Bild: Dusan Petkovic | shutterstock.com

GnRH-Vakzination von Mastebern und verschiedene Futterfettquellen

EINFLUSS AUF LEISTUNGS- UND VERHALTENSPARAMETER

BERNHARD ZACHARIAS, SIMON REITER, HANS-JÖRG SCHRADE, TANJA ZACHARIAS, DR. MATHIAS RITZMANN, ANEKA SCHÜTZ, SABINE ANDRÉE, SEBASTIAN ZIMMERMANN, SUSANNE ZÖLS

Stichworte: GnRH-Vakzination, Rapsöl, Palmfett, Futterfettquelle, Eber

Tierärztl. Umschau 74, XX – XX (2019)

Intakte Eber unterscheiden sich in der Produktion von Geschlechtshormonen gegenüber Kastraten sowohl hinsichtlich ihres Verhaltens als auch hinsichtlich Mastleistung und Schlachtkörperqualität.
Die Immunisierung gegen körpereigenes GnRH (Gonadotropin Releasing Hormon) männlicher Mastschweine führt zu einer vorübergehenden Hemmung der Hodenfunktion.
Zudem kann die Schlachtkörperqualität und dabei gerade die Fettsäurezusammensetzung durch die Fütterung beeinflusst werden.

Zusammenfassung

Um die Wirkung einer Immunisierung gegen körpereigenes Gonadotropin-Releasing-Hormon und den Effekt einer Ergänzung der Rationen mit verschiedenen Fettquellen (Rapsöl oder hydrogeniertes Palmfett) auf das Verhalten, sowie die Mast- und Schlachtleistung bei männlichen Mastschweinen zu bewerten, wurde ein 2x2-faktorieller Versuch mit 272 männlichen Tieren im Gewichtbereich von 30 kg bis 122 kg angelegt. 135 Tiere wurden im Alter von 84 und 119 Tagen mit der GnRH-Vakzine Improvac® (Fa. Zoetis Deutschland GmbH, Berlin) geimpft. 137 Tiere durchliefen die Mast als ungeimpfte Eber. In einem dreiphasigen Fütterungsregime wurden die Rationen aller Tiere in Vor-, Mittel- und Endmast mit 2 %, 1 % und 0,5 % Rapsöl bzw. hydrogeniertem Palmfett supplementiert. Die geimpften Eber zeigten nach Impfung weniger agonistische Verhaltensweisen sowie weniger Haut- und Penisverletzungen im Vergleich zu den ungeimpften Ebern. Diese wiesen wiederum eine geringere Futteraufnahme sowie geringere tägliche Zunahmen und höhere Magerfleischanteile auf als die geimpften Tiere. Die GnRH-Impfung führte zu einer Verschiebung der Fettsäurezusammensetzung hin zu einem höheren Anteil gesättigter Fettsäuren (SFA). Zudem beeinflusste die Fettsäurezusammensetzung der Futterfettquelle in hohem Maße das Fettsäuremuster im Nackenspeck sowohl bei ungeimpften Ebern als auch bei vakzinierten Tieren. Aufgrund der verringerten Hodenfunktion wurde die Androstenon- und die Skatolkonzentration im Nackenspeck im Vergleich zu den ungeimpften Tieren reduziert.

Summary

To determine the effect of a vaccination against the gonadotropin-releasing hormone, using the GnRH vaccination Improvac® (Fa. Zoetis Deutschland GmbH, Berlin) and to evaluate the effect of the supplementation of the diet with different fat sources (rapeseed oil or hydrogenated palm oil) on behaviour, growth performance and carcass characteristics of finishing male pigs, a 2 x 2 factorial arrangement of treatments was conducted with 272 male pigs covering a body weight range from 30 kg to 122 kg. 135 animals were vaccinated twice with Improvac® at an age of 84 and 119 days and 137 animals were fattened as entire male pigs. In a three phase feeding regime the diets of all animals were supplemented with 2 %, 1 % and 0.5 % rapeseed oil or hydrogenated palm oil respectively. GnRH vaccinated animals showed less agonistic behaviour as well as less skin and penile injuries than the entire males. These animals showed a lower feed intake, a lower daily weight gain and higher values for lean meat compared to the vaccinated animals. The supplementation of the diets

with hydrogenated palm oil increased the concentration of saturated fatty acids (SFA) in the neck fat of boars as well as in the neck fat of the vaccinated animals. Contemporaneously, the concentration of polyunsaturated fatty acids (PUFA) decreased. In addition, the vaccination had an effect on fatty acid pattern in the neck fat, irrespective of supplementation of the diet with rapeseed oil or hydrogenated palm oil. Skatole and androstenone concentration in the neck fat was reduced by the vaccination due to testes inactivity.

Keywords: GnRH vaccination, rapeseed oil, palm oil, fat sources, boar

Einleitung

Um Ebergeruch im Schlachtkörper von Schweinen zu vermeiden, werden männliche Mastferkel zumeist in den ersten Lebenstagen chirurgisch kastriert. Als Alternativen zur chirurgischen Kastration stehen sowohl die Mast intakter Eber als auch die Impfung gegen körpereigenes Gonadotropin-Releasing-Hormon (GnRH) zur Verfügung (Backus et al. 2016). Hierbei wird sowohl die Auswirkung der Impfung auf Leistungsparameter und Schlachtkörperqualität der Eber als auch die Frage nach einer geeigneten Rationszusammensetzung für intakte bzw. geimpfte Eber diskutiert (Moore et al. 2017; Poulsen Nautrup et al. 2018).

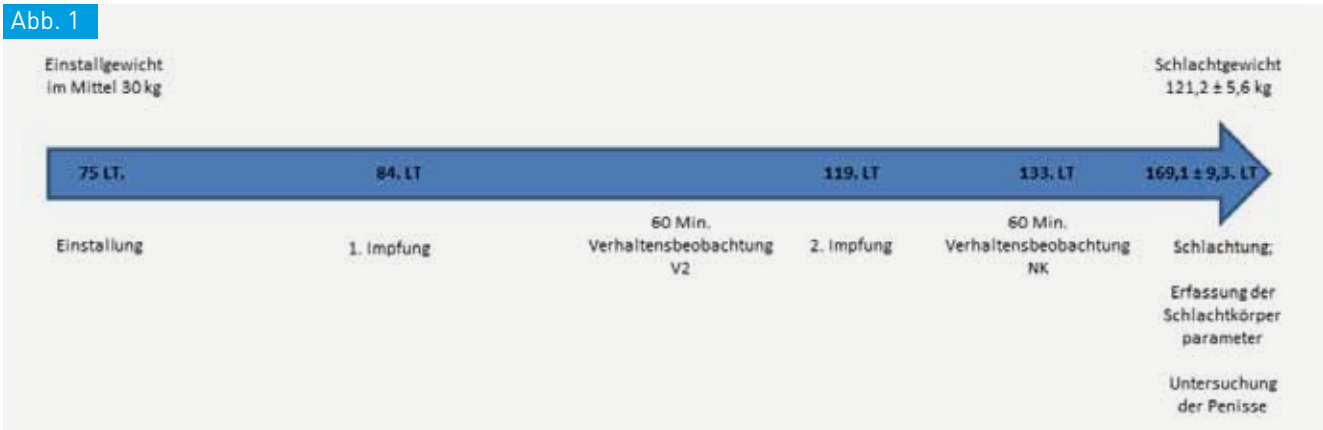
Die zweimalige Immunisierung gegen körpereigenes GnRH mittels GnRH-Analogon ohne eigene hormonelle Wirkung induziert die Produktion von Anti-GnRH-Antikörpern, die durch Blockade der Hypothalamus-Hypophysen-Gonaden-Achse die Hodenfunktion reversibel hemmen. Nach der ersten Impfung bleibt die Hodenfunktion zunächst erhalten, ab der zweiten Vakzinierung vier bis sechs Wochen vor der Schlachtung wird die Hodenfunktion reversibel unterbunden (Ebschke et al. 2014; Reiter et al. 2017). Dadurch kommt es neben dem Absinken des Testosteronspiegels zur Abnahme der Androstenonbildung, welche mit Skatol hauptverantwortlich für den Ebergeruch ist. Da der Skatolabbau in der Leber zudem durch hohe Androstenonkonzentrationen gehemmt wird, führen niedrige Konzentrationen zu einer erhöhten Skatolmetabolisierung (Dunshea et al. 2001). Die anabole Wirkung der Hodensteroide führt bei Ebern zu einer besseren Futterverwertung und einem höheren Magerfleischanteil (Batorek et al. 2012; Millet et al. 2011; Xue et al. 1997). Hingegen nehmen sowohl geimpfte als auch chirurgisch kastrierte Tiere über die gesamte Mast hinweg mehr Futter auf (Cronin et al. 2003; Susenbeth 2012). Das Fettsäuremuster im Speck unkastrierter Eber kann aufgrund eines höheren Anteils ungesättigter Fettsäuren für die Herstellung hochwertiger Dauerwaren nachteilig sein. So benötigt beispielsweise roher Schinken einen festen Speck mit hoher Oxidationsstabilität (Riley et al. 2000; Warnants et al. 1998). Zudem beeinflusst bei Monogastriern grundsätzlich auch die Fettquelle im Futter die Fettsäurezusammensetzung im Muskel- und Fettgewebe (Wood et al. 2008). Nach Bünger et al. (2014), Bünger et al. (2015) und Weiler et al. (2016a) lassen sich durch die Immunisierung gegen körpereigenes GnRH die produktionstechnischen Vorteile der Ebermast unter Vermeidung verschiedener Nachteile (agonistisches Verhalten, Geruchsbelastung der Schlachtkörper) nutzen. Vor diesem Hintergrund wurde in der vorliegenden Arbeit der Frage nachgegangen, welchen Effekt eine GnRH-Impfung (Improvac®) sowie der Einsatz verschiedener Futter-Fettquellen bei Jungebern auf Mastleistung, Schlachtkörperqualität und das Fettsäuremuster im Nackenspeck haben.

Material und Methoden

Die Untersuchung wurde an der Landesanstalt für Schweinezucht in Boxberg (Baden-Württemberg, Deutschland) durchgeführt. Insgesamt wurden 272 unkastrierte männliche Mastschweine bei Masteinstallung am 75. Lebenstag nach Gewicht, Rasse und Mutterlinie randomisiert in vier Versuchsgruppen eingeteilt und nach Gruppen getrennt in insgesamt 24 Buchten aufgestallt. Dabei handelte es sich um 246 Tiere der Rasse Pix(LWxDL) und um 26 Tiere der Rasse Pix(LWxLCxDL). Zwei Gruppen mit insgesamt 137 Tieren wurden über die gesamte Mastdauer als ungeimpfte Eber gehalten, die beiden weiteren Gruppen mit insgesamt 135 Tieren wurden mit jeweils 2 ml der GnRH-Vakzine (Improvac®, Zoetis Deutschland GmbH, Berlin) am 84. Lebenstag (LT) (V1) und 119. LT (V2) s. c. geimpft. Die Schlachtung erfolgte im Mittel am 169,1 ± 9,3 LT bei einem mittleren Gewicht von 121,2 ± 5,6 kg (Abb. 1).

Die Erfassung der Mastleistungen sowie der Schlachtkörperparameter erfolgte gemäß der Richtlinie für die Stationsprüfung (2007). Vor der zweiten Impfung (V2) sowie zwei Wochen später (NK) erfolgte eine 60-minütige Verhaltensbeobachtung aller Buchten durch insgesamt drei Personen ohne die Buchten zu betreten. Dabei wur-

Abb. 1



Übersicht über die verschiedenen Impf- und Messzeitpunkte.

Tabelle 1: Zusammensetzung der Rationen (%)

	Vormastration mit		Mittelmastration mit		Endmastration mit	
	Rapsöl	hydr. Palmf.	Rapsöl	hydr. Palmf.	Rapsöl	hydr. Palmf.
Gerste	25,5	25,5	41,0	41,0	75,5	75,5
Weizen	46,0	46,0	37,5	37,5	9,0	9,0
Sojaextraktionsschrot	24,0	24,0	18,0	18,0	13,0	13,0
Rapsöl	2,0	-----	1,0	-----	0,5	-----
hydr. Palmfett	-----	2,0	-----	1,0	-----	0,5
Mineralfutter*	2,5	2,5	2,5	2,5	2,0	2,0

* 8 % Lysin, 2 % Methionin, 2 % Threonin, hydr. Palmf. = hydrogeniertes Palmfett

Tabelle 2: Analysierte Inhaltsstoffe der Rationen (alle Angaben auf 88 % Trockensubstanz bezogen)

	Vormastration		Mittelmastration		Endmastration	
	Rapsöl	hydr. Palmf.	Rapsöl	hydr. Palmf.	Rapsöl	hydr. Palmf.
ME, MJ/kg	13,5	13,3	13,4	13,4	12,9	12,9
Rohprotein, g/kg	185,0	188,5	176,0	174,0	158,4	152,4
Rohfett, g/kg	41,3	36,0	31,2	30,5	29,8	30,4
Rohfaser, g/kg	25,8	38,0	33,2	34,5	44,2	45,8
Lysin, g/kg	11,4	10,4	9,8	9,9	8,9	8,3
Methionin+Cystein, g/kg	6,5	5,9	5,7	5,8	5,5	5,1
Threonin, g/kg	7,3	6,9	6,4	6,5	6,0	5,6
Tryptophan, g/kg	2,3	2,2	2,0	1,9	1,8	1,8
Lysin : ME, :	0,84	0,78	0,73	0,74	0,69	0,64
SFA, g/kg*	9,0	16,8	6,8	16,0	6,7	12,3
MUFA, g/kg*	11,4	5,0	7,9	3,9	6,9	4,6
PUFA, g/kg*	20,9	14,1	16,5	10,6	16,2	13,5

* SFA = saturated fatty acids, MUFA = monounsaturated fatty acids, PUFA = polyunsaturated fatty acids, hydr. Palmf. = hydrogeniertes Palmfett

de die Häufigkeit der Verhaltensweisen „Aufreitversuche", „Aufreiten", „Kampf" und „Beißen" pro Bucht entsprechend Isernhagen (2015) und Fàbrega et al. (2013) protokolliert. Für die Schlachtung wurden die Tiere ca. 250 km über einen Zeitraum von ca. 3,5 Stunden transportiert. Bei der Schlachtung erfolgte die Betäubung mit Kohlenstoffdioxid. Die Penisse wurden im regulären Schlachtprozess entnommen und entsprechend Weiler et al. (2016a) präpariert und befundet.

Die Fütterung erfolgte dreiphasig in allen vier Versuchsgruppen. In Vor- (30–60 kg), Mittel- (60–90 kg) und Endmast (90–120 kg) wurden in allen Versuchsgruppen getreidebetonte Rationen auf Basis von Gerste und Weizen eingesetzt; als Proteinträger stand Sojaextraktionsschrot zur Verfügung. Über das Mineralfutter wurden in allen Rationen die Aminosäuren Lysin, Methionin und Threonin sowie Mineralstoffe, Spurenelemente und Vitamine entsprechend den Empfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE, 2006) bedarfsdeckend ergänzt. Hingegen wurden bei jeweils einer geimpften und ungeimpften Versuchsgruppe unterschiedliche Fettquellen eingesetzt. Um einen höheren Anteil an ungesättigten Fettsäuren im Futter zu erreichen, wurde in jeweils zwei Versuchsgruppen (geimpft und ungeimpft) Rapsöl als Fettquelle verwendet, in den anderen beiden Versuchsgruppen wurde alternativ hydrogeniertes Palmfett eingesetzt. Die Analytik der Rohnährstoffe und die Bestimmung der Aminosäuren erfolgten entsprechend den Methoden des VDLUFA (2012). Die Zusammensetzung der Rationen zeigt Tabelle 1.

Die Analytik der Fettsäuremuster wurde nach folgendem Schema durchgeführt: Die Probenvorbereitung erfolgte nach Schulte und Weber (1989). Dafür wurden die Speckproben homogenisiert und in Anwesenheit von Butylhydroxytoluol (BHT) im Wasserbad geschmolzen. Zur Derivatisierung wurde ein Aliquot des geschmolzenen Fettes mit Trimethylsufoniumhydroxid (TMSH) in Toluol versetzt. Die so hergestellten Fettsäuremethylester wurden im Anschluss mittels eines Gaschromatographen (GC) (Hewlett-Packard 6890) analysiert. Als Trennsäule kam eine J&W Scientific DB-23 Kapillarsäule (Fa. Agilent Technologies Inc. US) (60m Länge, Durchmesser 250 µm, 0,25 µm Filmdicke) zum Einsatz. Die Messbedingungen waren wie folgt: Injektionstemperatur 250° C, Trägergas Wasserstoff 1,4mL/min (laut GC beträgt der Einlass von H_2 40mL/min), Split-Injektion (16:0; 18:0; 18:1cis 9; 18:1cis 11; 18:2cis 9,12 Split 1:50, die restlichen Fettsäuren Split 1:10), Injektionsvolumen 1µL, Temperaturprogramm: 80°C (5min), auf 190°C in 2°C pro Minute, auf 220° C in 1° C pro Minute, bei 220° C (20 min), Flammenionisationsdetektor (FID), Detektortemperatur: 250° C. Die Auswertung erfolgte mit der OpenLAB CDS ChemStation Workstation (Fa. Agilent Technologies Inc. US). Die Anteile der einzelnen Fettsäuren wurden über die Peakflächen (Flächenprozente) ermittelt.

Die Versuchsanlage wurde vollständig randomisiert. Somit liegt ein vollständig kreuzklassifizierter, 2x2-faktorieller Versuch mit dem Faktor Impfung in 2 Stufen (mit und ohne Impfung) und dem Faktor Fettquelle im Futter, ebenfalls in 2 Stufen (Rapsöl oder hydrogeniertes Palmfett) vor. Die quantitativen Daten wurden über ein gemischtes lineares Modell verrechnet (proc mixed, SPSS ver. 23). Die qualitativen Daten (Vorkommen von Penisverletzungen) wurden über ein generalisiertes lineares gemischtes Modell (Schwellenwertmodell) mit logit als Linkfunktion auf Basis einer binomialen Verteilung ausgewertet (proc glimmix, SAS ver. 9.4).

In beide Modelle gingen die Impfung und die Fettquelle als feste Faktoren ein. Ebenso wurden die Wechselwirkungen zwischen diesen Faktoren geprüft. Zusätzlich wurde die genetische Linie als fester Faktor bewertet. Das Einstallgewicht wurde als Kovariable bei der Auswertung der Mastleistungen in das Modell aufgenommen.

Bei der Auswertung der Schlachtleistungen, der Bewertung der Penisverletzungen und der Androstenon- und Skatolgehalte im Nackenfettgewebe wurde das Mastendgewicht als Kovariable eingesetzt. Um mögliche Abhängigkeiten von Daten, die an Tieren aus einer Bucht bzw. Tiergruppe erhoben wurden, zu berücksichtigen, wurde die Tiergruppe als zufälliger Effekt in beide Modelle eingeführt. Hierfür wurde eine Varianz-Kovarianzmatrix mit autoregressiver Struktur erster Ordnung verwendet (AR[1]).

Ergebnisse

Die bei der Kalkulation der Rationen angestrebten Zielwerte wurden durch die Futtermitteluntersuchung bestätigt (Tab. 2). Die Rationen enthielten im Mittel 13 MJ umsetzbare Energie je Kilogramm Futter. Der Rohproteingehalt sank im Mastverlauf von 18,7 % (Vormast) über 17,5 % (Mittelmast) auf 15,5 % (Endmast). Der Gehalt an Lysin sowie den Aminosäuren Methionin und Cystein, Threonin und Tryptophan lag in allen Rationen auf vergleichbarem Niveau.
Deutliche Unterschiede konnten im Fettsäuremuster der Rationen nachgewiesen werden. In allen Rationen lag der Gehalt gesättigter Fettsäuren (SFA) bei Einsatz von Rapsöl deutlich unter den Gehalten der Rationen mit hydrogeniertem Palmfett. Entsprechend wurde bei Rapsöleinsatz eine höhere Konzentration an einfach- und mehrfach ungesättigten Fettsäuren (MUFA bzw. PUFA) gegenüber den Rationen mit hydrogeniertem Palmfett gemessen.
Die Tiere wurden im Mittel mit 30 kg eingestallt. Das Mastendgewicht lag im Mittel bei 122 kg. Wechselwirkungen zwischen den beiden Hauptfaktoren Impfung und Fetteinsatz traten bei keiner der erhobenen Messgrößen auf, somit ist es bei keiner der erhobenen Größen erforderlich, die Haupteffekte innerhalb der Stufen des jeweiligen anderen Faktors zu prüfen, bzw. den Datensatz nach Impfung respektive Fetteinsatz zu trennen. Ebenso war ein Effekt der genetischen Linien nicht nachzuweisen. Damit kann sich die nachfolgende Darstellung der Ergebnisse auf die Haupteffekte Impfung und Fetteinsatz beschränken.

Mastleistungen

Die Mastleistungen wurde nach Korrektur des Mastanfangsgewichts allein durch den Impfvorgang bestimmt. Die geimpften Tiere hatten gegenüber nicht geimpften Tieren bei deutlich höheren täglichen Zunahmen und einem um knapp 2 kg höheren Endgewicht bei einem geringeren Schlachtalter eine etwas schlechtere Futterverwertung bei einem höheren Futteraufwand. Die Ergebnisse der Mastleistungen der Tiere zeigt Tabelle 3.

Verhalten

In Buchten mit geimpften Tieren traten zum Zeitpunkt NK zwei Wochen nach vollständiger Immunisierung weniger agonistische Interaktionen auf, als in Buchten mit ungeimpften Ebern. Bereits zum Zeitpunkt V2 wurde in Buchten mit geimpften Tieren weniger Aufreitverhalten dokumentiert. So beeinflusste die Impfung im Gegensatz zur Fettquelle „Aufreitverhalten", „Aufreiten" und „Kampf" ebenso wie das Auftreten von Hautverletzungen zwei Wochen nach der Impfung (NK) signifikant. Die Impfung beeinflusste sowohl die Anzahl der Penisverletzungen pro Tier als auch den Anteil der Tiere mit Penisverletzungen unterschiedlicher Größe (Tab. 4 und 5). Hingegen wurden die Verhaltensinter-

Tabelle 3: Effekt der Impfung mit der GnRH-Vakzine Improvac® und der Fettquelle im Futter auf die Mastleistung von Ebern – Geschätzte Randmittel (LS-Means) ± Standardfehler

	Anfangs-gewicht (kg)	End-gewicht (kg)	Schlacht-alter (d)	Futter-aufwand (kg)	Futterverwer-tung (kg/kg)	Zunahme (g/d)
geschätzte Mittelwerte für Impfung						
keine Impfung	29,9±1,05	120,7±0,70	171±1,96	217±6,33	2,39±0,05	949±21,2
geimpft	30,2 ±1,03	122,7±0,70	167±1,94	231±6,25	2,49±0,05	1008±21,1
geschätzte Mittelwerte für Fettquelle						
Rapsöl	30,7±1,03	121,6±0,69	169±1,93	226±6,23	2,47±0,05	976±21,0
hydr. Palmf.*	29,4±1,07	121,8±0,69	169±1,98	221±6,40	2,40±0,05	981±21,4
Mittelwert der Kovariablen						
Einstallgewicht	-----	-----	30,4	30,4	30,4	30,4
Parameterschätzung der Kovariablen						
Einstallgewicht	-----	-----	- 1,199	- 1,686	- 0,019	5,643
p-Werte						
Impfung	0,576	**0,026**	**< 0,0001**	**< 0,0001**	**0,002**	**< 0,0001**
Fettquelle	0,092	0,803	0,940	0,091	0,056	0,696
Impf.xFettq.*	0,920	0,252	0,082	0,746	0,847	0,427
genet. Linie	0,489	0,284	0,468	0,373	0,659	1,000
Einstallgewicht	-----	-----	**< 0,0001**	**< 0,0001**	0,953	**< 0,0001**

*hydr. Palmf. = hydrogeniertes Palmfett, Impf.xFettq. = Impfung x Fettqualität, genet. Linie = genetische Linie

Tabelle 4: Effekt der Impfung mit der GnRH-Vakzine Improvac® und der Fettquelle im Futter auf das Auftreten von Verhaltensinteraktionen (pro Bucht in 60 Min) und Hautscores pro Bucht - Geschätzte Randmittel (LS-Means) ± Standardfehler

	Aufreitverhalten		Aufreiten		Kampf		Haut	
	V2	NK	V2	NK	V2	NK	V2	NK
geschätzte Mittelwerte für Impfung								
keine Impfung	9,00±2,56	9,74±2,11	1,93±0,73	0,73±0,42	14,9±3,05	13,1±2,74	1,87±0,10	1,80±0,15
geimpft	1,48±2,78	0,72±2,29	0,93±0,79	0	10,2±3,31	5,77±2,97	1,92±0,11	1,28±0,16
geschätzte Mittelwerte für Fettquelle								
Rapsöl	4,46±2,56	3,14±2,11	1,33±0,73	0,13±0,42	12,0±3,05	12,8±2,74	1,89±0,10	1,47±0,15
hydr. Palmf.*	5,98±2,78	7,32±2,29	1,53±0,79	0,33±0,45	13,1±3,31	6,07±2,97	1,90±0,11	1,61±0,16
p-Werte								
Impfung	0,016	0,001	0,229	0,043	0,181	0,027	0,658	0,005
Fettquelle	0,599	0,090	0,808	0,673	0,748	0,040	0,920	0,436
Impf.xFettq.*	0,744	0,127	0,568	0,825	0,293	0,811	0,710	0,571
genet. Linie*	0,151	0,829	0,772	0,404	0,881	0,549	0,387	0,743

*hydr. Palmf. = hydrogeniertes Palmfett, Impf.xFettq. = Impfung x Fettqualität, genet. Linie = genetische Linie

aktion „Beißen" und das Auftreten von Schwanzläsionen weder von der Impfung noch von der Fettquelle signifikant beeinflusst.

Schlachtkörperparameter

Unter Berücksichtigung des Mastendgewichts wurden das Nettogewicht, das Speckmaß und der Magerfleischanteil des Schlachtkörpers ebenfalls allein durch die Impfung beeinflusst. Geimpfte Tiere wiesen einen niedrigeren Magerfleischanteil, ein geringeres Schlachtkörper-Nettogewicht und ein höheres Speckmaß auf als ungeimpfte Tiere. Das Fleischmaß wurde hingegen ausschließlich durch das Mastendgewicht bestimmt, so stieg mit dem Mastendgewicht auch das Fleischmaß an (Tab. 6).

Im Unterschied zu den übrigen untersuchten Parametern wurden die Gehalte an SFA und PUFA im Nackenspeck sowohl durch die Art der Fettzulage als auch durch die Impfung beeinflusst. Betrachtet man die Höhe der SFA im Nackenspeck, so zeigten sich bei Einsatz von hydrogeniertem Palmfett im Futter höhere Werte als bei Verwendung von Rapsöl. Dementsprechend verhielt sich der PUFA-Anteil im Nackenspeck umgekehrt. Der PUFA-Anteil im Nackenspeck geimpfter Tiere lag signifikant unter dem der ungeimpften Tiere. Hingegen wurde der MUFA-Anteil an MUFA in erster Linie durch die Impfung bestimmt und lag im Nackenspeck bei den geimpften Tieren über dem der ungeimpften.

Tabelle 5: Effekt der Impfung mit der GnRH-Vakzine Improvac® und der Fettquelle im Futter auf das Auftreten von Penisverletzungen

	Anzahl Verletzungen insgesamt[1]	Anteil Tiere mit Penisverletzungen (%)[2]	Anteil Tiere mit Penisverletzungen <1cm (%)[2]
Impfung			
keine Impfung	4,59±0,55	81,0	10,2
geimpft	0,78±0,54	22,2	2,2
Fettquelle			
Rapsöl	2,81±0,54	62,5	8,8
hydr. Palmf. *	2,55±0,56	41,8	3,7
Mittelwert der Kovariablen			
Mastendgewicht	121,2	121,2	121,2
Parameterschätzung der Kovariablen			
Mastendgewicht	0,074	0,049	- 0,173
p-Werte			
Impfung	< 0,0001	< 0,0001	0,725
Fettquelle	0,623	0,020	0,942
Impf.xFettq. *	0,573	0,504	0,815
genet. Linie*	0,161	0,576	0,358
Mastendgewicht	0,020	0,091	0,392

[1] LS-Means ± Standardfehler auf Basis quantitativer Daten mit diskreten, normalverteilten Werten
[2] Häufigkeiten auf Basis qualitativer Daten mit nominalen, binomial verteilten Werten
* hydr. Palmf. = hydrogeniertes Palmfett, Impf.xFettq. = Impfung x Fettqualität, genet. Linie = genetische Linie

Sowohl die Androstenon- als auch die Skatolkonzentration im Fettgewebe wurden von der Impfung und zudem vom Mast-endgewicht, jedoch nicht von der Fettquelle beeinflusst. Geimpfte Tiere wiesen im Mittel niedrigere Androstenon- und Skatolkonzentrationen als ungeimpfte Eber auf (Abb. 2). So hatten 19,2 % der intakten und keiner der geimpften Eber Konzentrationen über den von Walstra et al. (1999) definierten Werten für geruchsauffällige Tiere von 1000 ng/g Androstenon und 250 ng/g Skatol (Tab. 7).

Tabelle 6: Effekt der Impfung mit der GnRH-Vakzine Improvac® und der Fettquelle im Futter auf die Schlachtleistung von Ebern - Geschätzte Randmittel (LS-Means) ± Standardfehler

	Gewicht Schlachtkörper	Speck-maß	Fleisch-maß	Mager-flei-schanteil	SFA-Speck	MUFA-Speck	PUFA-Speck
	Kg	mm	mm	%	%	%	%
geschätzte Mittelwerte für Impfung							
keine Impfung	94,1±0,268	12,4±0,34	60,4±2,83	60,1±34,38	36,80±0,62	42,37±0,88	20,67±1,02
geimpft	93,4±0,268	14,6±0,33	59,0±2,82	58,0±34,39	38,72±0,60	43,43±0,85	17,79±0,98
geschätzte Mittelwerte für Fettquelle							
Rapsöl	93,9±0,265	13,7±0,33	59,3±2,81	58,9±34,38	36,89±0,62	42,41±0,89	20,43±1,04
hydr. Palmfett	93,6±0,272	13,3±0,34	60,1±2,84	59,3±34,38	38,62±0,60	43,38±0,88	18,03±1,03
Mittelwert der Kovariablen							
Mastendgewicht	121,2	121,2	121,2	121,2	122,6	122,6	122,6
Parameterschätzung der Kovariablen							
Mastendgewicht	0,731	0,129	0,373	- 0,049	0,059	0,007	- 0,093
p-Werte							
Impfung	0,023	< 0,001	0,101	< 0,001	< 0,001	0,018	0,015
Fettquelle	0,211	0,272	0,369	0,153	< 0,001	0,087	0,040
Impf.xFettq.	0,551	0,992	0,263	0,520	0,978	0,234	0,567
genet. Linie	0,640	0,841	0,546	0,625	0,367	0,696	0,232
Mastendgewicht	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,063	0,151	0,824	0,057

* hydr. Palmf. = hydrogeniertes Palmfett, Impf.xFettq. = Impfung x Fettqualität, genet. Linie = genetische Linie

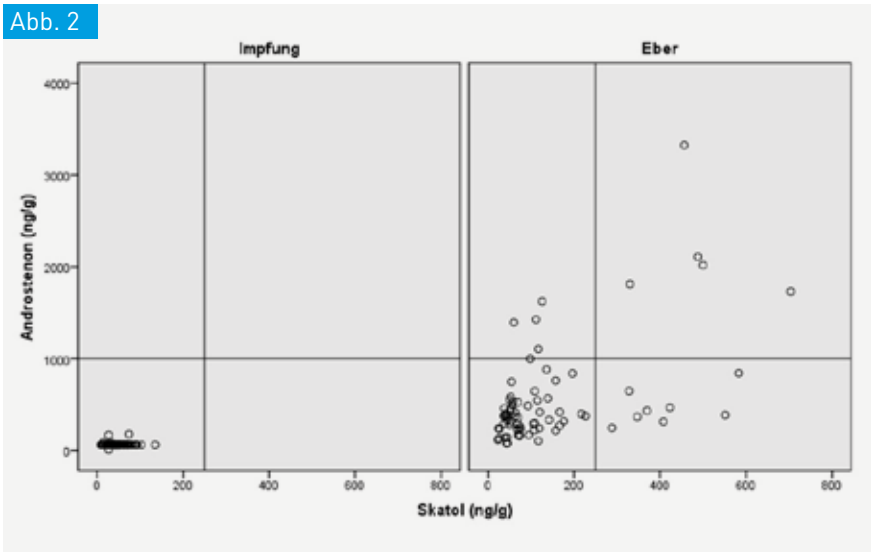
Diskussion

Um Ebergeruch im Schlachtkörper von Schweinen zu vermeiden, werden männliche Mastferkel zumeist chirurgisch kastriert. Zudem verändert sich sowohl die Schlachtkörperzusammensetzung als auch das Verhalten der Tiere aufgrund der fehlenden Testosteronproduktion. Als Alternative zur chirurgischen Kastration kann bei unkastrierten Ebern die Hormonproduktion durch Immunisierung gegen körpereigenes Gonadotropin-Releasing-Hormon (GnRH) reversibel gehemmt werden. Im Zuge dieser Diskussion stellt sich immer wieder die Frage nach der Auswirkung der Impfung auf Leistungsparameter und Schlachtkörperqualität als auch einer geeigneten Rationszusammensetzung für intakte bzw. geimpfte Eber (Poulsen Nautrup et al. 2018; Moore et al. 2017).

Untersuchungen zeigen, dass die Mastleistung beim Schwein neben der Genetik auch im hohen Maße vom Geschlecht der Tiere beeinflusst wird. Dabei spielt neben dem Stoffwechsel die Futteraufnahme eine wichtige Rolle (Poulsen Nautrup et al. 2018). Übereinstimmend beeinflusste in der vorliegenden Untersuchung die Immunisierung und damit die Geschlechtshormonproduktion, nicht jedoch die Zusammensetzung der Fettquelle im Futter die Mastleistung der Eber. Trotz kürzerer Mastdauer lagen die Schlachtgewichte der geimpften Tiere im Mittel um 2,0 kg über denen der ungeimpften Eber. Zudem wiesen die geimpften Tiere über die gesamte Mast höhere Tageszunahmen bei höherem Futteraufwand und schlechterer Futterverwertung auf. So ist bei intakten unkastrierten Ebern durch die anabole Stoffwechsellage die Futterverwertung höher als bei kastrierten Schweinen, die hingegen eine höhere Futteraufnahmekapazität aufweisen (Sattler et al. 2014; Pauly et al. 2009; Pauly et al. 2012).

Agonistische Interaktionen nahmen in allen

Abb. 2



Androstenon- und Skatolkonzentrationen geimpfter (n=74) und nicht geimpfter Tiere (n=77) Tiere im Nackenfettgewebe bei Schlachtung.

Tabelle 7: Effekt der Impfung mit der GnRH-Vakzine Improvac® und der Fettquelle im Futter auf den Androstenon- und Skatolgehalt im Nackenfettgewebe bei der Schlachtung (LS-Means) ± Standardfehler

	Androstenon ng/g	Skatol ng/g
geschätzte Mittelwerte für Impfung		
keine Impfung	525,4±77,2	136,1±24,8
geimpft	39,8±82,0	20,2±26,7
geschätzte Mittelwerte für Fettquelle		
Rapsöl	293,4±77,5	94,5±23,1
hydr. Palmfett*	271,8±79,2	61,8±23,8
Mittelwert der Kovariablen		
Mastendgewicht	121,7	121,7
Parameterschätzung der Kovariablen		
Mastendgewicht	- 13,678	- 3,338
p-Werte		
Impfung	< 0,001	0,015
Fettquelle	0,742	0,219
Impf.xFettq. *	0,710	0,496
genet. Linie*	0,694	0,321
Mastendgewicht	0,016	0,028

* hydr. Palmf. = hydrogeniertes Palmfett, Impf.xFettq. = Impfung x Fettqualität, genet. Linie = genetische Linie

Buchten mit zunehmendem Mastverlauf zwischen zweiter Immunisierung (V2) und deren Nachkontrolle (NK) ab. Zudem reduzierte sich übereinstimmend mit früheren Untersuchungen das Auftreten dieser Verhaltensweisen durch die Impfung nach vollständiger Immunisierung (NK), aber auch bereits vier Wochen nach der ersten Immunisierung (V2) signifikant (Albrecht et al. 2012; Fàbrega et al. 2010; Rydhmer et al. 2010; Zamaratskaia et al. 2005). Dies ist auf hohe GnRH-Antikörpertiter, verbunden mit einer hohen GnRH-Bindungskapazität und dem dadurch verursachten Absinken der Testosteronproduktion auf basale Werte bei den geimpften Tieren zurückzuführen (Weiler et al. 2016b). Zudem könnte bereits nach der ersten Immunisierung ein vorübergehender Anstieg der GnRH-Antikörper zu einer verringerten Testosteronproduktion und damit verbunden zu weniger Aufreitverhalten bei geimpften Tieren führen (Dunshea et al. 2001; Albrecht et al. 2012). Das häufigere Auftreten sexuell motivierter Verhaltensweisen (Aufreitversuch, Aufreiten, Kampf, Beißen) bei intakten Ebern erklärt in Folge das vermehrte Auftreten von Haut- sowie Penisläsionen (Turner et al. 2006; Fàbrega et al. 2010; Isernhagen 2015; Reiter et al. 2017; Rydhmer et al. 2010; Rydhmer et al. 2006; Weiler et al. 2016a). Übereinstimmend wiesen geimpfte Tiere niedrigere Hautscores und weniger Läsionen an der Penisspitze auf, als die ungeimpften Eber. Die Art der Fettzulage beeinflusste die dokumentierten Verhaltensweisen nicht.

Die Schlachtkörperzusammensetzung wurde von der Impfung beeinflusst, die Fettsäurenzusammensetzung im Nackenspeck zusätzlich von der Art der Fettzulage in der Futterration. So war der Magerfleischanteil aufgrund des geringeren Proteinbildungsvermögens durch die Reduzierung der Testosteronproduktion bei geimpften Tieren im Mittel um 1,9 % niedriger als bei den intakten Ebern. Entsprechend wiesen die Tiere übereinstimmend mit Ebschke et al. (2014) und Fábrega et al. (2010) ein höheres Speckmaß auf. Diese zeigten bei einem Vergleich mit ungeimpften Ebern einen um 2,0 - 2,5 % verringerten Muskelfleischanteil; zudem war die Fleischfläche bei geimpften Tieren geringer und entsprechend die Fettfläche größer als bei ungeimpften Ebern. Schwanitz et al. (2017) zeigten mittels Dual-Röntgenabsorptiometrie und Magnetresonanztomographie bei intakten Ebern am Mastende einen höheren Magerfleischanteil im Vergleich zu chirurgisch kastrierten männlichen Schweinen. In dieser Untersuchung lagen Fleisch- bzw. Fettanteil im Schlachtkörper der geimpften Tiere zwischen intakten Ebern und chirurgischen Kastraten.

Neben den genannten Schlachtkörperparametern ist für die Verarbeitung von Schweinefleisch auch das Fettsäuremuster im Speck der Tiere von Interesse. So kann ein hoher Anteil mehrfach ungesättigter Fettsäuren die Oxidationsstabilität und die Verarbeitungsqualität beeinträchtigen (Riedl et al. 2010). Neben dem Einfluss von Geschlecht und Pubertätsentwicklung auf die Fettsäurezusammensetzung lässt sich auch von Seiten der Fütterung durch die Zufuhr teilhydrogenierter Fette eine Verbesserung der Verarbeitungsqualität des Specks erreichen (Gläser et al. 2000; Rossi et al. 2010; Wood et al. 2008; Corino et al. 2014). So kann das Fettsäuremuster im Futter die Verteilungskinetik der Fettsäuren in verschiedenen Geweben modifizieren (De Tonnac et al. 2017; De Tonnac et al. 2018). In der vorliegenden Untersuchung stieg bei Einsatz von hydrogeniertem Palmfett übereinstimmend mit früheren Untersuchungen, der Anteil gesättigter Fettsäuren (SFA) im Nackenspeck, der Anteil PUFA sank dementsprechend (Rossi et al. 2010, Wood et al. 2008; Corino et al. 2014). Zudem beeinflusste die Impfung die Fettsäurezusammensetzung im Nackenspeck und reduzierte den PUFA-Gehalt bzw. erhöhte den Anteil an SFA und auch an MUFA im Nackenspeck geimpfter Tiere (Pauly et al. 2009). Untersuchungen von Sattler et al. (2014) bestätigen, dass sich nach der zweiten Impfung das Muster der ungesättigten Fettsäuren zunehmend dem der in der ersten Lebenswoche chirurgisch kastrierten Tiere annähert.

Auffällig war, dass der Anteil PUFA im Nackenspeck über alle Versuchsgruppen hinweg im Vergleich zu früheren Untersuchungen im Rückenspeck sehr hoch war und trotz Fütterung von hydrogeniertem Palmfett den in der Schweiz verwendeten Grenzwert von 15,5 % PUFA im Fettgewebe von Schlachttieren überstieg (Adam et al. 2014). In früheren Studien lag der PUFA Anteil im Rückenspeck bei den geimpften Tieren auch bei herkömmlicher Fütterung unterhalb dieses in der Schweiz verwendeten Grenzwertes von 15,5 %. (Adam et

al. 2014; Dunshea et al. 2001; Pauly et al. 2012; Sattler et al., 2014). Eine mögliche Ursache für die erhöhten Werte könnte zum einen die Überschreitung der empfohlenen Obergrenze von 15 g Polyensäure/kg Futter bei Tieren mit einem Magerfleischanteil von mehr als 58 % sein. Zum anderen wäre es möglich, dass verschiedene Extraktionsprotokolle die Ausbeute der einzelnen Fraktionen bei der Fettsäureanalytik beeinflussen können.

Zahlreiche Untersuchungen bestätigen die Wirksamkeit der Impfung bei der Reduzierung von Ebergeruch. Übereinstimmend waren sowohl die Androstenon- als auch die Skatolkonzentrationen im Fettgewebe der geimpften Tiere signifikant niedriger als bei ungeimpften Ebern. Keines der geimpften Tiere wies Konzentrationen über den von Walstra et al. (1999) und Dunshea et al. (2001) beschriebenen Grenzwerten für Androstenon und Skatol von 1000 ng/g Fett bzw. 200 ng/g Fett auf. Im Gegensatz dazu wurden diese Grenzwerte bei 19,2 % der intakten Eber überschritten. Ursache hierfür kann neben der fortgeschrittenen Pubertät bei den intakten Ebern zudem der von Wesoly et al. (2015) beschriebene Einfluss von Transportdauer sowie Stress aufgrund von Rangordnungskämpfen während der Standzeiten vor der Schlachtung sein.

Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Die Ergebnisse unserer Untersuchung werden durch die Literaturübersicht von Poulsen-Nautrup et al. (2018) und die Arbeiten von Susenbeth (2012, 2006) bestätigt. Durch das Absinken der Testonsteronkonzentrationen traten bei den GnRH-vakzinierten Tieren weniger agonistische bzw. sexuell motivierte Verhaltensweisen im Vergleich zu intakten Ebern und dadurch bedingt weniger Haut- und Penisverletzungen auf. Zudem beeinflusste die GnRH-Impfung im Gegensatz zur Futterfettquelle die Mastleistungsdaten und Schlachtkörperzusammensetzung der Eber. Sie führte aufgrund höherer Tageszunahmen trotz schlechterer Futterverwertung und einem höheren Futteraufwand zu höheren Schlachtgewichten bei einer kürzeren Mastdauer bei den geimpften Tieren. Zudem war aufgrund der verringerten Hodenfunktion sowohl die Androstenon- als auch die Skatolkonzentration im Nackenspeck im Vergleich zu den ungeimpften Tieren reduziert.

Wegen des geringeren Proteinbildungsvermögens der geimpften Tiere wiesen diese einen geringeren Magerfleischanteil und ein höheres Speckmaß als ungeimpfte Eber auf. Da die geringere Speckauflage bei intakten Ebern mit einer höheren Anreicherung ungesättigter Fettsäuren im Speck verbunden ist, führte die GnRH-Vakzination zu einer Verschiebung der Fettsäurezusammensetzung hin zu einem höheren Anteil gesättigter Fettsäuren (SFA, MFA). Auch die Fettsäurezusammensetzung der Futterfettquelle beeinflusste in hohem Maß das Fettsäuremuster im Nackenspeck sowohl bei ungeimpften Ebern als auch bei geimpften Tieren. Daher ist generell nicht nur auf eine Erhöhung des Lysingehalts im Eberfutter, sondern auch auf eine geeignete Fettsäurezusammensetzung der Rationen zu achten.

GUT ZU MERKEN

Die GnRH-Immunisierung von Mastebern verringert aufgrund der verringerten Testosteronproduktion geschlechtsspezifische Verhaltensweisen und beeinflusst neben Schlachtkörper- und Fettsäurezusammensetzung auch Mastleistung und Ebergeruch. Wegen einer geringeren Fettauflage bei intakten Ebern kommt es bei diesen im Gegensatz zu geimpften Tieren zur Anreicherung ungesättigter Fettsäuren im Speck. Aufgrund der negativen Auswirkungen auf die Verarbeitungsqualität, kann durch einen höheren Anteil gesättigter Fettsäuren in der Ration dem entgegengewirkt werden.

Autoren

Dr. Bernhard Zacharias, Hans-Jörg Schrade, Dr. Tanja Zacharias: Landesanstalt für Schweinezucht, Boxberg

Dr. Simon Reiter, Prof. Dr. Mathias Ritzmann: Klinik für Schweine – Ludwigs-Maximilians-Universität, München

Dr. Aneka Schütz, Dr. Sabine Andrée, Sebastian Zimmermann: Max Rubner Institut, Kulmbach

Korrespondenzadresse:

Dr. Susanne Zöls
Klinik für Schweine, Zentrum
für klinische Tiermedizin
Ludwig-Maximilians-Universität München
Sonnenstr. 16, 85764 Oberschleißheim
s.zoels@lmu.de

LITERATUR

1. Adam F, Norda C, Bauer A (2014): Fettqualität bekommt eine neue Bedeutung – Verarbeitungsqualität von Fleisch intakter und geimpfter Jungmasteber. Die Fleischwirtschaft 94: 42–45.

2. Albrecht A-K, Grosse Beilage E, Kanitz E, Puppe B, Traulsen I, Krieter J (2012): Influence of immunisation against GnRF on agonistic and mounting behaviour, serum testosterone concentration and body weight in male pigs compared with boars and barrows, Appl Anim Behav Sci 138: 28–35.

3. Backus G B C, van den Broek E, van der Fels B, Heres L, Immink V M, Knol E F, Kornelis M, Mathur P K, van der Peet-Schwering C, van Riel J W, Snoek H M, de Smet A, Tacken G M L, Valeeva N I, van Wagenberg C P A (2016): Evaluation of producing and marketing entire male pigs, NJAS Wageningen Journal of Life Sciences 76: 29–41.

4. Batorek N, Čandek-Potokar M, Bonneau M, Van Milgen J (2012): Meta-analysis of the effect of immunocastration on production performance, reproductive organs and boar taint compounds in pigs, Animal 6: 1330–1338.

5. Bünger B, Zacharias B, Schrade H (2014): Verhaltensunterschiede bei der Mast von Ebern im Vergleich zu Kastraten und weiblichen Tieren sowie gemischt geschlechtlichen Gruppen bei unterschiedlichen Haltungs- und Fütterungsbedingungen, Züchtungskunde 80: 358–373.

6. Bünger B, Schrader L, Schrade H, Zacharias B (2015): Agonistic behaviour, skin lesions and activity pattern of entire male, female and castrated male finishing pigs, Appl Anim Behav Sci 171: 64–68.

7. Corino C, Rossi R, Cannata S, Ratti S (2014): Effect of dietary linseed on the nutritional value and quality of pork and pork products: Systematic review and meta-analysis, Meat Sci 98: 679–688.

8. Cronin G, Dunshea F, Butler K, McCauley I, Barnett J, Hemsworth P (2003): The effects of immuno- and surgical-castration on the behaviour and consequently growth of group-housed, male finisher pigs, Appl Anim Behav Sci 81: 111–126.

9. De Tonnac A, Karim-Luisset S, Mourot J (2017): Effect of different linseed sources on fatty acid composition in pig tissues, Livest Sci 203: 124–131.

10. De Tonnac A, Guillevic M, Mourot J (2018): Fatty acid composition of several muscles and adipose tissues of pigs fed n-3 PUFA rich diets, Meat Sci 140: 1–8.

11. Dunshea F R, Colantoni C, Howard K, McCauley I, Jackson P, Long K A, Lopticki S, Nugent E A, Simons J A, Walker J, Hennessy D P (2001): Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance, J Anim Sci 79: 2524–2535.

12. Ebschke S, von Borell E, Weber M (2014): Beurteilung der Tiergerechtheit der Ebermast mit intakten und gegen Ebergeruch geimpften Tieren, Züchtungskunde 86: 342–357.

13. Fàbrega E, Velarde A, Cros J, Gispert M, Suarez P, Tibau J, Soler J (2010): Effect of vaccination against gonadotropin- releasing hormone, using Improvac, on growth performance, body composition, behaviour and acute phase proteins, Livest Sci 132: 53–59.

14. GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (2006): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. DLG-Verlags-GmbH.

15. Gläser K R, Scheeder M R L, Wenk C (2000): Dietary C 18:1 fatty acids increase conjugated linoleic acid in adipose tissue of pigs. Eur J Lipid Sci Technol 102: 684–686.

16. Giersing M, Lundström K, Andersson A (2000). Social effect and boar taint: significance for production of slaughter boars (Sus scrofa), J Anim Sci 78: 296–305.

17. Isernhagen M (2015): Haltung von Ebern unter herkömmlichen Mastbedingungen – Einfluss auf Tiergesundheit und Wohlbefinden. München, LMU, veterinärmed. Fak., Diss.

18. Maw S J, Fowler V R, Hamilton M, Petchey A M (2003): Physical characteristics of pig fat and their relation to fatty acid composition, Meat Sci 63: 185–190.

19. Millet S, Gielken K, De Brabander D, Janssens G P J (2011): Considerations on the performance of immunocastrated male pigs, Animal 5: 1119–1123.

20. Moore K L, Mullan B P, Dunshea F R(2017): Boar taint, meat quality and fail rate in entire male pigs and male pigs immunized against gonadotropin releasing factor as related to body weight and feeding regime, Meat Sci 125: 95–101.

21. Pauly C, Spring P, O'Doherty J V, Ampuero Kragtgen S, Bee G (2009): Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group-penned surgically castrated, immunocastrated (Improvac) and entire male pigs and individually penned entire male pigs, Animal 3: 1057–1066.

22. Pauly C, Luginbühl W, Ampuro S, Bee G (2012): Expected effects on carcass and pork quality when surgical castration is omitted — Results of a meta-analysis study. Meat Sci 92: 858–862.

23. Poulsen Nautrup B, van Vlaenderen I, Aldaz A, Mah C K (2018): The effect of immunization against gonadotropin-releasing factor on growth performance, carcass characteristics and boar taint relevant to pig producers and the pork packing industry: A meta analysis, Res Vet Sci 119: 182–195.

24. Reiter S, Zöls S, Ritzmann M, Stefanski V, Weiler U (2017): Penile injuries in immunocastrated and entire male pigs of one fattening farm, Animals (Basel) 7: doi 10.3390 / ani7090071.

25. Richtlinie für die Stationsprüfung auf Mastleistung, Schlachtkörperwert und Fleischbeschaffenheit beim Schwein, 2007. Ausschuss für Leistungsprüfungen und Zuchtwertfeststellung beim Schwein (ALZ) des Zentralverbandes der Deutschen Schweineproduktion (ZDS), 1–30.

26. Riedl A, Obermowe T (2010): Optimierung der Sensorik von Fleisch um Potenziale der Wertschöpfung zu nutzen. Fleischwirtschaft 90: 141–145.

27. Riley P A, Enser M, Nute G R, Wood J D (2000): Effects of dietary linseed on nutritional value and other quality aspects of pig muscle and adipose tissue, Animal Sci 71: 483–500.

28. Rossi R, Pastorelli G, Cannata S, Corino C (2010): Recent advances in the use of fatty acids as supplements in pig diets: A review, Anim Feed Sci Technol 162: 1–11.

29. Rydhmer L, Zamaratskaia G, Andersson H K, Algers B, Guillemet R, Lundström K (2006): Aggressive and sexual behaviour of growing and finishing pigs reared in groups, without castration, Acta Agric Scand A Anim Sci 56: 109–119.

30. Rydhmer L, Lundström K, Andersson H K (2010): Immunocastration reduces aggressive and sexual behaviour in male pigs, Animal 4: 965–972.

Schulte E, Weber K (1989): Rapid preparation of fatty-acid methyl-esters from fats with trimethyl-sulfonium-hydroxide or sodium methylate, Fett 91: 181–183.

31. Simonsen H B (1990): Behaviour and distribution of fattening pigs in the multi-activity pen, Appl Anim Behav Sci 27: 311–324.

32. Susenbeth A (2006): Ein Modell zur Beschreibung der Wirkung der Energie- und Aminosäureaufnahme auf Wachstum und Körperzusammensetzung. In: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie), DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt, 233–247.

33. Susenbeth A (2012): Feeding in boar fattening, Feed Magazine 3–4: 19–23.

34. Schwanitz S, Bernau M, Kreuzer L S, Kremer-Rücker P V, Scholz A M (2017): Körperzusammensetzung und Ebergeruch bei intakten Ebern, immunologisch und chirurgisch kastrierten Schweinen, Züchtungskunde 89: 413–433.

35. Turner S P, Farnworth M J, White I M S, Brotherstein S, Mendle M, Knap P, Penny P, Lawrence A B (2006): The accumulation of skin lesions and their use as a predictor of individual aggressiveness in pigs, Appl Anim Behav Sci 96: 245–259.

36. VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten) (2012): VDLUFA Methodenbuch, Band III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. 3. Auflage. 8. Ergänzungslieferung, https://www.vdlufa.de/Methodenbuch/index.php?option=com_content&view=article&id=4& Itemid=111&lang=de.

37. Van Lunen T A, Cole D J A (1996): The effect of lysine/digestible energy ratio on growth performance and nitrogen deposition of hybrid boars, gilts and castrated male pigs, Animal Sci 63: 465–475.

38. Warnants N, van Oeckel M J, Boucque C V (1998): Effect of incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids in pork backfat on the quality of salami, Meat Sci, 49: 435–445.

39. Walstra P, Claudi-Magnussen C, Chevillon P, Von Seth G, Diestre A, Matthews K R, Homer D B, Bonneau M (1999): An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: levels of androstenone and skatole by country and season, Livest Prod Sci 62: 15–28.

40. Weiler U, Götz M, Schmidt M, Otto M, Müller S (2013): Influence of sex and immunocastration on feed intake behaviour, skatole and indole concentrations in adipose tissue of pigs, Animal 7: 300–308.

41. Weiler U, Isernhagen M, Stefanski V, Ritzmann M, Kress K, Hein C, Zöls S (2016a): Penile injuries in wild and domestic pigs, Animals (Basel) 6, 25; doi 10.3390 / ani6040025.

42. Weiler U, Stefanski V, von Borell E (2016): Die Kastration beim Schwein – Zielkonflikte und Lösungsansätze aus der Sicht des Tierschutzes, Züchtungskunde 88: 429–444.

43. Wesoly R., Weiler U (2012): Nutritional influences on skatole formation and skatole metabolism in the pig, Animals (Basel) 2: 221–242; doi 10.3390 / ani2020221.

44. Wood J D, Enser M, Fisher A V, Nute G R, Sheard P R, Richardson R I, Hughes S I, Whittington F M (2008): Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review, Meat Sci 78: 343–358.
Xue J L, Dial G D, Pettgrew J E (1997): Performance, carcass, and meat quality advantages of boars over barrow: a literature review, Swine Health Prod 5: 21–28.

45. Zamaratskaia G, Rydhmer L, Chen G, Madej A, Andersson H K, Lundström K (2005): Boar taint is related to endocrine and anatomical changes at puberty but not to aggressive behaviour in entire male pigs, Zuchthygiene 40: 500–506.