

Fakten zur Schweinefleischproduktion mit Immunkastraten

Hintergrund: Die chirurgische Kastration von Eberferkeln wird traditionell ohne Betäubung und ohne Schmerzlinderung durchgeführt. Dieser schmerzhafteste Eingriff stellt somit ein Tierschutzproblem dar, das zunehmend in der Öffentlichkeit kritisiert wird. Bereits 2010 haben sich daher auf europäischer Ebene verschiedene Vertreter der Produktionskette für Schweinefleisch freiwillig verpflichtet die chirurgische Ferkelkastration bis 2018 zu beenden. Als Voraussetzung dafür wurde genannt, dass zufriedenstellende Lösungen für die verschiedenen Herausforderungen gefunden werden, die mit der Jungebermast verbunden sind. Jungeber haben im Vergleich zu Börgen den Vorteil eines höheren anabolen Potentials, das eine bessere Futterverwertung und eine geringere N-Ausscheidung bedingt und zu einem höheren Magerfleischanteil des Schlachtkörpers führt. Allerdings wurde bisher das Risiko geruchsbelasteter Schlachtkörper, das wichtigste Qualitätsproblem in der Fleischerzeugung mit Jungebern, nicht zuverlässig gelöst. Die wichtigsten Komponenten, die für den Geschlechtsgeruch des Ebers verantwortlich gemacht werden, sind Androstenon und Skatol. Beide Substanzen sind fettlöslich und können sich aufgrund der fortschreitenden Pubertät bis zur Schlachtung im Fett der Jungeber anreichern. Zudem ist das Fett der Jungeber durch einen höheren Anteil an ungesättigten Fettsäuren begrenzt für die Herstellung von hochwertigen Rohwurst- und Schinkenprodukten geeignet. Darüber hinaus gibt es aufgrund der zunehmenden Bildung männlicher Hormone in der Pubertät eberspezifische Tierschutzprobleme, die durch Sexualverhalten und Aggressionen (z.B. Verletzungen, Lahmheit etc.) entstehen. Diese Probleme (die mit der Mast von Jungebern einhergehen) führen zu einem gesteigerten Interesse innerhalb der Wertschöpfungskette an tierfreundlichen und zuverlässigen Ansätzen zur Produktion von hochwertigem Schweinefleisch. Einer dieser Ansätze ist die Immunkastration (Übersicht bei Kress 2019). Die Immunkastration kann mit Improvac® von Zoetis und Valora® von Ceva durchgeführt werden, wobei der zweite Impfstoff für Europa noch keine Zulassung hat. Die meisten Studien zur Auswirkung der Immunkastration auf die Schlachtkörper- und Fleischqualität stammen aus Studien, die mit Improvac® durchgeführt wurden. Daher bezieht sich das vorliegende Informationsblatt überwiegend auf diesen Impfstoff.

Immunkastration, eine Alternative zur chirurgischen Ferkelkastration: Die Immunkastration ist eine Impfung mit Improvac® und führt zu einer aktiven Immunisierung gegen GnRH, ein Schlüsselhormon der endokrinen Kaskade, welches die Hodenfunktionen reguliert. In einem Abstand von mindestens 4 Wochen werden zwei aufeinanderfolgende Impfungen durchgeführt, welche die Produktion von Antikörpern gegen das GnRH bewirken. Die gebildeten Antikörper binden endogenes GnRH und unterdrücken somit temporär die Hodenfunktion für mindestens 10 Wochen, danach nehmen die Hoden ihre Funktion wieder auf (Thompson, 2000; Claus et al., 2008; Einarsson et al., 2009). Die erste Impfung (V1) dient der Erkennung des Antigens und löst nur eine geringe Antikörperproduktion aus. Daher unterscheiden sich die Immunkastraten endokrin und physiologisch bis zur zweiten Impfung (V2), nicht von Jungebern und weisen die gleiche Wachstumsleistungen und

Verhaltensweisen auf. Bei korrekter Ausführung der beiden Impfungen (V1/V2) und einer ausreichenden Immunreaktion werden nach der zweiten Impfung die Hodenfunktionen zuverlässig unterdrückt und bis zur Schlachtung die Bildung von Ebergeruch verhindert. Zur Vermeidung geruchsbelasteter Schlachtkörper sollte V2 etwa 4 bis 6 Wochen vor der Schlachtung durchgeführt werden (Batorek et al., 2012a; Poulsen Nautrup et al., 2018). Ein großer Vorteil der Immunkastration besteht darin, dass sowohl die mit der chirurgischen Ferkelkastration verbundenen Schmerzen als auch das Risiko einer Wundinfektion vermieden werden. Hierdurch sinkt die Häufigkeit von Morbidität und Mortalität aufgrund von postoperativen Komplikationen (Morales et al., 2017). Die Immunkastration ist auch bei Kryptorchiden wirksam. Damit ermöglicht sie die Vermeidung der bei diesen Tieren anspruchsvollen chirurgischen Kastration (Binneneber-Op) und reduziert das Risiko geruchsbelasteter Schlachtkörper erheblich (Gutzwiller & Ampuero Kragten, 2013).

Herausforderungen in der Schweinefleischproduktion mit Immunkastraten: Die Akzeptanz der Immunkastration in der Praxis hängt zentral von der Lebensmittelsicherheit für den Verbraucher ab. Die Sicherheit für die Verbraucher und die Zuverlässigkeit des Impfstoffes sind gut dokumentiert. Im Rahmen des Zulassungsverfahrens für Improvac® wurde die Lebensmittelsicherheit durch die europäische Arzneimittelbehörde (EMA) evaluiert. Dazu wurde in mehreren Studien die hormonelle Wirksamkeit des im Impfstoff verwendeten synthetischen Antigens untersucht (EMA, 2010). GnRH selbst hat keine immunogene Wirkung und stimuliert daher keine Antikörperproduktion. Der synthetische Impfstoff besteht daher aus einem GnRH-Fragment (AS 2-10), welches an ein Trägerprotein (Diphtherietoxoid) gekoppelt ist und mit einem Adjuvans (DEAE-Dextran) zur besseren Immunreaktion verabreicht wird (Patent US 8,741.303B2). Das GnRH-Fragment hat im Vergleich zu der Injektion des intakten GnRH (AS 1-10) nur eine Potenz von 0,2% auf die Freisetzung des luteinisierenden Hormons, das physiologisch durch GnRH kontrolliert wird (Clarke et al., 2008) und hat somit selbst als Reinsubstanz keine hormonelle Wirkung. Der Grund dafür ist, dass dem GnRH-Fragment eine für die Rezeptorbindung entscheidende Aminosäure fehlt (Dorn & Griesinger, 2009). Das Trägerprotein wird auch in anderen Impfstoffen verwendet und hat nachweislich weder eine toxische Wirkung noch hormonelle Aktivität (EMA, 2010). In extrem seltenen Fällen (1 pro 1 Mio.), kann es wie bei allen Impfungen, innerhalb weniger Minuten nach der Injektion beim Tier, zu einer schweren allergischen Reaktion kommen. Die Anwendung des Impfstoffes durch geschultes Personal (subkutan unmittelbar hinter dem Ohr) minimiert dieses Risiko und andere Nebenwirkungen beim Schwein. Die orale Wirksamkeit des Impfstoffes wurde an Schweinen und Ratten getestet und es konnte dargestellt werden, dass der Impfstoff bei Verzehr nicht wirksam ist (Clarke et al., 2008). Daraus resultiert, dass für Improvac® keine Wartezeit zwischen Anwendung und Schlachtung eingehalten werden muss (EMA, 2017). Das Hauptrisiko für den Anwender ist eine mögliche Selbstinjektion des Impfstoffes. Im Bericht der europäischen Arzneimittelbehörde (EMA; 2010), zur Zulassung von Improvac®, wird das Risiko von Selbstinjektionen auf 0,00004% geschätzt. Um das Risiko von Selbstinjektionen zu minimieren wurde vom Impfstoffhersteller eine Sicherheits-Impfpistole für die Vakzinierung entwickelt (Europäische Kommission, 2019). Dennoch müssen die möglichen Folgen einer Selbstinjektion abgeschätzt werden, da GnRH auch beim Menschen entscheidend für die

Fruchtbarkeit ist. In der GnRH-Aminosäuresequenz zwischen Schwein und Mensch gibt es keine Unterschiede (D'Occhio, 1998). Eine zweifache Impfung gegen GnRH würde daher zu einer vorübergehenden Unfruchtbarkeit beim Menschen führen, sowohl bei Frauen als auch bei Männern. Nach einer versehentlichen Selbstimpfung dürfen Anwender daher keine weiteren Impfungen durchführen, um zu verhindern, dass eine hohe GnRH-Antikörperproduktion durch eine zweite versehentliche Selbstinjektion ausgelöst wird. In einer Studie von Simms und Co-Autoren (2000) mit Prostatakrebspatienten wurde eine zweifache GnRH-Impfung getestet, um das testosteroninduzierte Tumorwachstum bei Patienten mit fortgeschrittenem Prostatakrebs zu unterdrücken. Bei fünf von 12 Patienten wurde ein signifikanter Rückgang der Testosteronkonzentration festgestellt. Die Hemmung der Hodenfunktion war vorübergehend und Testosteron erreichte bei den geimpften Patienten nach 9 Monaten wieder normale Konzentrationen.

Managementkonsequenzen für die Schweineproduktion mit Immunkastraten:

Für eine erfolgreiche Immunkastration muss der in Europa verfügbare Impfstoff (Improvac®) wie dargestellt mindestens zweimal appliziert werden. Wie bei jeder anderen Impfung sind nur gesunde Tiere geeignet. Die V1 kann im Alter von 8-9 Wochen durchgeführt werden. Eine solch frühe Impfung wird jedoch nicht empfohlen, wenn die Ferkel verkauft und nicht auf dem gleichen Betrieb weiter gemästet werden. Ein 100%er Impferfolg setzt voraus, dass zwei Impfungen stattgefunden haben. Die kann der Mäster beim Kauf der Ferkel aber nicht kontrollieren, weshalb empfohlen wird, die Tiere erst während der Mast zu impfen. Folglich wird die erste Impfung meist zu Beginn in der Mastperiode durchgeführt, etwa im Alter von 12 Wochen. Diese (V1) hat -wie dargestellt- nur geringe Auswirkung auf die Hodenhormonproduktion. Die Tiere sind somit vor der V2 hinsichtlich des Wachstumsvermögens den Jungebern gleichzusetzen. Die V2 sollte mindestens 4 Wochen nach der ersten Impfung durchgeführt werden und führt dann nach einer Woche zu einem Rückgang der Hodenhormon- und Androstenonproduktion. Zwei Wochen nach der V2 gleichen die Immunkastraten in Futteraufnahme und Stoffwechsel sowie dem Aggressions- und Sexualverhalten eher Börgen als Jungebern. Die empfohlene Zeitspanne zwischen der V2 und der Schlachtung beträgt etwa 4 bis 5 Wochen. In dieser Zeit werden die beiden Schlüsselsubstanzen des Ebergeruchs, Androstenon und Skatol, aus dem Fettgewebe ausgelagert und abgebaut. Die Hemmung der Hodenfunktion ist jedoch nur vorübergehend, denn Langzeitstudien belegen die Wiederaufnahme der Hodenfunktion bei erfolgreich immunisierten Ebern nach 10 bis 24 Wochen (Claus et al., 2008). Daher wird sicherheitshalber eine dritte Impfung empfohlen, wenn Tiere in einem höheren Alter geschlachtet werden, wie z.B. in der ökologischen Schweinefleischerzeugung oder bei einigen traditionellen Rassen mit niedrigerem Wachstumspotential. Eine dritte Impfung wird auch dann empfohlen, wenn sich die Immunkastraten zwei Wochen nach V2 noch wie Jungeber verhalten oder die Hodengröße denen der Jungeber gleicht, um mögliche Impfversager zu vermeiden. Immunkastraten zeigen bei erfolgreicher Immunisierung zwei Wochen nach V2, weniger aggressives Verhalten und Aufsprungverhalten als Jungeber (Rydhmer et al., 2006, Reiter et al., 2017). Dies vermindert Probleme mit Lahmheiten und anderen Skelettproblemen in der Endmast, die durch aufspringende Tiere verursacht werden (Rydhmer et al., 2006). Darüber hinaus können bei der Mast von unkastrierten Ebern Penisverletzungen durch Penisbeißen nach dem Ausschachten verursacht werden.

Eine hohe Häufigkeit von Penisverletzungen wurde für Masteber, aber auch für Wildschweinkeiler in der Paarungszeit beschrieben. Bei Mastebern nahm die Häufigkeit der Penisverletzungen mit dem Alter zu (Weiler et al., 2016; Reiter et al., 2017). Die Immunkastration reduziert die Häufigkeit und Schwere von Penisverletzungen (Reiter et al., 2017). Dieser Effekt ist deutlicher, wenn Tiere frühzeitig geimpft werden (z.B. V1/V2 im Alter von 8/12 Wochen: 16,7% Tiere mit Penisverletzungen; V1/V2 im Alter von 12/18 Wochen: 41,7% Tiere mit Penisverletzungen; Reiter et al., 2018). Bei restriktiver Fütterung kann es nach V2 jedoch zu aggressiverem Verhalten und damit zu einer steigenden Häufigkeit von Hautläsionen bei Immunkastraten kommen, da die Futteraufnahme nach der zweiten Impfung um 25% ansteigt. Das aggressive Verhalten und die Häufigkeit von Hautläsionen können hierdurch das Niveau von Jungebern erreichen (Batorek et al., 2012b).

Die Wahl des zweiten Impfzeitpunkts ist eine Möglichkeit, um die Schlachtkörperqualität und Leistungen der Tiere an die Anforderungen des Marktes anzupassen. Nach der zweiten Impfung haben immunkastrierte Schweine höhere durchschnittliche Tageszunahmen als Jungeber, aber die Futterverwertung verschlechtert sich tendenziell (Batorek et al., 2012a; Weiler et al., 2013). Die Tiere werden fetter, da die anabolen Effekte der Hodenhormone nachlassen (Čandek-Potokar et al., 2017). Insgesamt zeigt sich in einer Meta-Analyse von Poulsen Nautrup et al. (2018), die auf 78 Studien basiert, dass Immunkastraten in Bezug auf Wachstumsleistungen und Schlachtkörpererträge effizienter sind als Jungeber und Böрге. Im Vergleich zu Börgen weisen Immunkastraten über die gesamte Mastdauer um 26,30 g/Tag höhere täglich Zunahmen auf und die Futterverwertung ist um 0,223 kg Futter/kg Zunahme verbessert. Im Vergleich zu Jungebern haben Immunkastraten um 59,4 g/Tag höhere Zunahmen, aber die Futterverwertung ist um 0,072 kg Futter/kg Zunahme schlechter (Poulsen Nautrup et al., 2018). Auch in einer anderen Meta-Analyse (Batorek et al., 2012a), zeigte sich wie in der ersten (Poulsen Nautrup et al., 2018), dass es Qualitätsunterschiede in den Schlachtkörpern zwischen Jungebern, Immunkastraten und Börgen gibt. Der Magerfleischanteil der Schlachtkörper ist am höchsten bei Jungebern, gefolgt von Immunkastraten und Börgen. Insbesondere sind die Gewichte von Schinken und Schulter bei Jungebern und Immunkastraten deutlich höher als bei Börgen. Die Fleischqualität von Immunkastraten ist mit der von Börgen vergleichbar, da das intramuskuläre Fett, durch die Impfung, zunimmt und der Ebergeruch bis zur Schlachtung abgebaut wird. Das Fettgewebe von Immunkastraten und Börgen enthält mehr gesättigte Fettsäuren, die für die Verarbeitung besser geeignet sind, als Fett von Ebern, das mehr ungesättigte Fettsäuren aufweist (Čandek-Potokar et al., 2017). Dieser Faktor ist besonders wichtig bei der Herstellung von traditionellen Rohwurst- und Rohschinkenprodukten, da diese eine lange Reifezeit haben (Poulsen Nautrup et al., 2018; Bonneau et al., 2018).

Eine weitere Voraussetzung für den Markterfolg der Immunkastration ist die Zuverlässigkeit und Wirksamkeit der Impfung. Mehrere Reviews (Zamaratskaia und Rasmussen, 2015; Čandek-Potokar et al., 2017; Škrlep et al., 2014) haben bereits das Phänomen von Impfversagern beschrieben. Im Durchschnitt reagieren jedoch nur 0-3% der Schweine nicht erfolgreich auf die Impfungen, d.h. mit einer zu geringen Antikörperbildung. Als Ursachen wurde diskutiert, dass diese Tiere versehentlich nur einmal geimpft wurden oder gesundheitliche Probleme zum Zeitpunkt der Impfung bestanden haben könnten. Die Meta-Analysen von Batorek et al. (2012a) und Poulsen Nautrup et al. (2018) zeigen, dass die

Immunokastration geruchsbelastete Schlachtkörper sehr sicher verhindert und eine zuverlässige Methode zur Vermeidung von Ebergeruch ist. Es scheint, dass bei sachgemäßer Handhabung des Impfstoffs, korrekter Lagerung und Einhaltung der Impfpfehlungen des Herstellers nahezu 100% der geimpften Tiere ausreichend Antikörper produzieren um die Hodenfunktionen zu unterdrücken. Ob Immunkastraten nach der Schlachtung auf Ebergeruch getestet werden sollten oder nicht, ist eine unternehmerische Risikoentscheidung. Bei einem angenommenen Anteil von 3% Impfversagern und einem Anteil an geruchsbelasteten Schlachtkörpern von 10 bis 30% bei intakten Ebern, liegt das Risiko von geruchsauffälligen Schlachtkörpern von Immunkastraten bei 0,3 bis 0,9% (Kress et al. 2019). Da beim derzeit verwendeten Human-Nose-Test geruchsauffällige Schlachtkörper von Ebern am Band auch nicht vollständig erkannt werden (Mathur et al., 2013) ist davon auszugehen, dass selbst bei vollständigem Verzicht von Geruchskontrollen bei Immunkastraten weniger geruchsbelastete Schlachtkörper von Immunkastraten auf dem Markt gelangen, als von kontrollierten Ebern.

Die Immunokastration kann auch für alternative und extensive Produktionssysteme eingesetzt werden, bei denen die Tiere länger gemästet werden und teilweise in Freilandhaltung mit potenziellem Kontakt zu Wildschweinen gehalten werden. Weibliche Tiere werden in manchen dieser Systeme traditionell chirurgisch kastriert, um eine unerwünschte Trächtigkeit während der Mast zu vermeiden. Die Immunokastration erlaubt es hier, den chirurgischen Eingriff zu vermeiden (Dalmau et al., 2015). Die Fleischqualität von immunkastrierten Jungsauen ist dabei nicht beeinträchtigt (Martinez-Macipe et al., 2015). So könnte der Tierschutz durch Immunokastration auch in traditionellen oder alternativen Produktionssystemen verbessert werden.

Die Immunokastration kann auch sinnvoll in der ökologischen Schweineproduktion eingesetzt werden. In einer Studie von Grela et al. (2013) wurden Jungeber, Immunkastraten, Börgen und Jungsauen unter ökologischen Haltungsbedingungen gemästet. Die Wachstumsleistung sowie die Futtermittelverwertung und der Magerfleischanteil waren auch unter diesen Produktionsbedingungen bei Immunkastraten höher als bei Börgen oder Jungsauen. Die Immunokastration wurde dabei sowohl aus Sicht der Produktion als auch aus Sicht der Fleischqualität positiv bewertet. Bei ökologischen Produktionssystemen ist wie bei sehr extensiven Verfahren nur zu berücksichtigen, dass die Tiere bei längerer Mast oder Haltung in gemischtgeschlechtlichen Gruppen früher und gegebenenfalls ein drittes Mal geimpft werden sollten, um unerwünschte Trächtigkeiten und Ebergeruch sicher zu vermeiden.

Literatur:

- 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*, **2012a**, *6*, 1330-1338
- Batorek, N.; Škrlep, M.; Prunier, A.; Louveau, I.; Noblet, J.; Bonneau, M.; Čandek-Potokar, M. Effect of feed restriction on hormones, performance, carcass traits, and meat quality in immunocastrated pigs. *J. Anim. Sci.* **2012b**, *90*, 4593-4603.
- 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.; Zamaratskaia, G. Immunocastration as Alternative to Surgical Castration in Pigs. *Theriogenology* **2017**, *6*, 109-126.
- Clarke, I.J.; Walker, J.S.; Hennessy, D.; Kreeger, J.; Nappier, J.M.; Crane, J.S. Inherent Food Safety of a Synthetic Gonadotropin-Releasing Factor (GnRF) Vaccine for the Control of Boar Taint in Entire Male Pigs. *Int. J. Appl. Res. Vet. Med.* **2008**, *6*, 7-14.
- Claus, R.; Rottner, S.; Rueckert, C. Individual return to Leydig cell function after GnRH-immunization of boars. *Vaccine* **2008**, *26*, 4571-4578.
- D'Occhio, M.J. Immunological suppression of reproductive functions in male and female mammals. *Anim. Reprod. Sci.* **1993**, *33*, 345-372.
- Dalmau, A.; Velarde, A.; Rodríguez, P.; Pedrera, C.; Llonch, P.; Fàbrega, E.; Casal, N.; Mainau, E.; Gispert, M.; King, V.; et al. Use of an anti-GnRF vaccine to suppress estrus in crossbred Iberian female pigs. *Theriogenology* **2015**, *84*, 342-347.

Dorn, C.; Griesinger, G. GnRH-Analoga in der Reproduktionsmedizin. *Gynäkologische Endokrinologie* **2009**, *7*, 161–170.

Einarsson, S.; Andersson, K.; Wallgren, M.; Lundström, K.; Rodríguez-Martínez, H. Short- and long-term effects of immunization against gonadotropin-releasing hormone, using ImprovacTM, on sexual maturity, reproductive organs and sperm morphology in male pigs. *Theriogenology* **2009**, *71*, 302–310.

EMA **2010**. European Medicines Agency EPAR-Scientific Discussion. Available online: https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-discussion/improvac-epar-scientific-discussion_en.pdf (accessed on 9.7.2019).

EMA, **2017** European Medicines Agency. EPAR Summary for the Public. Available online: https://www.ema.europa.eu/en/documents/overview/improvac-epar-summary-public_en.pdf (accessed on 9.7.2019).

European Commission **2019** Establishing Best Practices on the Production, the Processing and the Marketing of Meat from Uncastrated Pigs or Pigs Vaccinated Against Boar Taint (Immunocastrated). 2019. Available online: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/animals/docs/aw_prac_farm_pigs_cast-alt_establishing-best-practices.pdf (accessed on 9.7.2019).

Grela, E.R.; Kowalczyk-Vasilev, E.; Klebaniuk, R. Performance, pork quality and fatty acid composition of entire males, surgically castrated or immunocastrated males, and female pigs reared under organic system. *Pol. J. Vet. Sci.* **2013**, *16*, 107–114.

Gutzwiller, A.; Ampuero Kragten, S. Suppression of boar taint in cryptorchid pigs using a vaccine against the gonadotropin-releasing hormone. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* **2013**, *155*, 677–680.

Kress, K.; Weiler, U.; Stefanski, V. Influence of housing conditions on antibody formation and testosterone after Improvac vaccinations. *Adv. Anim. Biosci.* **2018**, *9*, s19.

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

Martínez-Macipe, M.; Rodríguez, P.; Izquierdo, M.; Gispert, M.; Manteca, X.; Mainau, E.; Hernández, F.I.; Claret, A.; Guerrero, L.; Dalmau, A. Comparison of meat quality parameters in surgical castrated versus vaccinated against gonadotrophin-releasing factor male and female Iberian pigs reared in free-ranging conditions. *Meat Sci.* **2016**, *111*, 116–121.

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.; Wuyts, N. Surgical castration with pain relief affects the health and productive performance of pigs in the suckling period. *Porcine Health Manag.* **2017**, *3*, 18, doi: 10.1186/s40813-017-0066-1

Poulsen Nautrup, B.; Vlaenderen, I.V.; Aldaz, A.; Mah, C.K. 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-ScienceDirect. *Res. Vet. Sci.* **2018**, *119*, 182–195.

Rydhmer, L.; Zamaratskaia, G.; Andersson, H.K.; Algers, 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

Reiter, S.; Weiler, U.; Stefanski, V.; Ritzmann, M.; Zöls, S. Penile injuries in immunocastrated and entire male pigs of one fattening farm. *Adv. Anim. Biosci.* **2018**, *9*, s30.

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*, 71.

Simms, M.S.; Scholfield, D.P.; Jacobs, E.; Michaeli, D.; Broome, P.; Humphreys, J.E.; Bishop, M.C. Anti-GnRH antibodies can induce castrate levels of testosterone in patients with advanced prostate cancer. *Br. J. Cancer* **2000**, *83*, 443–446

Škrlep, M.; Batorek-Lukač, N.; Prevolnik-Povše, M.; Čandek-Potokar, M. Theoretical and practical aspects of immunocastration. *Stočarstvo Časopis za unapređenje stočarstva* **2014**, *68*, 39–49.

Thompson, D.L. Immunization against GnRH in male species (comparative aspects). *Anim. Reprod. Sci.* **2000**, *60–61*, 459–469

Weiler, U.; Götz, M.; Schmidt, A.; Otto, M.; Müller, S. Influence of sex and immunocastration on feed intake behavior, skatole and indole concentrations in adipose tissue of pigs. *Animal* **2013**, *7*, 300–308.

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.

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).

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.