	0,50 \pm 0,52
Zelluläre Infiltration	1,20 \pm 0,63	1,20 \pm 0,42	1,20 \pm 0,42	1,60 \pm 0,51
Score gesamt	0,80 \pm 0,44	0,90 \pm 0,56	1,10 \pm 0,31	1,30 \pm 0,51

¹⁾ Bei der statistischen Auswertung wurden signifikante Unterschiede beim Stauungsgrad von Gruppe NRB gesund im Vergleich zur Gruppe HRB mit chronischer Läsion festgestellt ($p \leq 0,05$).

Ergebnisse

Tabelle 30: Ergebnisse der histologischen Untersuchung der Colon ascendens Proben (MW \pm SD); Betriebe/Kategorien (2A = Niedrig-Risiko-Betrieb gesund (n=10), 1A = Hoch-Risiko-Betrieb gesund (n=10), 1B = Hoch-Risiko-Betrieb akute Läsion (n=9), 1C = Hoch-Risiko-Betrieb chronische Läsion (n=10))

Betrieb	2	1	1	1
Kategorie	A	A	B	C
Degenerative Veränderungen ¹⁾	0,50 \pm 0,52	0,70 \pm 0,46	1,22 \pm 0,44	1,20 \pm 0,42
Stau	0,10 \pm 0,31	0,20 \pm 0,42	0,11 \pm 0,33	0,30 \pm 0,48
Entzündung gesamt	0,30 \pm 0,48	0,30 \pm 0,48	0,55 \pm 0,52	0,70 \pm 0,48
Entzündung in der <i>Lamina propria</i>	0,10 \pm 0,31	0,30 \pm 0,48	0,33 \pm 0,50	0,40 \pm 0,54
Entzündung in der Mukosa ²⁾	0,10 \pm 0,31	0,40 \pm 0,48	0,66 \pm 0,50	0,80 \pm 0,83
Entzündung in der Submukosa	0,20 \pm 0,42	0,30 \pm 0,48	0,55 \pm 0,52	0,30 \pm 0,48
Score gesamt	0,01 \pm 0,31	0,40 \pm 0,51	0,55 \pm 0,52	0,80 \pm 0,63

¹⁾ Bei der statistischen Auswertung wurden signifikante Unterschiede beim Grad der degenerativen Veränderungen vom Gruppe NRB gesund im Vergleich zur Gruppe HRB mit akuter Läsion festgestellt ($p \leq 0,05$).

²⁾ Bei der statistischen Auswertung wurden signifikante Unterschiede beim Grad der Entzündung der Mukosa in Gruppe NRB gesund im Vergleich zu Gruppe HRB mit chronischer Läsion festgestellt ($p \leq 0,05$).

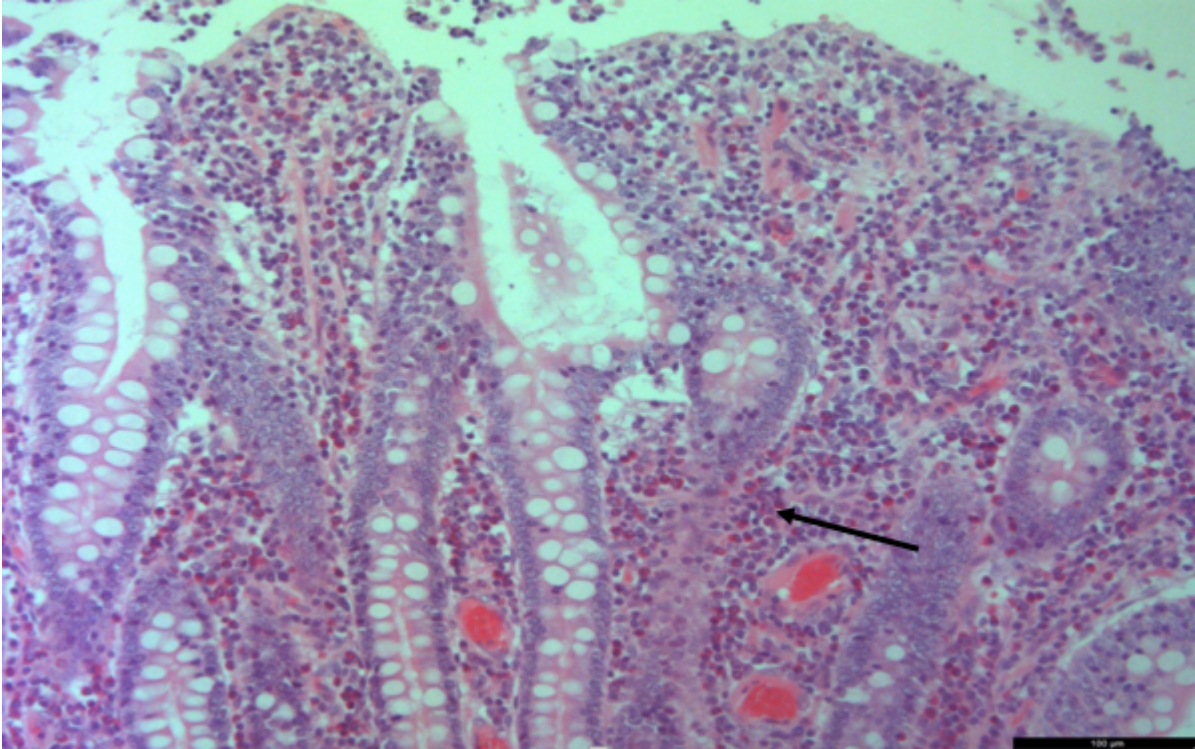


Abbildung 8: Distales Jejunum eines Schweins mit akuten Läsionen aus einem Hoch-Risiko-Betrieb

Das distale Jejunum eines Schweins (mit akuten Läsionen) weist kurze verdickte Darmzotten und eosinophile Infiltrate auf. An der Darmzottenspitze sind keine Epithelzellen vorhanden, es liegen ein vermehrtes Aufkommen von Becherzellen sowie ein Stau der Gefäße vor. HE-Färbung, Vergrößerung 200-fach.

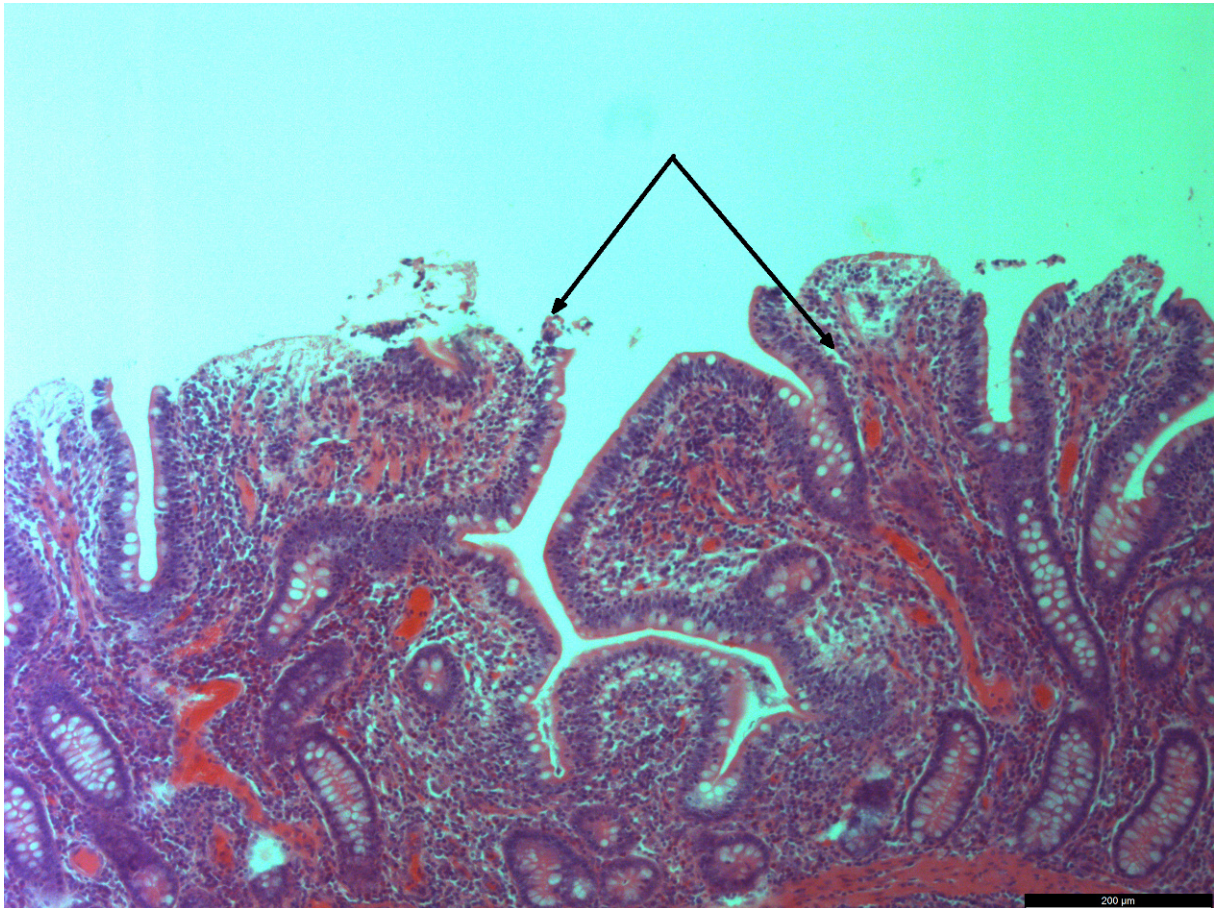


Abbildung 9: Distales Jejunum eines Schweins mit akuten Läsionen aus einem Hoch-Risiko-Betrieb

Das Jejunum fusioniert zu *Giant-Villi*; eine mittelgradige degenerative Veränderung mit einer mittelgradigen Entzündung sowie ein Stau der Gefäße und ein vermehrtes Aufkommen von eosinophilen Granulozyten. HE-Färbung, Vergrößerung 100-fach.

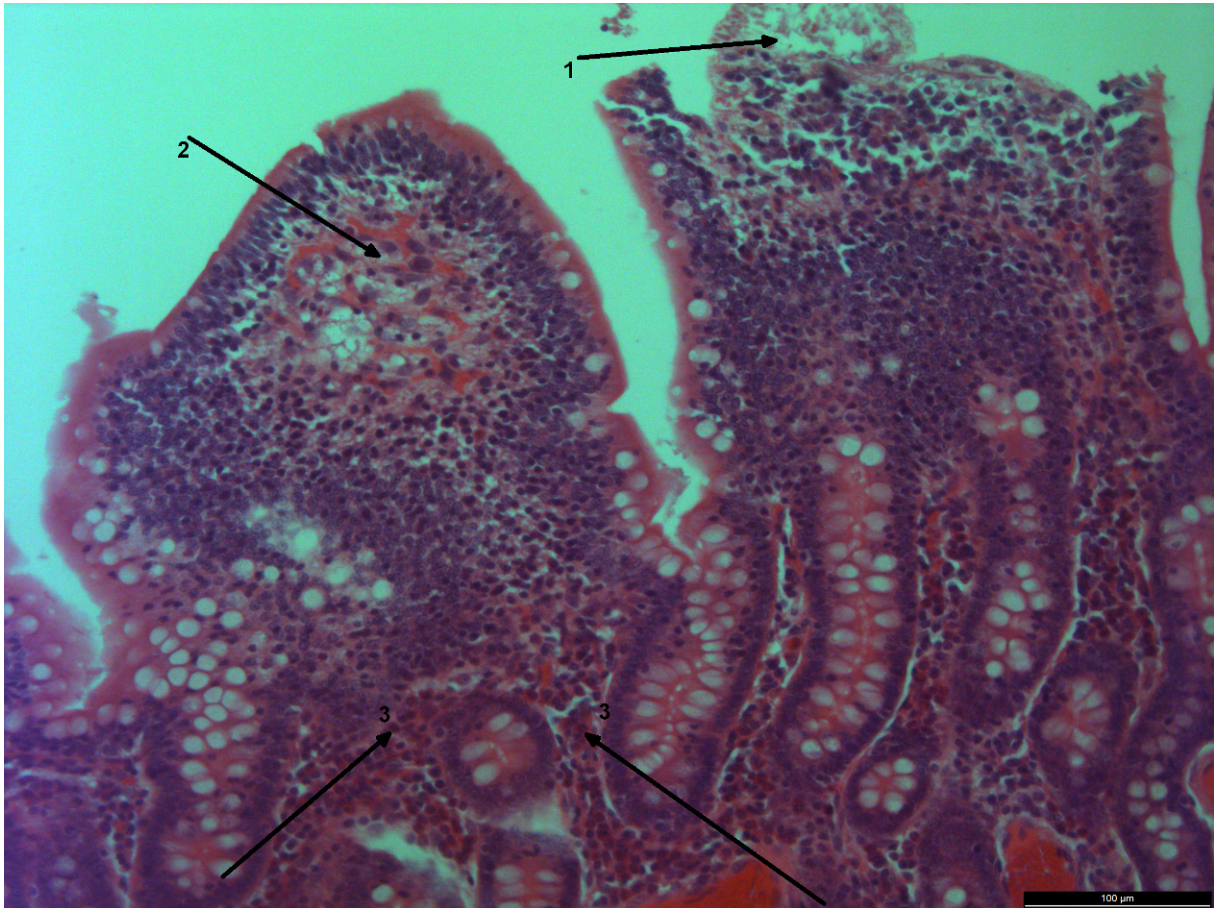


Abbildung 10: Distales Jejunum eines Schweins mit akuten Läsionen aus einem Hoch-Risiko-Betrieb

***Giant-Villi*, Nekrose (1) und mittelgradige Entzündung (2). *Giant-Villi* mit mittelgradig degenerativen Veränderungen und einer mittelgradigen Entzündung, ein Stau der Gefäße, eine beginnende Nekrose sowie ein geringgradiges Ödem und ein vermehrtes Aufkommen von mononukleären Zellen (3). HE-Färbung, Vergrößerung 200-fach.**

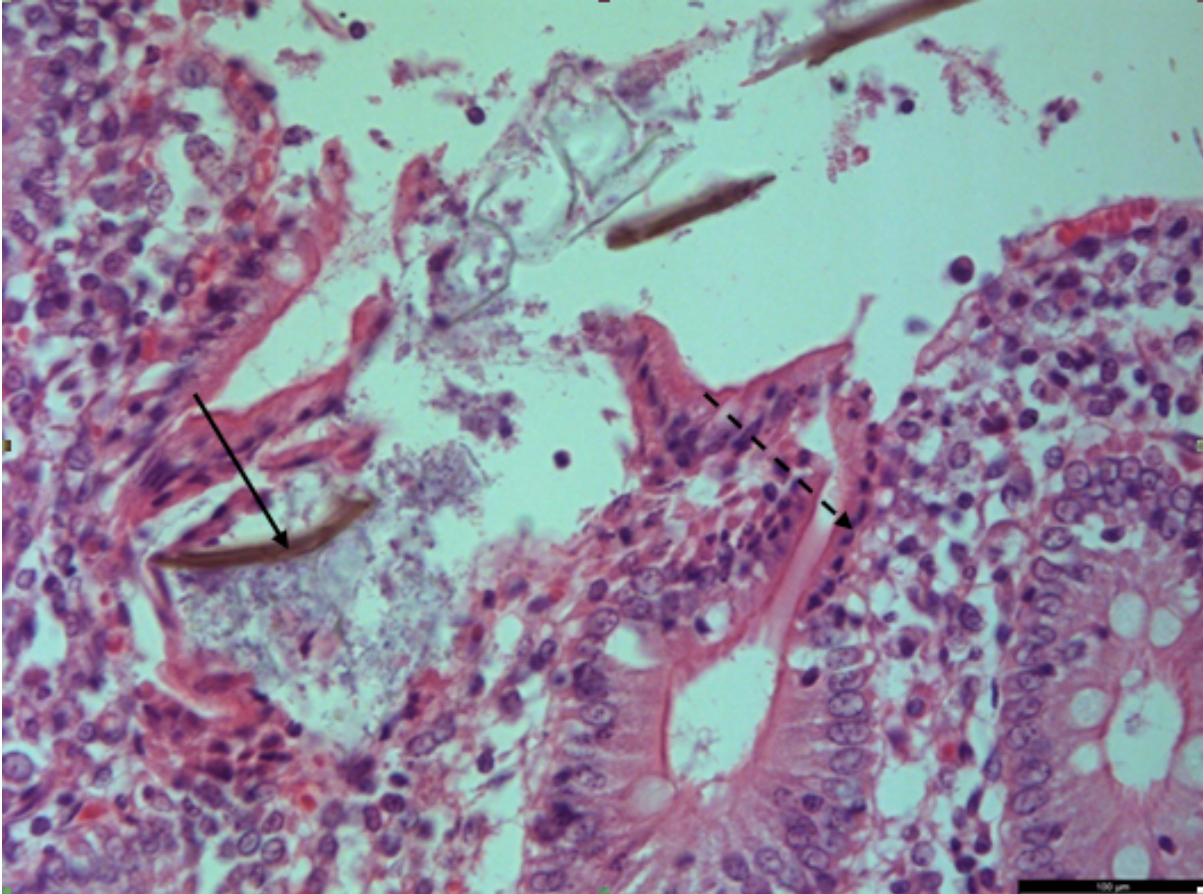


Abbildung 11: Colon ascendens eines Schweins mit akuten Läsionen aus einem Hoch-Risiko-Betrieb mit einer Verletzung der Darmschleimhaut durch einen Fremdkörper (Futterbestandteil), Ansammlung von Bakterien, beginnender Nekrose, verstärktes Aufkommen von neutrophilen Granulozyten (gestrichelter Pfeil). HE-Färbung, Vergrößerung 400-fach.

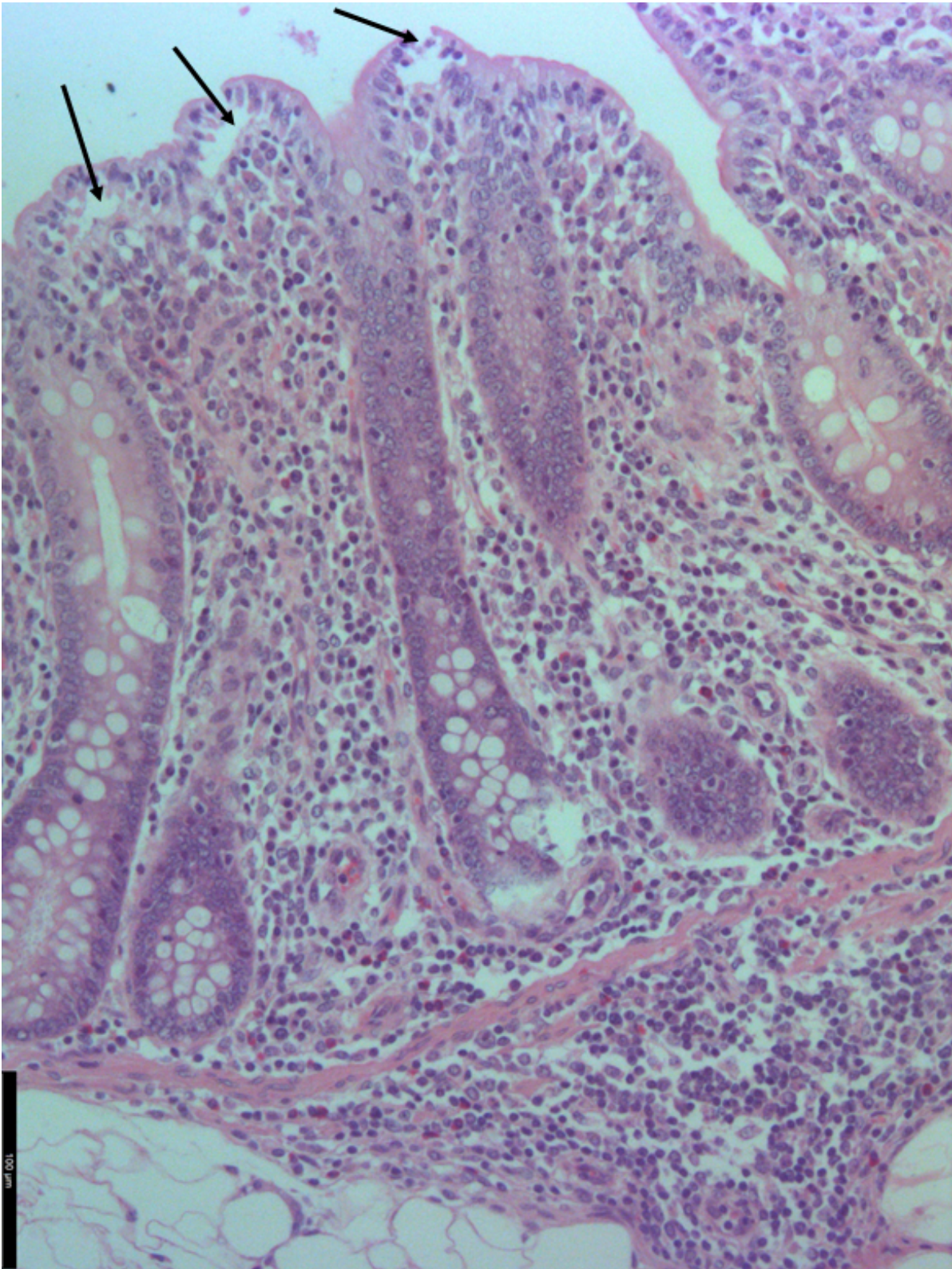


Abbildung 12: Colon ascendens eines Schweins ohne Läsionen aus einem Hoch-Risiko-Betrieb mit degenerativen Veränderungen des Epithels. HE-Färbung, Vergrößerung 200-fach.

6 Diskussion

6.1 Hintergrund der Arbeit und Versuchsziele

Die Caudophagie stellt ein gravierendes Problem in einer Vielzahl schweinehaltender Betriebe dar. Diese Verhaltensstörung tritt vermehrt bei Mastschweinen und Läufern auf und ist in der Literatur bereits seit Jahrzehnten beschrieben. Bisherige Studien konnten belegen, dass die Ursachen zur Entstehung der Caudophagie multifaktoriellen Ursprungs sind. Das Auftreten dieser Verhaltensstörung und die damit verbundenen gesundheitlichen Schäden sind sowohl mit erheblichen ökonomischen Verlusten als auch mit schwerwiegenden Problemen des Tierschutzes verbunden. Ziel des Projektes war es, mögliche Wechselbeziehungen zwischen Auffälligkeiten im Gastrointestinaltrakt und Verletzungen des Schwanzes aufzuarbeiten. Im Fokus der Studie standen daher die Fütterung der Schweine und pathologische Veränderungen am Magen-Darm-Trakt der untersuchten Tiere. Da Caudophagie ein multifaktorielles Geschehen darstellt, wurden anhand des Evaluationsbogens auch die häufigsten prädisponierenden Faktoren für Caudophagie geprüft.

6.2 Bewertung des Studiendesigns und der Versuchsdurchführung

Die innerhalb dieser Studie erfolgte Analyse von Caudophagie bei Schweinen in Bezug zu Haltungsbedingungen in Schweinemastbetrieben (Nordrhein-Westfalen) wurde anhand von Labor-, Unterbringungs- und Verhaltensdaten umgesetzt. Sie basierte unter anderem auf einer Einstufung in Niedrig- und Hoch-Risiko-Betriebe. Von Interesse waren hierbei die Auswirkungen von Stallgestaltung und Futterkonzepten auf das Verhalten und die Magen-Darmgesundheit der Tiere, nachzuweisen über Haltungsdokumentation, Histopathologie, Immunparameter und Entzündungsmarker sowie eine molekularbiologische und adspektorische Analyse. Die Evaluation der Projektbetriebe wurde über entsprechend entworfene Fragebögen umgesetzt. Diese breitgefächerte Untersuchungsstrategie ermöglichte eine betreffend den bestehenden Markt repräsentative Betrachtung. Die Vielfalt der Parameter soll das Problem der Subjektivität eines Untersuchungsdesigns möglichst gering halten. Zudem liegt ein weiterer Aspekt auf der Identifizierung von Möglichkeiten der Prävention von Caudophagie.

6.3 Die untersuchten Schweine und die Haltungsbedingungen

Am Projekt beteiligt waren 20 Schweinemastbetriebe aus Nordrhein-Westfalen mit Mastplatzzahlen zwischen 450 und 2300. Die Einstufung als Hoch-Risiko-Betrieb (HRB) bzw. Niedrig-Risiko-Betrieb (NRB) richtete sich nach der Historie zum Aufkommen von Caudophagie. Als deren Nachweis wurden pathologische Befunde wie Schwanzspitzennekrosen, Beckenabszesse, Schwanzansatzabszesse und Kotelett-Wirbelsäulenabszesse verwendet. Die betrachteten Mastbetriebe wurden in „offenbar ohne Symptomatik hinsichtlich Caudophagie“, d.h. als NRB, und in „mit Schwanzveränderungen zwischen 1 und 5 %“, d.h. als HRB eingestuft. Bereits im Haltungsbetrieb getötete Schweine bzw. verendete Tiere wurden hinsichtlich der Einkategorisierung nicht erfasst. Die Untersuchungsmaterialien für die Laboranalyse entstammten dem für die Mastbetriebe zuständigen Schlachthof. Die Auswahl der Kriterien entspricht der Problembeschreibung von Caudophagievorfällen in der Schweinemast, wie es auch in der Literaturübersicht herausgearbeitet wurde. Die Evaluationsbögen und die Betriebsbesichtigungen zeigten, dass die in der TierSchNutzV gesetzlich geregelten Mindestflächen bei zwei HRB und einem NRB nur in einzelnen Buchten unterschritten wurde. Grundsätzlich wurden jedoch die gesetzlichen Bestimmungen eingehalten. Eine erhöhte Besatzdichte kann das Risiko der Caudophagie steigern (Schröder-Petersen and Simonsen, 2001). Ebenfalls kann erhöhter Stress bedingt durch eine Überbelegung der Buchten als Auslöser vermutet werden (Turner et al., 2001). Aufgrund der geringen Unterschreitungen der Mindestfläche ist dies als auslösender Faktor vorsichtig zu werten. Schweine, denen mit einem Schlachtgewicht von 110 kg ein Quadratmeter Mindestfläche (gemäß TierSchNutzV) zur Verfügung stand, zeigten ein erhöhtes Aufkommen von Caudophagie (Moinard et al., 2003). Die Bodengestaltung konzentrierte sich in der Hauptsache auf Spalten- bzw. Teilspaltenböden. Lediglich zwei HRB boten ihren Schweinen Stroh als Bodengestaltung an, um die verletzten Schweine zu separieren bzw. die beißenden Schweine zu isolieren. Eine grundsätzliche Haltung auf Stroh wurde durch die teilnehmenden Betriebe abgelehnt, da zum einen das Stroh durch die Spalten des Bodens gelangt und somit den Güllefluss reduziert und zum anderen durch eine erhöhte Strohaufnahme eine Sättigung der Tiere erfolgt und somit die täglichen Zunahmen abnehmen (EFSA, 2007). Das Angebot an Beschäftigungsmaterialien erfüllte in jedem Betrieb die gesetzlichen Anforderungen. In den HRB wurde verstärkt Beschäftigungsmaterial angeboten, welches deutlich in seiner Art und Vielfalt variierte. Eine Vielfalt an Beschäftigungsmaterialien kann das Problem der Caudophagie reduzieren (Zonderland et al.,

2008). Die Tränken, das Licht und die Mastformen vermittelten keinen Hinweis als mögliche Ursache der Caudophagie. Die Anzahl der Tränken entsprach den gesetzlichen Vorgaben. Die Wasserqualität zeigt keine Abweichungen von der Norm. Sofern innerhalb der Eigenkontrolle der Landwirte Beanstandungen der Wasserqualität festgestellt wurden, wurden diese umgehend behoben. Sowohl das Fütterungsmanagement als auch das Tier-Fressplatzverhältnis wiesen keine erkennbaren Mängel auf. Der überwiegende Teil der Schweine wurde *ad libitum* gefüttert. *Ad libitum* Fütterung kann aggressives Verhalten mindern bzw. werden hier aufkeimende Aggressionen in Zusammenhang mit der Futteraufnahme nicht nachgewiesen (Vargas et al., 1987). Das Anbieten von *ad libitum* Fütterung und ein grober Vermahlungsgrad der Futtermittel reduziert das Auftreten von Magenulzera (Friendship, 2004, Mosseler et al., 2012). Durch den Einsatz von gröber strukturiertem Futter kommt es zu einer Schichtung des Chymus im Magen. Diese Schichtungen weisen verschiedene pH-Werte und enzymatische Aktivitäten auf (Kamphues, 1988; Kamphues, 1990).

6.4 Futtermittel

Die Auswertung der Evaluationsbögen zeigte die Tendenz, dass die NRB ihren Mastschweinen Futter mit einem etwas höheren Rohfaseranteil angeboten haben. Die Rohfaser unterstützt das Sättigungsgefühl und den Verdauungsprozess (de Leeuw et al., 2004). Durch das entstandene Sättigungsgefühl sinkt der Anreiz zur Futteraufnahme, dennoch nahmen die Tiere der NRB täglich im Schnitt 64 g mehr zu als die Tiere aus HRB. Durch die vorhandene Sättigung kommt es zu längeren Ruhephasen und einer Verringerung der Gesamtaktivität (Lee u. Close, 1987; Whittaker et al., 1999).

Die durchgeführten Futtermittelanaysen veranschaulichten die Tendenz, dass der Rohfaseranteil der Futtermittel aus NRB höher lag als die Werte der HRB. Diese Daten wurden zudem durch die vorgelegten Futtermitteldeklarationen als auch durch die Futtermittelanaysen der Betriebe bestätigt. Für die Überprüfungen von Problembeständen ist es notwendig Herstellerdeklarationen oder Angaben der Betriebe zu Futtermitteln durch eigene Futteranalyse zu ergänzen bzw. diesen gegenüberzustellen (Heinritzi et al., 2006).

Es konnte jedoch anhand durchgeführten Futtermittelanaysen festgestellt werden, dass die Rohfaseranteile in den Futtermitteln niedriger lagen als in den Futtermitteldeklarationen der Betriebe angegeben waren. Der Rohfasergehalt eines Futtermittels wurde bereits in früheren Studien mit Caudophagie in Zusammenhang gebracht (Pütz, 2014). Ebenfalls steigert die

Diskussion

Rohfaser das Erkundungsbedürfnis und senkt das aggressive Verhalten. Verhaltensstörungen werden gemindert (Robert et al., 1993b). Den Rohproteingehalt betreffend glichen sich die Werte der NRB- und HRB-Angaben, die eigene Analyse fand aber für beide Betriebsarten höhere Werte als in den Deklarationen.

Die Siebanalyse der Futtermittel aus den HRB und NRB ergab ein ähnliches Verteilungsmuster der Partikelgrößen. Beide Betriebsformen setzen vorrangig die Partikelgrößen 2,5 bis 1 mm und 0,63 bis 1 mm ein. Es besteht eine etwas ausgeprägtere Variabilität der Korngrößen und ein dezent höherer Einsatz von Körnern $> 0,4$ mm in den NRB. Der Wert der sehr feinen Partikel ($< 0,1$ mm) konnte mittels Subtraktion errechnet werden, ist jedoch mit 0 % in beiden Betriebsarten zu vernachlässigen. Zu fein vermahlene Futter kann die Entstehung von Magengeschwüren in der *Pars nonglandularis* unterstützen. Durch die zu geringe Partikelgröße wird eine Verflüssigung des Mageninhaltes bewirkt. Durch eine daraus resultierende homogene Durchmischung des Mageninhaltes werden in allen Bereichen des Magens ähnliche pH-Werte erzielt. Eine Abstufung der pH-Werte mit einem erhöhten pH-Wert in der *Pars nonglandularis* und niedrigeren pH-Wert in der Fundusdrüsenzzone ist nicht vorhanden. (Maxwell, 1970; Kamphues, 1988; Regina et al., 1999; Friendship, 2006).

Der Vermahlungsgrad im Schweinefutter wird als zu fein erachtet, wenn im Trockenfutter ≥ 40 % der Partikel eine Größe von $< 0,2$ mm aufweisen und ≤ 5 % der Partikel größer sind als 1 mm. Der Vermahlungsgrad im Schweinefutter ist zu grob, wenn mehr als 50 % der Partikel größer sind als 1mm (Kamphues et al., 2014). Schweine mit Magenulzera zeigen oftmals eine geringere Körpermassезunahme (Elbers et al., 1995, Eisemann and Argenzio, 1999). Unterschiede bezüglich der Körpermasse konnten in dieser Studie nicht nachgewiesen werden.

Die Messungen der kurzkettigen Fettsäuren im Magen- und Caecuminhalt zeigten keine Unterschiede. Die Fermentation von unverdaulichen Nicht-Stärke-Polysacchariden erfolgt durch die intestinale Mikrobiota im Caecum unter Freisetzung kurzkettiger Fettsäuren (James et al., 2003). Die flüchtigen Fettsäuren dienen den Mikroorganismen und der Darmschleimhaut als Nährsubstrat. Das Wachstum von pH-sensitiven pathogenen Bakterien wird gesenkt (Cherrington et al., 2008; Prohászka et al., 2010).

Diskussion

Die Ergebnisse der Nährstoffanalyse im Magen- und Caecuminhalt zeigten ebenfalls keine Abweichungen zwischen den unterschiedlichen Gruppen. Ein nicht zu unterschätzender Aspekt möglicher Verhaltensabweichungen findet sich in nicht artgemäßen oder auch qualitativ unzureichenden Futterzusammensetzungen in Hinblick auf Mineralstoffe, Vitamine und Proteine. Defizite im Nährstoffgehalt sind kennzeichnend für das verstärkte Auftreten von Mangelversorgung und das Auftreten von Verhaltensstörungen (Heinritzi et al., 2006).

6.5 Einfluss der Fütterung auf die Magen-und Darmgesundheit

Die pathologisch-anatomischen Untersuchungen zeigten, dass bei 50 % der Schweine aus NRB und bei 86,7 % der Schweine aus HRB auffällige Magenveränderungen vorlagen. Diese reichten von Schleimhautveränderungen und Fibrinauflagerungen bis hin zu Magenulcera. Es konnte festgestellt werden, dass die HRB Gruppen mit akuten Läsionen und Schweine mit chronischen Läsionen vermehrt Magenulcera aufwiesen als die HRB Gruppe gesund und die NRB Gruppe. Diese Befunde wurden zusätzlich durch die Haptoglobinmessungen bestätigt. Da unter anderem ein zu geringer Rohfaseranteil des Futters, eine Fütterungskarenz ≥ 24 Stunden oder zu fein geschrotetes Futter zu Magenveränderungen führen können, wurden diese Faktoren einer intensiveren Betrachtung unterzogen (Chamberlain et al., 1967; Kamphues, 1988; Regina et al. 1999; Friendship et al. 2000; Martens et al, 2006). Die letzte Fütterung vor dem Transport zum Schlachthof lag bei den NRB bei 12,2 Stunden und bei den HRB bei 13,5 Stunden, sodass eine Nüchternungszeit von 24 Stunden bis zur Schlachtung nicht erreicht wurde. Somit konnte kein direkter Zusammenhang zwischen der Fütterungskarenz und dem Auftreten von Magenulcera hergeleitet werden. Der Vermahlungsgrad der Futtermittel wies sowohl in den NRB als auch in den HRB Betrieben eine nicht zu feine Vermahlung auf.

Die Analyse der Nährstoffgehalte in Magen- und Caecuminhalt zeigte, wie bereits in 6.4 beschrieben, keine wesentlichen Unterschiede. Die Konzentrationen von kurzkettigen Fettsäuren in Magen und Caecum waren bei NRB und HRB gleich, höhere Gehalte an Propionat waren allenfalls tendenziell im Caecum bei Tieren mit chronischen Läsionen aus HRB ablesbar.

Die Adspektion von Schweinemägen aus HRB zeigte bei einem hohen Anteil hochgradige Fibrinauflagerungen, zehn Befunde identifizierten Magenulcera in der *Pars nonglandularis*. Besonders prägnant erscheint, dass sich bereits bei gesunden Tieren der HRB

Diskussion

Schleimhautveränderungen in Form von hochgradigen Rötungen und Fibrinauflagerungen sowie auch Magenulcera fanden. Bei Tieren mit akuten Läsionen waren Schleimhautveränderungen frequenter und hochgradiger als bei Tieren mit chronischen Läsionen, das Auftreten von Magenulcera bei Tieren mit akuten Läsionen war niedriger als bei Tieren mit chronischen Läsionen. Dieses lässt als Interpretation eine Ausprägung von Ulcera durch Chronifizierung nach anfänglichen Schleimhautveränderungen oder auch in Folge einer Akutsymptomatik zu. Wenn auch als Einzelergebnis, ergab ein Befund multiple Ulcera. Die Caecum-Adspektion ergab für zwei HRB pathologische Befunde mit Schleimhautrötung und -verdickung.

Die Expression der untersuchten Markergene der akut betroffenen Gruppe zeigten im Vergleich zur Kontrollgruppe aller gesunden Schweine aus HRB und NRB erhöhte Werte bei TLR5, NKG2D und IL8, während die Tiere mit chronischen Läsionen eine insgesamt numerisch oder signifikant verringerte Expression aufwiesen. Es kann vermutet werden, dass Tiere mit akuten Schwanzläsionen im Darm eine höhere antimikrobielle Immunantwort zeigen, da TLR5, NKG2D und IL8 insbesondere auf Mikroorganismen reagieren (Feuillet et al., 2006; Reinoso Webb et al., 2016). Währenddessen scheint bei Tieren mit chronischen Läsionen insgesamt eher eine Herabregulierung aller gemessener immunrelevanter Gene vorzuliegen. Eine Aufteilung der Kontrollgruppen nach Herkunft aus Niedrig- oder Hochrisikobetrieben und entsprechender Berechnung der relativen Genexpression der Tiere mit akuten bzw. chronischen Läsionen, basierend auf den verschiedenen Kontrollgruppen, ergaben keine signifikanten Unterschiede, bis auf eine verringerte Expression des NKG2D bei Tieren mit chronischen Läsionen in HRB.

Erste Hinweise auf mögliche Wechselbeziehungen zwischen der Rohfaserfütterung, der Magen-Darm-Gesundheit und der Ringelschwanzgesundheit deuteten die Ergebnisse der Genexpression an.

Signifikante Unterschiede zwischen der Genexpression von Tätertieren, Opfertieren und nicht betroffenen Tieren wurden in einer Untersuchung zur Caudophagie bei Schweinen nachgewiesen (Brunberg et al., 2013). Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse und der fehlenden Nachweisbarkeit war diese Interpretation nicht herzuleiten.

Anhand der Ergebnisse der histologischen Untersuchung kann gezeigt werden, dass sowohl in den Gewebeproben des Jejunums als auch in den Proben des *Colon ascendens* der Gruppen

Diskussion

NRB gesund und HRB gesund deutlich geringere Entzündungsbefunde nachweisbar waren als in den Gruppen HRB akute und chronische Läsion. Die Proben des Jejunums zeigten, dass die Entzündung in der Gruppe HRB chronische Läsion deutlich ausgeprägter und vor allem in der *Lamina propria*, Mukosa und Submukosa auffindbar war. Die eosinophilen Infiltrate können auch auf allergene oder parasitäre Faktoren hindeuten. Zudem konnte in den jejunalen Schnitten der Gruppen HRB akut und HRB chronisch beobachtet werden, dass eine Fusion der jejunalen Darmzotten stattgefunden hat. Als Auslöser dieser Fusion ist eine Entzündung vorausgegangen, die ein Zusammenwachsen der Darmzotten begünstigt hat. Es entstanden *Giant-Villi*, die in ihrer Form deutlich verdickt und verkürzt waren.

Durch die vorangegangene Entzündung und die nachfolgenden Gewebeeränderungen sowie die oftmals festgestellte beginnende degenerative Veränderung, könnte die Absorption von Nährstoffen beeinträchtigt sein, dieses ist allerdings funktionell nicht nachgewiesen. In diesem Zusammenhang ist zu diskutieren, dass in der Literatur darauf hingewiesen wird, dass ein Mangel an Rohfaser oder Protein, evtl. auch anderen Nährstoffen bei Schweinen zu Verhaltensanomalien führen kann (Ewbank, 1973; Fraser, 1987a). Zudem zeigte sich, dass das Beißverhalten bei einem Mangel an Mineralien zu einer Erhöhung führte, sobald Blut während des Beißaktes aufgenommen werden konnte (Fraser, 1987b).

Im *Colon ascendens* konnte ebenfalls ein Anstieg von Entzündungsfaktoren bei den Gruppen HRB akute und chronische Läsion erkannt werden. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Schweine mit gesunden Schwänzen (NRB und HRB gesund) weniger Entzündungsmerkmale im distalen Jejunum und *Colon asc.* zeigten und somit eine „bessere Darmgesundheit“ vorlag, als bei Schweinen mit akuten oder chronischen Schwanzläsionen, die ungünstigere Werte bezüglich der Entzündungsscores aufwiesen. Des Weiteren wurden bei diesen Gruppen auch mehrfach Bakterienansammlungen im Colon aufgefunden. Ebenfalls konnten Futterpartikel festgestellt werden, die in die Darmschleimhaut eingedrungen waren und dort Läsionen setzten. Ischämische Veränderungen des Darmgewebes, ausgelöst durch verminderten arteriellen Blutdruck, können mit Bakterienansammlungen einhergehen. Oftmals werden diese Bakterien über die Blutbahn transloziert (Kaussen et al., 2012). Möglicherweise können Bakterien in die Schwanzregion abgeschwemmt werden und dort Entzündungen auslösen, die zu Schwanzbeißen führen können. In der Nachweisführung möglicher Zusammenhänge von Caudophagie, Haltungsbedingungen und Magen-Darm-Schäden bietet sich der Vergleich der Scorewerte der Histologie sicherlich als wesentlicher additiver Ansatz, da sich Einflüsse der Haltungen zumindest tendenziell abbilden lassen.

Diskussion

Mit dem heutigen Wissensstand gelten CRP, Serum-Amyloid-A und Haptoglobin im Serum als wichtige Hinweisgeber für Entzündungsgeschehen bei Schweinen. Insoweit wurde die Messung von Haptoglobin als Bestandteil dieser Studie gewählt. Zwei Schweine aus NRB zeigten erhöhte Haptoglobinwerte, die Haptoglobinwerte aus HRB lagen sowohl bei gesunden als auch bei kranken Tieren über den Werten bei gesunden Schweinen aus NRB. Die pathologischen Befunde der Organe verwiesen parallel auf entzündliche Geschehen.

Das Stallklima gilt als wichtiger Aspekt der Ausprägung von Verhaltensstörungen. Entscheidend für den Allgemeinzustand, nicht aber zwingend in direktem Bezug zur Darmgesundheit, erweist sich die Auftrittshäufigkeit pathologischer Lungenveränderungen. Mit acht Fällen aus NRB und einundzwanzig Fällen aus HRB zeigt sich allerdings ein hohes gesundheitliches Belastungsaufkommen, dessen Zusammenhänge mit der Verhaltensstörung Caudophagie gesondert betrachtet werden müssen. Die verstärkte Verabreichung von Rohfaser wird zudem mit der möglichen Reduzierung von Antibiotika in Zusammenhang gebracht (Mentschel, 2004).

Die betriebliche Therapiehäufigkeit anhand von Angaben aus der Antibiotikadatenbank zeigt eine erhöhte Anzahl von Abweichungen in HRB Betrieben. Der Einsatz von Antibiotika lag in den NRB mit einer Therapiehäufigkeit zwischen 0 bis 8,7 deutlich niedriger als in den HRB mit einer Therapiehäufigkeit von 0 bis 21,6. Ursächlich für die vier NRB, die die Kennzahl 1 überschritten, waren Ohrtrandnekrosen und Lungenerkrankungen. In den HRB war die Erstellung von Maßnahmenplänen in einem Betrieb notwendig und sechs Betriebe überschritten die Kennzahl 1, hier zeigten sich Caudophagie, Ohrtrandnekrosen, Lungenerkrankungen und Gelenkserkrankungen als ursächlich. Die Antibiotikagaben wurden laut Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit und QS GmbH seit 2014 deutlich verringert, wobei der überwiegende Anteil der antibiotischen Behandlungen in der Schweinehaltung vor allem in der Ferkelaufzucht gesehen wird (Visse, 2014).

Ein geringerer Verbrauch von Antibiotika muss keinen Hinweis auf ein geringeres Aufkommen von Caudophagie darstellen. In dieser Studie konnten nicht die Schweine erfasst werden, die keine antibiotische Versorgung erhalten haben und bereits im Mastbetrieb aufgrund von Caudophagie getötet worden sind. Erst die Bilanzierung von Antibiotikaeinsatz mit direktem Bezug zu definierten Krankheitsbildern ist damit als wichtiger Hinweis auf Fallhäufigkeiten von Verhaltensstörungen anzusehen.

7 Schlussfolgerung

Die vorliegenden Untersuchungen haben aufgrund einer relativ geringen Zahl von untersuchten Beständen eher einen orientierenden Charakter, liefern jedoch interessante Hinweise dahingehend, dass bei Schweinen aus HRB, die sowohl akute als auch chronische Schwanzläsionen aufwiesen ebenfalls Veränderungen der Darmschleimhaut vorhanden waren. Diese sind im Sinne einer Inflammation zu werten. Somit ist nicht auszuschließen, dass diese Darmschleimhautveränderungen Einfluss auf die Darmintegrität nehmen. Als Hypothese könnte eine mögliche Kausalität zwischen den Darmschleimhautveränderungen, der Beeinflussung der Darmintegrität und dadurch bedingte Verhaltensänderung bzw. Caudophagie angenommen werden. Diese Hypothese bedarf jedoch weitere Untersuchungen, insbesondere auch die Einbeziehung von mehr Betrieben.

8 Zusammenfassung

Schumacher, Swantje:

Feldstudie zu den Risikofaktoren der Caudophagie mit dem Schwerpunkt der Auswirkungen der Schweineernährung auf die Darmintegrität und deren Korrelation mit dem Auftreten von Caudophagie

Caudophagie bei Schweinen stellt ein großes Problem in schweinehaltenden Betrieben dar. Die betroffenen Schweine erleiden durch die Bissverletzungen erhebliche Schmerzen, Leiden und Schäden. Zudem entstehen in den landwirtschaftlichen Betrieben hohe wirtschaftliche Verluste. Als Präventionsmaßnahme gegen die Caudophagie wird seit Jahren ein routinemäßiges Kupieren der Schwänze durchgeführt. Wissenschaftlich wurde belegt, dass das Auslösen der Caudophagie von vielen unterschiedlichen und komplexen Faktoren abhängt, welche aber noch nicht hinreichend erforscht sind. Daher wurden in der vorliegenden Studie zwanzig Schweinemastbetriebe aus NRW anhand von veterinärmedizinischen Datenerhebungen der amtlichen Tierärzte eines Schlachthofs ausgewählt. Unter Berücksichtigung des Auftretens pathologischer Befunde wie Schwanzspitzennekrosen, Beckenabszessen, Schwanzansatzabszessen und Kotelett-Wirbelsäulenabszessen, die als Folge von Caudophagie gewertet wurden, folgte die Unterteilung der Mastbetriebe in Niedrig-Risiko-Betriebe (NRB) und Hoch-Risiko-Betriebe (HRB). Zehn Mastbetriebe, bei denen in den letzten 1,5 Jahren keine Anzeichen von Schwanzbeißen (0 %) am Schlachtband dokumentiert wurden, wurden als NRB eingestuft. Weitere zehn Mastbetriebe, die aufgrund der Schlachtdaten Schwanzveränderungen zwischen 1 und 5 % bei den gelieferten Schweinen zeigten, wurden als HRB eingestuft. Ziel der Arbeit war es, mögliche Wechselbeziehungen zwischen Auffälligkeiten im Gastrointestinaltrakt und Verletzungen des Schwanzes aufzuarbeiten. Im Fokus der Studie standen daher die Fütterung der Schweine und pathologische Veränderungen des Magen-Darm-Trakts der untersuchten Tiere. Da Caudophagie ein multifaktorielles Geschehen darstellt, wurden anhand eines Evaluationsbogens auch die bekannten prädisponierenden Faktoren für Caudophagie geprüft. Im Vordergrund standen dabei das Futtermanagement, hier insbesondere die Futterzusammensetzung und die möglichen Auswirkungen auf die Magen-Darm-Gesundheit. Die post mortem Untersuchung an den Schlachtkörpern bildete die Grundlage der Untersuchung.

Zusammenfassung

Das Ergebnis der Datenerhebung zeigte, dass die Anforderungen an das Platzangebot, das Licht, die Tränken und das Beschäftigungsmaterial grundsätzlich den gesetzlich geforderten Mindestnormen entsprachen und teilweise sogar darüber hinausgingen. Es zeigten sich keine Hinweise als auslösende Faktoren der Caudophagie. Fütterungstechnik und das

Tier : Fressplatzverhältnis waren anhand des gesetzlichen Rahmens nicht zu beanstanden.

Die betriebliche Therapiehäufigkeit anhand der Angaben aus der Antibiotikadatenbank (erstes Halbjahr 2015) ergab, dass die HRB höhere Therapiehäufigkeiten aufwiesen. Als Ursachen für den Antibiotikaeinsatz wurden Caudophagie, Ohrtrandnekrosen, Lungenerkrankungen und Gelenkserkrankungen genannt

Von neun NRB und zehn HRB konnten Proben von Endmastfuttermitteln für weitere Analysen gezogen werden. Im Anschluss wurden eine Siebanalyse, eine Weender Futtermittelanalyse und eine Faserbestimmung nach van Soest durchgeführt. Die Siebanalyse der Futtermittel aus den HRB und NRB ergab ein ähnliches Verteilungsmuster der Partikelgrößen. Zu feine Partikel ($< 0,1$ mm) wurden in keinem Futter festgestellt. Durch eine zu geringe Partikelgröße wird eine Verflüssigung des Mageninhaltes bewirkt. Durch eine daraus resultierende homogene Durchmischung des Mageninhaltes werden in allen Bereichen des Magens ähnliche pH-Werte erzielt. Eine Abstufung der pH-Werte mit einem erhöhten pH-Wert in der *Pars nonglandularis* und niedrigeren pH-Wert in der Fundusdrüsenzzone ist nicht vorhanden. Zu fein vermahlene Futter kann die Entstehung von Magengeschwüren in der *Pars nonglandularis* unterstützen (Maxwell, 1970; Kamphues, 1988; Regina et al., 1999; Friendship, 2006).

Die Nährstoffgehalte der Futtermittel aus den HRB und NRB zeigen keine Unterschiede. Der Rohfasergehalt im Futter aus den NRB lag tendenziell höher ($p = 0,065$) als im Futter der HRB. Von vier NRB und acht HRB wurden Futtermittelanalysen bzw. -deklarationen vorgelegt. In den HRB und NRB zeigten die Rohproteingehalte keine Unterschiede (HRB $17,9 \pm 1,04$ %; NRB $17,9 \pm 1,34$ %, $p = 0,963$). Der Rohfaseranteil in HRB ($5,05 \pm 0,53$ %) zeigte niedrigere Werte ($p = 0,109$) als in den NRB ($5,56 \pm 0,53$ %). Der Rohfaseranteil lag in der durchgeführten Futtermittelanalyse deutlich niedriger als in den Futtermittelanalysen/Futtermitteldeklarationen der Betriebe. Hingegen konnten beim Rohproteingehalt in den Nährstoffanalysen höhere Werte gemessen werden als die Futtermitteldeklaration angab. Bei der Messung der Konzentrationen der kurzkettigen Fettsäuren im Magen- und Caecuminhalt wurden keine Unterschiede festgestellt.

Ein weiterer Kernpunkt der Studie stellte die pathologisch-anatomische Untersuchung der Schlachttiere dar. Es wurden insgesamt vierzig Schweine untersucht und beprobt. Aufgrund

Zusammenfassung

der Datenerhebungen des Schlachthofs zu den teilnehmenden Betrieben wurden die angelieferten Mastschweine aus den HRB in drei Kategorien (gesunde Schweine ohne Schwanzläsionen, Schweine mit akuten Schwanzläsionen und Schweine mit chronischen Läsionen) eingeteilt. Von jedem NRB wurde ein gesundes Schwein für die Studie untersucht. Es wurden zehn Schweine aus den NRB und dreißig Schweine aus den HRB (pro Betrieb je ein gesundes, ein Schwein mit akuten Läsionen und ein Schwein mit chronischen Läsionen) untersucht und beprobt. Ein Teilaspekt stellte die pathologisch-anatomische Untersuchung des Magens, des Jejunums, des Ileums, des Caecums und des Colon ascendens, sowie des Herzens, der Leber und der Lunge dar. Bei den untersuchten Schweinen der HRB konnte in der pathologisch-anatomischen Untersuchung adspektorisch festgestellt werden, dass sechszwanzig Mägen (87 %) pathologische Veränderungen in Form von hochgradig geröteten Schleimhäuten und hochgradigen Fibrinauflagerungen der Magenschleimhaut aufwiesen. Bei zehn Mägen (30 %) konnten Magenulcera in der *Pars nonglandularis* ermittelt werden. An den insgesamt zehn untersuchten Schweinen der NRB konnte in der pathologisch-anatomischen Untersuchung adspektorisch an fünf Mägen (50 %) Veränderungen in Form von hochgradig geröteten Schleimhäuten und Fibrinauflagerungen diagnostiziert werden, davon war bei einem Magen ein Ulcus in der *Pars nonglandularis* sichtbar.

Haptoglobin (Hp) im Serum stellt bei Schweinen einen Entzündungsmarker dar. Deshalb wurden bei achtzehn Schweinen Blut direkt nach dem Entbluteschnitt aufgefangen und mittels Kapillarelektrophorese auf Haptoglobin untersucht. Die Haptoglobinwerte der Schweine ohne Läsionen und mit akuten Läsionen der HRB lagen höher als bei Schweinen ohne Läsionen der NRB. Diese Ergebnisse entsprachen auch den pathologischen Befunden der Geschlinge und des Magen-Darm-Traktes, die makroskopisch auf ein entzündliches Geschehen hinwiesen.

Die Bestimmung der relativen Genexpressionsrate der Immunparameter TLR-5, IL-8, IL-10, IL-17 sowie des Natürlichen Killerzellen Rezeptors NKG2D, erfolgte mittels qRT-PCR mit Gesamt-RNA aus jejunalem Gewebe. Als Kontrollgruppe wurden bei dieser Untersuchung alle in dieser Studie beprobten gesunden Schweine (aus NRB und HRB; insgesamt zwanzig Tiere) herangezogen.

Es ergaben sich keine deutlichen Tendenzen bezüglich der Genexpression der immunologischen Parameter. Eine leicht erhöhte Expression der entsprechenden Gene wurden in der akut betroffenen Gruppe bei TLR5, NKG2D und IL8 beobachtet, während die Tiere mit chronischen Läsionen eine insgesamt numerisch oder signifikant verringerte Expression aufwiesen. Es kann spekuliert werden, dass Tiere mit akuten Läsionen im Darm eine höhere antimikrobielle Immunantwort zeigen, da TLR5, NKG2D und IL8 insbesondere

Zusammenfassung

auf Mikroorganismen reagieren. Währenddessen scheint bei Tieren mit chronischen Läsionen insgesamt eher eine Herabregulierung aller gemessener immunrelevanter Gene vorzuliegen.

Für die histologische Untersuchung wurden in jeder Gruppe Abschnitte des distalen Jejunums und des Colon ascendens beprobt und anschließend Hämatoxylin-Eosin-Schnitte gefertigt.

Jede Probe des Jejunums wurde auf die Parameter Hyperplasie/ Metaplasie der Becherzellen, degenerative Veränderungen der Darmzotten, Entzündungen in der *Lamina propria*, kapilläre Stauung, Ödeme, Entzündungen des gesamten Darmgewebes, Entzündungen in der Mukosa und Submukosa, sowie Entzündungen der Kryptendrüsen untersucht.

Im Ergebnis wurde deutlich, dass die Gruppe der Schweine mit chronischen Läsionen tendenziell höhere Scores aufwies als die Gruppen HRB gesund und NRB gesund. Auch bei den Schweinen mit akuten Läsionen aus HRB konnte man im Gegensatz zu den gesunden Tieren ansteigende Scorewerte feststellen.

Jede Probe des Colon ascendens wurde auf die Parameter epitheliale degenerative Veränderungen, Entzündungen in der *Lamina propria*, kapilläre Stauung, Entzündungen des gesamten Darmgewebes sowie Entzündungen in der Mukosa und Submukosa untersucht.

Entzündungen wurden anhand des Aufkommens an mononukleären und granulozytären Zellinfiltraten bewertet. Das Ergebnis veranschaulicht, dass tendenziell höhere Werte bei den chronischen Läsionen und akuten Läsionen festgestellt werden konnten. Die gesunden Schweine der NRB wiesen die niedrigsten Werte auf. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen haben aufgrund einer relativ geringen Zahl von untersuchten Beständen eher einen orientierenden Charakter. Sie bieten interessante Anhaltspunkte, dass es vornehmlich bei akuten und chronischen Läsionen aus HRB zu Veränderungen der Darmschleimhaut kommt, die im Sinne einer Inflammation zu werten sind. Daher könnte ein Zusammenhang zwischen der Veränderung der Darmintegrität mit Verhaltensänderungen bzw. Schwanzbeißen bestehen. Diese Hypothese bedarf jedoch weiterer Untersuchungen, insbesondere auch die Einbeziehung von einer größeren Anzahl an Betrieben.

9 Summary

Schumacher, Swantje:

Retrospective field study in slaughter pigs on the risk factors of tail biting

Tail biting is a common problem in pig farming. Pigs affected by tail biting suffer from serious pain, injury and harm. Additionally, the farms have to face substantial economic loss. To prevent tail biting tail docking in piglets has become a routine procedure used by piglet producers in Germany. This procedure is not in accordance with EU legislation. Hence, it is necessary to find effective strategies to resolve the problem of tail biting amongst pigs without the need of tail docking.

Previous studies have shown that tail biting amongst pigs is a complex and multifactorial phenomenon. However, the mechanisms triggering tail biting have not been fully researched yet.

The study at hand is designed to fill these gaps. Based on data collected by official veterinarians at a German abattoir, 20 commercial fattening pig farms in North-Rhine-Westphalia, Germany, were selected to participate in this study. Depending on pathological findings such as the occurrence of necrosis of the tail tip, pelvic abscesses, abscesses at the base of the tail and spinal abscesses of slaughtered pigs, which all were classified as results of tail biting the participating fattening pig farms were assigned to a high risk and a low risk group of farms. The present study compares 10 fattening pig farms where no pathological findings connected to tail biting could be observed at the abattoir during the previous 18 months (so-called low risk farms, LRF) to 10 fattening pig farms with pathological findings observed in 1 – 5 % of the slaughtered pigs within the previous 18 months (so-called high risk farms, HRF). The working hypothesis was to find correlations between gastrointestinal health and tail lesions originating from tail biting with a focus on the previous nutrition. Since tail biting is known to be of multifactorial origin, all participating fattening pig farms were evaluated using a questionnaire regarding factors known to play a crucial role in the development of tail biting. The results of this survey, which focused on feeding management and the composition of the fed pig feed were then correlated to post mortem analyses of the gastrointestinal tract of the slaughtered pigs from participating farms.

The evaluation of the questionnaire showed that there were no major differences in housing when comparing LRF to HRF. However, the use of antibiotic drugs was higher in HRF than

Summary

in LRF farms, which could partly be related to the higher occurrence of tail biting in those pigs from HRF. In nine LRF and ten HRF, pig feed samples were drawn for further analysis. Differences in particle size or nutrients could not be detected. It could be observed that the crude fiber level in the samples taken from HRF was lower than the level in samples from LRF. Overall, the measured content of crude fiber in the pig feed sampled in LRF as well as HRF was lower than indicated in the declaration of the feed whereas the analyzed crude protein concentration was higher than declared. The analyses of short chain fatty acids in the gastric and caecal content did not differ in slaughtered pigs from LRF or HRF.

For post mortem studies 40 pigs from LRF and HRF were subjected to pathological / anatomical analyses. The studies were performed on 10 healthy pigs from LRF, which showed no tail lesions and 30 pigs from HRF, which were assigned to three different groups based to condition of their tail (10 healthy pigs with no tail lesions, 10 pigs with fresh acute tail wounds and 10 pigs with chronic healed tail wounds). The post mortem analyses in those pigs mainly focused on gastrointestinal health. In the group of pigs from HRF 87% of animals showed pathological alterations in the gastric mucosa. In 30% of those pigs, gastric ulcers could be detected. In comparison, 50% of the healthy pigs from LRF showed alterations in the gastric mucosa. In one of those pigs a gastric ulcer could be noticed. To further support the pathological / anatomical results, haptoglobin levels in blood samples from 18 slaughtered pigs were analyzed. The levels of the inflammation marker haptoglobin were found to be higher in healthy and pigs with acute lesions from HRF when compared to the samples from healthy pigs from LRF. Nevertheless, an analysis of the expression rate of pro-inflammatory genes such as TLR-5, IL-8, IL-10, IL-17 and NKG2D in samples derived from the small intestine of the slaughtered pigs showed no significant differences in animals from LRF to HRF. However, the analysis indicated that TLR-5, NKG2D and IL-8 had the tendency to be upregulated in pigs with acute lesions from HRF when compared to pigs with chronic lesions from HRF. In addition to haptoglobin levels and gene expression rates, a histological inflammation score of the intestinal tissue of small intestine and colon from pigs from LRF and HRF was assessed. The results of this histological analyses showed that the highest rate of inflammation could be detected in the samples derived from pigs with acute and chronic lesions from HRF when compared to the histological findings in healthy pigs with no signs of tail lesion from LRF.

Due to the limited number of commercial fattening pig farms participating in this study and consequently the limited number of pigs used for post mortem analyses, the interpretation of the results must be classified as preliminary. Nevertheless, the results indicate that there are

Summary

inflammatory processes ongoing in the gastrointestinal tract of pigs with acute and chronic lesions from farms with a history of tail biting. A strong correlation between gastrointestinal health and tail biting might therefore be postulated. To further prove this hypothesis, larger studies with higher number of participating fattening pig farms will be needed. Only when the mechanisms leading to tail biting are fully understood, will it be possible to take effective measures to prevent the underlying causes of tail biting and resign from symptomatic measures such as tail docking.

10 Anhang

1. Fragen zum Tierbestand

Tierzahl gesamt :		geschlossenes System <input type="checkbox"/>
		freier Ferkelbezug <input type="checkbox"/>
		1:1 Anbindung <input type="checkbox"/>
Reinigungsmanagement	Intervall der Reinigungen	
	Art der Reinigung (Desinfektion, etc.)	

2. Fragen zum Tierbestand

Woher beziehen Sie Ihre Absatzferkel?	
Genetik / Abstammung der Tiere (z.B. Rasse, Herkunft, Elterntiere)	
Getrenntgeschlechtliche Mast <input type="checkbox"/>	
Gemeinsame Mast <input type="checkbox"/>	
Ebermast <input type="checkbox"/>	
Durchschnittliche tägliche Zunahmen der Tiere in der Mast?	
Impfungen innerhalb der letzten 1 ½ Jahre	
Medikamentengabe innerhalb der letzten 1 ½ Jahre; Bitte geben Sie auch Ihre betriebliche Therapiehäufigkeit (laut Antibiotika- Datenbank) an:	
Darmerkrankungen innerhalb der letzten 1 ½ Jahre (Auftreten; Diagnose; Behandlung)	
Erkrankungen der Lunge innerhalb der letzten 1 ½ Jahre	
Erkrankungen des Bewegungsapparates	

Anhang

innerhalb der letzten 1 ½ Jahre	
Rückmeldungen vom Schlachthof über Schlachtbefunde (Parasitenbefall)	

3. Fragen zur Fütterung

Art der Fütterung	Was wird gefüttert? (Rationsgestaltung)	
	Wie oft wird gefüttert?	Breiautomat <input type="checkbox"/> Sensorfütterung <input type="checkbox"/> <i>Ad libitum</i> -Fütterung <input type="checkbox"/> Rationierte Fütterung <input type="checkbox"/>
Futterrezeptur, Zusammensetzung und Nährstoffgehalte des Futters		
Wird das Futter selbst erzeugt? Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Falls nicht, von welchem Hersteller wird das Futter bezogen?		
Wird Strukturfutter angeboten?		
Gab es in den letzten 1 ½ Jahren Umstellungen der Fütterung oder Fütterungstechnik? Falls ja, warum waren diese notwendig?		
Kurze Tröge Lange Tröge Rundtröge Maße		

Anhang

4. Fragen zur Haltung

Welche Bodengestaltung der Buchten liegt vor? (z.B. Vollspalten, Teilspalten, Einstreu)	
Welches Beschäftigungsmaterial wird den Tieren angeboten?	
Wird Brunnen- oder Leitungswasser zur Tränkung der Tiere verwendet?	
Wird regelmäßig eine Wasseruntersuchung durchgeführt? Wenn ja, in welchem Intervall?	
Welche Wasserparameter liegen vor? (Wasserhärte, Bakterienaufkommen, Nitrat-/Nitritgehalt, Magnesiumgehalt, Calcium- und Eisengehalt)	
Beleuchtungsstärke [Lux]	
Natürliches Licht	
Luftwechselrate	
Temperatur (Einstall- und Ausstalltemperatur)	

5. Fragen zum Auftreten von Schwanzläsionen

Wie häufig traten Schwanzläsionen in den letzten 1,5 Jahren in Ihrem Betrieb auf?	
Was machen Sie mit den Tieren, die Läsionen am Schwanz aufweisen?	
Waren Auffälligkeiten am Tier zu beobachten, bevor die Schwanzläsionen auftraten? (z.B. Durchfall, etc.)	
Wann wird vor dem Abtransport zur Schlachtung das letzte Mal gefüttert?	

Sonstiges:

Fragen nach validiertem Verfahren (Welfare Quality Assessment Protocol For Pigs):

1) **Body condition score index**

0 – Tiere in einem guten Ernährungszustand

2 – Tiere in einem mageren Ernährungszustand

2) **Wasserangebot**

Anzahl der Tiere pro Tränke

Art der Tränken:

Nippeltränke

Schalentränke

Sonstige:

Funktion der Tränken:

0 - keine Beanstandungen 2 – die Tränke zeigt Funktionsfehler

Sauberkeit der Tränken

0 – sauber 2 – verschmutzt

3) **Platzangebot**

Länge x Breite der Bucht

Platzangebot pro Tier

Anzahl der Tiere in einer Bucht

Durchschnittsgewicht der Tiere auf dem Schlachthof

(Lebendgewicht)

Anhang

4) Schwanzbeißen

0 – keine Verletzungen, intakte Schwänze

**2 – frisches Blut, Schwellungen, Entzündungen, Teile des Schwanzes fehlen,
Krusten**

5) Mastdarmvorfälle

0 – kein Auftreten

2 – Häufigkeit des Auftretens von Rektalprolapsen in %

6) Auftreten von Durchfall

0 – adspektorisch kein Durchfall in der Bucht vorhanden

1 – adspektorisch vereinzelt Durchfall in der Bucht vorhanden

2 – adspektorisch ausschließlich Durchfall in der Bucht vorhanden

7) Schwanzkupieren

0 – kein Schwanzkupieren

1 – Schwanzkupieren mit Schmerzmittel

2 – Schwanzkupieren ohne Schmerzmittel

Angaben zum Betrieb:

Name:

Adresse:

Betriebsnummer:

Telefonnummer:

11 Literaturverzeichnis

- BAUBET, E., ROPERT-COUDERT, Y. & BRANDT, S. 2003. Seasonal and annual variations in earthworm consumption by wild boar (*Sus scrofa scrofa* L.). *Wildlife research*, 30, 179-186.
- BEATTIE, V. E., BREUER, K., O'CONNELL, N. E., SNEDDON, I. A., MERCER, J. T., RANCE, K. A., SUTCLIFFE, M. E. M. & EDWARDS, S. A. 2005. Factors identifying pigs predisposed to tail biting. *Animal Science*, 80, 307-312.
- BERENTSEN, A.-C., OPITZ, C. & GROÙE BEILAGE, E. 2016. Schweinehaltung „mit Ringelschwanz“ - Erfahrungen aus Norwegen. 10. *Niedersächsisches Tierschutzsymposium*. Oldenburg, 59-68.
- BETSCHER, S., WINTERMANN, M., POHL, D., MÖSSELER, A., BODMANN, B., SCHULZE LANGENHORST, C., STALLJOHANN, G. & KAMPHUES, J. 2010. Der Einfluss unterschiedlicher Weizen-/Gerstenanteile und des Vermahlungsgrads schrotförmigen Alleinfutters auf die Integrität der Magenschleimhaut von Mastschweinen. 10. *Forum angewandte Forschung in der Rinder-und Schweinefütterung*. Fulda: Tagungsband.
- BLACKSHAW, J. K. 1981. Some Behavioral-Deviations in Weaned Domestic Pigs - Persistent Inguinal Nose Thrusting, and Tail and Ear Biting. *Animal Production*, 33, 325-332.
- BLAHA, T. 2015. Schwanzbeißen beim Schwein. *Amtstierärztlicher Dienst*, 2015/IV, 223-225.
- BLOWEY, R. & DONE, S. H. 2003. Tail necrosis in pigs. *Pig Journal*, 51, 155-163.
- BOYLE, L. & TEIXEIRA, D. L. 2010. Improving pig welfare will reduce carcass losses. Proceeding Pig Farmers Conference, 19.-20. Oktober 2010, Cavan and Thurles (Irland), p. 47-56.
https://www.researchgate.net/publication/299804097_Improving_pig_welfare_will_reduce_carcass_losses/link/57056cd008aef745f7176be7/download (Stand: 14.08.19)
- BRADÉ, W. & DISTL, O. 2016. Berichte über Landwirtschaft *Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft*, 94, 1-16.
- BROOKS, P. H. 2004. Effect of diet on the behaviour and welfare of pigs In: Seddon, I.(Hrsg.): Proceedings of the 2005 Manitoba Swine Seminar: Sharing ideas and

Literaturverzeichnis

- information for efficient pork production. *Winnipeg, Manitoba Swine Seminar Committee*. 31-45.
- BROOM, D. M. & FRASER, A. F. 2007. *Domestic animal behavior and welfare*. (4thEd). Oxfordshire, UK: CABI.
- BROUNS, F., EDWARDS, S. A. & ENGLISH, P. R. 1994. Effect of dietary fibre and feeding system, on activity and oral behaviour of group housed gilts. *Appl Anim Behav Sci* 39, 215-223.
- BUSCH, B. 2006. *Schweinehaltung*. In Richter T. (Herausgeber): *Krankheitsursache Haltung, Beurteilung von Nutztierställen - Ein tierärztlicher Leitfaden*. Enke Verlag, Stuttgart 2006, S. 112-151.
- CHEN, H. H., LIN, J. H., FUNG, H. P., HO, L. L., YANG, P. C., LEE, W. C., LEE, Y. P. & CHU, R. M. 2003. Serum acute phase proteins and swine health status. *Can J Vet Res*, 67, 283-90.
- CHERRINGTON, C. A., HINTON, M., PEARSON, G. R. & CHOPRA, I. 2008. Short-chain organic acids at pH 5.0 kill *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. without causing membrane perturbation. *Journal of Applied Bacteriology*, 70, 161-165.
- CHIU, C. J., SCOTT, H. J. & GURD, F. N. 1970. Intestinal mucosal lesion in low-flow states. II. The protective effect of intraluminal glucose as energy substrate. *Arch Surg*, 101, 484-488.
- COCCA, G., STURARO, E., DAL COMPARE, L. & RAMANZIN, M. 2007. Wild boar (*Sus scrofa*) damages to mountain grassland. A case study in the Belluno province, eastern Italian Alps. *Italian Journal of Animal Science*, 6, 845-847.
- D'EATH, R. B., ARNOTT, G., TURNER, S. P., JENSEN, T., LAHRMANN, H. P., BUSCH, M. E., NIEMI, J. K., LAWRENCE, A. B. & SANDOE, P. 2014. Injurious tail biting in pigs: how can it be controlled in existing systems without tail docking? *Animal*, 8, 1479-1497.
- D'EATH, R. B., JACK, M., FUTRO, A., TALBOT, D., ZHU, Q., BARCLAY, D. & BAXTER, E. M. 2018. Automatic early warning of tail biting in pigs: 3D cameras can detect lowered tail posture before an outbreak. *PLoS one*, 13, e0194524-e0194524.
- D'EATH, R. B. & TURNER, S. P. 2009. The natural behaviour of the pig. In: Marchant-Forde, J. N. (ed.) *The welfare of pigs*. Dordrecht: Springer, 13-45.
- DANIELSEN, V. & VESTERGAARD, E. M. 2001. Dietary fibre for pregnant sows: effect on performance and behaviour. *Animal Feed Science and Technology*, 90, 71-80.

Literaturverzeichnis

- DARDAILLON, M. 1987. Seasonal feeding habits of the wild boar in a Mediterranean wetland, the Camargue (Southern France). *Acta Theriologica*, 32, 389-401.
- DE LEEUW, J. A., JONGBLOED, A. W. & VERSTEGEN, M. W. A. 2004. Dietary fibre stabilizes blood glucose and insulin levels and reduces physical activity in sows (*Sus scrofa*). *J Nutr*, 134, 1481-1486.
- DEIMEL, I., FRANZ, A., FRENTRUP, M., VON MEYER, M., SPILLER, A. & THEUVSEN, L. 2010. *Perspektiven für ein europäisches Tierschutzlabel* [Online]. Available:
https://r.search.yahoo.com/_ylt=AwrJS9J57qdcJUoA6_UzCQx.;_ylu=X3oDMTBydHRqMjgyBGNvbG8DaXIyBHBvcwM1BHZ0aWQDBHNIYwNzcg--/RV=2/RE=1554538234/RO=10/RU=https%3a%2f%2fwww.researchgate.net%2fpublication%2f268057360_Perspektiven_fur_ein_Europaisches_Tierschutzlabel/RK=2/RS=XmMr4AZIdE8PuvImw5np0QVj6VQ. (Stand: 05.04.2019).
- DROCHNER, W. 1999. Fütterungsbedingte Verdauungsstörungen beim Schwein, *Kraftfutter*, 1, 16-21.
- EDWARDS, S. A. 2006. Tail biting in pigs: understanding the intractable problem. *Vet J*, 171, 198-199.
- EFSA 2007. Scientific Report on the risk associated with tail biting in pigs and possible means to reduce the need for tail docking considering the different housing and husbandry systems. *Annex to the EFSA Journal* 611, 1-13.
- EFSA 2014. Scientific Opinion concerning a Multifactorial approach on the use of animal and non-animal-based measures to assess the welfare of pigs. *EFSA Journal*, 12, 13-25.
- EG-VERORDNUNG 2005. Verordnung (EG) Nr. 1/2005 des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 12. Januar 2005 mit Vorschriften für die Futtermittelhygiene
- EG-VERORDNUNG 2013. Verordnung (EU) Nr. 1306/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Dezember 2013 über die Finanzierung, die Verwaltung und das Kontrollsystem der Gemeinsamen Agrarpolitik [Online]. Available: URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R1306&from=DE>
(Stand: 05.04.2019)
- EGIN, S., ILHAN, M., BADEMLER, S., GOKCEK, B., HOT, S., EKMEKCI, H., EKMEKCI, O. B., TANRIVERDI, G., DAGISTANLI, F. K., KAMALI, G., KAMALI, S. & GULOGLU, R. 2018. Protective effects of pentoxifylline in small intestine after ischemia-reperfusion. *J Int Med Res*, 46, 4140-4156.

Literaturverzeichnis

- EISEMANN, J. H. & ARGENZIO, R. A. 1999. Effects of diets differing in propensity to promote gastric lesions on defense systems in gastric mucosae. *J Anim Sci*, 77, 2715-2720.
- ELBERS, A. R., HESSING, M. J., TIELEN, M. J. & VOS, J. H. 1995. Growth and oesophagogastric lesions in finishing pigs offered pelleted feed ad libitum. *Vet Rec*, 136, 588-590.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2018. Bericht über ein Audit in Deutschland vom 12. bis 21. Februar 2018 - Bewertung der Massnahmen der Mitgliedstaaten zur Verhütung von Schwanzbeißen und zur Vermeidung des routinemäßigen Kupierens von Schwänzen bei Schweinen, DG(SANTE)/2018-6445, 1-32.
- EWBANK, R. 1973. Abnormal behaviour and pig nutrition. An unsuccessful attempt to induce tail biting by feeding a high energy, low fibre vegetable protein ration. *Br Vet J*, 129, 366-369.
- EWBANK, R. & BRYANT, M. J. 1972. Aggressive behaviour amongst groups of domesticated pigs kept at various stocking rates. *Anim Behav*, 20, 21-28.
- FARM ANIMAL WELFARE COMMITTEE. 2011. The National Archives, <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110909181128/http://www.fawc.org.uk/Default.htm> (Stand: 05.04.2019)
- FARM ANIMAL WELFARE COUNCIL. 2009. Farm Animal Welfare in Great Britain: Past, Present and Future, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/319292/Farm_Animal_Welfare_in_Great_Britain_-_Past_Present_and_Future.pdf (Stand: 05.04.2019)
- FEDDES, J. J. R. & FRASER, D. 1994. Non-nutritive chewing by pigs. Implications for tail-biting and behavioral enrichment. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 37, 947-950.
- FEUILLET, V., MEDJANE, S., MONDOR, I., DEMARIA, O., PAGNI, P. P., GALÁN, J. E., FLAVELL, R. A. & ALEXOPOULOU, L. 2006. Involvement of Toll-like receptor 5 in the recognition of flagellated bacteria. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103, 12487-12492.
- FISCHER, M. 2018. Rickettsioses: Cutaneous findings frequently lead to diagnosis - a review. *J Dtsch Dermatol Ges*, 16, 1459-1476.
- FLACHOWSKY, G., BAULEIN, U., HAXSEN, G., BERG, A., HENNING, M., HILLMANN, E., BRADE, W., BUSSEMAS, R., MEYER, C., NIENHOFF, H., HARLIZIUS, J., OPPERMAN, R., WEIßMANN, F., RAHMANN, G., WÄHNER,

Literaturverzeichnis

- M., SCHULZ, E., SCHÖN, A., SCHRADER, L., SCHULTE-SUTRUM, R. & STALLJOHANN, G. 2006. Schweinezucht und Schweinefleischerzeugung, Empfehlungen für die Praxis *FAL Agricultural Research Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft*, Sonderheft 296, 123-153.
- FRASER, D. 1987a. Attraction to Blood as a Factor in Tail-Biting by Pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 17, 61-68.
- FRASER, D. 1987b. Mineral-deficient diets and the pig's attraction to blood: implications for tail - biting. *Can. J. Anim. Sci*, 67, 909-918.
- FRASER, D. 2008. *The welfare of pigs: a social, ethical and scientific issue*. In: Faucitano, L. & Schaefer, A.(Hrsg.): *Welfare of pigs from birth to slaughter* Wageningen/Versailles, Wageningen Academic Publishers/ Édition Quae. 289-293.
- FRASER, D. & BROOM, D. M. 1990. *Farm animal behaviour and welfare*, Saunders Ltd, 327-328.
- FRASER, D., PHILLIPS, P. A. & TENNESSEN, T. 1991. Effect of straw on the behaviour of growing pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 30, 307-318.
- FREITAG, M. 2014. Schwanzbeißen beim Schwein - ein altes Problem neu im Fokus. *Top Genetik*, 11, 48 - 51.
- FRIENDSHIP, R. M., MELNICHOUK, S.I., & DEWEY, C.E. 2000. The use of omeprazole to alleviate stomach ulcers in swine during periods of feed withdrawal. *Can. Vet. J.* 41, 925-928.
- FRIENDSHIP, R. M. 2004. Gastric ulceration in swine. *J Swine Health Prod.*, 12, 34-35.
- FRIENDSHIP, R. M. 2006. Gastric ulcers. in: STRAW, B.E., ZIMMERMAN, J.J., S. D'ALLAIRE, S. & TAYLOR, D.J. (Hrsg.): *Diseases of Swine*. 9. Aufl., Blackwell Professional Publishing, Ames, Iowa, USA, S. 891-900.
- FRITSCHEN, R. & HOGG, A. 1983. Preventing tail biting in swine (anti-comfort syndrome). *NebGuide, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska, Lincoln*, G 75-246.
- GEIßLER, W. 2009. *Tränkewasser - Aspekte aus hygienischer Sicht* [Online]. Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg - Schweinehaltung, Schweinezucht - (Landesanstalt für Schweinezucht - LSZ). Available: [www.landwirtschaft-bw.info/site/pbs-bw-new/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/lsz/pdf/t/Tränkewasser.pdf?attachement=true](http://www.landwirtschaft-bw.info/site/pbs-bw-new/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/lsz/pdf/t/Tr%C3%A4nkewasser.pdf?attachement=true). (Stand 05.04.2019)
- GENOV, P. 1981. Food composition of wild boar in north-eastern and western Poland. *Acta Theriologica*, 26, 185-205.

Literaturverzeichnis

- GONYOU, H. W. 1998. The influences of group size on behavioral vices and cannibalism. *Allen D. Leman Swine Conference*, 237-239.
- GROSSE LIESNER, V., TAUBE, V., LEONHARD-MAREK, S., BEINEKE, A. & KAMPHUES, J. 2009. Integrity of gastric mucosa in reared piglets-effects of physical form of diets (meal/pellets), pre-processing grinding (coarse/fine) and addition of lignocellulose (0/2.5%). *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*, 93, 373-380.
- GRUBER, A. D. & BAUMGÄRTNER, W. E. 2007. *Verdauungstrakt Pathohistologie für die Tiermedizin Teil 2 Pathohistologie der Organsysteme 4 Verdauungstrakt.*, Stuttgart, NewYork, Delhi, Rio, Thieme Verlag, 148-169.
- GUNDLACH, H. 1968. Brutfürsorge, Brutpflege, Verhaltensontogenese und Tagesperiodik beim europäischen Wildschwein (*Sus scrofa* L.). *Ethology*, 25, 955-995.
- HAGEN, O. & SKULBERG, A. 1960. Halesår hos gris. *Nordisk Veterinær Medicin*, 12, 1-20.
- HANSSON, I., HAMILTON, C., EKMAN, T. & FORSLUND, K. 2000. Carcass quality in certified organic production compared with conventional livestock production. *J Vet Med B Infect Dis Vet Public Health*, 47, 111-20.
- HEGDE, S. S., SEIDEL, S. A., LADIPO, J. K., BRADSHAW, L. A., HALTER, S. & RICHARDS, W. O. 1998. Effects of mesenteric ischemia and reperfusion on small bowel electrical activity. *J Surg Res*, 74, 86-95.
- HEINONEN, M., ORRO, T., KOKKONEN, T., MUNSTERHJELM, C., PELTONIEMI, O. & VALROS, A. 2010. Tail biting induces a strong acute phase response and tail-end inflammation in finishing pigs. *Vet J*, 184, 303-307.
- HEINRITZI, K., GINDELE, H. R., REINER, G. & SCNURRBUSCH, U. 2006. *Schweinekrankheiten*, Stuttgart, UTB,16;21.
- HERRERO, J., GARCÍA-SERRANO, A., COUTO, S., ORTUÑO, V. M. & GARCÍA-GONZÁLEZ, R. 2006. Diet of wild boar *Sus scrofa* L. and crop damage in an intensive agroecosystem. *European Journal of Wildlife Research*, 52, 245-250.
- HERRERO, J., IRIZAR, I., LASKURAIN, N. A., GARCÍA-SERRANO, A. & GARCÍA-GONZÁLEZ, R. 2005. Fruits and roots: wild boar foods during the cold season in the southwestern Pyrenees *Italian Journal of Zoology*, 72, 49-52.
- HISS, S., KNURA-DESZCZKA, S., REGULA, G., HENNIES, M., GYMNICH, S., PETERSEN, B. & SAUERWEIN, H. 2003. Development of an enzyme immuno assay for the determination of porcine haptoglobin in various body fluids: testing the

Literaturverzeichnis

- significance of meat juice measurements for quality monitoring programs. *Vet Immunol Immunopathol*, 96, 73-82.
- HOLLING, C., GROSSE BEILAGE, E., VIDONDO, B. & NATHUES, C. 2017. Provision of straw by a foraging tower -effect on tail biting in weaners and fattening pigs. *Porcine Health Manag*, 3, 4.
- HOLMGREN, N. & LUNDEHEIM, N. 2004. Risk factors for tail biting. Proceedings of the 18th IPVS Congress, 27/06 – 1/07/2004, Hamborg, Tyskland: 786.
- HØØK PRESTO, M., ALGERS, B., PERSSON, E. & H.K., A. 2009. Different roughages to organic growing/ finishing pigs -influence on activity behaviour and social interactions. *Livestock Science* 123, 55-62.
- HOY, S. 2009. *Nutztierethologie*, UTB, Stuttgart, 105-139
- HOY, S. 2012. *Schweinezucht und Ferkelerzeugung*. Eugen Ulmer KG, Stuttgart, 93.
- HUEY, R. J. 1996. Incidence, location and interrelationships between the sites of abscesses recorded in pigs at a bacon factory in Northern Ireland. *Vet Rec*, 138, 511-4.
- HULSEN, J. & SCHEEPENS, K. 2008. *Schweinesignale*. 3. Auflage, Roodbont, Zutphen Niederlande, 8; 62.
- HULTEN, C., JOHANSSON, E., FOSSUM, C. & WALLGREN, P. 2003. Interleukin 6, serum amyloid A and haptoglobin as markers of treatment efficacy in pigs experimentally infected with *Actinobacillus pleuropneumoniae*. *Vet Microbiol*, 95, 75-89.
- INGENBLEEK, P. T., IMMINK, V. M., SPOOLDER, H. A., BOKMA, M. H. & KEELING, L. J. 2012. EU animal welfare policy: Developing a comprehensive policy framework. *Food Policy*, 37, 690-699.
- JADAMUS, A. & SCHNEIDER, D. 2002. Long-term effect of fusariotoxins on the reproductive performance of sows. *Feed Magazine*, 10, 396-405.
- JAEGER, F. 2010. Systemimmanente Tierschutzprobleme in der Landwirtschaft. *Amtstierärztlicher Dienst*, 04, 245.
- JAEGER, F. 2013. Das Projekt „intakter Ringelschwanz“ beim Schwein – stehen wir vor dem Durchbruch? *Tierärztl. Umschau*, 68, 3-11.
- JANOSI, S., HUSZENICZA, G., KULCSAR, M. & KORODI, P. 1998. Endocrine and reproductive consequences of certain endotoxin-mediated diseases in farm mammals: a review. *Acta Vet Hung*, 46, 71-84.
- JENSEN, P. 1980. An ethogram of social interaction patterns in group-housed dry sows. *Applied Animal Ethology*, 6, 341-350.

Literaturverzeichnis

- KALLABRIS, K. E. 2013. Verhaltens- und Leistungsmerkmale rohfaserreich gefütterter Mastschweine. *Diss. rer. agr, Humboldt-Universität Berlin*.
- KAMPHUES, J., 1984. Neue Erkenntnisse zur nutritiv bedingten Diarrhoe der Absatzferkel. *Prakt. Tierarzt*, 65, 1116-1122.
- KAMPHUES, J. 1987. Untersuchungen zu Verdauungsvorgängen bei Absatzferkeln in Abhängigkeit von Futtermenge und -zubereitung sowie von Futterzusätzen. *Hannover, Tierärztl. Hochschule, Habil.-Schr.*
- KAMPHUES, J. 1990. Die Azidierung des Mageninhalts bei Absatzferkeln – Einflüsse von Futtermenge und -zusammensetzung. *Tierärztl. Prax.*, 18, 359-363.
- KAMPHUES, J. 2014. Diätetische Maßnahmen bei Nutztieren- Status quo und Perspektiven *Workshop – Beitrag der Tierernährung zur Tiergesundheit und zum Tierwohl*, 1, 13-14.
- KAMPHUES, J., BÖHM, R., FLACHOWSKY, G., LAHRSEN-WIEDERHOLT, M., MEYER, U. & SCHENKEL, H. 2007. Empfehlungen zur Beurteilung der hygienischen Qualität von Tränkwasser für lebensmittelliefernde Tiere unter Berücksichtigung der gegebenen rechtlichen Rahmenbedingungen. *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft*, 3, 255-272.
- KAMPHUES, J., SCHULZ, I. & 2002. Praxisrelevante Aspekte der Wasserversorgung von Nutz- und Liebhabertieren. *Übersichten zur Tierernährung*, 30, 1-36.
- KAUSSEN, T., SRINIVASAN, P. K., AFIFY, M., HERWEG, C., TOLBA, R., CONZE, J. & SCHACHTRUPP, A. 2012. Influence of two different levels of intra-abdominal hypertension on bacterial translocation in a porcine model. *Ann Intensive Care*, 2 Suppl 1, S17.
- KNIERIM, U. 2010. Ansätze aus dem EU - Projekt Welfare Quality® zur Beurteilung des Wohlergehens landwirtschaftlicher Nutztiere. Vorträge und Kurzfassungen: Aktuelle Probleme des Tierschutzes. 30. *Fortbildungsveranstaltung der ATF - Fachgruppe Tierschutz des Institutes für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie*. Hannover. Tierärztliche Hochschule, 7-12.
- KRITAS, S. K. & MORRISON, R. B. 2004. An observational study on tail biting in commercial grower-finisher barns. *Journal of Swine Health and Production*, 12, 17-22.
- KRITAS, S. K. & MORRISON, R. B. 2007. Relationships between tail biting in pigs and disease lesions and condemnations at slaughter. *Vet Rec*, 160, 149-52.

Literaturverzeichnis

- LALLÈS, J.-P., BOSI, P., SMIDT, H. & STOKES, C. R. 2007. Weaning — A challenge to gut physiologists. *Livestock Science*, 108, 82-93.
- LARSEN, M. L. V., ANDERSEN, H. M. & PEDERSEN, L. J. 2019. Changes in activity and object manipulation before tail damage in finisher pigs as an early detector of tail biting. *Animal*, 13, 1037-1044.
- LAWRENCE, A. B., APPLEBY, M. C., ILLIUS, A. W., MACLEOD, H. A. & 1989a. Measuring hunger in the pig using operant conditioning: the effect of dietary bulk. *Anim. Prod.*, 48, 213-220.
- LAWRENCE, A. B., ILLIUS, A. W. & 1989b. Methodology for measuring hunger and food needs using operant conditioning in the pig. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 24, 273-285.
- LEAPER, R., MSSEI, G., GORMAN, M. & ASPINALL, R. 1999. The feasibility of reintroducing wild boar (*Sus scrofa*) to Scotland. *Mammal Review*, 29, 239-258.
- LECHNER, M., LANGBEIN, F. & REINER, G. 2015. Gewebsnekrosen und Kannibalismus beim Schwein - eine Übersicht. *Tierärztliche Umschau*, 70, 505-514.
- LEE, P. A. & CLOSE, W. H. 1987. Bulky Feeds for Pigs: A Consideration of Some Non-Nutritional Aspects. *Livestock Production Science* 16, 395-405.
- LORZ, A. & METZGER, E. 1999. *Tierschutzgesetz - Kommentar. 5. Auflage*, München, Verlag C. H. Beck.
- MADEY, D., VOM BROCKE, A., L., S. & DIPPEL, S. 2014. Schwanzbeißrisiken - Status Quo der SchwiP-Erhebung. *9. Niedersächsisches Tierschutzsymposium*, 51-54.
- MARTENS, H. 2012. Magenulcera beim Schwein: Struktur als Prophylaxe, *Nutztierpraxis Aktuell 2012*, 134-136.
- MARTENS, H., STUMPF, F., LODEMANN, U. & ETSCHMANN, B. 2006. *Stand und Perspektive der Tiergesundheit*, Hamburg, Dierk Heigener Druckerzeugnisse, 99-114.
- MASSEI, G., GENOV, P. V. & STAINES, B. W. 1996. Diet, food availability and reproduction of wild boar in a Mediterranean coastal area. *Acta Theriologica*, 41, 307-320.
- MAYER, C., HILLMANN, E. & SCHRADER, L. 2006. *Verhalten, Haltung und Bewertung von Haltungssystemen*. In Brade W., Flachowsky G. (Hrsg.): Schweinezucht und Schweinefleischerzeugung, Empfehlungen für die Praxis. Sonderheft 296. Landbauforschung Völkenrode - Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig, 94-122.

Literaturverzeichnis

- MELNICHOUK, S. I. 2002. Mortality associated with gastric ulceration in swine. *Can Vet J*, 43, 223-225.
- MENTSCHHEL, J. 2004. *Erhöhung der Butyratbildung durch Fütterung von Resistenter Stärke beim Schwein: Konsequenzen für die Mitose und Apoptoseregulation der Colonmucosa*, Diss.rer. agr., Universität Hohenheim, 95.
- MEYER, A., VOGT, W. & Brade, W. 2012. *Börge ad libitum oder rationiert füttern?* Landwirtschaftskammer Niedersachsen, 1-4, Available: <https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/1/nav/753/article/19434.html>. (Stand: 07.04.2019)
- MEYER-HAMME, S. E., LAMBERTZ, C. & GAULY, M. 2016. Does group size have an impact on welfare indicators in fattening pigs? *Animal*, 10, 142-149.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR- UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NRW. 2011. *Erlass zum Tierschutz/Cross-Compliance-Recht: Amputation von Schwänzen neugeborener Ferkel*, 1-6.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR- UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NRW. 2018. *Erlaß Nationaler Aktionsplan Kupierverzicht Schwein*. 1-5.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR- UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NRW; RHEINISCHER LANDWIRTSCHAFTSVERBAND; WESTFÄLISCH-LIPPISCHER LANDWIRTSCHAFTSVERBAND. 2014. *Gemeinsame NRW - Erklärung zum Verzicht auf das „routinemäßige“ Kürzen des Schwanzes bei Schweinen* [Online]. Available:https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/verbraucherschutz/erklaerung_ferkelschwaenze.pdf (Stand: 05.04.2019).
- MINISTERIUM FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR- UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NRW. 2017. *Bericht der Landesregierung NRW-Erklärung zum Verzicht auf das "routinemäßige" Kürzen des Schwanzes bei Schweinen* [Online]. Available: https://landtag.nrw.de/Dokumentenservice/portal/WWW/dokumentenarchiv/Dokument/MMV16_4786.pdf;jsessionid=D2F08967C8C99D1D7B8589796CD9162D.xworker (Stand: 05.04.2019).
- MOINARD, C., MENDEL, M., NICOL, C. J. & GREEN, L. E. 2003. A case control study of on-farm risk factors for tail biting in pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 81, 333-355.

Literaturverzeichnis

- MOSSELER, A., WINTERMANN, M., SANDER, S. J. & KAMPHUES, J. 2012. Effect of diet grinding and pelleting fed either dry or liquid feed on dry matter and pH in the stomach of pigs and the development of gastric ulcers. *Journal of Animal Science*, 90, 343-345.
- MULISCH, M. & WELSCH, U. (Hrsg.). 1989. *Romeis Mikroskopische Technik*, 19. Neubearb. Aufl., München, Wien, Baltimore, Urban und Schwarzenberg, 186-193.
- MURATA, H., SHIMADA, N. & YOSHIOKA, M. 2004. Current research on acute phase proteins in veterinary diagnosis: an overview. *The Veterinary Journal*, 168, 28-40.
- NAUMANN, C., Bassler, C. 2004: *Die chemische Untersuchung von Futtermitteln*, 3. Aufl., 5. Ergänzungslieferung 2004. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- NEWBERRY, R. C. & WOOD-GUSH, D. G. M. 1986. Social relationship of piglets in a semi-natural environment. *Anim. Behav.*, 34, 1311-1318.
- NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, L. U. V. 2014. *Richtlinie Tierwohl* [Online]. Available: https://www.ml.niedersachsen.de/themen/landwirtschaft/agrarfoerderung/elerfoerderung_zum_tierwohl/foerderung_von_mastschweinen/foerderung-von-mastschweinen-132026.html (Stand: 05.04.2019).
- NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, L. U. V. 2016. *Ratgeber Reduzierung des Risikos für Schwanzbeissen bei Schweinen* [Online]. Available: https://www.ml.niedersachsen.de/themen/landwirtschaft/agrarfoerderung/elerfoerderung_zum_tierwohl/foerderung_von_mastschweinen/foerderung-von-mastschweinen-132026.html (Stand: 05.04.2019).
- OLTEAN, M., JIGA, L., HELLSTROM, M., SOFTELAND, J., PAPURICA, M., HOINOIU, T., IONAC, M. & CASSELBRANT, A. 2017. A sequential assessment of the preservation injury in porcine intestines. *J Surg Res*, 216, 149-157.
- OLTEAN, M. & OLAUSSON, M. 2010. The Chiu/Park scale for grading intestinal ischemia-reperfusion: if it ain't broke don't fix it! *Intensive Care Medicine*, 36, 1095-1095.
- PARK, P. O., HAGLUND, U., BULKLEY, G. B. & FALT, K. 1990. The Sequence of Development of Intestinal Tissue-Injury after Strangulation Ischemia and Reperfusion. *Surgery*, 107, 574-580.
- PARRA, M. D., FUENTES, P., TECLES, F., MARTINEZ-SUBIELA, S., MARTINEZ, J. S., MUNOZ, A. & CERON, J. J. 2006. Porcine acute phase protein concentrations in different diseases in field conditions. *J Vet Med B Infect Dis Vet Public Health*, 53, 488-493.

Literaturverzeichnis

- PAUL, R. J. 2001. *Physiologie der Tiere: Systeme und Stoffwechsel*, Thieme Georg Verlag, 84-89.
- PENNY, R. H., EDWARDS, M. J. & MULLEY, R. 1971. Clinical observations of necrosis of the skin of suckling piglets. *Aust Vet J*, 47, 529-537.
- PETERSEN, H. H., DIDERIKSEN, D., CHRISTIANSEN, B. M. & NIELSEN, J. P. 2002a. Serum haptoglobin concentration as a marker of clinical signs in finishing pigs. *Vet Rec*, 151, 85-89.
- PETERSEN, H. H., ERSBOLL, A. K., JENSEN, C. S. & NIELSEN, J. P. 2002b. Serum-haptoglobin concentration in Danish slaughter pigs of different health status. *Prev Vet Med*, 54, 325-335.
- PETERSEN, H. H., NIELSEN, J. P. & HEEGAARD, P. M. 2004. Application of acute phase protein measurements in veterinary clinical chemistry. *Vet Res*, 35, 163-187.
- PIÑEIRO, M., PIÑEIRO, C., CARPINTERO, R., MORALES, J., CAMPBELL, F. M., ECKERSALL, P. D., TOUSSAINT, M. J. M. & LAMPREAVE, F. 2007. Characterisation of the pig acute phase protein response to road transport. *The Veterinary Journal*, 173, 669-674.
- PINNA, W., NIEDDU, G., MONIELLO, G. & CAPPALÀ, M. G. 2007. Vegetable and animal food sorts found in the gastric content of Sardinian Wild Boar (*Sus scrofa meridionalis*). *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*, 91, 252-255.
- PLONAIT, H. 2004. *Schwanzbeißen*. In Waldmann, K.-H., Wendt, M., Plonait, H. & Bickhardt, K., (Hrsg.): *Lehrbuch der Schweinekrankheiten*, 4. Auflage, Parey Buchverlag, Berlin, 31.
- PLONKA, A. J., SCHENTAG, J. J., MESSINGER, S., ADELMAN, M. H., FRANCIS, K. L. & WILLIAMS, J. S. 1989. Effects of enteral and intravenous antimicrobial treatment on survival following intestinal ischemia in rats. *J Surg Res*, 46, 216-220.
- PRANGE, H. 2004. *Gesundheitsmanagement Schweinehaltung*, Ulmer Verlag, Stuttgart, 15-20.
- PRICE, E. O. 1999. Behavioral development in animals undergoing domestication. *Applied Animal Behaviour Science*, 65, 25-271.
- PROHÁSZKA, L., JAYARAO, B. M., FÁBIÁN, Á. & KOVÁCS, S. 2010. The Role of Intestinal Volatile Fatty Acids in the Salmonella Shedding of Pigs. *Journal of Veterinary Medicine, Series B*, 37, 570-574.

Literaturverzeichnis

- PÜTZ, S. 2014. Entwicklung und Validierung von praxistauglichen Maßnahmen zum Verzicht des routinemäßigen Schwänzekupierens beim Schwein in der konventionellen Mast. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen.
- PÜTZ, S., JAEGER, F., WIELAND, C., ROHN, K. & KAES, S. 2011. Schwanzbeißen beim Schwein überwinden. Ein Beitrag zur ganzheitlichen ursachenorientierten Lösung des Problems. *Tierärztliche Umschau*, 66, 349-354.
- QS GMBH 2018. Antibiotikaeinsatz in der Tierhaltung weiter rückläufig. Abweichende Ergebnisse bei QS und BVL. *Pressemitteilung April 2018, Bonn: QS GmbH*.
- QUAEDACKERS, J. S., BEUK, R. J., BENNET, L., CHARLTON, A., OUDE EGBRINK, M. G., GUNN, A. J. & HEINEMAN, E. 2000. An evaluation of methods for grading histologic injury following ischemia/reperfusion of the small bowel. *Transplant Proc*, 32, 1307-1310.
- REGINA, D. C., EISEMANN, J.H., LANG, J.A. & ARGENZIO, R.A. 1999: Changes in gastric contents in pigs fed a finely ground and pelleted or coarsely ground meal diet. *J. Anim. Sci.* 77, 2721-2729.
- REINER, G. 2015. *Krankes Schwein - kranker Bestand*, Stuttgart, UTV, 278.
- REINOSO WEBB, C., KOBOZIEV, I., FURR, K. L. & GRISHAM, M. B. 2016. Protective and pro-inflammatory roles of intestinal bacteria. *Pathophysiology : the official journal of the International Society for Pathophysiology*, 23, 67-80.
- RICHARDSON, J. A., MORTER, R. L., REBAR, A. H. & OLANDER, H. J. 1984. Lesions of porcine necrotic ear syndrome. *Vet Pathol*, 21, 152-157.
- RITZMANN, M., LANG, C., VOGLMAYER, T., WAXENECKER, F., HOFSTETTER, U., WEIBENBÖCK, H., OGRIS, M., PYREK, R. & BRUNS, G. 2010. Abklärung der Ursachen für Ohrwand- und Ohrspitzennekrosen. 23. - 26.09.2010 *Münchener Fortbildungstage Schweinekrankheiten*.
- ROBERT, S., MATTE, J. J., FARMER, C., GIRARD, C. L. & MARTINEAU, G. P. 1993a. High-Fiber Diets for Sows - Effects on Stereotypies and Adjunctive Drinking. *Applied Animal Behaviour Science*, 37, 297-309.
- ROBERT, S., MATTE, J. J., FARMER, C., GIRARD, C. L. & MARTINEAU, G. P. 1993b. High-fibre diets for sows: effects on stereotypies and adjunctive drinking. *Applied Animal Behaviour Science*, 37, 297-309.
- RÖHRS, M. 1974. Artgemäße und verhaltensgerechte Haltung von Haustieren. *Tierzüchter*, 26, 509-511.

Literaturverzeichnis

- ROTH, R. A., HARKEMA, J. R., PESTKA, J. P. & GANEY, P. E. 1997. Is exposure to bacterial endotoxin a determinant of susceptibility to intoxication from xenobiotic agents? *Toxicol Appl Pharmacol*, 147, 300-311.
- SALAMANO, G., MELLIA, E., CANDIANI, D., INGRAVALLE, F., BRUNO, R., RU, G. & DOGLIONE, L. 2008. Changes in haptoglobin, C-reactive protein and pig-MAP during a housing period following long distance transport in swine. *Vet J*, 177, 110-115.
- SANTI, M., GHELLER, N. B., MORES, T. J., MARQUES, B. M., GONÇALVES, M. A., GAVA, D., ZLOTOWSKI, P., DRIEMEIER, D. & BARCELLOS, D. E. 2008. Tail necrosis in piglets – case report. *Allen D. Lemman Swine Conference*, 39.
- SCHMOLKE, S. A., LI, Y. Z. & GONYOU, H. W. 2003. Effect of group size on performance of growing-finishing pigs. *J Anim Sci*, 81, 874-878.
- SCHNEIDER, Y. 2013. Einflussfaktoren auf das Schwanzbeißen bei Mastschweinen unter verschiedenen Umweltbedingungen. Fachbereich Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin, Diss. -Schrift
- SCHOLTES, H. K. & JAEGER, F. 2015. Zootechnische Eingriffe an Nutztieren - ein Vortäuschen an Tiergesundheit?. *Tierärztliche Umschau*, 70, 527-531.
- SCHRØDER-PETERSEN, D. L., HEISKANEN, T. & ERSBOLL, A. K. 2004. Tail-in-mouth behaviour in slaughter pigs, in relation to internal factors such as: Age, size, gender, and motivational background. *Acta Agriculturae Scandinavica Section a-Animal Science*, 54, 159-166.
- SCHRØDER-PETERSEN, D. L. & SIMONSEN, H. B. 2001. Tail biting in pigs. *Vet J*, 162, 196-210.
- SCHRØDER-PETERSEN, D. L., SIMONSEN, H. B. & LAWSON, L. G. 2003. Tail-in-mouth behaviour among weaner pigs in relation to age, gender and group composition regarding gender. *Acta Agriculturae Scandinavica Section a-Animal Science*, 53, 29-34.
- SILBERNAGEL, S. & DESPOPOULOS, A. 2007. *Taschenatlas Physiologie*, 7. Auflage Thieme Verlag, 164-170.
- SIMIANER, H. 2015. Verbesserung des Tierwohls - was kann die Züchtung, was braucht die Züchtung? In Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft. (ed.): *Herausforderung Tierwohl*. Halle (Saale), 54-59.

Literaturverzeichnis

- SIMONSEN, H. B. 1995. Effect of Early Rearing Environment and Tail Docking on Later Behavior and Production in Fattening Pigs. *Acta Agriculturae Scandinavica Section a-Animal Science*, 45, 139-144.
- SINISALO, A., NIEMI, J. K., HEINONEN, M. & VALROS, A. 2012. Tail biting and production performance in fattening pigs. *Livestock Science*, 143, 220-225.
- SMITH, B. P. 1986. Understanding the Role of Endotoxins in Gram-Negative Septicemia. *Veterinary Medicine*, 81, 1148-1155.
- SONODA, L. T., FELS, M., OCZAK, M., VRANKEN, E., ISMAYILOVA, G., GUARINO, M., VIAZZI, S., BAHR, C., BERCKMANS, D. & HARTUNG, J. 2013. Tail Biting in pigs - Causes and management intervention strategies to reduce the behavioural disorder. A review. *Berliner Und Munchener Tierarztliche Wochenschrift*, 126, 104-112.
- SORENSEN, N. S., TEGTMEIER, C., ANDRESEN, L. O., PINEIRO, M., TOUSSAINT, M. J., CAMPBELL, F. M., LAMPREAVE, F. & HEEGAARD, P. M. 2006. The porcine acute phase protein response to acute clinical and subclinical experimental infection with *Streptococcus suis*. *Vet Immunol Immunopathol*, 113, 157-168.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018. Available:
<https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Tiere-Tierische-Erzeugung/Tabellen/betriebe-schweine-bestand.html>. [Accessed] (Stand: 05.04.2019)
- STEELE, A., JABBOUR, J., FISCHER, P. D. & O'NEILL, J. G. 2018. A Case of Pneumomediastinum Due to Blunt Neck Trauma in a 23-Year-Old Male Rugby Player. *Am J Case Rep*, 19, 1279-1282.
- STEHLE, D., GRIMM, M., EINSELE-SCHOLZ, S., LADWIG, F., JOHANNING, J., FISCHER, G., GILLISSEN, B., SCHULZE-OSTHOFF, K. & ESSMANN, F. 2018. Contribution of BH3-domain and Transmembrane-domain to the Activity and Interaction of the Pore-forming Bcl-2 Proteins Bok, Bak, and Bax. *Sci Rep*, 8, 12434.
- STOLTE, M., KROHER, G., MEINING, A., MORGNER, A., BAYERDORFFER, E. & BETHKE, B. 1997. A comparison of *Helicobacter pylori* and *H. heilmannii* gastritis. A matched control study involving 404 patients. *Scand J Gastroenterol*, 32, 28-33.
- SWERDLOW, S. H., ANTONIOLI, D. A. & GOLDMAN, H. 1981. Intestinal infarction: a new classification. *Arch Pathol Lab Med*, 105, 218.
- TAYLOR, N. R., MAIN, D. C., MENDEL, M. & EDWARDS, S. A. 2010. Tail-biting: a new perspective. *Vet J*, 186, 137-47.

Literaturverzeichnis

- TAYLOR, N. R., PARKER, R. M., MENDEL, M., EDWARDS, S. A. & MAIN, D. C. 2012. Prevalence of risk factors for tail biting on commercial farms and intervention strategies. *Vet J*, 194, 77-83.
- THEUVSEN, L., GAWRON, J.-C. & PLUMEYER, C.-H., 180-201. 2007. Qualitätsanforderungen in Zertifizierungssystemen: Ansatzpunkte fuer die Messung von Qualitaet. *Messbare Qualitaet. Shaker: Aachen* 180-201.
- TREUTHARDT, S. 2001. Neurome nach Schwanzkupieren beim Schwein. *Diss. med. vet., Universtität Zürich*.
- TURNER, S. P., HORGAN, G. W. & EDWARDS, S. A. 2001. Effect of social group size on aggressive behaviour between unacquainted domestic pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 74, 203-215.
- TUYTTENS, F. A. M. 2005. The importance of straw for pig and cattle welfare: A review. *Applied Animal Behaviour Science*, 92, 261-282.
- VALLANT, A. 2004. *Farbatlas der Schlachttierkörper-Pathologie bei Rind und Schwein*, Stuttgart, Enke Verlag, 70-76.
- VALROS, A., AHLSTROM, S., RINTALA, H., HAKKINEN, T. & SALONIEMI, H. 2004. The prevalence of tail damage in slaughter pigs in Finland and associations to carcass condemnations. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A-Animal Science*, 54, 213-219.
- VALROS, A. & HEINONEN, M. 2015. Save the pig tail. *Porcine Health Manag*, 1, 2.
- VAN DE PERRE, V., DRIESSEN, B., VAN THIELEN, J., VERBEKE, G. & GEERS, R. 2011. Comparison of pig behaviour when given a sequence of enrichment objects or a chain continuously. *Animal Welfare*, 20, 641-649.
- VAN DE WEERD, H., M. DOCKING, C., DAY, J. & EDWARDS, S. 2005. *The development of harmful social behaviour in pigs with intact tails and different enrichment backgrounds in two housing systems. Animal Science*, 80(3), 289-298.
- VAN DEN BERG, A., DANUSER, J., FREY, J. & REGULA, G. 2007. Evaluation of the acute phase protein haptoglobin as an indicator of herd health in slaughter dies. *Animal Welfare*, 16, 157-159.
- VAN PUTTEN, G. 1978. *Schwein*. In Sambauss, H. H. (Hrsg.): *Nutztierethologie*, 1. Auflage, München, Paul Parey, 168-213.
- VARGAS, J. V., CRAIG, J. V. & HINES, R. H. 1987. Effects of feeding systems on social and feeding behavior and performance of finishing pigs. *J Anim Sci*, 65, 463-474.

Literaturverzeichnis

- VEIT, C., BUTTNER, K., TRAULSEN, I., GERTZ, M., HASLER, M., BURFEIND, O., BEILAGE, E. G. & KRIETER, J. 2017. The effect of mixing piglets after weaning on the occurrence of tail-biting during rearing. *Livestock Science*, 201, 70-73.
- VISSE, M. T. 2014. Untersuchungen zu Einflussfaktoren auf den Antibiotikaeinsatz in Ferkelaufzuchtbeständen Nordwestdeutschlands. *Diss. Tierärztliche Hochschule Hannover*.
- VOM BROCKE, A., MADEY, D., DIPPEL, S. & SCHRADER, L. 2012. Schwanzbeißen und Schwanzkupieren beim Schwein. *Amtstierärztlicher Dienst und Lebensmittelkontrolle*, 19, 31-32.
- VOM BROCKE, A., MADEY, D. P., GAULY, M., SCHRADER, L. & DIPPEL, S. 2014. Nicht zum Anbeißen. *Top Agrar*, 1, 16 - 19.
- VOM BROCKE, A. L., MADEY, D. P., GAULY, M., SCHRADER, L. & DIPPEL, S. 2015. Training veterinarians and agricultural advisers on a novel tool for tail biting prevention. *Vet Rec Open*, 2, e000083.
- WALKER, P. K. & BILKEI, G. 2006. Tail-biting in outdoor pig production. *Vet J*, 171, 367-9.
- WECHSLER, B. 1997. *Das Schwein*. In Sambraus, H.H. & Steiger, A.,(Hrsg.): Das Buch vom Tierschutz. Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag, 173-185.
- WECHSLER, B. & RASMUSSEN, D. K. 2005. Sensorgesteuerte Flüssigfütterung in der Schweinemast, Auswirkungen des Tier-Fressplatzverhältnisses auf das Tierverhalten und die Leistung. *FAT-Berichte Nr. 626, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Schweiz*.
- WEISSENBACHER-LANG, C., VOGLMAYR, T., WAXENECKER, F., HOFSTETTER, U., WEISSENBOCK, H., HOELZLE, K., HOELZLE, L. E., WELLE, M., OGRIS, M., BRUNS, G. & RITZMANN, M. 2012. Porcine ear necrosis syndrome: a preliminary investigation of putative infectious agents in piglets and mycotoxins in feed. *Vet J*, 194, 392-397.
- WENK, C. 2001. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. *Animal Feed Science and Technology*, 90, 21-33.
- WHITTAKER, X., EDWARDS, S. A., SPOOLDER, H. A. M., LAWRENCE, A. B. & CORNING, S. 1999. Effects of straw bedding and high fibre diets on the behaviour of floor fed group-housed sows. *Applied Animal Behaviour Science* 63, 25 - 39.

Literaturverzeichnis

- WIDOWSKI, T. 2002. CAUSES AND PREVENTION OF TAIL BITING IN GROWING PIGS: A REVIEW OF RECENT RESEARCH *London Swine Conference, Department of Animal and Poultry Science University of Guelph*, 47-56.
- WIELER, L. & EWERS, C. 2010. *Gramnegative, fakultativ anaerobe Stäbchenbakterien*. In: *Tiermedizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre*, Stuttgart, Enke, 199-214.
- ZONDERLAND, J. J., SCHEPERS, F., BRACKE, M. B., DEN HARTOG, L. A., KEMP, B. & SPOOLDER, H. A. 2011. Characteristics of biter and victim piglets apparent before a tail-biting outbreak. *Animal*, 5, 767-775.
- ZONDERLAND, J. J., WOLTHUIS-FILLERUP, M., VAN REENEN, C. G., BRACKE, M. B. M., KEMP, B., HARTOG, L. A. D. & SPOOLDER, H. A. M. 2008. Prevention and treatment of tail biting in weaned piglets. *Applied Animal Behaviour Science*, 110, 269-281.

12 Publikationsverzeichnis

Teile der vorliegenden Arbeit wurden bereits auf folgender Tagung präsentiert:

Nutztierhaltung im Dialog:

Tierschutzvereinbarungen und ihre Erfolge

18.Dezember 2015, BEW Duisburg

Schumacher, S., Kroeger, S., Zentek, J. (2015):

Ringelschwanzgesundheit als tiergesundheitlicher Indikator

Teile der vorliegenden Arbeit wurden bereits in folgender Publikation veröffentlicht:

Schumacher, S., Kroeger, S., Zentek, J. (2016):

Das Problem „Schwanzbeißen“ beim Schwein – ein Problem der Ernährung?

Tierärztliche Umschau 71(1): 28-31

13 Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. Zentek für die Möglichkeit und das Vertrauen diese Dissertation am Institut für Tierernährung der Freien Universität Berlin durchführen zu können.

Ein besonderer Dank gilt Frau Dr. Susan Kröger, die meine Arbeit hervorragend betreut hat und mir sowohl beim praktischen Teil als auch beim Verfassen der Dissertation eine große Hilfestellung war.

Ebenfalls danke ich den Mitarbeitern des Instituts für Tierernährung der Freien Universität Berlin, die mir stets mit Rat und Tat weitergeholfen haben.

Ein großer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Friedhelm Jaeger, der mir die Chance zur Erstellung der Dissertation gegeben hat und mit seinem unermüdlichen Engagement praktikable Lösungsansätze für die multifaktorielle Problematik der Caudophagie zu finden.

Zudem danke ich Frau Dr. Sarah Pütz, die mir ebenfalls gute Hilfen, vor allem beim praktischen Teil, gegeben hat.

Des Weiteren möchte ich Herrn Hans-Jörg Eynck und der Firma Tönnies danken, die mir die gute Zusammenarbeit mit den Betrieben und die Umsetzung des praktischen Teils ermöglicht haben.

Herrn Dr. Mamdouh Afify möchte ich ebenfalls für die hervorragende Unterstützung bei histologischen Fragen danken.

Ein großer Dank richtet sich auch an die teilnehmenden schweinehaltenden Betriebe, die versuchen mit großem Aufwand und Aktivität einer Lösung dieser Thematik näher zu kommen.

Ebenfalls danke ich meinem Sohn Mats, dem diese Arbeit gewidmet ist. Ohne Dich wäre ich nicht am Ziel angekommen. Ich liebe Dich.

Danksagung

Meiner verstorbenen Mutter möchte ich über Alles danken. Du hast mir alles mit auf den Weg gegeben und versucht mir alles zu ermöglichen, auch wenn es für Dich nicht immer leicht war. Du hast immer an mich geglaubt und mich bedingungslos geliebt. Ich glaube heute wärst Du extrem stolz auf mich. Das alles habe ich nur Dir zu verdanken!

Meiner besten Freundin Sarah möchte ich danken. Ohne Dich und Dein stets offenes Ohr wäre ich so manches Mal verzweifelt.

Des Weiteren möchte ich noch meiner verstorbenen Tante Traudchen danken. Sie hat bis zu Ihrem Ableben immer daran geglaubt, dass ich diese Arbeit zum Ende bringe.

Liebe Ingrid und liebe Uta, ich danke Euch dafür, dass auch Ihr mich in schwierigen Stunden immer unterstützt habt. Es ist toll, solche Freunde zu haben.

Lieber Uli, ohne Dich wäre ich so manchmal an meinem Laptop resigniert. Vielen Dank!

Zum Schluss möchte ich noch Herrn Dr. Heyde und dem gesamten A39 der Städteregion Aachen danken, die oft im Zuge der Probenentnahme und auch während der Betriebsbesichtigungen auf mich verzichten mussten, aber stets an mich geglaubt haben.

14 Selbstständigkeitserklärung

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt habe.

Ich versichere, dass ich ausschließlich die angegebenen Quellen und Hilfen in Anspruch genommen habe.

Frechen, den 27.09.2019

Swantje Schumacher



9 783967 290127

mbvberlin mensch und buch verlag

49,90 Euro | ISBN: 978-3-96729-012-7