

## Fakten zur Schweinefleischerzeugung mit Mastebnern

**Hintergrund:** Die chirurgische Kastration von Eberferkeln ist seit vielen Jahrhunderten traditionelle Praxis in den meisten europäischen Ländern, vor allem um Qualitätsprobleme aufgrund von Ebergeruch zu vermeiden, aber auch um das Verhalten zu beeinflussen. Da dieser chirurgische Eingriff in der Regel ohne Schmerzausschaltung durchgeführt wird, handelt es sich um ein tierschutzrelevantes Problem, das auch in der Öffentlichkeit zunehmend kritisch diskutiert wird. Gemäß der EU-Richtlinie 2001/93/EWG ist die Kastration ohne Betäubung bei Ferkeln, die weniger als eine Woche alt sind, erlaubt. Bei älteren Tieren muss die chirurgische Kastration von einem Tierarzt unter Narkose und zusätzlicher Schmerzausschaltung durchgeführt werden ([https://www.fve.org/cms/wpcontent/uploads/fve\\_09\\_040\\_castration\\_pigs\\_2009.pdf](https://www.fve.org/cms/wpcontent/uploads/fve_09_040_castration_pigs_2009.pdf)). Allerdings scheint die Wundheilung bei früh kastrierten Ferkeln, die im Alter von 4 Tagen chirurgisch kastriert wurden, schneller und mit weniger Komplikationen zu verlaufen, als bei Tieren, bei denen der Eingriff im Alter von 7 bis 28 Tagen durchgeführt wurden (Heinritzi et al., 2006). Bei der Operation werden die Eberferkel fixiert, der Hodensack wird mit einem scharfen Skalpell eröffnet, die Hoden vorverlagert und die Samenstränge durchtrennt. Anschließend wird ein Antiseptikum auf die offene Wunde aufgetragen und das Ferkel umgehend in die Bucht zu den Wurfgeschwistern zurückgebracht. Das gesamte Verfahren dauert 1-2 Minuten ([http://www.alcasde.eu/e-Learning/pig\\_castration/page\\_16.htm](http://www.alcasde.eu/e-Learning/pig_castration/page_16.htm)). Insgesamt ist die Kastration ein schmerzhafter Eingriff, da das Schneiden und/oder Reißen von Gewebe (Hodensack und Samenleiter) akute Schmerzen und Stress verursachen (Prunier et al., 2006; von Borell et al., 2009). Nach der Kastration stellt die offene Wunde eine potentielle Eintrittspforte für Infektionen dar, zudem ist das Saugverhalten der operierten Tiere für etwa zwei Stunden reduziert ([http://www.alcasde.eu/e-Learning/pig\\_castration/page\\_16.htm](http://www.alcasde.eu/e-Learning/pig_castration/page_16.htm)). Entsprechend lassen sich Hinweise auf gesundheitliche Beeinträchtigungen der kastrierten im Vergleich zu nicht kastrierten Eberferkeln nachweisen, die zu einer höheren Sterblichkeitsrate während der Säugedauer führen (6,3 vs. 3,6 %), insbesondere wenn das Geburtsgewicht der Ferkel niedrig ist (12,2 vs. 6,2%) (Morales et al., 2017).

**Vorteile der Ebermast:** Der Kastrationsverzicht und die Produktion von Schweinefleisch mit unkastrierten Ebern hat mehrere Vorteile. So werden für die Tiere Schmerz und Stress durch die Kastration vermieden. Darüber hinaus entstehen wirtschaftliche Vorteile für den Ferkelerzeugerbetrieb da die unangenehme Arbeit des Kastrierens entfällt und die Ferkelverluste sinken. Für den Mastbetrieb entstehen zudem Vorteile durch die bessere Futtermittelverwertung der Mastebner im Vergleich zu Börgen. Die Umweltbelastung sinkt, da Eber eine bessere N-Retention haben als Kastraten (Übersicht siehe: Kress et al, 2019, Pauly et al., 2012). Aufgrund steigender Androgen- und Östrogenkonzentrationen im Verlauf der Pubertät steigt das gonadenhormonabhängige Wachstumspotential und begünstigt den Ansatz von Magerfleisch zu Lasten von Fett im Schlachtkörper (Tabelle 1). Die freiwillige Futteraufnahme wird durch Gonadensterioide reduziert, was zu einer besseren Futtermittelverwertung führt. Allerdings können je nach Genotyp die täglichen Zunahmen durch die geringere Futteraufnahme von Ebern im Vergleich zu Kastraten vermindert sein, während bei Genotypen mit hohem Futteraufnahmevermögen die täglichen Zunahmen bei Ebern höher sein können als bei Kastraten (Claus & Weiler, 1994). Im Abschlussbericht der Europäischen Kommission zum Kastrationsverzicht wurde der wirtschaftliche Wert der besseren Futtermittelverwertung der Eber auf 7,11€ pro Schwein geschätzt

**Tabelle 1: Überlegenheit von Mastebnern im Vergleich zu Börgen in verschiedenen Merkmalen:**

Parameter	Eber vs. Börge	Literatur
Proteinansatz (g/d)	+11 %	Quiniou et al., 2010
Futtermittelverbrauch (kg/kg Zuwachs)	-10 %	
Futtermittelaufnahme (kg/d)	-11 %	
subkutanes Fettgewebe (%)	-16 %	Pauly et al., 2009
N-Ausscheidung (kg/Tier)	-20 %	Dämmgen et al., 2013

**Probleme der Ebermast:** Das Risiko von Qualitätsproblemen durch Ebergeruch ist das Hauptproblem bei der Ebermast. Ebergeruch ist eine unangenehme Geruchsabweichung bei Schweinefleisch der bei einem Teil der Eberschlachtkörper auftritt. Er wird durch die beiden Substanzen Androstenon und Skatol verursacht. **Androstenon** ist ein Hodensteroid mit einem urinartigen Geruch. Es hat biologische Bedeutung für das Fortpflanzungsgeschehen als männliches Pheromon und ist die Vorstufe der pheromonaktiven moschusartigen Androstenole. Androstenon wird parallel zu den anabolen Hodensteroiden und den Androstenolen in den Leydig-Zellen aus den gleichen Vorstufen gebildet und über den Blutkreislauf im Körper verteilt. In den Speicheldrüsen werden Androstenon und die Androstenole durch ein spezifisches Bindungsprotein (Pheromaxein) angereichert und mit dem Speichel beim sog. „Patschen“ freigesetzt.

**Skatol** ist ein mikrobielles Abbauprodukt der Aminosäure Tryptophan. Es entsteht im Dickdarm und hat einen Fäkalgeruch. Es wird sowohl bei kastrierten als auch intakten männlichen und weiblichen Tieren gebildet, ist aber in höheren Konzentrationen im Fettgewebe von Ebern zu finden. Eine Anreicherung von Skatol im Fettgewebe kann aufgrund einer erhöhten Bildung und Resorption im Darm, aber auch aufgrund einer reduzierten Abbaurate in der Leber oder einer Kombination beider Mechanismen auftreten. Der Skatolabbau sinkt, wenn weniger Skatol-metabolisierende Enzyme in der Leber gebildet werden oder diese Enzyme gehemmt werden. Die Aktivität der skatolabbauenden Leberenzyme wird durch Androstenon, Testosteron und 17- $\beta$ -Östradiol reduziert (Doran et al., 2002; Zamaratskaia et al., 2007; Wierciska et al., 2012; Kojima und Degawa, 2013). Es ist bekannt, dass zusätzlich Genetik, Ernährung und Umwelt sowie Managementfaktoren die Häufigkeit und Intensität der Geruchsabweichungen beeinflussen.

Sowohl Skatol als auch Androstenon haben lipophile Eigenschaften und können sich im Verlauf der Pubertät im Fettgewebe der wachsenden Eber bis zur Schlachtung erheblich anreichern. Die Wahrscheinlichkeit negativer Verbraucherreaktionen steigt, wenn hohe Konzentrationen von einer oder beiden Verbindungen vorliegen und wird durch die individuelle olfaktorische Wahrnehmung modifiziert (Font-i-Furnols, 2012; Mörlein et al., 2019). Eine Besonderheit von Androstenon ist, dass etwa ein Drittel der Verbraucher speziell gegenüber Androstenon anosmisch ist, d.h. also den Geruch selbst in hohen Konzentrationen nicht wahrnehmen kann. Allerdings ist ein ähnlich hoher Anteil der Verbraucher hochempfindlich und lehnt Schweinefleisch bereits bei niedrigen (>0,5 ppm) Androstenon-Konzentrationen ab. Eine derartige Variabilität der Wahrnehmung wurde für Skatol nicht beobachtet. Schweinefleisch wird von den meisten Verbrauchern erst bei Skatolwerten über 0,25 ppm abgelehnt (siehe: Font I Furnols 2012; Lunde et al., 2012).

Zusätzlich zur dargestellten Problematik des Ebergeruchs können weitere Qualitätsprobleme bei Eberfleisch auftreten. Diese Qualitätsprobleme betreffen nur in geringem Umfang Frischfleisch, weitaus stärker ist die Eignung des Fleisches für die Herstellung von Rohwurst und Rohschinken betroffen (Bonneau et al., 2018; Čandek-Potokar et al., 2015). Die Auswertung von

Scherkraftmessungen in verschiedenen Studien ergaben zudem, dass Eber im Vergleich zu den anderen Geschlechtern zäheres Fleisch aufweisen (Meta-Studien von: Pauly et al., 2012; Batorek et al., 2012). Eine erhöhte Zähigkeit kann durch verschiedene Faktoren bedingt sein, wie einen niedrigeren intramuskulären Fettgehalt, ein geringeres Wasserbindungsvermögen und eine erhöhte Proteinoxidation (Škrlep et al., 2019). Da Eberfleisch einen geringen Fettgehalt aufweist als das Fleisch von Börgen kommt es bei der Herstellung von Rohwurst und Rohschinken zu einer verstärkten Austrocknung, was zu einer niedrigeren Produktausbeute und einer festeren Textur führt und bei der Herstellung von Rohschinken mit einer höheren Salzaufnahme einhergeht (Škrlep et al., 2016). Das Fett von Ebern enthält zudem einen hohen Anteil mehrfach ungesättigter Fettsäuren (Pauly et al., 2012), wodurch die Fettkonsistenz weicher wird und sich das Fettgewebe leichter von der Muskulatur trennen lässt, insbesondere bei sehr mageren Individuen. Hierdurch wird der Zusammenhalt der Teilstücke beeinträchtigt was die Qualität mindert und die Verarbeitung erschwert. Zusätzlich wird das Fettgewebe der Eber schneller ranzig (Babol & Squires, 1995). Bei trocken gereiften Rohwürsten kann Fettgewebe mit hohen Anteilen an ungesättigten Fettsäuren zusätzliche Probleme bei der Trocknung, aber auch hinsichtlich der Textur der Rohwurst und einer schmierigen Oberfläche beim Anschnitt verursachen.

**Methoden zur Detektion von Ebergeruch am Schlachtband:** Es gibt primär zwei unterschiedliche Ansätze die verwendet werden, um Ebergeruch am Schlachtkörper festzustellen: die chemische Analyse von Androstenon- und Skatolkonzentrationen und der Human-Nose-Test. Bei der chemischen Analyse ist der kritischste Punkt, welche Grenzwerte für die Ebergeruchskomponenten festgesetzt werden, da der Anteil der als belastet eingestuftem Schlachtkörper hoch sein kann und sogar 50% überschreiten kann, wenn so niedrige Grenzwerte angesetzt werden, wie sie in den neunziger Jahren diskutiert wurden und damals auch in manchen europäischen Ländern auch zur Anwendung kamen (Walstra et al., 1999). Da neue Analyseverfahren, die am Schlachtband eingesetzt werden können in Entwicklung sind und erste Ergebnisse vielversprechend sind, müssen neue Grenzwerte diskutiert und unter Abwägung der Konsequenzen festgesetzt werden, wie weiter unten erläutert ist (Christensen et al., 2019).

Beim Human-Nose-Test überprüft geschultes Personal die Schlachtkörper auf Geruchsabweichungen, wobei durchschnittlich nicht mehr als 5% der getesteten Schlachtkörper wegen des Ebergeruchs von den Prüfern beanstandet werden (Mathur et al., 2012). Wie bereits beschrieben hängt die Ablehnung von ebergeruchbelastetem Fleisch davon ab, wie sensitiv der Konsument auf die Komponenten des Ebergeruchs reagiert und auch wie dieser die Kombination von Androstenon und Skatol wahrnimmt. Daher müssen Grenzwerte in Abhängigkeit der zu erwartenden Verbraucherreaktion festgelegt werden (Mörlein et al., 2019). Selbst wenn es eine große Variabilität in der Reaktion der Verbraucher auf Eberfleisch gibt, kann das zu erwartende Risiko einer Ablehnung durch den Verbraucher in Abhängigkeit von Grenzwerten geschätzt werden und der resultierende Anteil der Eberschlachtkörper, abgeleitet werden, der nicht uneingeschränkt für die Vermarktung verwendet werden kann. Solche Ansätze erlauben es der Industrie, die Schlachtkörper nach Verwendungszweck zu sortieren und einer optimierten Nutzung überzuführen. Das Risiko unzufriedener Verbraucher muss dabei gegen den Anteil der dann als untauglich deklarierten Eberschlachtkörper abgewogen werden (Christensen et al., 2019). Die hohe Variabilität des Anteils von geruchsbelasteten Schlachtkörpern lässt sich zumindest teilweise durch die im Abschnitte Managementansätze beschriebenen Faktoren erklären.

Neben dem Problem des Ebergeruchs kann es in der Ebermast zu tierschutzrelevanten Problemen kommen (Rydmer et al., 2012, Weiler et al., 2016; Reiter et al., 2017). So können in gemischten Gruppen unerwünschte Trächtigkeiten auftreten, insbesondere wenn die Tiere wie z.B. in der ökologischen Schweinefleischerzeugung etwas älter geschlachtet werden als in der konventionellen

Produktion. Eber sind zudem im Verhalten aktiver und aggressiver als Börgen. Dies kann in Mastgruppen zu Problemen durch Kämpfe führen, insbesondere wenn die Gruppe und das soziale Ranking nicht über die gesamte Mastperiode stabil ist. Die pubertätsbedingte Zunahme des Sexualverhaltens während der Mast führt zu einem steigenden Risiko von Skelettproblemen durch aufspringende Tiere, wobei sich sowohl diese als auch die besprungenen Tiere verletzen können. Zusätzlich nimmt die Häufigkeit von Penisverletzungen zu. Schwerwiegende Verletzungen liegen in einer Größenordnung von 10% und müssen als ein spezifisches Tierschutzproblem in der Ebermast eingestuft werden.

**Managementansätze zur Reduzierung von Problemen in der Ebermast:** Es gibt eine Reihe von Strategien, um die Häufigkeit von geruchsbelasteten Schlachtkörpern zu reduzieren. In einigen Ländern werden aus diesem Grund Eber jünger und mit einem geringeren Gewicht geschlachtet. Zudem kann gegen Ebergeruch gezüchtet werden, da das Niveau der Androstenon- und Skatoleinlagerung eine ausreichende Heritabilität aufweisen und generell spätreife Genotypen erst später betroffen sind. Daher ist die Verwendung von bestimmten Rassen oder selektierten Linien mit einem geringeren Risiko für Ebergeruch bei den üblichen Schlachtgewichten in Zuchtprogrammen vielversprechend. Es ist jedoch noch nicht vollständig geklärt welche spezifischen Gene für den Ebergeruch verantwortlich sind, jedoch könnte die genomische Selektion mittelfristig eine Lösung darstellen. Bevor Zuchtprogramme in Richtung geringere Belastung mit Ebergeruch ausgerichtet werden, muss jedoch geklärt sein, welche Wechselwirkungen zu anderen Leistungsmerkmalen wie z.B. der weiblichen Fruchtbarkeit bestehen (Larzul et al., 2018; Schiavo et al., 2018; van Son et al., 2018). Eine bereits heute verfügbare weitgehend risikofreie Möglichkeit zur Verminderung von geruchsbelasteten Schlachtkörpern, ist der Einsatz von skatol-reduzierenden Futtermitteln (s. Liste der Futtermittel und Zusatzstoffe mit Ebergeruch reduzierenden Eigenschaften <http://www.capiema.eu/papers>). Durch diese Fütterungsstrategien wird zwar effizient die Skatoleinlagerung reduziert, das Problem der Androstenonbelastung wird jedoch nicht vermindert, da Androstenon weitaus schwächer auf Fütterungseinflüsse reagiert. Androstenon hingegen kann durch Haltungs- und Transportbedingungen sehr stark beeinflusst werden (Wesoly et al., 2015).

Eine optimierte Fütterung in Verbindung mit Managementstrategien, die den Stress während der Mast, des Transports und der Schlachtung reduzieren, kann daher den Anteil an geruchsbelasteten Schlachtkörpern erheblich reduzieren.

## References:

- Babol, J., Squires, J. Quality of meat from entire male pigs. *Food Research International*, **1995**, *28*, 201-212.
- Batorek, N., Čandek-Potokar, M., Bonneau, M., Van Milgen, J. Meta-analysis of the effect of immunocastration on production performance, reproductive organs and boar taint compounds in pigs. *Animal*, **2012**, *6*, 1330-1338
- Bonneau, M.; Čandek-Potokar, M.; Škrlep, M.; Font-i-Furnols, M.; Aluwé, M.; Fontanesi, L. Potential sensitivity of pork production situations aiming at high-quality products to the use of entire male pigs as an alternative to surgical castrates. *Animal* **2018**, *12*, 1287-1295, doi: 10.1017/S1751731117003044
- Čandek-Potokar M, Škrlep M, Batorek Lukač N. Raising entire males or immunocastrates – outlook on meat quality. *Procedia Food Science* **2015**, *5*, 30-33
- Christensen RH, Nielsen DB, Aaslyng MD (2019) Estimating the risk of dislike: An industry tool for setting sorting limits for boar taint compounds. *Food Quality and preference* **71**(2019): 209-2016.
- Claus, R., Weiler, U. 1994 Endocrine regulation of growth and metabolism in the pig: a review. *Livestock production science*, 1994, *37*(3) 245-260
- Dämmgen, U., Berk, A., Otten, C., Brade, W., Hutchings, N. J., Haenel, H.-D., Rösemann, C., Dänicke, S., Schwerin, M. Anticipated changes in the emissions of green-house gases and ammonia from pork production due to shifts from fattening of barrows towards fattening of boar *Landbauforsch- Appl Agric Forestry Res* · **1 2013** (63)47-6 DOI:10.3220/LBF\_2013\_47-60
- Doran, E.; Whittington, F.W.; Wood, J.D.; McGivan, J.D. Cytochrome P45011E1 (CYP2E1) is induced by skatole and this induction is blocked by androstenone in isolated pig hepatocytes. *Chem. Biol. Interact.* **2002**, *140*, 81-92, doi: 10.1016/S0009-2797(02)00015-7

Engesser, D.J. Alternatives for boar taint reduction and elimination besides surgical castration and destroying testicular tissue. **2015** Inaugural-Dissertation to obtain the degree of a Doctor medicinae veterinariae (Dr. med. vet. ) from the Faculty of Veterinary Medicine University of Leipzig Germany <http://ul.qucosa.de/api/qucosa%3A13364/attachment/ATT-0/>

Font-i-Furnols, M. Consumer studies on sensory acceptability of boar taint: a review. *Meat Sci.* **2012**, *92*, 319-329. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.05.009.

Heinritz, K., Ritzmann, M., Otten, W. Alternatives for castration of suckling piglets, determination of catecholamines and woundhealing after castration of suckling piglets at different points of time (Alternativen zur Kastration von Saugferkeln, Bestimmung von Katecholaminen sowie Wundheilung nach Kastration von Saugferkeln zu unterschiedlichen Zeitpunkten). *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* **2006**, *113*, 94–97

Kojima, M.; Degawa, M. Serum androgen level is determined by autosomal dominant inheritance and regulates sex-related CYP genes in pigs. *Biochem. Biophys. Res. Co.* **2013**, *430*, 833–838, doi.org/10.1016/j.bbrc.2012.11.060

Kress, K; Millet, S.; Labussière, É; Weiler, U.; Stefanski, V. Sustainability of Pork Production with Immunocastration in Europe. *Sustainability* **2019**, *11*(12), 3335.

Larzul, C.; Fontanesi, L.; Tholen, E.; van Son, M. Genetic approaches for rearing entire males. *Adv. Anim. Biosci.* **2018**, *Volume 9, Special Issue s1*, s01.

Lunde, K.; Egelandsdal, B.; Skuterud, E.; Mainland, J.D.; Lea, T.; Hersleth, M.; Matsunami, H. Genetic Variation of an Odorant Receptor OR7D4 and Sensory Perception of Cooked Meat Containing Androstenone. *PLOS ONE* **2012**, *7*, e35259, doi: 10.1371/journal.pone.0035259

Mathur, P.K.; ten Napel, J.; Bloemhof, S.; Heres, L.; Knol, E.F.; Mulder, H.A. A human nose scoring system for boar taint and its relationship with androstenone and skatole. *Meat Sci.* **2012**, *91*, 414–422, doi: 10.1016/j.meatsci.2012.02.025

Morales, J., Dereu, A., Manso, A., de Frutos, L., Piñeiro, C., Manzanilla, E.G. and Wuyts, N. 2017 Surgical castration with pain relief affects the health and productive performance of pigs in the suckling period. *Porcine Health Management* **2017** *3*:18 <https://doi.org/10.1186/s40813-017-0066-1>

Mörlein D , Aluwé M , Backus G , Bonneau M , Brockhoff P , Chevillon P , Christensen R , Font-i-Furnols M , Gertheiss J , Meier-Dinkel L , Mörlein J , Oertel E , Oliver MA , Tuytens F , van den Broeke A , Aaslyng M (2019) Drivers of (dis)liking: Systematic pairwise preference tests to reveal the relationship between boar taint and consumer acceptance Poster presented at ICOMST 2019.

Pauly, K., Luginbühl, W., Ampuero, S., Beem G. Expected effects on carcass and pork quality when surgical castration is omitted. *Meat Sci* **2012**;92:858-62.

Pauly, C., Spring, P., O'Doherty, J., Ampuero Kragten, S., & Bee, G. 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*, **2009**, *3*(7), 1057-1066. doi:10.1017/S1751731109004418

Pauly, C; Luginbühl, W.; Ampuero, S.; Bee, G. Expected effects on carcass and pork quality when surgical castration is omitted — Results of a meta-analysis study. *Meat Sci.* **2012**, *92*, 858–862, doi: 10.1016/j.meatsci.2012.06.007.

Prunier, A.; Bonneau, M.; von Borell, E.H.; Cinotti, S.; Gunn, M.; Fredriksen, B.; Giersing, M.; Morton, D.B.; Tuytens, F.A.M.; Velarde, A. A review of the welfare consequences of surgical castration in piglets and evaluation of non-surgical methods. *Anim. Welfare* **2006**, *15*, 277–289.

Quiniou, N, Courboulay, V, Salaün, Y, Chevillon, P 2010. Impact of the non castration of male pigs on growth performance and behaviour – comparison with barrows and gilts. Conference at the 61st Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Heraklion, Crete Island, Greece, paper 8; 7pp.

Reiter, S.; Zöls, S.; Ritzmann, M.; Stefanski, V.; Weiler, U. Penile Injuries in Immunocastrated and Entire Male Pigs of One Fattening Farm. *Animals* **2017**, *7*, doi: 10.3390/ani7090071.

Rydhmer, L.; Zamaratskaia, G.; Andersson, H.K.; Algiers, B.; Guillemet, R.; Lundström, K. Aggressive and sexual behaviour of growing and finishing pigs reared in groups, without castration. *Acta Agr. Scand. A-An* **2006**, *56*, 109–119, doi: 10.1080/09064700601079527

Schiavo, G.; Bovo, S.; Cheloni, S.; Ribani, A.; Geraci, C.; Gallo, M.; Etherington, G.; Palma, F.D.; Fontanesi, L. Mining whole genome resequencing data to identify functional mutations in boar taint-candidate genes. *Adv. Anim. Biosci.* 2018, Volume 9, Special Issue s1, s04

Škrlep, M., Čandek-Potokar, M., Batorek Lukač, N., Prevolnik Povše, M., Pugliese, C., Labussière, E., Flores, M. Comparison of entire male and immunocastrated pigs for dry-cured ham production under two salting regimes. *Meat Science*, 2016, *111*, 27-37.

Škrlep, M., Tomažin, U., Batorek Lukač, N., Poklukar, K., Čandek-Potokar, M. Proteomic profile of longissimus dorsi muscle of entire male and castrated pigs as related to meat quality. *Animals*, 2019, *9*, 1-14.

van Son, M.; Agarwal, R.; Grindflek, E.; Grove, H.; Kent, M.P.; Lien, S. Fine mapping of QTL regions for boar taint using whole genome resequencing data. *Adv. Anim. Biosci.* **2018**, *Volume 9, Special Issue s1*, s06

von Borell, E., Baumgartner J., Giersing, N., Jäggin, M. Prunier, A., Tuytens, F., Edwards S.A. 2009 Animal welfare implications of surgical castration and its alternatives in pigs. *animal* *3*(11):1488-96. DOI: 10.1017/S1751731109004728

Walstra, P.; Claudi-Magnussen, C.; Chevillon, P.; von Seth, G.; Diestre, A.; Matthews, K.R.; Homer, D.B.; Bonneau, M. 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.* **1999**, *62*, 15-28, doi: 10.1016/S0301-6226(99)00054-8

Weiler, U.; Isernhagen, M.; Stefanski, V.; Ritzmann, M.; Kress, K.; Hein, C.; Zöls, S. Penile Injuries in Wild and Domestic Pigs. *Animals* **2016**, *6*, 25, doi: 10.3390/ani6040025

Wesoly, R.; Jungbluth, I.; Stefanski, V.; Weiler, U. Pre-slaughter conditions influence skatole and androstenone in adipose tissue of boars. *Meat Sci.* **2015**, *99*, 60-7. doi: 10.1016/j.meatsci.2014.08.015.

Wesoly, R.; Weiler, U. Nutritional Influences on Skatole Formation and Skatole Metabolism in the Pig. *Animals* **2012**, *2*, 221–242, doi: 10.3390/ani2020221

Wiercinska, P.; Lou, Y.; Squires, E. J. The roles of different porcine cytochrome P450 enzymes and cytochrome b5A in skatole metabolism. *Animal* **2012**, *6*, 834-845, doi: 10.1017/S1751731111002175.

Zamaratskaia, G.; Gilmore, W.J.; Lundström, K.; Squires, E.J. Effect of testicular steroids on catalytic activities of cytochrome P450 enzymes in porcine liver microsomes. *Food Chem. Toxicol.* **2007**, *45*, 676-681, doi: 10.1016/j.fct.2006.10.023

Zamaratskaia, G.; Rasmussen, M.K. Is it possible to reduce androstenone by dietary means? *Adv. Anim. Biosci.* **2018**, *Volume 9, Special Issue s1*, s22

*Die englische Version dieser Übersicht wurde im August 2019 von der Leitungsgruppe der **COST action IPEMA (Core Group: Marijke Aluwe, Ge Backus, Giuseppe Bee, Michel Bonneau (Stellvertretender Leiter), Eberhard von Borell, Meta Candek-Potokar, Olena Doran, Maria Font-i –Furnols, Catherine Larzul, Martin Skrlep, Igor Tomasevic, Liliana Tudoreanu, Mandes Verhaagh, Ulrike Weiler (Leitung))** veröffentlicht ([www.ca-ipema.eu](http://www.ca-ipema.eu)).*

*Die deutsche Übersetzung machten **Kevin Kress und Thilo Chillon** in Abstimmung mit Ulrike Weiler. Wir bedanken uns beim **Era-NET SuSan, project SuSi** (co-financing by the European Union's Horizon 2020 Research & Innovation Programme and German Federal Office for Agriculture and Food), grant number 696231 für die Unterstützung bei der Erstellung der deutschsprachigen Version.*