

Aus der Klinik für Schweine
in Oberschleißheim
(Vorstand: Prof. Dr. Dr. Karl Heinritzi)
der Tierärztlichen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität München

**Überprüfung der Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit der Impfung gegen
Ebergeruch im Feldversuch**

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

von
Thomas Hügel
aus
Agnetheln

München 2010

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

Dekan:	Univ.-Prof. Dr. J. Braun
Referent:	Univ.-Prof. Dr. K. Heinritzi
Korreferent:	Univ.- Prof. Dr. E. Märtlbauer

Tag der Promotion
24.7.2010

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Literatur	2
2.1 Gesetzliche Regelungen in Europa.....	2
2.2 Möglichkeiten zur Verhinderung von Ebergeruch	3
2.2.1 Konventionelle Kastration.....	3
2.2.2 Allgemeinanästhesie	4
2.2.3 Lokalanästhesie	4
2.2.4 Inhalationsanästhesie.....	5
2.2.5 Impfung gegen Ebergeruch	6
2.2.6 Ebermast.....	8
2.2.7 Spermasexing	9
2.3 Funktion und Physiologie der Gonaden	10
2.3.1 Entstehung und Regulation der Geschlechtshormone	10
2.3.2 Wachstum der Gonaden.....	11
2.3.3 Verhalten in der Großgruppe.....	11
2.4 Ebergeruch	13
2.4.1 Androstenon	13
2.4.2 Skatol und Indol.....	16
2.4.3 Geruchswahrnehmung	18
2.5 Mastleistung.....	20
2.5.1 Mastleistung chirurgisch kastrierter Tiere	20
2.5.2 Mastleistung der Eber.....	21
2.5.3 Mastleistung der gegen Ebergeruch geimpfte Tiere.....	22
2.6 Schlachtkörper	24
2.6.1 Chirurgisch kastrierte Tiere	24
2.6.2 Eber.....	24
2.6.3 Gegen Ebergeruch geimpfte Tiere	26
3 Material und Methode	28
3.1 Ziel der Untersuchung.....	28
3.2 Versuchsbetriebe	28
3.2.1 Ferkelerzeugerbetriebe	29

3.2.2 Aufzüchter	29
3.2.3 Mastbetrieb.....	30
Maststall mit optiSORT-Sortierschleuse	31
Maststall mit optiSORT-Sortierschleuse	31
Konventioneller Maststall	33
Konventioneller Maststall.....	33
3.3 Versuchsaufbau	34
3.3.1 Versuchstiere	34
Klinische Untersuchung	34
Klinische Untersuchung	34
Zootechnische Maßnahmen	34
Zootechnische Maßnahmen	34
Medikation der Versuchstiere	35
Medikation der Versuchstiere	35
3.3.2 Versuchstierverluste	36
3.3.3 Gruppeneinteilung	36
Randomisierung.....	36
Randomisierung.....	36
Impfstoffapplikation.....	37
Impfstoffapplikation.....	37
3.3.4 Ermittlung der Gewichte und Tageszunahmen.....	39
3.3.5 Hodenmessung	41
3.3.6 Verhaltensbeobachtung.....	41
3.4 Schlachtung	43
3.4.1 Probenentnahme.....	43
3.4.2 Sensorische Untersuchung	44
3.4.3 Androstenonbestimmung.....	45
3.4.4 Schlachtdatenerhebung.....	46
3.4.5 Statistik.....	49
4 Ergebnis	50
4.1 Gewichte und Tageszunahmen	50
4.1.1 Gewichte und Tageszunahmen der Versuchstiere bis zur Masteinstellung.....	50
4.1.2 Gewichte und Tageszunahmen der Versuchstiere in der Mast	51
4.1.3 Maststall mit optiSORT-Sortierschleuse und Großgruppe (Stall 1)	54

4.1.4 Konventioneller Maststall mit Kleingruppen (Stall 2).....	56
4.1.5 Vergleich der Tageszunahmen zwischen den Mastställen	59
4.1.6 Errechnetes Körpergewicht der optiSORT-Anlage im Vergleich zu den Ergebnissen der Digitalwaage	62
4.1.7 Weitere Parameter der optiSORT-Anlage	63
4.2 Verhalten.....	64
4.2.1 Verhaltensbeobachtung im Großraumabteil (Stall 1).....	64
4.2.2 Kratzscore	65
4.3 Hodenmessung.....	66
4.4 Impfreaktionen	67
4.5 Schlachtdaten	68
4.5.1 Schlachtgewichte	68
4.5.2 Weitere Schlachtparameter	69
4.6 Sensorische Untersuchung	70
4.7 Androstenonbestimmung	70
5 Diskussion	71
5.1 Androstenon.....	72
5.2 Verhalten, Kratzscore und Hodengröße.....	73
5.3 Gewichte, Tageszunahmen und Tierverluste.....	75
5.4 optiSORT-Sortieranlage.....	76
5.5 Schlachtdaten	77
6 Schlussfolgerung	79
7 Zusammenfassung.....	81
8 Summary	83
Abbildungsverzeichnis	85
Tabellenverzeichnis	86
Literaturübersicht.....	88
Danksagung	109
Lebenslauf.....	111

Abkürzungsverzeichnis

ACTH	Adrenocorticotropes Hormon
DFD	dark, firm, dry (Fleischbeschaffenheit: dunkel, fest, trocken)
FSH	Follikel stimulierendes Hormon
G	gegen Ebergeruch geimpfte Tiere (Gruppe G)
GnRF	Gonadotropin Releasing Faktor
i.m.	intramuskulär
IMF	intramuskulärer Fettanteil
Inj	Injektion
i.v.	intravenös
K	Kastraten (Gruppe K)
LH	luteinisierendes Hormon
LG	Lebendgewicht
LM	Lebendmasse
MTP	Mikrotitertplatte
PSE	pale, soft, exsudative (Fleischbeschaffenheit: hell, weich, wässrig)
s.c.	subkutan
SG	Schlachtgewicht
ST	Studentag
TT	Trächtigkeitstag
TGZ	Tageszunahmen

1 Einleitung

In Europa werden die meisten männlichen Ferkel (125 Millionen) zur Vermeidung des Ebergeruchs im frühen Saugferkelalter ohne Anästhesie kastriert. Der Grund für die Kastration ist der so genannte Ebergeruch, welcher beim Erhitzen von Fleisch geschlechtsreifer Eber auftreten kann und von den meisten Verbrauchern als unangenehm wahrgenommen wird. Trotz jahrelanger Forschungen auf den Gebieten der Genetik, Zucht und Fütterung ist die Kastration männlicher Ferkel die sicherste Methode, um das Auftreten von geruchsbelastetem Eberfleisch zu vermeiden. Die Ferkelkastration ist in Deutschland auf Grund der EU-Richtlinien (RL 2001/88/EG und 2001/93/EG) bis zum siebten Lebenstag ohne Schmerzausschaltung erlaubt und wird größtenteils vom Landwirt durchgeführt. Das steigende Interesse der Öffentlichkeit an artgerechter Haltung und tierschutzkonformer Behandlung auch von Nutztieren, stellt die Ferkelkastration auch politisch immer häufiger in den Vordergrund. Der Verbraucher möchte Fleisch von guter Qualität zu einem niedrigen Preis, wobei Tiergesundheit und Tierkomfort (animal welfare) gewährleistet sein sollen. Im Zuge dessen wird eine schmerzlose Kastration oder zumindest eine Kastration unter Schmerzausschaltung gefordert.

Im Jahr 2008 wurde das Projekt PIGCAS (Attitudes, practices and state of the art regarding piglet castration in Europe) gegründet, um über die verschiedenen Kastrationsmöglichkeiten, sowie Untersuchungsergebnisse und Meinungen über die Ferkelkastration in Europa zu berichten. Ferner sollen mit Hilfe des Projektes bei der neuen Gesetzgebung bis Ende 2008 Empfehlungen für die Politik erarbeitet werden.

In der vorliegenden Untersuchung wird die Impfung gegen Ebergeruch mit der konventionellen, chirurgischen Frühkastration verglichen. Als Vergleichsparameter dienen das Körpergewicht in den verschiedenen Mastabschnitten und die Schlachtdaten der beiden Versuchsgruppen. Des Weiteren wird das Verhalten der Versuchstiere während der Mastperiode, sowie die Wirksamkeit der Impfung hinsichtlich des Auftretens von mit Ebergeruch belastetem Fleisch untersucht.

2 Literatur

2.1 Gesetzliche Regelungen in Europa

Auf Grund der EU-Richtlinien (RL 2001/88/EG und 2001/93/EG) dürfen in der Europäischen Union männliche Ferkel bis zum siebten Lebenstag ohne Schmerzausschaltung kastriert werden. Nach dem siebten Lebenstag muss die Kastration unter Anästhesie durch einen Tierarzt durchgeführt werden.

Als Reaktion des steigenden Verbraucherinteresses an artgerechter Haltung von Nutztieren haben sich die niederländischen Vermarkter auf dem PIGCAS-Kongress in Nordwijk (Niederlande) über die EU-Richtlinie 2001/93/EG hinaus freiwillig dazu entschieden, nicht erst wie von der niederländischen Regierung festgesetzt, ab dem Jahr 2015 sondern bereits ab 2009 auf die betäubungslose Saugferkelkastration zu verzichten (PIGCAS 2008).

In Norwegen ist seit 2002 die Kastration nur noch unter angemessener Schmerzausschaltung („appropriate analgesia“) möglich und ab 2009 sollte die betäubungslose Kastration vollständig verboten werden. Diese wird bis dahin von einem Tierarzt meist durch intratestikuläre Lokalanästhesie durchgeführt (BINDER et al. 2004, FREDRIKSEN und NAFSTAD 2006).

Ebenso entschied sich die Schweiz für einen Verzicht der betäubungslosen Saugferkelkastration ab 2009. Allerdings räumte sie einen Aufschub bis zum generellen Verbot der Kastration um zwei Jahre ein, wenn bis dahin keine praktikablen Alternativen zur chirurgischen Kastration gefunden werden (KUPPER und SPRING 2008). Die Inhalationsnarkose mit dem Inhalationsgas Isofluran und die Immunokastration sowie die Ebermast werden in der Schweiz als Alternativen empfohlen.

In Großbritannien, Irland und einigen Teilen Spaniens wird seit den 80er Jahren auf Grund höherer Tageszunahmen, effizienterer Futtermittelverwertung und einer höheren Schlachtkörperqualität die Ebermast durchgeführt (WALSTRA 1974, BROOKS und PEARSON 1986, VALHUN 1993, WALSTRA und VERMEER 1993, XUE et al. 1997). In diesen Ländern werden die Tiere zum größten Teil mit einem geringeren Schlachtgewicht (ca. 80 kg) als in Deutschland (ca. 120 kg KGW) geschlachtet.

2.2 Möglichkeiten zur Verhinderung von Ebergeruch

Die Hauptkomponenten des Ebergeruchs sind Androstenon und Skatol. Mit Erreichen der Geschlechtsreife werden diese Substanzen vermehrt im Hodengewebe produziert und reichern sich im Fettgewebe an. Um den unangenehmen Geruch und Geschmack beim Erhitzen des Fleisches zu vermeiden, werden seit Jahrhunderten Ferkel kastriert, da die Vermarktung von geruchsbelastetem Schweinefleisch in den meisten europäischen Ländern nicht möglich ist (BONNEAU 1987, ALDAL et al. 2005, ZAMARATSKAIA et al. 2005a, CHEN 2007).

2.2.1 Konventionelle Kastration

Die herkömmliche chirurgische Ferkelkastration wird in Deutschland fast ausschließlich durch den Landwirt durchgeführt. Das Ferkel wird ohne vorherige Betäubung in einem Kastrationsbock oder von dem Operateur selbst fixiert. Die Hoden werden durch Druck mit den Fingern der linken Hand nach kaudal gedrückt und mit einem durch den Hodensack sowie der darunter liegenden Tunica vaginalis geführten Schnitt freigelegt. Danach werden sie durch Durchtrennen der Samenleiter zusammen mit den Blutgefäßen abgesetzt. Die Wunde wird anschließend mit einem antibakteriellen Spray versorgt. Sie wird nicht verschlossen und das Ferkel nach diesem Eingriff sofort wieder in die Bucht zurückgesetzt (HEINRITZI 2006). Der Kastrationszeitpunkt spielt im Bezug auf den Stressfaktor eine wichtige Rolle. Um die Stressreaktionen zu beurteilen, werden von HEINRITZI et al. (2006) Katecholaminwerte (Adrenalin und Noradrenalin) von Ferkeln herangezogen, welche am vierten und 28. Lebenstag kastriert wurden. Hierbei stellen die Autoren fest, dass die Katecholaminkonzentrationen nach der Kastration bei vier Tage alten Ferkel signifikant höher liegen als die der im Alter von 28 Tagen kastrierten Tiere. Dieser stärkere Anstieg ist bei den jüngeren Ferkeln mit dem angeborenen Fluchtreflex zu erklären, welcher sie vor dem Erdrücken durch die Muttersau schützen soll (HEINRITZI et al. 2006). Die Wunden der am vierten Lebenstag kastrierten Ferkel heilen schneller und zeigen weniger Wundheilungsstörungen als die der am 28. Lebenstag kastrierten Tiere (HOBEL 1990, MARX und BRAUN 1990).

2.2.2 Allgemeinanästhesie

HEINRITZI (2006) beschreibt mehrere Möglichkeiten zur Kombinationsanästhesie beim Schwein. Zugelassen ist die Verwendung von Azaperon, (Stresnil® Fa. Janssen, Neuss) in der Dosierung 2 mg/kg Lebendmasse (LM) i.m. mit Ketamin, (Ursotamin® Fa. Serumwerk, Bernburg) in der Dosierung 15 -20 mg/kg LM i.m..

Eine chirurgische Toleranz wird mit dieser Kombination nicht vollständig erreicht. Etwa zehn Prozent der anästhesierten Ferkel zeigen Abwehrbewegungen mit Vokalisation (LAHRMANN et al. 2004). Auf Grund dessen kann zusätzlich nach Umwidmung Thiopental 5,5 mg/kg LM i.v. hinzu gegeben werden, welches sowohl die Narkosetiefe verbessert, als auch die Narkosedauer verlängert (SAERS et al. 2005). Die Injektionsnarkose verursacht eine lange Nachschlafzeit von bis zu drei Stunden und erhöht somit die Gefahr der Unterkühlung (KMIEC 2005, HEINRITZI et al. 2006b).

LAHRMANN et al. (2004) haben in ihren Versuchen die operierten Ferkel in einer Pappschachtel fünf Stunden nach der Operation im Ferkelnest separiert, um ein Erdrücken durch die Muttersau, aber auch die Attacken von Seiten der Wurfgeschwister, zu verhindern. Durch den langen Nachschlaf werden Säugezeiten ausgelassen und somit kann der Nahrungsbedarf in dieser Zeit nicht optimal gedeckt werden. Bei diesem Versuchsaufbau starben innerhalb 24 Stunden nach der Operation drei Prozent mehr Tiere als bei den konventionell kastrierten Ferkeln. Außerdem traten signifikant vermehrt Wundheilungsstörungen bei den unter Allgemeinanästhesie kastrierten Ferkeln auf als bei den herkömmlich kastrierten.

2.2.3 Lokalanästhesie

Zur intratestikulären und subkutanen Lokalanästhesie wird in Versuchen von WHITE et al. (1995) Lidocain verwendet. Die meisten Ferkel zeigen reduzierte Vokalisation und Nozizeption, wohingegen der Herzschlag und die Frequenz der Schreie bei ca. 10% der Ferkel auf eine Schmerzreaktion während der Kastration hinweisen (WHITE et al. 1995, HAGA und RANHEIM 2005). WALDMANN et al. (1994) verwenden Hostacain als Lokalanästhetikum und konnten deutliche Abwehrbewegungen der Ferkel auf Grund von Schmerzen während der Injektion und der anschließenden Kastration feststellen. Das Durchtrennen des Samenleiters stellt sich als die schmerzhafteste Aktion bei einer Kastration dar (HAGA und RANHEIM 2005). Von der Applikation bis zur vollen Wirkungsentfaltung des Lokalanästhetikums dauert es

ca. zehn Minuten. Nach der Kastration ist der Musculus cremaster durch die lokale Anästhesie betäubt und kontrahiert sich erst nach Beendigung der Wirkung des Lokalanästhetikums. In dieser Zeit können Keime in die Wunde aufsteigen und zu Wundheilungsstörungen führen (HEINRITZI et al. 2006b). In Deutschland ist nur Procainhydrochlorid als Lokalanästhetikum für Schweine zugelassen, welches einen niedrigeren pH-Wert als Lidocain aufweist. Laut ZÖLS et al. (2006) führt die Applikation von Procainhydrochlorid zu Abwehrbewegungen der Ferkel. Des weiteren tragen der Einstich der Kanüle und das Injektionsvolumen des Arzneimittels ebenfalls zu den postoperativen Schmerzen bei. Aus diesem Grund verwenden HORN et al. (1999) und GUTZWILLER (2003) in ihren Untersuchungen sehr dünne Injektionsnadeln und ein pH-neutrales Lokalanästhetikum (Lidocain). Der postoperative Schmerz eine Stunde nach der Kastration ist in Untersuchungen von ZANKL et al. (2007) durch die ausbleibende Verminderung der schmerzbedingten neuroendokrinen Stressreaktion nicht niedriger als diejenige der nicht anästhesierten Ferkel. KLUIVERS-POODT et al. (2007) können in ihren Untersuchungen 20 Minuten nach der Kastration eine Verringerung der Stressparameter (Serumkortisolwerte) feststellen, jedoch nehmen die schmerzbedingten Verhaltensänderungen zu.

2.2.4 Inhalationsanästhesie

Bei der Inhalationsnarkose wird ein Narkosegas vom Tier eingeatmet und über die Lunge resorbiert. Das Narkotikum gelangt über den Blutstrom in das Gehirn und alle anderen Organe. Auf Grund der raschen Anflutung des Narkotikums sind die Einleitungszeit und die Rekonvaleszenzzeit kurz. Nach Unterbrechung der Gaszufuhr wird das Inhalationsnarkotikum rasch über die Lunge wieder abgeatmet. Halothan ist als Narkosegas in Deutschland nicht zugelassen. Ein Kohlendioxid-Sauerstoff Gemisch (CO²) mit einem Verhältnis von 70% Kohlenstoffdioxid zu 30% Sauerstoff wird derzeit in den Niederlanden als das Mittel der Wahl zur schmerzfreien Kastration angewendet (PIGCAS 2008). Isofluran ist das einzige für das Schwein in Deutschland zugelassene Inhalationsnarkotikum, welches durch die Umwidmungsstufe 3 verwendet werden darf (SCHULZ et al. 2007).

KOHLER et al. (1998) vergleichen in ihren Untersuchungen die Halothannarkose mit der CO²-Narkose. Bei der Einleitungsphase von fünf prozentigem Halothan und Sauerstoff als Trägergas zeigen die Ferkel weniger Abwehrbewegungen und Vokalisation als bei der CO²-Narkose. Die Einleitungsphase (ca. 180 Sekunden) mit

Halothan ist im Vergleich zur Einleitungsphase mit CO² um etwa eine Minute verlängert (WENGER et al. 2002).

Die Inhalationsnarkose unter CO² mit einem Verhältnis von 70% Kohlendioxid zu 30% Sauerstoff führt bei der Einleitung zu einer massiven Hyperventilation, Schnappatmung und massiven Abwehrbewegungen (LAUER et al. 1994, STEENBLOCK 2002). Dieses wird hervorgerufen durch den Überschuss an Kohlendioxid, welcher wiederum zu einer Stimulierung des Atemzentrums in der Medulla oblongata des Gehirns führt (COENEN et al. 1995, MARTOFT et al. 2003). Untersuchungen von SVENDSEN (2006) zeigten, dass im Rückenmark der unter CO²-Narkose kastrierten Ferkel deutlich weniger positive c-Fos-Neurone zu finden sind, als im Rückenmark der ohne Narkose kastrierten Ferkel. Anhand dieser Ergebnisse kann eine komplette Unterbrechung der Nozizeption und somit eine Analgesie während der Narkose unter CO²-Inhalationsnarkose angenommen werden.

Die Cortisol-, ACTH- und β -Endorphin-Konzentrationen im Blut können zur Analyse der neuroendokrinen Stressreaktion verwendet werden (PRUNIER et al. 2005). In Untersuchungen von WALKER et al. (2004) und SCHULZ et al. (2007) kann gezeigt werden, dass die Isofluran-Inhalationsnarkose keine ausreichende analgetische Wirkung besitzt, da die Cortisol-, ACTH- und β -Endorphin-Konzentrationen bei betäubungslos und unter Inhalationsnarkose kastrierten Tieren sich statistisch nicht voneinander unterscheiden. Allerdings ist die Einleitungsphase mit Isofluran als Inhalationsnarkotikum mit weniger Abwehrbewegungen verbunden als unter CO²-Inhalationsnarkose.

2.2.5 Impfung gegen Ebergeruch

Bei der Impfung gegen Ebergeruch erfolgt eine Immunisierung der männlichen Tiere mit dem Impfstoff Improvac[®] (Fa. Pfizer Berlin, Deutschland), wobei eine Immunreaktion gegen den endogenen Gonadotropin-Releasing-Faktor (GnRF), welcher die Hodenfunktion und die Testosteronausschüttung steuert, induziert wird (BONNEAU et al. 1994, DUNSHEA et al. 2001). Testosteron ist das bedeutendste und bekannteste Androgen und wird wie Androstenon, der Hauptverursacher von Ebergeruch, ebenfalls in den Leydigischen Zwischenzellen des Hodens durch die Wirkung von LH produziert. Durch die zweimalige Injektion von Improvac[®] sinken die Testosteronwerte im Blutplasma von 2,77 ng/ml auf 0,11 ng/ml signifikant ab (METZ

et al. 2002). Bei der aktiven Immunisierung gegen das körpereigene GnRF wird die Bildung von Geschlechtshormonen unterdrückt. Die Wirkungsmechanismen der Geschlechtshormone und deren regulierende Faktoren sind in Kapitel 2.3.1 beschrieben. Der wirksame Bestandteil dieses Präparats ist ein synthetisch hergestelltes, verkürztes, unvollständiges GnRF-Analogon, welches mit einem immunogenen Trägerprotein konjugiert ist. Das Konjugat wird mit einem Adjuvans versetzt, um die Wirksamkeit und Dauer des Impfschutzes zu steigern. Hierbei handelt es sich pro Dosis um ein ölfreies Adjuvans (300 mg), bestehend aus Thiomersal (0,2 mg), GnRF-Analogon (0,4 mg) und Wasser für Injektionszwecke für eine Initialdosis von 2 ml. Durch die Immunisierung und die Bindung des GnRF mittels Antigen-Antikörper-Reaktion erfolgt eine Senkung des Testosteron- und Androstenonspiegels. Nach der ersten Impfung bleibt die Hodenfunktion zunächst vollständig erhalten. Erst zwei bis drei Wochen nach einer Zweitdosis (Boosterung), welche frühestens vier Wochen nach der ersten Injektion erfolgen soll, wird eine Immunreaktion gegen GnRF hervorgerufen. Letztere bewirkt eine vorübergehende immunologische Kastration. Durch die vor allem nach der zweiten Injektion gebildeten GnRH-Antikörper wird der Stimulus der Sekretion von LH in der Hypophyse unterbunden.

Wegen der Blockade der Steroidsynthese kommt die Sekretion der Geschlechtshormone in den Hoden zum Erliegen und sie atrophieren (OONK et al. 1995, OLIVER et al. 2003, JAROS et al. 2005). Die Verkleinerung der Hoden kann als Beurteilungskriterium zur Kontrolle der korrekten Applikation des Impfstoffes dienen (HENNESSY et al. 2000).

ZAMARATSKAIA et al. (2007) untersuchen den Langzeit-Effekt der Immunisierung der Tiere bis zu 22 Wochen nach der zweiten Injektion. Dabei kann bis zum Ende der Studie eine erfolgreiche Unterdrückung der Hodenfunktion durch Bestimmung der Testosteronwerte nachgewiesen werden.

Eine versehentliche Selbstinjektion kann bei Männern und Frauen Unfruchtbarkeit erzeugen, die Schwangerschaft beeinflussen und eine Atrophie der Sexualorgane bewirken. Das Präparat sollte daher nicht von schwangeren Frauen verabreicht werden. Im Falle einer versehentlichen Selbstinjektion muss die Einstichstelle gründlich mit sauberem, fließendem Wasser ausgewaschen werden und sofort ein Arzt zu Rate gezogen werden. Von einer weiteren Arbeit mit dem Präparate wird dringlichst abgeraten. Dem Anwender wird vorgeschrieben, einen Sicherheitsinjektor

zu verwenden, der vor Nadelstichverletzungen und versehentlichem direkten Kontakt mit dem Präparat schützt. Die Injektion soll nur bei klinisch gesunden Tieren und in einem Abstand von mindestens zehn Tagen einer anderen Vakzination s.c. direkt hinter dem Ohr erfolgen. Bei der s. c. Injektion soll die Kanüle beweglich sein und der Einstich senkrecht am caudalen Rand und gleichzeitig am höchsten Punkt des Ohrgrundes erfolgen (HEINRITZI et al. 2006a). An der Einstichstelle können vereinzelt leichte Schwellungen auftreten, die in seltenen Fällen bei einigen Tieren über mehrere Wochen anhalten, bevor sie langsam abklingen. Der Impfstoff muss bei einer Temperatur von 2°- 8°C gelagert, transportiert und vor Licht geschützt werden. Nach Anbruch einer Injektionsflasche ist der Impfstoff innerhalb von zehn Stunden unter Raumtemperatur oder innerhalb von 28 Tagen unter den Lagerungsbedingungen von 2°- 8°C zu verbrauchen (VETPHARM 2009).

Der Impfstoff ist in Ländern wie Australien und Neuseeland seit 1998, in der Schweiz seit 2007 (BIELEFELD 2006) und seit dem 11.05.2009 auch in Deutschland zugelassen. Außerdem kam der gegen GnRF immunisierende Impfstoff bereits in vielen Ländern weltweit zum Einsatz.



**Abbildung 1: Funktionsmechanismus der Impfung gegen Ebergeruch
(Pig Progress 2006)**

2.2.6 Ebermast

In einigen Ländern Europas wird die Ebermast durchgeführt. So werden in England und Irland seit ca. 25 Jahren intakte Eber geschlachtet. Die Anzahl der als Eber geschlachteten Tiere belief sich nach PIGCAS (2008) in Großbritannien auf 4,46 Millionen von insgesamt 9,1 Millionen geschlachteten Schweinen. Lediglich 0,09%

der in England geschlachteten Schweine werden chirurgisch kastriert. In Spanien, Portugal und Griechenland nimmt die Anzahl der Ebermastbetriebe wieder ab (PIGCAS 2008). Um das Auftreten von Ebergeruch zu verringern, werden die Tiere mit einem niedrigeren Gewicht geschlachtet. Jedoch liegt auch bei einem Schlachtgewicht von 53 - 62 Kilogramm der Anteil geruchsbelasteter Schlachtkörper zwischen 2,5% und 41,5%, insofern eine sichere Grenze der Geruchswahrnehmung der Androstenonkonzentrationen bei ≥ 1 mg/kg Fett und Skatolkonzentrationen bei $\geq 0,21$ mg/kg Fett festgelegt wird (ALDAL et al. 2005). Der Androstenongehalt der Schlachtkörper wird auch durch verschiedene Umweltfaktoren beeinflusst. FREDRIKSEN et al. (2006a) hat herausgefunden, dass durch ein Lichtregime welches verschiedene Tageslängen imitiert, mit zunehmender Tageslänge die Androstenonwerte signifikant ansteigen. Des Weiteren sind Androstenon- und Skatolkonzentrationen im Fettgewebe nicht bei allen Rassen gleich (PEDERSEN 1998). SQUIRES (2006) gibt eine Zusammenfassung über mehrere Studien in denen Androstenon und Skatolwerte verschiedener Rassen miteinander verglichen werden. Während bis zu 50% aller getesteten Eber der Rasse Duroc hohe Androstenonwerte im Fett aufweisen, liegt der Prozentsatz mit einem hohen Androstenongehalt im Fett bei den Rassen Hampshire, Yorkshire, und Landrasse bei lediglich 5 - 8%. Auch WILLEKE et al. (1987) zeigen in ihren Untersuchungen, dass durch eine genetische Selektion eine Reduktion der Androstenon- und Skatolwerte möglich ist. Da geimpfte Tiere eine effizientere Futtermittelverwertung und bessere Tageszunahmen im Vergleich zu den Kastraten aufweisen, ist mit einer verkürzten Mastperiode zu rechnen. Die Schlachtkörper der intakten Eber besitzen einen höheren Magerfleischanteil als die im Saugferkelalter kastrierten Tiere (WALSTRA 1974, MOSS et al. 1992, XUE et al. 1997).

2.2.7 Spermasexing

Mit Hilfe des Spermasexing werden die weiblichen Chromosomen von den männlichen Chromosomen getrennt. Dieses kann mit Hilfe der Durchflusszytometrie erfolgen. Hierbei werden die männlichen und weiblichen Chromosomen auf Grund ihrer unterschiedlichen DNA-Gehalte fluoreszierend markiert und anschließend selektiert. Im Jahr 1991 publizierte JOHNSON die erste erfolgreiche Geburt von weiblichen Ferkeln nach der Vorselektion männlicher Spermien.

Um eine Portion Spermien für eine erfolgreiche Besamung zu erhalten, werden ca. zwei Milliarden motile Spermien benötigt. Diese große Anzahl von Spermien ist auch auf Grund der sehr langen Uterushörner der Sau notwendig. Bei einer tiefen intrauterinen Besamung genügt dagegen eine geringere Anzahl (50 Millionen) von motilen Spermien (RATH 2002), wobei Transport und Temperaturschwankungen stets Spermienverluste mit sich bringen. Mit der derzeitigen Selektionsgeschwindigkeit benötigt man ca. 133 Stunden für die Selektion der Spermienmenge die für eine Portion benötigt wird (JOHNSON et al. 2005, MARTINEZ et al. 2005).

2.3 Funktion und Physiologie der Gonaden

2.3.1 Entstehung und Regulation der Geschlechtshormone

Gene regulieren während der Phylogenese die Ausbildung der Organe (VIGER et al. 2005) und so entwickeln sich bereits zwischen dem 21. und 26. Trächtigkeitstag (TT) durch Aktivierung des auf dem männlichen Chromosom liegenden Gen SSRY, die Gonadenanlagen für die fetalen Hoden (DANEAU et al. 1996).

Das in dem rostralen und mediobasalen Hypothalamus gebildete Gonadotropin-Releasing-Hormon (GnRH) wird über die Portalgefäße auf humoralem Weg an die gonadotropen Zellen der Adenohypophyse transportiert (SCHALLY et al. 1976). In letzterer wird die Sekretion von luteinisierendem Hormon (LH) und Follikel stimulierendem Hormon (FSH) angeregt. FSH wird beim Schwein auch durch die Aktivität der Sertolizellen reguliert. Das in den Leydig-Zellen wirkende LH regt die Sekretion und Produktion der Androgene (Testosteron und Androstenon), Gestagene und Östrogene an, wohingegen das FSH in den Sertolizellen die Spermatogenese fördert (ENGELHARDT und BREVES 2000).

Die in den Leydigzellen produzierten Östrogene bewirken einen anabolen Effekt auf den Proteinstoffwechsel und erhöhen die Libido des Ebers (PARROTT und BOOTH 1984). Des weiteren dienen die Östrogene, die zu einem geringen Anteil im Ejakulat enthalten sind, zur Stimulation der Ovulation bei der Sau (DÖCKE 1994).

Außerdem beeinflusst der Wachstumsfaktor IGF-I (Insulin like Growth Faktor) die Entwicklung der Eber. IGF-I ist ein Polypeptid, welches die Zellproliferation stimuliert

und den Zelltod hemmt. Eber weisen ab der Pubertät eine höhere IGF-I-Konzentration als Kastraten und Sauen auf (CLAPPER et al. 2000).

2.3.2 Wachstum der Gonaden

Im Alter von vier bis sechs Wochen kommt es bereits vor der Pubertät zu einem Anstieg der Blut-Steroidkonzentrationen im männlichen Schwein. Dieser „Probelauf“ der Hodensteroidsynthese wurde 1975 von BOOTH beschrieben. Mit Einsetzen der Pubertät in einem Alter von ca. 17 Wochen führt die steigende Hodenaktivität zu einem Wachstum der Hoden und der damit verbundenen Androgenproduktion, welche sich in einem Anstieg der Testosteronkonzentration im Blut widerspiegelt. Die erhöhte Testosteronkonzentration führt beim wachsenden Eber (CLAUS und WEILER 1994), zu einer Verbesserung der Futtermittelverwertung (SAFRANSKI et al. 1999) und zu einer Verminderung des Fettansatzes (DE WILDE und LAUWERS 1984). Mit Zunahme der Größe und des Gewichtes der Hoden nimmt auch der Testosteronspiegel vor allem in der Skelettmuskulatur und in der Vena spermatica zu. Die durchschnittlichen Werte von Testosteron im Blut liegen laut CLAUS et al. (1983) bei 2,15 mg/l und können Maximalwerte von bis zu 11,50 mg/l erreichen. Diese Werte werden von mehreren Faktoren beeinflusst. So spielt die Tageszeit (CLAUS und HOFFMANN 1980), das Alter (SCHWARZENBERGER et al. 1993) und die Länge des Tageslichtes (ANDERSSON et al. 1998) eine entscheidende Rolle bei der Testosteronkonzentration im Blut. Zusammen mit dem Testosteronanstieg in der Pubertät und dessen postpubertärem Abfall (BOOTH 1975) setzt auch die Spermatogenese ein. Testosteron beeinflusst neben der Gonadenaktivität auch das Wachstum der akzessorischen Geschlechtsdrüsen (GIERSING et al. 2000).

2.3.3 Verhalten in der Großgruppe

Die Größe der Gruppe nimmt nach HYHN und ELLIS (2001) Einfluss auf die Nahrungsaufnahme. So zeigen die beiden Autoren in ihren Untersuchungen, dass mit zunehmender Gruppengröße die Futteraufnahme und die Wachstumsraten abnehmen. Die Versuchstiere fressen nicht so häufig wie die Tiere in kleineren Gruppen, nehmen jedoch bei jedem Futtergang mehr Nahrung auf einmal auf. Zudem kann gezeigt werden, dass die Versuchstiere der großen Gruppe (n=12) weniger Zeit beim Fressen verbrauchen, jedoch im Verlauf des Tages länger stehen als die der kleinen Gruppe (n=3).

In jeder Mastgruppe bildet sich eine Rangordnung. In dieser Hierarchie haben die ranghöchsten Tiere auch den höchsten Androstenongehalt und weisen größere Gonaden und akzessorische Geschlechtsdrüsen auf (GIERSING et al. 2000). Die Größe der Bulbourethraldrüsen ist laut FØRLAND et al. (1980) und BONNEAU und RUSSEIL (1985) das beste Kriterium, Eber mit hohen Androstenonwerten zu identifizieren. Der hohe Androstenongehalt der ranghohen Tiere stimuliert den der rangniederen positiv und führt somit zu einem Anstieg der Androstenonwerte der gesamten Gruppe (GIERSING et al. 2000). Nach Herausnahme der ranghöchsten Tiere kommt es zu erneuten Rankämpfen und zu einem weiteren Anstieg der Androstenonwerte der vorher rangniederen Tiere (FREDRIKSEN et al. 2006b). Des Weiteren kann in Untersuchungen von NARENDRAN et al. (1980) gezeigt werden, dass einzeln aufgestallte Eber einen niedrigeren Androstenongehalt aufweisen als Eber in Gruppenhaltung.

Untersuchungen von ZAMARATSKAIA et al. (2005a) zeigen, dass die Intensität des Ebergeruchs mit der Höhe der Androgene korreliert, nicht jedoch mit dem aggressiven Verhalten des jeweiligen Tieres. Andere Untersuchungen beschreiben einen möglichen Zusammenhang zwischen intensiven Kämpfen und einem im Zuge dessen ansteigenden Androstenonspiegel, ebenso wie bei der Paarung ein Anstieg der Testosteron- und Androstenonwerte gemessen wird (ANDRESEN 1976, CLAUS und ALSING 1976, LUNDSTRÖM et al. 1978, NARENDRAN et al. 1982).

In gemischten Gruppen sind Eber aggressiver als Kastraten oder weibliche Tiere. Dieses hängt laut RYDHMER et al. (2006) mit der anfänglich hohen Wachstumsrate der Eber und der generell höheren Aggressivität im Vergleich zu Kastraten und weiblichen Tieren zusammen. Außerdem wachsen Kastraten im Vergleich zu Ebern zum Mastende hin langsamer. Als Grund dafür nennt PATTERSON (1985), DE HEAR und MERKS (1992) die erhöhte sexuelle Aktivität und die Aggressionen zwischen den Ebern, welche durch den Anstieg der Sexualhormone ihr Verhalten ändern. Dadurch treten Hautverletzungen, vermehrte Kämpfe, Aufspringen und daraus resultierende Lahmheiten auf.

Diese Verhaltensbeobachtungen sind sowohl in geschlechtlich gemischten als auch in reinen Ebergruppen zu finden, jedoch gehen die aggressiven Aktionen fast ausschließlich von Ebern aus (BOYLE und BJÖRKLUND 2007).

Bei den gegen Ebergeruch geimpften Tieren ändert sich das Verhalten nach der zweiten Injektion im Vergleich zu noch intakten Ebern ihres Alters (CRONIN et al.

2003). ZAMARATSKAIA et al. (2007) immunisieren von 24 intakten Ebern jeweils 12 in der 15. und 21. Lebenswoche. Nach der zweiten Injektion kann ein signifikanter Rückgang des aggressiven Verhaltens, wie Aufspringen auf Buchtgenossen und Kämpfe von Seiten der gegen Ebergeruch geimpften Tiere beobachtet werden. In Untersuchungen von ZAMARATSKAIA et al. (2007) wird eine Beobachtungsdauer von täglich sieben Minuten gewählt. GIERSING et al. (2000) führen die Verhaltensbeobachtungen drei Tage pro Woche mit einem Zeitintervall von zwanzig Minuten durch, wobei als Tageszeit die Nachmittagsfütterung, also die aktive Phase der Tiere, zur Beobachtung dient.

2.4 Ebergeruch

Die Kastration dient zur Vermeidung des geschlechtsspezifischen Ebergeruchs, dessen Hauptkomponenten das Pheromon Androstenon und Skatol, ein Abbauprodukt des Dickdarms, darstellen (PATTERSON 1968, Vold 1970). Bei der Erhitzung von Eberfleisch kann der Konsument die Geruchsbelastung mit unterschiedlicher Intensität wahrnehmen (DE KOCK et al. 2001). Meistens handelt es sich bei geruchsbelastetem Fleisch um das von älteren, unkastrierten männlichen Schweinen. Jedoch kann auch dem Fleisch jüngerer Tiere, Kryptorchiden und auch Sauen ein unangenehmer Geruch und Geschmack anhaften. Die Wahrnehmung des Ebergeruchs ist hauptsächlich auf das Steroid 5 α -androst-16en-3on (Androstenon) zurückzuführen. BONNEAU (1982) fasst die Ergebnisse von 14 Studien zusammen, in denen der Androstenongehalt im Fett mit der Intensität der Geruchswahrnehmung korreliert.

2.4.1 Androstenon

Androst-16-en-3-on, ist ein Steroid, dessen Ausgangssubstanz Cholesterol ist, welches in mehreren Schritten vor allem in der Leber aus Acetyl-CoA gebildet wird. Androstenon besitzt große Ähnlichkeit mit den Androgenen, weist jedoch keine hormonelle Wirkung auf (BROOKS und PEARSON 1986). Steroide lassen sich in vier Gruppen einteilen. Zum einen handelt es sich um Geschlechtshormone wie Testosteron, Dihydrotestosteron (DHT), Östradiol und Androstendion, welche von den Hoden, der Nebenniere und den Eierstöcken gebildet werden können. Eine weitere Gruppe der Steroide sind die Mineralocorticoide mit dem Hauptvertreter

Aldosteron. Cortison, Cortisol und Corticosteron zählen zu den Glucocorticoiden und bilden die dritte Gruppe. Die 16-en-Steroide, zu denen Androstenon, ein Metabolit des bekanntesten Androgens Testosteron und Androstenol gehört, bilden die vierte Gruppe und sind im Eberhoden häufiger vorhanden als die Androgene (GOWER 1972). Die Geschlechtshormone lassen sich weiterhin in zwei Gruppen, die Östrogene und die Androgene aufteilen. Ein Überblick über weitere Steroide und deren Geruchswahrnehmung ist in Kapitel 2.4.3 gegeben.

Die Androstenonsynthese erfolgt hauptsächlich in den Leydig-Zellen des Hodens. Aber auch in der Zona Reticularis der Nebenniere werden in kleinen Mengen 16-en-Steroide, zum Beispiel Dihydroepiandrosteron (DHEA), gebildet. DHEA gelangt über das Blut in den Hoden und wird dort zu Testosteron umgewandelt. Durch das Andien- β -synthase-System wird Androstenon aus Pregnenolon mit den Intermediärprodukten Androstadienol und Androstadienon synthetisiert. Dabei spielen die Cytochrom Enzyme P4510 und Cytochrom b5 eine wichtige Rolle (MEADUS et al. 1993, DAVIS und SQUIRES 1999). Es ist auch ein weiterer Syntheseweg beschrieben, welcher laut AHMAND und GOWER (1968) eine zehnmal und laut LOUVEAU et al. (1991) eine elf-mal geringere Syntheseleistung als der zu Beginn beschriebene Syntheseweg aufweist. Die Androstenonsynthese wird von inneren und äußeren Faktoren beeinflusst. Zwischen zwei und vier Wochen nach der Geburt erfolgt durch die Aktivierung von GnRH aus dem Hypophysenvorderlappen ein Anstieg der Steroidproduktion im Hoden (BONNEAU 1982, SCHWARZENBERGER et al. 1993, SINCLAIR et al. 2001). So spielt die Pubertät, im Alter von ca. 17 Wochen und die Bildung von Steroidhormonen eine wichtige Rolle in der Androstenonproduktion (WITT und SCHRÖDER 1969). Außerdem wird die Steroidhormonsynthese auch noch durch weitere Faktoren wie Genotyp, Ernährung, Jahreszeit und soziales Umfeld beeinflusst (CLAUS et al. 1994). Das im Hoden gebildete Androstenon gelangt über die Vena spermatica in die Leber und wird dort zu 3 α -Androstenol und zu einem größeren Teil zu 3 β -Androstenol durch die Enzyme 3 α - und 3 β -Hydroxysteroid Dehydrogenase (HSD) metabolisiert (BONNEAU und TERQUI 1983, SINCLAIR et al. 2005). Der Transport der Steroide erfolgt im Speichel über die Bindung an das niedermolekulare Trägerprotein Pheromaxein (AUSTIN et al. 2004). Laut BABOL et al. (1996) besteht ein Zusammenhang zwischen der Synthese von Pheromaxein und intakter Hodenfunktion. Des weiteren beschreiben die Autoren, dass die Größe der Bulbourethraldrüsen und der Speicheldrüsen die

beiden bestimmenden Faktoren sind, um Ebergeruch festzustellen und die Bestimmung des Plasma- Androstenongehalts in dessen Aussagekraft über die Geruchsbelastung von Eberfleisch übertreffen. Die Speicherung des lipophilen Androstenon erfolgt im Fettgewebe des Körpers (Claus 1993b), wo es weitaus höhere Konzentrationen (bis zu 2 mg/kg) als im Plasma erreichen kann. Die Androstenonkonzentration im Plasma kann bei bis zu 20 ng/ml Fett liegen (ANDRESEN 1974). Diese Speicherung ist reversibel, der exakte Vorgang hingegen ist noch nicht bekannt (LOEBEL et al. 2000, SPINELLI et al. 2002). Im Fettgewebe ist die Verteilung von Androstenon einheitlich (CLAUS 1979, WEILER et al. 1995). Das Androstenon liegt dort bis zu 70% als Sulfokonjugat vor (SINCLAIR und SQUIRES 2005). Je höher der Wert des sulfokonjugierten Androstenons pro ml Blut ist, desto niedriger ist der Androstenongehalt im Fettgewebe. Androstenon lagert sich im Fett schneller ein als es freigesetzt wird. Die Halbwertszeit beträgt ca. zwei Wochen (ALSING 1978). So fällt der Androstenongehalt binnen zwei bis sechs Wochen nach der Kastration auf einen Wert, der unter der Wahrnehmungsgrenze liegt (CLAUS 1976).

Androstenon wird bei der Freisetzung in den Speicheldrüsen zum größten Teil in Androstenol umgewandelt. Die 16-en-Steroide werden durch das „Patschen“ des Ebers als Pheromon zur Förderung des Duldungsreflexes der sich im Östrus befindenden Sau freigesetzt (BABOL et al. 1996). Beim Einsatz von synthetischen Steroiden kann dieselbe Wirkung erzielt werden (MELROSE et al. 1971, REED et al. 1974). NEWTON et al. (1987) beschreiben eine Erhöhung der LH-Plasmakonzentration bei anöstrischen Sauen nach dem Einsatz von synthetischen Steroiden in Form eines „Ebersprays“, wodurch eine Rauscheinduktion stattfindet. Die Pheromonwirkung von Androstenon führt bei Kontakt zwischen Jungsau und geschlechtsreifen Ebern zu einer Beschleunigung des Pubertätseintritts (MEZGER 1993). Da sich Androstenon und DHT nur durch die 16-en Doppelbindung und die Hydroxygruppe am C17 unterscheiden aber einen gemeinsamen Syntheseort, eine gemeinsame Regulation und dieselben Enzyme für ihren Abbau benötigen, können bei der Androstenonmessung Fehler auftreten (CLAUS et al. 1994).

Diese Androstenonmessung wird hauptsächlich durch chromatografische Verfahren oder Immunoassays durchgeführt. Nach TOMULA (2000) erreichen die Immunoessays für die Androstenonbestimmung aus dem Fett der Tiere eine

Messgrenze von minimal 0,02 - 0,10 mg/kg Fett und die chromatographischen Methoden eine Messgrenze von 0,02 - 0,08 mg/kg Fett.

2.4.2 Skatol und Indol

Skatol (3-Methylindol) und Indol sind mikrobielle Abbauprodukte, die im Blinddarm und Dickdarm beim Abbau der essentiellen Aminosäure Tryptophan gebildet werden. Die Bildung von Skatol wird durch Bakterien wie *Escherichia coli*, *Clostridium* spp. und *Laktobazillus* spp. und deren Umwandlung von Indolelessigsäure ermöglicht. Dabei wird nur ein kleiner Teil des gebildeten Skatols über den Darm resorbiert (JENSEN et al. 1995). Aus Zelldebris können laut CLAUS et al. (1994) ebenfalls Skatol und Indol gebildet werden. In den Untersuchungen dieser Autoren führt ein erhöhter Tryptophangehalt im Futter nicht zu einem erhöhten Skatolgehalt. Auf Grund dessen kann der unangenehme fäkalartige Geruch nicht nur bei der Zubereitung von Eberfleisch, sondern auch bei der Zubereitung von Fleisch von Sauen oder Kastraten auftreten.

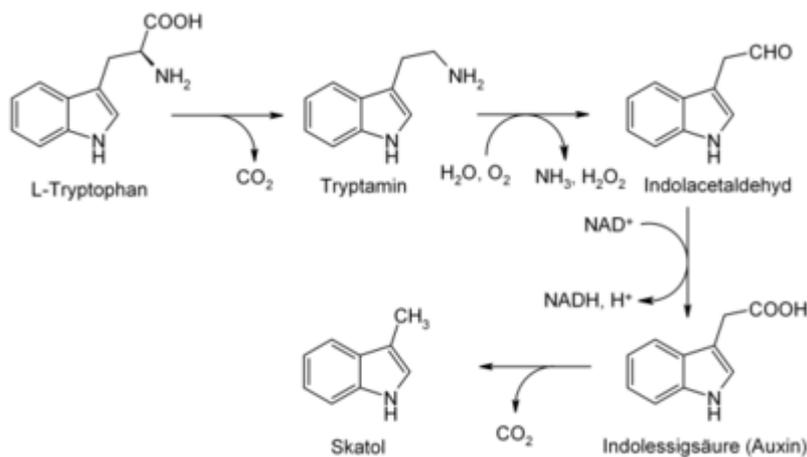
Die Skatolkonzentration wird sowohl vom Futter als auch durch die hormonellen Einflüsse insulinartiger Wachstumsfaktoren welche die Darmmukosa regulieren, beeinflusst. So führen Östrogene durch eine Reduktion der Futteraufnahme zu einer Verlangsamung der Darmtätigkeit und somit zum Anstieg der Skatolbildung (CLAUS 1991). Durch die katabole Wirkung der Glucocorticoide (SHARPE et al. 1986) wird die Apoptose der Darmzellen erhöht, welches ebenfalls zu einer Erhöhung der Zelldebris im Darmlumen führt und die Skatolkonzentration steigen lässt. Dieses erfolgt durch die Sekretion des Corticotropin-Releasing-Hormon (CRH) und des Adrenocorticotrope-Hormon (ACTH). Auf Grund der circadianen Rhythmik ist in den frühen Morgenstunden die Glucocorticoidausschüttung am höchsten, wohingegen sie in den späten Abendstunden am niedrigsten ist (JANNING 1993).

Bei der Fütterung von Inulin resistenter Stärke oder anderen Kohlenhydraten mit einer niedrigeren präcäcalen Verdaulichkeit kommt es zum Abfall des Skatolspiegels, wohingegen energie- und purinreiche Fütterung die Skatolkonzentration steigen lässt (NEUPERT et al. 1995, CLAUS et al. 1996). Skatol ist im Gegensatz zu Androstenon sowohl fett- als auch wasserlöslich. Die Wasserlöslichkeit von Androstenon ist 2000-mal langsamer als diejenige von Skatol. Auf Grund dessen geht Skatol bei der Erhitzung wesentlich schneller in den flüssigen oder gasförmigen Aggregatzustand über, wohingegen Androstenon noch in der Fettmatrix verbleibt. Dadurch nimmt der

Konsument den unangenehmen Skatolgeruch durch die Nase schneller und intensiver wahr als den Androstenongeruch, welcher dann auch im Geschmack detektiert werden kann (De KOCK et al. 2001, MATTHEWS et al. 2000). In der Leber wird Indol zu Indoxyl oxidiert und nach mehreren Schritten als Indikan über die Niere ausgeschieden (HOFMANN 2006). Je höher die Aktivität der CYP2E1 und CYP2A Enzyme ist, desto geringer ist die Akkumulation von Skatol im Fettgewebe, wohingegen niedrige Enzymaktivitäten sowohl hohe als auch niedrige Skatolwerte im Fettgewebe hervorrufen können (SQUIRES und LUNDSTRÖM 1997). Der größte Teil des Skatols wird über den Kot ausgeschieden (CLAUS et al. 1993). Als Halbwertszeit von Skatol im Fettgewebe werden von AGERGAARD und LAUE (1998) zwölf Stunden angegeben. Der resorbierte Teil gelangt über den Blutkreislauf in die Pfortader zur Leber. Dort wird er größtenteils im endoplasmatischen Reticulum der Hepatozyten abgebaut, jedoch wird auch ein kleiner Teil ohne die Leber zu passieren in Fettgewebe eingelagert und akkumuliert. Cytochrom P450, Isoenzyme und Aldehydoxidase sind hauptsächlich für den oxidativen Metabolismus von Skatol verantwortlich (BABOL et al. 1998, DIAZ und SQUIRES 2000a, 2000b). Mit Hilfe einer diätetischen Fütterung, zum Beispiel einer Zugabe von bestimmten Kohlenhydraten wie Nicht-Stärke Polysaccharide (Zuckerrübenschnitzel) oder roher Kartoffelstärke (CLAUS et al. 2003, ZAMARATSKAIA et al. 2005b) wird die Mikroflora des Gastrointestinaltraktes beeinflusst. Diese führt wiederum zu einer Reduktion der Skatolbiosynthese, da die unverdauten Kohlenhydrate die Trockenmasse und den Wasseranteil des Kotes erhöhen. Auf Grund dessen wird die Verdauungszeit im Dickdarm reduziert und die Skatolabsorption verringert (DROCHNER 1993, WANG et al. 2004). Bei einem dänischen Betrieb, in dem bei den Schlachtschweinen hohe Skatolwerte gemessen wurden, konnte durch Zugabe von 10% Zuckerrübenschnitzel in das Futter eine Verminderung des Skatolgehaltes im Fettgewebe erzielt werden (KJELDTSEN und UDESEN 1998).

CLAUS et al. (1994) vergleichen die mittleren Skatolkonzentrationen von Kastraten (40-70 ng/g Fett) mit denen von Ebern (60-120 ng/g Fett). Hierbei stellt sich heraus dass die Steroidhormone Androstenon und Testosteron die Ursache für die tendenziell höheren Skatolkonzentrationen von Eberschlachtkörpern sind. Während die Androstenon- und Testosteronkonzentrationen bei ranghohen Tieren in Korrelation zueinander standen, konnte die Höhe der Skatolkonzentrationen im Kot bei Untersuchungen von GIERSING et al. (2000) weder mit der Rangordnung noch

mit der Aggressivität der Versuchstiere in Bezug gebracht werden. BABOL et al. (1999) können ebenfalls durch die Untersuchung der verschiedenen Metabolismen von Androstenon und Skatol eine Korrelation zwischen deren Werten im Blutplasma bestätigen. WALSTRA et al. (1999) listen 14 Studien auf, in denen eine Korrelation von 0,3 zwischen Androstenon und Skatol auftritt. Bei der Schlachtung von Ebern mit einem Schlachtgewicht von 53-62 kg finden ALDAL et al. (2005) eine Korrelation zwischen den Androstenon- und Skatolkonzentrationen von 0,03. In Untersuchungen von GARCIA-REGUEIRO und DIAZ (1989) können keine Korrelationen zwischen Androstenon und Skatol festgestellt werden. In Beobachtungen von HANSSON et al. (1980) und PORTER et al. (1989) weisen Sauen und Kastraten niedrigere Skatolkonzentrationen als intakte Eber auf.



**Abbildung 2: Abbau von Tryptophan zu Skatol
(HOFMANN 2006)**

2.4.3 Geruchswahrnehmung

Für den Geruch sind bei Mensch und Schwein hauptsächlich zwei Bereiche in der Nase zuständig. Zum einen das olfaktorische Epithel, welches sich am Dach der Nasenhöhle befindet und zum anderen das Vomeronasale Organ (Jacobson Organ), das am Boden der Nasenscheidewand liegt. Das olfaktorische Epithel besteht aus Rezeptorzellen, welche zwischen Drüsen und Stützzellen eingelagert sind. Über den Strömungskörper Nase gelangen Duftstoffe zum Riechepithel (olfaktorisches Epithel) und werden dort an chemosensorische Zilien der Rezeptorzellen gebunden. Mit Hilfe von chemoelektrischer Transduktion werden die aufgenommenen Informationen zum

Riechkolben (Bulbus olfactorius) des Gehirns weitergeleitet. Das Jacobson Organ dient zur Wahrnehmung von Pheromonen, ist ebenfalls mit Riechepithel ausgekleidet und leitet die empfangenen Signale zum akzessorischen Riechkolben (Bulbus olfactorius accessorius) weiter (NICKEL et al. 1992). Die von der Riechschleimhaut bedeckte Oberfläche beträgt beim Menschen 5 cm² und beim Schwein 4,8 cm². Allerdings ist das Jacobson Organ beim Menschen im Vergleich zum Schwein stark zurückgebildet und nur bei etwa 41% der Bevölkerung bilateral angelegt (KNECHT et al. 2001).

In Versuchen von DORRIES et al. (1997) und KNECHT und LUNDSTRÖM (2003) wird gezeigt, dass die Wahrnehmung von Androstenon durch das Riechepithel am Dach der Nasenhöhle und nicht durch das Jacobson Organ wahrgenommen wird.

Die Wahrnehmung von Androstenon ist beim Menschen sehr unterschiedlich. Die meisten Menschen nehmen den Geruch als negativ wahr, wohingegen einige den Reinstoff als angenehm empfinden (FONT I FURNOLS et al. 2003). Untersuchungen von BREMNER et al. (2003) zeigen, dass Frauen eine höhere Detektionsrate bei der Wahrnehmung von Androstenon haben als Männer. Abhängig von regionalen Unterschieden liegt die prozentuelle Anzahl von Frauen, die Androstenon nicht wahrnehmen können bei 11-30%. Wohingegen 24-37% der Männer unempfindlich auf Androstenon reagieren. Des weiteren bestehen auch länderspezifische Unterschiede. Laut Untersuchungen von WEILER et al. (2000) liegt die hohe Empfindlichkeit gegenüber der Androstenonwahrnehmung der Probanden aus Spanien allgemein höher (31%) als die der deutschen Versuchsteilnehmer (18%). Die Wahrnehmungsfähigkeit von Androstenon ist genetisch bedingt und vom Alter abhängig, kann jedoch auch erlernt werden (WYSOCKI und BEAUCHAMP 1984, WYSOCKI et al. 1989, FONT I FURNOLS et al. 2003). Neuere Untersuchungen von KELLER et al. (2007) zeigen, dass ein spezieller Geruchsrezeptor, ORD7D4, für die Wahrnehmung von Androstenon mit verantwortlich ist. Die Intensität des Geruchs wird in Untersuchungen von FISCHER und WEILER (1995) anhand von Lendenfettproben mit vorher festgestellten Androstenonwerten getestet. Bei Proben mit Androstenonwerten bis zu 0,2 mg/kg Fett wird bei 66,7% kein Geruch und bei 33,3% ein geringer Geruch festgestellt. Liegen die Werte zwischen 0,2-0,5 mg/kg, so wurde bei 23,1% kein Geruch, bei 30,8% geringer Geruch und bei 46,1% erheblicher bis starker Geruch festgestellt. Skatol wird, wie in Tabelle 1 dargestellt, als fäkalartig

wahrgenommen. Dieser Geruch kann von den meisten Menschen wahrgenommen werden (HANSSON et al. 1980).

In Untersuchungen von CLAUS (1979) und Bonneau (1982) werden neben Androstenon und Skatol weitere Substanzen erwähnt, welche von Menschen als unangenehm bis ekelerregend wahrgenommen werden.

Tabelle 1: Steroide und andere Substanzen, deren Geruch vom Menschen mit einer Intensität von 1 bis 3 als unangenehm wahrgenommen wird (modifiziert nach CLAUS (1979) und BONNEAU (1982))

Substanz	Geruch	Intensität
Skatol	fäkal	3
Androst-4,16-dien-3-on	Urin	3
5 α -Androst-16-en-3-on	Urin	3
5 α -Androstan-3-on	Urin	2
5 α -Androst-16-en-3-on	Urin	1
Zibeton	Moschus	3
Muscon	Moschus	3
5 α -Androstan-3 α -ol	Moschus	2
A-Nor-5 α -Androstan-2 α -ol	Moschus	2
5 α -Androst-16-en-3ol	Moschus	1
5 α -Androst-16-en-3 α -ol	Moschus	3

2.5 Mastleistung

2.5.1 Mastleistung chirurgisch kastrierter Tiere

Konventionell kastrierte Tiere weisen eine geringere Futterraufnahme und Futtermittelverwertung sowie eine niedrigere Wachstumsrate auf als gegen Ebergeruch geimpfte Tiere (MACKINNON und PEARCE 2007). Außerdem besitzen die Schlachtkörper von Kastraten einen höheren Fettgehalt im Vergleich zu denen von Ebern oder gegen Ebergeruch geimpften Tieren (ZAMARATSKAIA et al. 2008). Weitere Eigenschaften von konventionell kastrierten Tieren sind in Kapitel 2.5.2 und 2.5.3 im Zusammenhang mit der Mastleistung von Ebern und gegen Ebergeruch geimpften Schweinen zu finden.

Am Ende der Mastperiode sind die Tageszunahmen von konventionell kastrierten Schweinen höher als die von Ebern, da letztere auf Grund ihres Verhaltens weniger Futter zu sich nehmen (PATTERSON 1985, DE HEAR und MERKS 1992).

2.5.2 Mastleistung der Eber

Bereits seit dem sechzehnten Jahrhundert sind die Vorteile der Ebermast bekannt (MACKINNON und PEARCE 2007). In einem Überblick über die Kastration männlicher Ferkel hat die European Food Safety Authority (EFSA 2004) die Vor- und Nachteile der Ebermast aufgezeigt. Zusammenfassend lassen sich verschiedene positive Eigenschaften der Ebermast aufzählen. Zum einen wachsen Eber schneller als Kastraten. So können mehrere Autoren in ihren Versuchen signifikante Unterschiede in der Wachstumsrate zwischen Ebern und konventionell kastrierten Schweinen feststellen (CAMPELL et al. 1989, DUNSHEA et al. 1993, PARK et al. 1999, MIYAHARA et al. 2004). ALLEN et al. (1981) weisen auf eine 6,4%, NADËJE et al. (2000) auf eine 13% und LAWLOR et al. (2003) auf eine 4,8% höhere Wachstumsrate der Eber im Vergleich zu Frühkastraten hin. Andererseits können D`SOUZA und MULLAN (2003) sowie ZAMARATSKAIA et al. (2008) in ihren Untersuchungen keinen Unterschied zwischen Ebern und Kastraten in Bezug auf die Wachstumsrate feststellen.

Des Weiteren besitzen Eber eine bessere Futtermittelverwertung und benötigen dadurch weniger Futter, um dasselbe Gewicht zu erreichen wie Kastraten (CAMPELL et al. 1989, LAWLOR et al. (2003). Hingegen konnten ALLEN et al. (1981) und ZAMARATSKAIA et al. (2008) dieses in ihren Untersuchungen nicht bestätigen. Durch das schnellere Wachstum in Verbindung mit der geringeren Futteraufnahme weisen Eber eine bessere Futter- und Stickstoffverwertung als Kastraten auf (TURKSTRA et al. 2002). Die Vorteile der Ebermast werden in Bezug auf die Mastleistung und damit auch auf die Schlachtkörperqualität in der Großgruppe negativ beeinflusst (SUSTER et al. 2006). Bei der Schlachtung von Ebern mit einem Lebendgewicht von 75 kg kann in Untersuchungen von ALDAL et al. (2005) das Auftreten von geruchsbelastetem Fleisch nicht verhindert werden.

2.5.3 Mastleistung der gegen Ebergeruch geimpfte Tiere

Die Wachstumsrate der gegen Ebergeruch geimpften Schweine ist besser als die von konventionell Kastrierten (CHUMKAM und RAVUNGSHOOK 2003, MACKINNON und PEARCE 2007, ZAMARATSKAIA et al. 2008). D`SOUZA und MULLAN (2003) sowie CRONIN et al. (2003) können in ihren Untersuchungen hingegen keine signifikanten Unterschiede feststellen. Des weiteren ist die Futtermittelverwertung effizienter als die von Kastraten (DUNSHEA et al. 2001). Da gegen Ebergeruch geimpfte Schweine weniger Futter benötigen und schneller wachsen als frühkastrierte Schweine, entsteht pro Schwein ein Gewinn von \$ 5,48 (DEEN et al. 2008). Bei dem Vergleich mit Ebern treten bei Tieren gleicher Genetik und Haltungsbedingungen bis zur zweiten Injektion keine Unterschiede auf. Nach der zweiten Injektion weisen die geimpften Schweine höhere Tageszunahmen durch eine erhöhte Futteraufnahme und eine Änderung des Verhaltens auf (MOORE et al. 2005, MACKINNON und PEARCE 2007). HENNESSY (2006) fasst acht Studien aus fünf verschiedenen Ländern zusammen, in denen gegen Ebergeruch geimpfte Schweine signifikant höhere Tageszunahmen durch eine effizientere Futtermittelverwertung im Vergleich zu chirurgisch kastrierten Schweinen aufweisen.

Tabelle 2: Zusammenfassung von Unterschieden zwischen Ebern und Kastraten in ihren Produktionsleistungen (EFSA 2004)

Referent	Wachstumsrate Eber wachsen schneller als Kastraten	Futteraufnahme Eber fressen weniger	Futterverwertung Eber effizienter	Schlachtkörper- qualität Eber signifikant magerer
<i>Casteels et al.</i> 1974	-	-	Ja	Ja
<i>Allen et al.</i> 1981	Ja, 6,4%	Nein	Ja, 7,7%	Ja, 8,7%
<i>Campbell et al.</i> 1989	Ja	Ja	Ja	Ja
<i>Dunshea et al.</i> 1993	-	-	Ja	Ja
<i>Park et al.</i> 1999	Ja	-	-	Ja, 18-37%
<i>Nadžje et al.</i> 2000	Ja, 13%	-	Ja, 9%	Ja, 39,8%
<i>Turkstra et al.</i> 2002	Ja	-	Ja	-
<i>Lawlor et al.</i> 2003	Nein (Expt 1) Ja (Expt 2, 4,8%	Ja, 9,2% (Expt 1) Ja, 6,6% (Expt 2)	Ja, 8,4% (Expt 1) Nein (Expt 2)	-
<i>Miyahara et al.</i> 2004	Ja	-	-	Ja, 6,9%
<i>Chumkam und Ravungsook</i> 2003	Ja	-	-	Ja
<i>D`Souza und Mullan</i> 2003	Gleich	-	Gleich	Gleich
<i>Zamaratskaia et al.</i> 2008	Nein	Nein	Nein	Ja

2.6 Schlachtkörper

Alle Versuchstiere werden nach der Schlachttieruntersuchung gemäß Verordnung (EG) Nr. 854/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 mit besonderen Verfahrensvorschriften für die amtliche Überwachung von zum menschlichen Verzehr bestimmten Erzeugnissen tierischen Ursprungs zur Schlachtung freigegeben.

2.6.1 Chirurgisch kastrierte Tiere

Bei der Klassifizierung der Schlachtkörper nach dem Handelsklassen Gesetz vom 5.12.1968 und dessen Durchführungsverordnung erreichen konventionell kastrierte Schweine die besten Beurteilungen. Grund hierfür ist die Muskelverteilung. Kastraten besitzen laut DOBROWOLSKI et al. (1995) einen höheren Rücken- und Bauchanteil. Der Knochenanteil ist um 1,2% geringer als der von Ebern. Durch einen höheren intramuskulären Fettanteil (IMF) ist das Fleisch von Frühkastraten schmackhafter als das von Ebern. Letzteres ist von Rasse, Fütterung und Gewicht abhängig. Außerdem ist die Zartheit (gemessen durch die Warner-Bratzler Schere) und Saftigkeit gegenüber derjenigen von Eberfleisch besser (NOLD et al. 1997). (Weitere Eigenschaften der Schlachtkörperqualität sind in Kapitel 2.6.2 und 2.6.3 beschrieben.)

2.6.2 Eber

Auf Grund des unterschiedlichen Wachstumspotentials treten im Bezug auf die Schlachtkörperqualität zwischen Ebern und Kastraten große Unterschiede auf. Durch das höhere Gewicht an Knochen, Organen und Haut ist der Ausschlagungsgrad der Eber geringer als der von frühkastrierten Schweinen mit gleichem Lebendgewicht (NEWELL und BOWLAND 1972). SQUIRES et al. (1993) und BABOL und SQUIRES (1995) beziffern die niedrigere Schlachtausbeute mit 1,5% - 2,5%. Eberfleisch hat im Vergleich zu den Kastraten einen höheren Wassergehalt, welcher hinsichtlich der Haltbarkeit und der Zubereitung von frischem Fleisch eher als negativ zu bewerten ist. Die Schlachtkörper von Ebern weisen im Vergleich zu denen von Frühkastraten einen niedrigen Fettanteil vor allem im Bereich des Rücken- und Seitenspecks auf (STAMER et al. 1993). Während einige Autoren einen niedrigeren Rückenspeckanteil bei Ebern im Vergleich zu Kastraten von 8,7% (ALLEN et al.

1981), 18 - 37% (PARK et al. 1999) und bis zu 39,8% (NADJËNE et al. 2000) beschreiben, treten in anderen Untersuchungen keine Unterschiede auf (D'SOUZA und MULLAN 2003). Laut DOBROWOLSKI et al. (1993) führt vor allem die Abnahme der Bauchpartie und des Bauchspeckes zu einem Problem bei der Ermittlung der Klassifizierung, welche durch das Einsetzen von Schlachtparametern in die herkömmlichen Schätzformeln ermittelt wird. Die Hormonunterschiede verursachen die typischen Ebermerkmale, wie die verstärkte Ausbildung der Bug-Kamm-Region (Sexualdimorphismus) und eine im Verhältnis schwächer ausgeprägten Schinkenregion, wohingegen beim Kotelett keine Unterschiede zu den Kastraten auftreten. Jedoch ist der Muskelfleischanteil bei Ebern in Untersuchungen von BABOL und SQUIRES (1995), um insgesamt 3 - 6% höher als der von Kastraten. Schlachtkörper von Ebern besitzen ebenfalls weniger intra muskuläres Fett. Das IMF liegt zum Teil unter einem Prozent und reduziert, laut CLAUS (1993b), dadurch den Genusswert des Fleisches. NÜRNBERG und ENDER (1989) beschreiben, dass ein erhöhter Anteil der essentiellen ungesättigten Fettsäuren und ein hoher Anteil der Omega-6-Fettsäure, Linolsäure, im Eberfleisch zu finden sind. Vor allem bei einem Lebendgewicht von über 105 kg vergrößert sich der Fettunterschied zwischen Kastraten und Ebern stark (KNUDSON et al. 1985). Die Fleischqualität von intakten Ebern zeigt sich in einer rötlichen Farbe und einem größeren Querschnitt des langen Rückenmuskels (MIYAHARA et al. 2004). Diese positiven visuellen Eigenschaften von Eberfleisch fördern die Verbraucherakzeptanz. So haben Eber im Vergleich zu Kastraten ein weiches Fett auf Grund des höheren Wasseranteils im Fleisch und C18:2 Fettsäuren, auch wenn in Versuchen die Dicke des Rückenspecks beider Gruppen identisch ist (WOOD et al. 1986). Laut des EFSA-Berichtes (2004) besteht bei Ebern eine höhere Wahrscheinlichkeit für die Entstehung von DFD-Fleisch (dunkel (dark), fest (firm) und trocken (dry)). Diese Fleischeigenschaft tritt auf, wenn das Schlachtvieh vor dem Schlachtvorgang hohem Stress, wie es zum Beispiel bei der Vermischung der Schlachtgruppen auftritt, ausgesetzt wird. Dabei kommt es durch Ausschüttung von Adrenalin zu einem erhöhten Abbau des Glycogen sowie zu Reduzierung der ATP-Vorräten im Körper bzw. den Muskeln des Tieres. Die in diesen Stresssituationen durch anaerobe Glycolyse entstehende Milchsäure wird noch im lebenden Tier zur Leber transportiert und abgebaut. Nach dem Tod des Tieres stehen dem Prozess der [Fleischreifung](#) und der damit normalerweise einhergehenden Säuerung der Muskulatur nicht mehr ausreichend ATP

(Adenosintriphosphat) bzw. Glycogen zur Verfügung. Es kann folglich nur wenig Milchsäure gebildet werden und so kann der physiologische pH des Schlachttierkörpers auch nur wenig absinken. Meist werden pH Werte von 6,4 oder wenig darunter erreicht. Optimalerweise liegt der pH-Wert eine Stunde nach dem Tod des Tieres bei 6,0 und nach 24 Stunden bei ca. 5,4 - 5,5 (WALDMANN und WENDT 2004). Bei sehr mageren Genotypen kann ein mangelhafter Zusammenhalt zwischen dem Rückenspeck und der darunter liegenden Muskelschicht auftreten (WOOD 1984).

2.6.3 Gegen Ebergeruch geimpfte Tiere

Der Schlachtkörper von gegen Ebergeruch geimpften Tieren weist im Vergleich zu konventionell kastrierten einen niedrigeren Fettanteil und einen höheren Magerfleischanteil auf (BONNEAU et al. 1994, HENNESSY 2006, ZAMARATSKAIA et al. 2008). Das Fleisch von gegen Ebergeruch geimpften Schweinen wird in Untersuchungen von D`SOUZA und MULLAN (2003), HENNESSY und WALKER (2004), als zarter und mit einem ansprechenden Schweinegeschmack behaftet beschrieben, im Vergleich zu Eberfleisch oder dem von Frühkastraten. JEONG et al. (2008) setzt die Zartheit des Fleisches gleich mit dem von Kastraten jedoch zarter als das von Ebern. Ein britischer Ausschuss für Sensorik beurteilte das Fleisch von Ebern und gegen Ebergeruch geimpften Schweinen. Dabei stellten sich keine Unterschiede in Bezug auf Saftigkeit und Zartheit zwischen den untersuchten Fleischarten heraus. Eberfleisch wies einen intensiveren, abnormalen Geschmack im Gegensatz zu dem von Schweinen welche gegen Ebergeruch geimpft wurden, auf. Zudem erwies sich das Schweinearoma bei letzteren als schwächer ausgeprägt. Hieraus kann zusammengefasst werden, dass das Fleisch von gegen Ebergeruch geimpften Tieren besser bewertet wurde (NUTE et al. 2007). In Spanien wird das Fleisch geimpfter Schweine als vergleichbar mit dem von konventionell kastrierten und weiblichen Mastschweinen beurteilt (FONT I FURNOLS et al. 2008). Geimpfte Tiere weisen hinsichtlich der Fleischqualität geringere Tropfsaftverluste und teilweise dunkleres Fleisch auf. Somit haben sie eine geringere Tendenz, PSE-Fleisch (blass (pale), weich (soft), wässrig (exsudativ)) zu entwickeln (HENNESSY und WALKER 2004, MACKINNON und PEARCE 2007). Setzt man stressempfindliche Schweine kurz vor oder während des Schlachtvorgangs hohem Stress aus, z.B. durch Schlachtung ohne Ruhepause, führt dies zu einer Aktivierung des Stoffwechsels

verbunden mit einer erhöhten Produktion von Milchsäure. Der pH-Wert fällt dadurch innerhalb kurzer Zeit auf Werte unter 5,8 herab. Es kommt zu einer teilweisen Denaturierung von Muskelproteinen. Dadurch verringert sich das Wasserbindevermögen des Fleisches. Die Schlachtkörperausbeute der geimpften Tiere ist vergleichbar mit der von Ebern, jedoch geringer als die von Kastraten. ZAMARATSKAIA et al. (2008) wiesen in ihren Untersuchungen auf einen höheren Magerfleischanteil bei Ebern gegenüber geimpften und konventionell kastrierten Schweinen hin. Bei dem Vergleich der Rückenspeckdicke liegt die der konventionell kastrierten Schweine höher als die von gegen Ebergeruch geimpften und letztere sind gleich oder besitzen teilweise einen etwas höheren Rückenspeckanteil als Eber (MACKINNON und PEARCE 2007). Hingegen treten nach JEONG et al. (2008) in einigen Studien keine signifikanten Unterschiede im Vergleich von Schlachtkörpern geimpfter Schweine und Eber auf.

3 Material und Methode

Die Versuchstiere stammten von der Viehzentrale Baden-Württemberg. Der Versuch begann im Januar 2008 und endete im Juli 2008, wobei Geburt, Aufzucht und Mast der Versuchstiere ebenfalls in Baden-Württemberg stattfanden. Die Ermittlung der Schlachtdaten erfolgte an den Schlachthöfen Poing-Grub und Ulm. Die sensorische Untersuchung der von den Schlachttierkörpern entnommenen Fleisch- und Fettproben wurde am Institut für Hygiene und Technologie für Lebensmittel tierischen Ursprungs der Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU) durchgeführt. Die Erhebung der Androstenonwerte aus dem Bauchfett der Versuchstiere wurde durch den Tiergesundheitsdienst Bayern in Poing durchgeführt. Alle verendeten und euthanasierten Tiere wurden im Institut für Pathologie und pathologische Anatomie der LMU München untersucht. Die klinische Untersuchungen und Gewichtsermittlungen fanden durch die Mitarbeiter der Klinik für Schweine der LMU München statt.

3.1 Ziel der Untersuchung

Ziel dieses Versuches war es, die Mastleistung, die Schlachtkörperqualität sowie das Verhalten von gegen Ebergeruch geimpften Schweinen mit diesbezüglichen Parametern konventionell kastrierter Ferkeln in einem Feldversuch zu vergleichen. Des weiteren soll die Wirksamkeit des Impfstoffes Improvac[®] (Fa. Pfizer, Berlin) untersucht werden.

Der Versuch wurde gemäß § 59 Absatz 3 des Arzneimittelgesetzes als Zulassungsstudie eines Feldversuches bei der Regierung von Oberbayern und dem Regierungspräsidium in Tübingen angezeigt.

3.2 Versuchsbetriebe

In den Versuchsaufbau wurden 560 Ferkel der Rasse Baden-Württemberg (BW) 241-Hybrid♀ x BW Pietrain♂ (Schweinezuchtverband Baden-Württemberg) aus zwei Ferkelerzeugerbetrieben aufgenommen. In allen Versuchsbetrieben erfolgte die Aufstallung, Fütterung und Trinkwasserversorgung der Tiere gemäß der Schweinehaltungshygieneverordnung.

3.2.1 Ferkelerzeugerbetriebe

Der Betrieb des Ferkelerzeugers 1 ist ein reiner Abferkelbetrieb und besteht aus drei Abferkelställen. Die Abferkelställe grenzen aneinander an und sind durch jeweils eine Tür verbunden. In dem Betrieb befinden sich insgesamt 105 Abferkelbuchten, welche vor Beginn des Versuches gereinigt und desinfiziert wurden. Im sechs Wochen Rhythmus werden die Abferkelbuchten nach dem Rein-Raus Prinzip mit 100 Sauen belegt. Die Sauen wurden zwischen dem 50. und 60. Trächtigkeitstag (TT) mit einer Dosis von 2 ml PRRS Impfstoff Porcilis[®] (Fa. Intervet, Unterschleißheim) geimpft. Am 73. Trächtigkeitstag erfolgte eine weitere Impfung mit dem E.coli und Clostridien Impfstoff Clostricol[®] (Fa. IDT, Dessau-Rosslau), wobei die Jungsauen am 100. Trächtigkeitstag eine zweite Injektion dieses Clostricol[®]-Impfstoffs erhielten. Sieben bis vierzehn Tage post partum wurden die Sauen mit dem Kombinationsimpfstoff ERY+Parvo[®] (Fa. Intervet, Unterschleißheim) gegen Parvovirose und Rotlauf immunisiert. Der PCV2 Impfstoff Circovac[®] (Fa. Merial, Hallbergmoos) wurde den Sauen am 83. TT verabreicht.

Der Ferkelerzeuger 2 hält in seinem Betrieb 160 Sauen. Der Abferkelstall wird im Rein-Raus-Verfahren belegt und ist von dem Wartebereich, in dem bis zu 120 Sauen aufgestellt sind, getrennt. Es ferkelten 42 Sauen innerhalb von zwei Tagen ab. Das Impfschema ist mit dem des Ferkelerzeugers 1 identisch.

In beiden Abferkelbetrieben waren die Versuchstiere von Studientag 1 bis 23 aufgestellt.

3.2.2 Aufzüchter

Nach der Säugezeit von vier Wochen wurden die Versuchstiere abgesetzt und in den gemeinsamen Aufzuchtstall bis zum Studientag 78 gebracht, in welchem sie bis zum Tag 78 der Studie gehalten wurden. Alle Versuchstiere wurden zusammen in einem 450 m² großen Großraumabteil mit Vollspaltenboden und vier abtrennbaren Buchten aufgestellt. Die Einstellungsraumtemperatur betrug 31,5°C und wurde kontinuierlich bis zur Ausstellung auf 28°C gesenkt. Die Futtermischung bestand aus 45% Profi-Mix-M der RKW (Raiffeisen), 25% Ferkelaufzuchtfutter (FE) 40 und 30% hofeigener Getreidemischung. Im gleichen Stallkomplex war auch eine weitere Gruppe von 600 Tieren unterschiedlicher Herkunft und gleicher Altersgruppe aufgestellt, welche aber nicht in die Untersuchung mit einbezogen war.

3.2.3 Mastbetrieb

In dem Mastbetrieb wurden die Tiere in einem Stallgebäude mit zwei Abteilen am Studientag 80 eingestallt. Eine Skizze des Aufbaus, wie der Abmessung der Maststallungen, den Futterabteilen und der Wiegevorrichtung ist in Abbildung 3 dargestellt.

Die Raumtemperatur bei der Einstellung beider Abteile betrug 25°C. Beide Abteilungen des Maststalles waren mit Betonvollspaltenböden ausgelegt. Die Tiere hatten zu jeder Zeit freien Zugang zu Trinkwasser. Die Fütterung erfolgte ebenfalls ad libitum. Die Berechnung der Futterzusammensetzung der Hofmischung wurde von der Verbundberatung der Viehzentrale Baden-Württemberg durchgeführt. Der Trockensubstanzanteil des Fertigfutters (TS) betrug 88%. Davon waren insgesamt 48,76% Weizen, 29,26% Gerste, 13,99% Soja, 3,05% Mineralfutter und 4,95% Erbsen enthalten. Die wesentlichen Futterparameter betragen: ME:Lys = 1:0,74; Lys:Meth/Cys:Thre:Try = 1/0,65:0,66:0,22; Ca:P = 1,40:1. Die Futtermischungen der verschiedenen Abschnitte der Mastperiode sind in Tabelle 3 aufgelistet. Die Zusammensetzung des Einstallungsfutters wurde mittels Weender Analyse am Lehrstuhl für Tierernährung und Diätetik des veterinärwissenschaftlichen Departements der Tierärztlichen Fakultät der LMU München mit folgenden Ergebnissen analysiert: Trockensubstanz (TS) = 87,9%, Rohprotein (Rp) = 17,1%, Rohfett (Rfe) = 1,5%, Rohasche (Ra) = 4,6%, Rohfaser (Rfa) = 3,1%.

Tabelle 3: Futterzusammensetzung in den verschiedenen Phasen der Mast

Einsatz	bis 15. Masttag LW 14	bis 30. Masttag LW 16	bis Ende Mast LW 23
Weizen	40%	34%	28,5%
Gerste	24%	26%	36,5%
Triticale	10%	15%	14%
Futter-Öl	1%		
Ferkel Ergänzter 38	25%		
Mast Ergänzter 33		25%	9,7%
Mast Ergänzter 30			11,3%

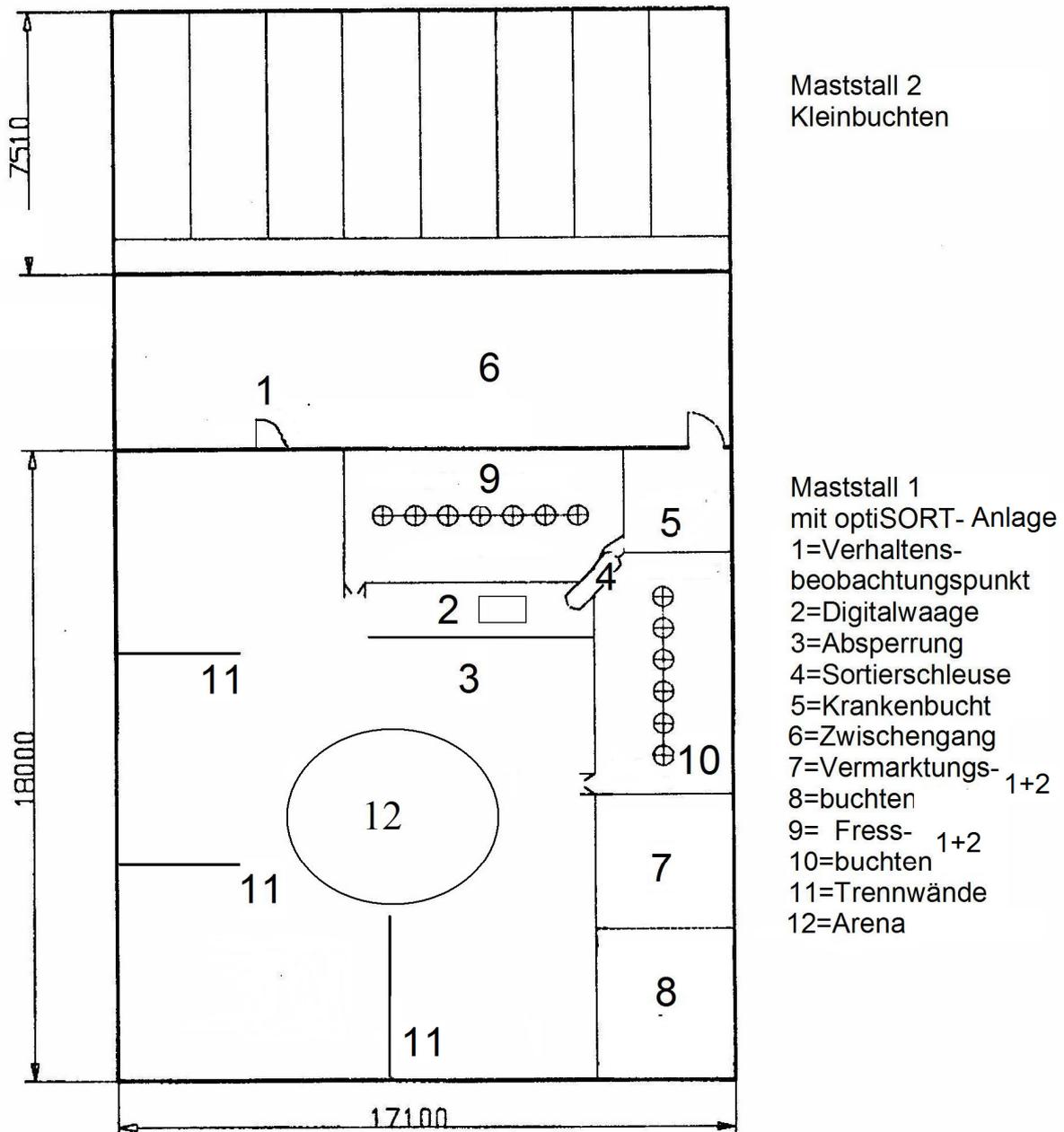


Abbildung 3: Skizze der Mastställe 1 und 2

Maststall mit optiSORT-Sortierschleuse

In dem Großraumabteil wurde eine Gruppe von 430 Tieren auf 307,8 m² eingestallt. Das Großraumabteil besaß an den Wandseiten vier Trennwände (Länge: 3 m), die im rechten Winkel in die Großbucht hineinragten, wodurch eine räumliche Untergliederung der Bucht entstand.

Es standen jeweils sieben Futterautomaten in jedem Fressabteil zur Verfügung. Bei jedem Futtergang wurden die Tiere durch eine optiSORT-Sortierschleuse (Fa.

Hölscher + Leuschner, Emsbüren, Deutschland) vermessen und in eines der beiden Fressabteile 1 oder 2 entlassen. Die Selektierschleuse basiert auf einer optischen Bildanalyse, mittels derer die Tiere vermessen wurden. Die Tiere betraten nach Öffnen der Eingangstüren die Schleuse, nach deren Schließen begann die Vermessung. Eine über den Tieren installierte Digitalkamera nahm deren Körperumriss auf, um diesen mittels spezieller Software, durch einen angeschlossenen Rechner exakt nachbilden zu können. Zusätzlich wurde mit Hilfe von zwei Laserpointern die Höhe der Tiere im Bereich des Widerristes ermittelt. Die gewonnenen Daten dienten der Ermittlung des Lebendgewichtes, Schlachtgewichtes und des Anteils wertbestimmender Teilstücke, wie zum Beispiel Bauch, Schinken, Schulter sowie des Magerfleischanteils. Die Sortieranlage wurde so programmiert, dass das Mittelgewicht der gesamten Gruppe als Selektionswert galt. Die schweren Tiere wurden somit getrennt von den leichteren gefüttert, indem die Sortierschleuse je nach Gewicht die schweren Tiere in den Fressbereich 2 und die leichteren in den Fressbereich 1 entließ. Auf diese Weise wurden die leichteren Tiere nicht von den schwereren am Fressen gehindert. Bei den Wiegungen am Studientag 123, 134 und 145 wurde die Software so umgestellt, dass die Tiere nach den Kriterien des FOM (Fat-O-Meter)-Vermessungssystems vermessen wurden, um das Wachstum anhand von verschiedenen wertbestimmenden Parametern während der Mast beobachten zu können. An allen Wiegeterminen wurde vor der Sortierschleuse eine zusätzliche Waage aufgestellt, um das Lebendgewicht der Tiere anhand zwei verschiedener Messmethoden, der optischen Gewichtsermittlung und Messung des Gewichtes mittels der Digitalwaage ermitteln zu können. Nach der Vermessung wurden die Tiere in eines der zwei Fütterungsabteile entlassen.



Abbildung 4: optiSORT-Anlage mit davor aufgebauter Digitalwaage vor der Wiegung

Konventioneller Maststall

Die Aufstallung der übrigen 100 Tiere erfolgte in einem angrenzenden konventionellen Maststall, welcher aus acht Kleinbuchten bestand, die jeweils mit 12 Tieren belegt waren. Die Seitenlänge einer Kleinbucht betrug 6,5 Metern und die Breite 2,14 Meter.

Die Verteilung der Gruppen auf die jeweiligen Buchten erfolgte so, dass ein gleiches Verhältnis zwischen Eber und Kastraten gewährleistet war.

3.3 Versuchsaufbau

3.3.1 Versuchstiere

Klinische Untersuchung

Vor dem Einschluss der Tiere und der Gruppeneinteilung erfolgte eine klinische Untersuchung, bei welcher der Allgemeinzustand beurteilt und die Tiere auf etwaige Verletzungen und Erkrankungen des Respirations- und Darmtraktes untersucht wurden. Nur männliche Tiere in einem Alter von maximal 5 Tagen wurden in die Studie aufgenommen. Das festgesetzte Mindestgewicht bei Aufnahme in die Studie am Studientag 1 durfte 1,3 kg LG nicht unterschreiten. Tiere mit fehlgebildeten Hoden sowie Kryptorchiden oder Tiere die eine Hernie aufwiesen, wurden von der Studie ausgeschlossen.

Zootechnische Maßnahmen

Die Erstversorgung der Versuchstiere wurde nach den herkömmlichen Methoden des jeweiligen Ferkelerzeugers durchgeführt.

Die Tiere des Ferkelerzeugers 1 erhielten am ersten Lebenstag (LT) 5 mg/kg Körpergewicht Ceftiofur, Naxcel[®] (Fa. Pfizer, Berlin) i.m.. Es wurde eine dünne Schicht Torf auf die Liegeflächen der Saugferkel gestreut. Am 2. oder 3. LT erhielten die Tiere 20 mg/kg Körpergewicht Toltrazuril per os (p.o.), Baycox[®] (Fa. Bayer, Leverkusen) anschließend wurden die Schwänze mit einem Elektrokauter kupiert. Eine Eisengabe von 200 mg/Tier, Ursoferan200[®] (Fa. Serumwerk, Bernburg) fand s.c. in die Kniefalte zwischen dem 2. und 4. LT statt. Die chirurgische Kastration der Tiere der Gruppe K wurde durch den Studienleiter zwischen dem 3. und 5. LT durchgeführt, wobei anschließend Ferkelohrmarken mit individuellen Zahlen zur Kennzeichnung in das jeweils linke Ohr eingezogen wurden.

Im Betrieb des Ferkelerzeugers 2 wurden den Versuchstieren am LT 1 die Schwänze mit einem Elektrokauter kupiert, die Zähne geschliffen und 10 mg/kg Körpergewicht Lincomycinhydrochlorid, Albiotic[®] (Fa. Pfizer, Berlin) i.m. verabreicht. Am 2. LT wurde den Ferkeln eine Elektrolytösung als Zusatztränke angeboten. Am 3. LT erfolgte eine Eisengabe von 200 mg/Tier, Ursoferan 200[®] (Fa. Serumwerk, Bernburg) s.c. in die Kniefalte. Zwischen dem 4. und 7. LT wurden alle Tiere der Gruppe K chirurgisch kastriert. Bei der chirurgischen Kastration wurde nach jedem Wurf das Skalpell

gewechselt und die Kastrationswunde bei Ferkelerzeuger 1 mit Wundspray Wundbalsam[®] (Fa. Plantavet, Bad Waldsee) behandelt und bei Ferkelerzeuger 2 unbehandelt belassen. Eine Injektion mit Mycoplasmenimpfstoff, StellamuneOne[®] (Fa. Pfizer, Berlin) von 2 ml i.m. wurde am 7. LT verabreicht. Alle Versuchstiere erhielten in das rechte Ohr eine Betriebsohrmarke und in das linke eine individuelle Versuchstierohrmarke. In beiden Ferkelerzeugerbetrieben erhielten alle Tiere der Gruppe K eine rote Ohrmarke zur Kennzeichnung, die Tiere der Gruppe G eine weiße.

Medikation der Versuchstiere

Neben der Medikation im Rahmen der zotechnischen Maßnahmen wurden die Versuchstiere im Laufe der Mastperiode im Krankheitsfall behandelt. Im Betrieb des Ferkelerzeugers 1 wurden jeweils 26 Tiere der Gruppe K und Gruppe G im Saugferkelalter wegen Durchfall mit Trimethoprim–Sulfadimidin 15 mg/kg i.m. Protrim[®] (Fa. FortDodge, Würselen) behandelt. Bei Ferkelerzeuger 2 erfolgte bei 4 Tieren der Gruppe K und 5 Tieren der Gruppe G eine Saugferkelbehandlung gegen Durchfall mit Enrofloxacin 2,5 mg/kg i.m. Baytril5%[®] (Fa. Bayer, Leverkusen). In Tabelle 4 ist die Medikation der Versuchstiere im Aufzuchtstall aufgelistet.

Tabelle 4: Medikation der Tiere im Aufzuchtstall

ST (LW)	Anzahl	Wirkstoff	Dosierung/kg KG und Tag	Indikation
25-31 (5)	alle	Colistin 100%	5mg	Enteritis
25-28 (5)	alle	Antastmon	50mg	Enteritis
25-28 (5)	alle	Aciphen	2x2mg	Streptokokkeninfektion
25-28 (5)	90	Marbofloxacin 2%	1ml/10kg	E.coli Diarrhoe
46-49 (6)	alle	Neomycinsulfat	10mg	Enterotoxämie
46-51 (6)	40	Marbofloxacin 2%	1ml/10kg	Enterotoxämie, akute Todesfälle
66-70(10)	alle	Amoxicillin	2x10mg	Staphylokokkeninfektion
66-70(10)	alle	TP 25	10mg	Enteritis PIA

3.3.2 Versuchstierverluste

Im Laufe des Versuches sind Verluste bei den Versuchstieren aufgetreten. Diese sind in Tabelle 5 aufgelistet. Des Weiteren traten auf Grund von Ohrmarkenverlusten Datenmängel bei 5 Tieren der Gruppe K und 4 Tieren der Gruppe G auf, die daher nicht in die Studie einbezogen wurden.

Tabelle 5: Versuchstierverluste

Tierverluste	Gruppe K	Gruppe G
Saugferkelverluste	12	14
Verluste in der Aufzucht	7	6
Verluste in der Mast	2	3
Transportverluste	1	0

3.3.3 Gruppeneinteilung

Zur Durchführung des Versuchs wurden zwei Gruppen gebildet. Die Tiere der Gruppe K wurden am Studientag 1 chirurgisch kastriert und erhielten rote Ohrmarken. Die Tiere der Gruppe G bekamen am Studientag 23 anstatt der weißen Ohrmarken grüne Ohrmarken und wurden in der Mast immunologisch kastriert.

Randomisierung

Alle in den Versuch eingeschlossenen Tiere wurden innerhalb von 12 Tagen geboren. Am Studientag 1 erfolgten die Randomisierung nach Gewicht und die Einteilung in zwei Gruppen. 360 Ferkel von Ferkelerzeuger 1 wurden in den Versuch aufgenommen. 200 Tiere stammten aus dem Betrieb des Ferkelerzeugers 2. Jeweils die Hälfte der Tiere wurde Gruppe K und Gruppe G zugeordnet. Bei der Randomisierung wurden alle männlichen Ferkel eines Wurfes auf einer für jeden Betrieb separaten Digitalwaage gewogen und je nach absteigendem Gewicht abwechselnd Gruppe K oder G zugeordnet. Nach der Gewichtsermittlung wurde das Gewicht mit einem Markierungsstift auf dem Rücken des jeweiligen Tieres notiert. Bei der Gruppenzuordnung wurde das schwerste Tier Gruppe K zugeordnet und das nächst schwere der Gruppe G, solange bis alle männlichen Tiere des ersten Wurfes

eingeteilt und mit den entsprechenden Ohrmarken und fortlaufenden Nummern gekennzeichnet waren. Bei dem nächsten Wurf wurde diese Gruppeneinteilung fortlaufend beibehalten.

Impfstoffapplikation

Die erste Impfung gegen Ebergeruch erhielten alle Tiere der Gruppe 2 am Studientag 80 mit einer Initialdosis von 2 ml des Präparats Improvac® (Fa. Pfizer, Berlin), welche 0.4 mg GnRF-Analogen, konjugiert mit einem Trägerprotein in einer wässrigen Grundlage enthält. Eine Impfdosis enthält neben dem Wirkstoff ein ölfreies Adjuvans (300 mg), bestehend aus Thiomersal (0.2 mg) und Wasser für Injektionszwecke. Der zu applizierende Impfstoff wurde in einem klinikeigenen Kühlschrank bis unmittelbar vor Gebrauch bei 6°C verschlossen aufbewahrt. Die Injektionen wurden mit einem Sicherheitsinjektor der Firma Pfizer s.c. in die linke Nackenseite durchgeführt. Die zweite Injektion erfolgte am Studientag 123, ebenso wie bei der ersten, während der Wiegung in einer Digitalwaage in die rechte Seite des Halsansatzes s.c. hinter dem Ohr. Die Injektionsstellen wurden jeweils 24 und 48 Stunden nach der Injektion durch den Tierarzt kontrolliert, wobei die individuelle Ohrmarkennummer zur Identifikation, die Injektionsstelle und der Entzündungsscore dokumentiert wurden. Die Untersuchung der Injektionsstelle wurde ebenso nach der zweiten Injektion und nach Schlachtung der Tiere am Schlachtband durchgeführt. In Tabelle 6 ist eine Zusammenfassung der Injektionsstellenbeurteilung zu sehen.

Die Injektionsstellen aller geimpften Tiere wurden in einem Score Punktebereich von eins bis vier beurteilt. Bei einem Score von eins war die Injektionsstelle sichtbar und mit einem Hautrötungsareal von weniger als 0,5 cm Durchmesser umgeben. Es waren keine Hinweise auf eine Gewebereizung zu erkennen und die Hautschwellung konnte nur mit der Injektion assoziiert werden. Bei einem Score von zwei konnten Hinweise auf eine Gewebereizung vorliegen, die zu Juckreiz an der Injektionsstelle führen. Ein Erythem mit einem Durchmesser von 0,5 cm bis zwei Zentimeter, jedoch ohne eine palpierbare Schwellung hervorzurufen, lag bei einem Score von 2 vor. Bei einem Score von drei lagen eine intramuskuläre Schwellung, Hinweise auf eine Gewebereizung und ein Durchmesser des Erythems von 2-5 cm vor. War der Durchmesser des Erythems größer als 5 cm, so lag ein Score von vier vor. Hier trat auch eine sichtbare und palpierbare Schwellung der Injektionsstelle auf, welche zu

einer schmerzhaften Gewebereizung führte und Exsudat aus der Injektionsstelle austreten ließ

Tabelle 6: Beurteilung der Injektionsstellen

SCORE	BESCHREIBUNG	
1	Normal	Lediglich eine erkennbare Injektionsstelle, die von einem Hautrötungsareal von weniger als 0,5 cm Durchmesser umgeben ist. Hautschwellungen nur mit Injektionsstelle assoziiert. Keine Hinweise auf Gewebereizungen.
2	Leicht	Erythem mit 0,5-2 cm Durchmesser; KEINE distinkte subkutane oder intramuskuläre Schwellung palpierbar. Hinweise auf eine Gewebereizung können vorliegen; z. B. durch Juckreiz bedingte Reaktionen an der Injektionsstelle.
3	Mäßig	Erythem von 2-5 cm Durchmesser oder subkutane oder intramuskuläre Schwellung palpierbar; begleitet von Hinweisen auf Gewebereizung wie Anzeichen ständigen Reibens und Juckens an der Injektionsstelle. Kein Exsudat.
4	Schwer	Erythem von mehr als 5 cm Durchmesser; subkutane oder intramuskuläre Schwellung sichtbar und palpierbar; Hinweise auf Gewebereizung und Schmerzen wie ständiges Reiben oder Jucken; Rückzug und Lautgeben bei Berührung. Exsudation oder spürbar flüssigkeitsgefüllte Schwellung kann vorliegen.

Zur zweimaligen Injektion des Präparates Improvac[®] (Fa. Pfizer, Berlin) wurde ein Sicherheitsinjektor verwendet, welcher von der Firma als Schutz vor einer Selbstinjektion und zur exakten Injektionsart und Verabreichung der vorgesehenen Injektionsvolumina bereitgestellt wurde. Zur Injektion mit dem Sicherheitsinjektor wurde zunächst die Sicherheitshülse, welche die Injektionsnadel vollständig umgibt, auf die Injektionsstelle des Tieres aufgesetzt. Nach Entsichern der Nadelhülse drang die Nadel in das Gewebe ein und ermöglichte die Verabreichung der 2 ml des Impfstoffes. In diesem Versuch wurde die 50 ml Impfstoffflasche in eine Saugspinne der Firma Pikovet (nach Dr. Scheftner) aufgesetzt. Die Flasche wurde dabei durch ein fingerartiges Drahtgeflecht fixiert und mit Hilfe einer vom Hersteller an der Saugspinne fixierten Spezialsaugkanüle in die Flasche eingesetzt, wodurch eine ständige Luftzufuhr nach Austritt der Impfdosis aus der Flasche ermöglicht werden

konnte. Die Saugspinne wurde von der applizierenden Person mit einer Kette um den Hals gehängt und mit einem 1m langen 3x7 mm starken Silikonschlauch der Firma Hauptner mit dem Ansaugventil des Sicherheitsinjektors verbunden. Zum Einsatz kam eine 16 x 1 mm Injektionsnadel, die von der Firma Pfizer gestellt und mit dem Sicherheitsinjektor mitgeliefert wurde.



Abbildung 5: Sicherheitsinjektor der Fa. Pfizer mit Impfspinne (Fa. Pikovet)

3.3.4 Ermittlung der Gewichte und Tageszunahmen

Die erste Gewichtsermittlung fand am Studientag 1 statt. Alle Ferkel eines Wurfes wurden aus der Abferkelbucht herausgenommen und die männlichen Tiere von den weiblichen getrennt. Alle männlichen Ferkel, welche die Voraussetzungen zur Aufnahme in die Studie aufwiesen, wurden in eine 40x40x30 cm große Plastikkiste gesetzt, welche auf einer tarierten und geeichten Digitalwaage stand. Die Wiegung und das Einteilungssystem wurden bei beiden Ferkelerzeugern auf dieselbe Weise durchgeführt wie in Absatz 3.3.3 beschrieben. Es wurden jedoch Waage und

Plastikkiste bei jedem Betrieb ausgetauscht. Die zweite Wiegung fand am Studientag 23 statt, wobei ebenfalls die betriebseigene Waage und Plastikkiste verwendet wurde. Daneben wurde eine neue Masttierohrmarke anstelle der Ferkelohrmarke eingezogen.

Am Studientag 80 fand im Maststall die dritte Wiegung statt. Der Aufbau der Wiegevorrichtungen im Großraumabteil ist in Abbildung 3 aufgezeichnet. Nach der Gewichtsermittlung auf der Digitalwaage wurden die Tiere in die Sortierschleuse getrieben. Die in den Kleinbuchten aufgestellten Versuchstiere wurden zunächst in den Gang getrieben und passierten die Waage beim Zurücktreiben in die jeweilige Bucht. Nach jedem 20. Tier erfolgte eine erneute Trierung der Waage. Alle gewogenen Tiere wurden mit einem Viehmarker gekennzeichnet und das Gewicht mit der entsprechenden Ohrmarke (Tier-ID) auf einem Protokoll dokumentiert. Nach der Gewichtsermittlung erhielten die Tiere der Gruppe G die erste Injektion Improvac[®] (Fa. Pfizer, Berlin) s.c. mit dem Sicherheitsinjektor in die linke Nackenseite direkt hinter dem Ohr. Die nächste Gewichtsermittlung erfolgte am Studientag 123 unter Einhaltung des gleichen Ablaufs wie an Studientag 80. Gleichzeitig wurde den Tieren der Gruppe G die zweite Dosis Improvac[®] (Fa. Pfizer, Berlin) s.c. in die rechte Nackenseite direkt hinter dem Ohr verabreicht, während sie sich in der Digitalwaage befanden. Am gleichen Studientag wurde auch erstmals die Größe der Hoden ermittelt. Darüber hinaus wurden von den ersten 100 Tieren, welche auf die Waage getrieben wurden, die Anzahl und Lokalität der Biss- und Kratzwunden auf einem separaten Protokoll festgehalten.

An Studientag 134 erfolgte die fünfte Wiegung des Tierpools wie an Studientag 123, verbunden mit der Ermittlung der Hodengröße, der Kontrolle der Biss- und Kratzwunden und der Dokumentation der Ergebnisse in ein entsprechendes Protokoll. Die Stichtagswiegung wurde am Studientag 145 durchgeführt. Bis auf die Beurteilung der Biss- und Kratzwunden wurden alle Maßnahmen an diesem Studientag sowohl im Großraumabteil als auch in den Kleinbuchten durchgeführt.

3.3.5 Hodenmessung

An den Studientagen 123, 134 und an dem jeweiligen Schlachttag wurden die Hoden der Tiere der Gruppe G vermessen. Hierzu wurde eine modifizierte Digitalschubleere der Firma LUX mit einer Messskala bis zu 150 mm verwendet, an der eine Schenkelverlängerung von 100 mm und eine Schenkelbreite von 15 mm erlaubt, die Länge und Breite der Hoden zu vermessen. Die Hodenmessung wurde immer von dem untersuchenden Tierarzt in der Digitalwaage durchgeführt. Bei der Messung wurde mit der linken Hand das Scrotum und der Hoden so fixiert, dass sich der Hoden deutlich abzeichnete. Anschließend wurde die Digitalschubleere mit der rechten Hand eng an das Scrotum mit dem darunter liegenden Hoden angepasst und die Länge und Breite an dem Display der Schubleere abgelesen. Nach dem Herausschneiden am Schlachthof wurden die am Hoden noch verbleibenden Hautreste entfernt und die Hoden auf einer Digitalwaage gewogen. Anschließend wurden die Hoden ohne Scrotum an ihrem größten Durchmesser in deren Länge und Breite durch dieselbe Person mit der Digitalschubleere vermessen.

3.3.6 Verhaltensbeobachtung

Die Verhaltensbeobachtungen in dem Großraumabteil wurden von einem Sichtpunkt aus durchgeführt, von dem die gesamte Bucht überblickt werden konnte, ohne die Schweine in ihrem Verhalten zu beeinflussen. In Abbildung 3 ist dies unter der Nummer 1 (Verhaltensbeobachtungspunkt) gekennzeichnet. In diesem Versuch bestand ein Beobachtungstag aus zwei Beobachtungsintervallen von 10 min, wobei eine Pause von ca. 10 min zwischen der Beobachtungszeit eingelegt wurde. Die Verhaltensbeobachtungen wurden zwischen 11 Uhr und 15 Uhr durchgeführt, da in dieser Zeitspanne die optiSORT-Sortierschleuse die meisten Durchläufe zu den Fressabteilen verzeichnete und infolgedessen die meisten Tiere aktiv waren.

Auf Grund der verschiedenen Ohrmarkenfarben konnte zwischen den Tieren der Gruppen G und K unterschieden werden. Dokumentiert wurden im Rahmen der Beobachtungen u. a. Aufreitversuche, bei denen die Vordergliedmaßen bis zu 3 Sekunden deutlich auf dem Körper des anderen Tieres auflagten und dann von diesem abgeschüttelt wurde oder das aufreitende Tier die Aktion von selbst beendete. Es wurde dabei unterschieden, ob der Aufreitversuch zwischen zwei Ebern (Tiere der Gruppe G) oder zwei Kastraten stattfand oder ob ein Eber bei einem Kastraten aufsprang bzw. umgekehrt. Des Weiteren wurde ein Aufreiten von

über 3 Sekunden mit Kopulationsbewegungen mit derselben Unterscheidung zwischen den Gruppen notiert. Kurze Rangeleien zwischen Eber und Eber, Eber und Kastrat und Kastrat mit Kastrat wurden ebenfalls aufgezeichnet. Hierbei wurden kurze Interaktionen bis zu zehn Sekunden zwischen den Tieren im Fressbereich und in der Großbucht unterschieden, wobei Bissattacken oder Wegdrängen unter Lautäußerung eines Artgenossen durch eine Attacke eines anderen bewertet. Bei Kämpfen mit längerer Dauer als 10 Sekunden, in denen die Kontrahenten mit den Köpfen gegenüberstanden und durch Leerkauen Schaum vor dem Maul hatten, wurde zwischen den gleichen Gruppen unterschieden wie bei kurzen Rangeleien. Als letzter Punkt auf dem Verhaltensbeobachtungsprotokoll wurde die Verfolgung durch einen Eber oder einen Kastraten nach einem Kampf dokumentiert.

Diese Verhaltensuntersuchungen wurden an den Studientagen 94, 98, 108, 114, 121, 128, 135 und 144 durchgeführt. An jedem Beobachtungstag wurden die Uhrzeit und das Datum auf dem Protokoll notiert. Am Studientag 123 wurden die ersten 100 Tiere welche im Rahmen der Wiegung auf die Waage getrieben wurden auf deren Biss- und Kratzverletzungen untersucht. Je nach Schwere der Verletzungen konnten Scorepunkte notiert werden, wobei unterschieden wurde, ob sich die Verletzungen im vorderen oder im hinteren Körperabschnitt des Tieres befanden. Die Körperpartien von Kopf bis zum Rippenbogen wurden als vordere und die Partien kaudal des Rippenbogens als die hinteren bezeichnet. Es wurden Scorepunkte von 0 bis 4 verteilt und auf einem Protokoll aufgezeichnet.

Ein Score von 0 konnte notiert werden, wenn ein Schwein keinerlei Hautverletzungen aufwies. Bei 1-3 Hautläsionen wurde ein Score von 1, bei 3-5 ein Score von 2, bei 6-8 ein Score von 3 und bei mehr als 8 Verletzungen im vorderen oder hinteren Bereich des Tierkörpers ein Score von 4 vergeben. Die am Studientag 123 untersuchten Tiere wurden am Studientag 134 erneut untersucht und die jeweiligen Verletzungen auf einem Protokoll (Kratzliste) vermerkt.

3.4 Schlachtung

Die Tiere aus der Großbucht wurden am Schlachthof der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierzucht, Leistungsprüfung Schwein in Poing-Grub geschlachtet (Schlachthof 1).

Die Tiere aus den Kleinbuchten wurden am Schlachthof der Ulmer Fleisch GmbH in Ulm geschlachtet (Schlachthof 2). Die Betäubung der Tiere am Schlachthof 2 erfolgte durch Kohlendioxid-Exposition, wobei die Tiere den rechtlichen Vorgaben entsprechend einem Gasgemisch bestehend aus Sauerstoff und Kohlendioxid mit einem Volumenanteil von 85% bis 90% Kohlendioxid für einen Zeitraum von etwa 150 Sekunden bis zum Eintritt der Bewusst- und Wahrnehmungslosigkeit ausgesetzt waren.

Am Schlachthof 1 erfolgte eine Elektrobetäubung der Tiere durch Strom mit einer Spannung von 7 Volt Ampere.

Die Schlachtung aller Versuchstiere fand in einem Zeitraum von 14 Tagen an 5 Schlachtterminen statt.

3.4.1 Probenentnahme

An beiden Schlachthöfen wurde nach dem Entblutungsstich zwei Serum-Monovetten mit Blut von jedem Versuchstier aufgefangen, beschriftet und in eine mit Kühllakus und Monovettenständer ausgestattete Kühlbox verbracht. Die Ohrmarkennummern und die Schlachtnummern wurden notiert. Die Injektionsstellen der Tiere der Gruppe G wurden palpiert. Nach dem Brüh- und Entborstungsprozess wurden den Tieren der Gruppe G vor der Eröffnung der Bauchhöhle die Hoden entfernt und von Mitarbeitern der Klinik für Schweine der LMU München in beschriftete Gefrierbeutel verpackt. Anschließend wurde von jeweils einer Schlachtkörperhälfte jeden Tieres eine Bauchfettprobe entnommen und ebenfalls in vorbeschriftete Gefrierbeutel verpackt. Ebenso wurde ein Stück Nackenmuskulatur von ca. 100 Gramm mit dem Messer herausgeschnitten und separat auf die gleiche Weise wie die Bauchfettprobe verpackt. Als letztes wurde die Glandula mandibularis, das anliegende Bindegewebe und ein Teil der Halsmuskulatur entnommen und ebenfalls getrennt verpackt und beschriftet. Alle entnommenen Proben wurden gekühlt und unverzüglich zur Bearbeitung in die Klinik für Schweine transportiert. Am Schlachthof 1 wurde das Gewicht, die Länge und Breite der Hoden erhoben. Die Hoden der Tiere aus den

Kleinbuchten wurden nach Entnahme in der Klinik für Schweine gewogen und vermessen.

Eine weitere Probenentnahme wurde durch den amtlichen Tierarzt des jeweiligen Schlachthofes durchgeführt und eine Fleischuntersuchung nach Verordnung (EG) Nr. 2075/2005 der Kommission vom 5. Dezember 2005 mit spezifischen Vorschriften für die amtlichen Fleischuntersuchungen auf Trichinen durchgeführt (FIHV 2007c).

3.4.2 Sensorische Untersuchung

Die sensorische Untersuchung der Nackenfleischproben und der Glandulae mandibulares mit anhaftendem Gewebe aller Versuchstiere erfolgte im Institut für Lebensmittelhygiene und -technologie, Veterinärwissenschaftliches Department der tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Die sensorischen Untersuchungen erfolgten in Anlehnung an die Vorgaben der Anlage 4 Buchstabe 6 der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift Lebensmittelhygiene (AVV-Lebensmittelhygiene) vom 12. September 2007, in der Methoden zur Feststellung von Geruchs- und Geschmacksabweichungen von Fleisch festgelegt sind. Angewendet wurden zur Feststellung von möglichen Geruchs- oder Geschmacksabweichungen die unter Buchstabe 6.2 und Buchstabe 6.3 der AVV Lebensmittelhygiene beschriebenen Verfahren mit Hilfe von Kochproben und von Ausschmelzproben bei Fettgewebe.

Die entnommenen Materialien (Fleisch, Glandula mandibularis mit anhaftendem Fettgewebe) wurden frühestens 24 Stunden nach der Schlachtung untersucht. Die Auswertung der sensorischen Prüfung wurde von einem Prüfpanel aus mehreren wissenschaftlichen Mitarbeitern des Institutes für Hygiene und Technologie der Lebensmittel tierischen Ursprungs durchgeführt, die als sensorische Sachverständige zur Bewertung von Fleischerzeugnissen im Sinne des DLG-Sensorik-Zertifikats qualifiziert sind. Vor der sensorischen Untersuchung wurde jeweils eine Geruchsprüfung anhand eines positiven Referenzmaterials zur Geruchsschulung und Testung der Wahrnehmungsfähigkeit durchgeführt.

Zunächst wurde der Gefrierbeutel mit der Glandula mandibularis und dem anliegenden Gewebe orientierend olfaktorisch auf Ebergeruch untersucht. Anschließend wurden alle Fleischproben nach der AVV- Lebensmittelhygiene Anlage 4 Buchstabe 6.2.1.2 im Heißansatz bearbeitet und olfaktorisch beurteilt. Hierbei wurde das Nackenfleischstück mit der Kantenlänge von etwa zehn cm in einen Topf

mit rund einem Liter siedendem Wasser gegeben und für fünf Minuten bei Siedetemperatur gehalten. Nach etwa fünf Minuten wurde das Fleischstück aus dem Wasser genommen, in der Mitte auseinander geschnitten und unverzüglich olfaktorisch auf Vorliegen von Geschlechtsgeruch geprüft. Die Bewertung wurde gemäß den Beurteilungskriterien unter Buchstabe 6.2.4 der Anlage 4 der AVV-Lebensmittelhygiene durchgeführt („negativ“ - „mäßig abweichend“ - „hochgradig abweichend“).

3.4.3 Androstenonbestimmung

Von 60 zufällig ausgewählten Tieren beider Gruppen wurden die entsprechenden Bauchfettproben durch den Tiergesundheitsdienst Bayern in Poing auf deren Androstenongehalt untersucht

Unmittelbar nach der Schlachtung wurden mindestens 20 Gramm Bauchfett von allen Versuchstieren entnommen, in einen mit der entsprechenden Ohrmarkennummer des Tieres versehenen Gefrierbeutel gegeben und gekühlt in die Klinik für Schweine der LMU München gebracht, wo die Fettprobe bei -20°C eingefroren wurde. Die Androstenonbestimmung erfolgte durch den Tiergesundheitsdienst in Poing. Als verbindliche Prüfmethode wurde das Enzym-Immunoassay Verfahren nach HERBERT (1997) angewandt.

Der Ebergeruchsstoff Androstenon wurde hierbei zunächst aus dem Fett extrahiert und anschließend enzymimmunologisch mit einem Antiserum von r-biopharm bestimmt. Hierzu wurden im Rahmen der Probenaufbereitung ca. 3-5 g Fettgewebe in ein Glas-Scintillationsvial gegeben und in der Mikrowelle auf Stufe vier innerhalb drei Minuten verflüssigt. Danach wurden 0,05 ml des flüssigen Fetts in 1 ml 50°C warmen Methanols pipettiert und für 10 Sekunden im Vortex geschüttelt. Anschließend wurden 0,05 ml der abgekühlten Proben in jeweils 0,5 ml Test-Puffer pipettiert. Nach der Beschichtung der Mikrotiterplatte (MTP) mit 0,001 mg Schaf-IgG 0,1 ml Coating-Puffer wurde diese bei 4°C über ca. 14 Stunden inkubiert. Nach dem Entleeren und Absättigen der Festphase der MTP wurden die Platten verschlossen und bei - 20°C bis zur weiteren Untersuchung aufbewahrt. Vor der Verwendung wurden die MTP dann 3-mal mit Puffer gewaschen, trocken geklopft und jeweils 0,1 ml Enzymkonjugatverdünner pipettiert. Anschließend wurde die Verdünnung in 0,02 ml Test-Puffer aufgenommen und mit einer Standardverdünnung im Doppelansatz in die MTP pipettiert. Danach erfolgte eine Zugabe von 0,1 ml Antiserumverdünnung,

gelöst in Test-Puffer. Nach einer Inkubation unter leichtem Schütteln über Nacht bei 4°C wurden die MTP 3-mal mit 0,3 ml Waschlösung am Plattenwascher gewaschen, trocken geklopft und mit 0,15 ml Substratlösung/well gefüllt. Nach einer Inkubation von ca. 10 min unter leichtem Schütteln bei 37°C wurde die Farbentwicklung mit 0,05 ml 2 M H₂SO₄/well gestoppt und die optische Dichte bei 450 nm am Photometer gemessen. Die quantitative Auswertung der Androstenon-Konzentrationen im Fett erfolgte mittels der Megellan-Auswertsoftware von Teca. Bei der qualitativen Auswertung wurde die relative Bindung der Proben mit den Kontrollen verglichen. Die Empfindlichkeit des Testes lag bei 0,05 mg Androstenon pro Kilogramm Fett. Wie bereits im Punkt 2.4.1 aufgeführt, besteht eine Gefahr der Kreuzreaktionen mit anderen Steroiden auf Grund deren nahezu gleicher Strukturen.

Tabelle 7: Kreuzreaktionen verschiedener Steroide mit Antiserum gegen Androstenon

Steroid	% Kreuzreaktionen
Androstenon	100
4, 16-Androstadien-3-on	80
5 α -Androst-16-en-3 β -ol	12
5 α -Androst-16-en-3 α -ol	8

3.4.4 Schlachtdatenerhebung

An dem Schlachthof in Ulm wurden das Schlachtgewicht (Schlachtkörper warm) und der Magerfleischanteil (MFA) ermittelt. Als Schlachtkörper warm (SK warm) wird das Gewicht des längsgeteilten Schlachtkörpers ohne Beckenhöhlenfett, Nieren, Nierenfett, Zwerchfellpeiler und Flomen bezeichnet. Der Magerfleischanteil (MFA), oder auch Muskelfleischanteil genannt, wird durch eine bundeseinheitliche Umrechnungsformel ermittelt und dient unter anderem als Kriterium bei der Bestimmung der Handelsklassen. In Tabelle 8 ist die Einteilung in verschiedene Handelsklassen aufgeführt, wobei der MFA als Zahl angegeben ist und sich die Handelsklasse des jeweiligen Tieres von dem MFA-Wert ableiten lässt. Der Muskelfleischanteil des Schweineschlachtkörpers wird bei einem Schlachtgewicht von 50 kg und mehr, jedoch weniger als 120 kg ermittelt.

Tabelle 8: Darstellung der Handelsklassen**Handelsklasse 1**

E	55 und mehr
U	50 und mehr, jedoch weniger als 55
R	45 und mehr, jedoch weniger als 50
O	40 und mehr, jedoch weniger als 45
P	weniger als 40

Handelsklasse 2

M 1	Schlachtkörper von vollfleischigen Sauen
M 2	Schlachtkörper von anderen Sauen
V	Schlachtkörper von Ebern und Altschneidern

Die Formel zur Berechnung des Magerfleischanteiles lautet wie folgt:

$$\mathbf{MF \% = 58,6688 - 0,82809 \times (S) + 0,18306 \times (F)}$$

wobei die Rückenspeckdicke (S) (einschließlich Schwarte) in mm, 7 cm seitlich der Trennlinie auf der Höhe der 2. bis 3. letzten Rippe gemessen und die Muskeldicke (F) in mm, gleichzeitig und an gleicher Stelle wie S gemessen wird. Diese Ergebnisse werden in die Formel für Magerfleischanteil eingesetzt.

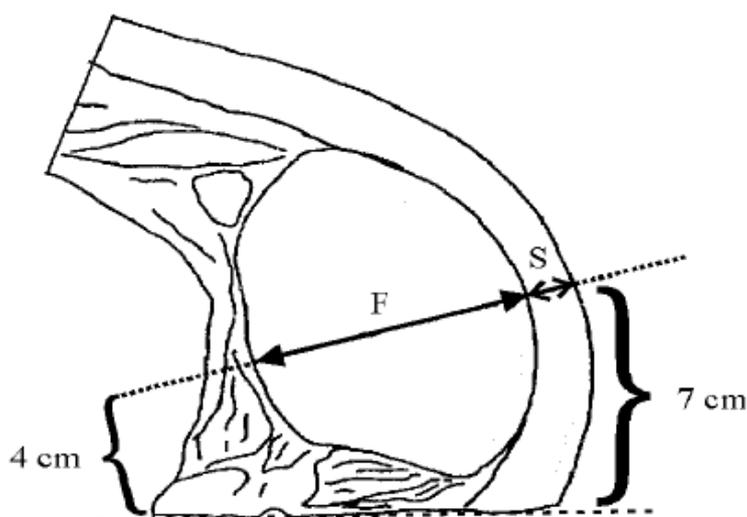


Abbildung 6: Skizze der Kotelettquerschnitts einer Schlachtkörperhälfte 7 cm seitlich der Trennlinie auf der Höhe der 2./3. letzten Rippe (LFL 2007)

Als Schlachtparameter wurden am Schlachthof in Poing-Grub neben denselben wie in Ulm (MFA, F, S und Schlachtgewicht warm) auch das Schlachtgewicht im kalten Zustand (SG kalt) ermittelt, hierbei wurde von dem SG warm 2% auf Grund des Kühlverlustes abgezogen. Des weiteren wurden die Tiere zwischen dem Brüh- und Entborstungsvorgang erneut gewogen und das Nüchterngewicht nach dem Entbluten ermittelt. Zur Messung der Fleischhelligkeit diente der Opto-Star-Wert (Opto1) mit dessen Hilfe 24 Stunden post mortem im Kotelett, durch das Aussenden eines Lichtstrahls mit definierter Wellenlänge und Feststellung des reflektierten Lichtes, die Fleischhelligkeit ermittelt wurde.

Neben der Rückenspeckdicke in Höhe der 2. und 3. letzten Rippe wurde die Speckdicke an Bauch, Lende, Rückenmitte, Widerrist und an der Seite gemessen, wobei mittels einer Schubleere die stärksten Stellen des Speckes an den beschriebenen Körperregionen in cm von der Trennlinie zwischen Muskel und Speck (einschließlich Palisadenzellen) bis zur Außenkante Schwarte senkrecht gemessen wurden. Die Fleischfläche wird auch als Rückenmuskelfläche bezeichnet und beschreibt die Fläche des langen Rückenmuskels (*Musculus longissimus dorsi*) in Quadratzentimeter am Koteletteanschnitt zwischen dem 13. und 14. Brustwirbel (LFL 2007).

Die Bestimmung der Seitenspeckdicke erfolgte an der hängenden Schlachtkörperhälfte, wobei das größte fleischfreie Speckmaß senkrecht zur Schwarte am ventralen Ende des *Musculus latissimus* (einschließlich der Schwarte) mit einer Schubleere vermessen wurde (LFL 2007). Bei der Messung der Fettfläche wird die Fettschicht über dem langen Rückenmuskel gemessen (LFL 2007).

Zur Beurteilung der Fleischreifung wurde der pH-Wert in verschiedenen Partien des Schlachtkörpers und zu verschiedenen Zeitpunkten gemessen. Bei der Messung des pH-Wertes am Kotelett (pH1-K) wird der pH-Wert durch ein vier cm tiefes Einstechen mit zwischen den Dornfortsätzen des 13. und 14. Brustwirbels 35-45 Minuten post mortem ermittelt. 24 Stunden post mortem erfolgte eine erneute Messung des pH-Wertes am Koteletteanschnitt (pH24-K). Die Messung des pH-Wertes am Schinken erfolgte 24 Stunden post mortem 4-6 cm oberhalb des Schlossknochens und 2-3 cm seitlich davon (pH24-S1).

3.4.5 Statistik

Die statistische Auswertung erfolgte mittels des Statistikprogramms SPSS 16.0 für Windows an der Klinik für Schweine der LMU München unter der Verwendung des T-Testes für unabhängige und gepaarte Stichproben. Durch Varianzanalyse (Levene-Test der Varianzgleichheit) wurden Unterschiede zwischen den Gruppen ermittelt und diese auf Signifikanzen geprüft. Die Ergebnisse wurden als signifikant bewertet wenn der p-Wert kleiner als 0,05 war.

4 Ergebnis

4.1 Gewichte und Tageszunahmen

4.1.1 Gewichte und Tageszunahmen der Versuchstiere bis zur Masteinstellung

Eine Übersicht der mittleren Gewichte an den Studientagen 1 und 23, sowie den Tageszunahmen während der Säugezeit (ST 1-23) und der Aufstallung im Flatdeck (ST 23-80) sind in Tabelle 9 und Tabelle 10 erfasst. Während das mittlere Gewicht am Studientag 1 bei beiden Gruppen gleich war (1,87 kg), lag das Gewicht der Tiere der Gruppe G (8,65 kg) am ST 23 über dem der Gruppe K (8,45 kg). Die Gewichte unterschieden sich an ST 1 (Einschluss der Tiere in die Studie) und ST 23 (Absetztermin) nicht signifikant ($p \geq 0,05$) zwischen den beiden Versuchsgruppen.

Tabelle 9: Gewichte der Versuchstiere am Studientag 1 und 23

	Gruppe	ST 1	ST 23
Gewichte (kg)	K	1,87±0,44	8,45±1,56
	G	1,87±0,42	8,65±1,61
p-Wert		≥0,05	≥0,05

Die mittleren Tageszunahmen (TGZ) während der Säugezeit (ST 1-23) und im Aufzuchtstall (ST 23-80) unterschieden sich nicht signifikant. Die Kastraten (Gruppe K) wiesen während der Säugezeit mittlere Tageszunahmen von 0,28 kg auf und lagen somit ein Gramm unter den mittleren Tageszunahmen der Tiere der Gruppe G. Im Aufzuchtstall lagen die Tageszunahmen der Tiere der Gruppe G ein Gramm unter denen der Tiere der Gruppe K (0,47 kg).

Tabelle 10: Tageszunahmen der Versuchstiere zwischen den Studientagen 1-23 und 23-80

	Gruppe	ST 1-23	ST 23-80
Tageszunahmen (kg)	K	0,28±0,07	0,47±0,08
	G	0,29±0,07	0,46±0,07
p-Wert		≥0,05	≥0,05

4.1.2 Gewichte und Tageszunahmen der Versuchstiere in der Mast

Die mittleren Tageszunahmen und Gewichte an den einzelnen Studientagen aller Versuchstiere sind in Tabelle 11 und Tabelle 12 aufgelistet.

Die Gewichte beider Gruppen unterschieden sich an den ersten drei Wiegeungen (ST 1, 23 und 80) nicht signifikant ($p \geq 0,05$). Bei der zweiten Injektion (ST 123) war das Gewicht der Tiere der Gruppe K (64,85 kg) signifikant höher ($p < 0,001$) als das der Tiere der Gruppe G (61,09 kg). Am ST 134 lag das Gewicht der Kastraten mit 79,64 kg signifikant ($p < 0,001$) über dem der gegen Ebergeruch geimpften Tiere, welches bei 76,15 kg lag. Am 6. Wiegetermin (ST 145) konnte ein signifikant ($p = 0,033$) niedrigeres Gewicht bei den Tieren der Gruppe G festgestellt werden.

Tabelle 11: Gewichte aller Versuchstiere

Gruppe		ST 80	ST 123	ST 134	ST 145
Gewichte (kg)	K	33,93 ±5,07	64,85 ±7,92	79,64 ±9,01	88,26 ±9,01
	G	33,35 ±4,91	61,09 ±7,90	76,15 ±9,50	86,41 ±9,98
p-Wert		≥0,05	<0,001	<0,001	0,033

Die Gewichte während der Mast an den Studientagen 80, 123, 134 und 145 der Versuchstiere aus Stall 1 und 2 sind in Abbildung 7 graphisch dargestellt.

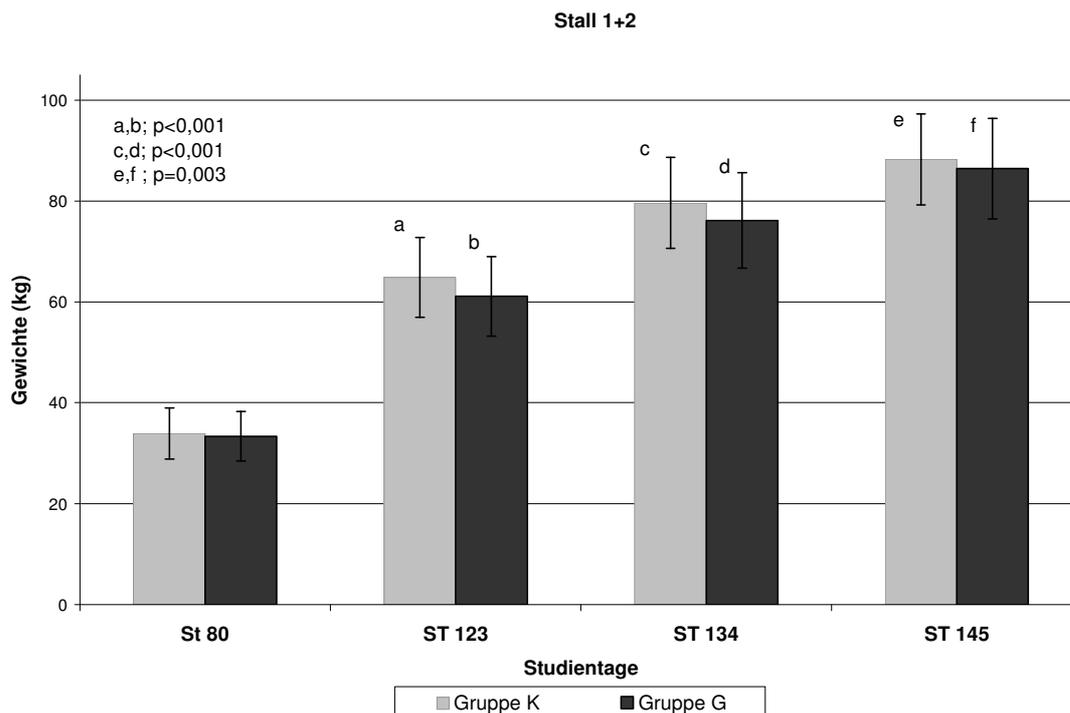


Abbildung 7: Darstellung der mittleren Gewichte der Gruppe K und G in der Mast aus dem Stall 1 und 2 unter Angabe der Standardabweichung sowie der p-Werte für den Vergleich der Gruppen

Die Berechnungen der Tageszunahmen im Saugferkelalter (ST 1-23) und im Aufzuchtstall (ST 23-80) ergaben keine signifikanten Unterschiede ($p \geq 0,05$) zwischen den Gruppen. In der Zeitspanne zwischen der ersten und der zweiten Injektion (ST 80-123) lagen die Tageszunahmen der Tiere der Gruppe K (0,74 kg) signifikant höher ($p < 0,001$) als die der Gruppe G (0,66 kg). Die TGZ zwischen ST 123 und 134 der gegen Ebergeruch geimpften Tiere waren tendenziell höher, jedoch nicht signifikant ($p \geq 0,05$), wohingegen die Tiere der Gruppe G zwischen den Studientagen 134 und 145 signifikant höhere ($p < 0,001$) Tageszunahmen aufwiesen (K=1,02 kg, G=1,10 kg). Die Ermittlung der TGZ über die gesamte Mastperiode hinweg ergab ein signifikant höheres Ergebnis ($p = 0,041$) auf Seiten der Kastraten (K=0,84 kg, G=0,82 kg).

Tabelle 12: Tageszunahmen aller Versuchstiere aus Stall 1 und 2

	Gruppe	ST 80-123	ST 123-134	ST 134-145	ST 80-145
Tageszunahmen (kg)	K	0,74 ±0,12	1,23 ±0,29	1,02 ±0,18	0,84 ±0,10
	G	0,66 ±0,11	1,26 ±0,33	1,10 ±0,20	0,82 ±0,11
p-Wert		<0,001	≥0,05	<0,001	0,041

Die Tageszunahmen aller Versuchstiere während der Mast sind in Abbildung 8 graphisch dargestellt.

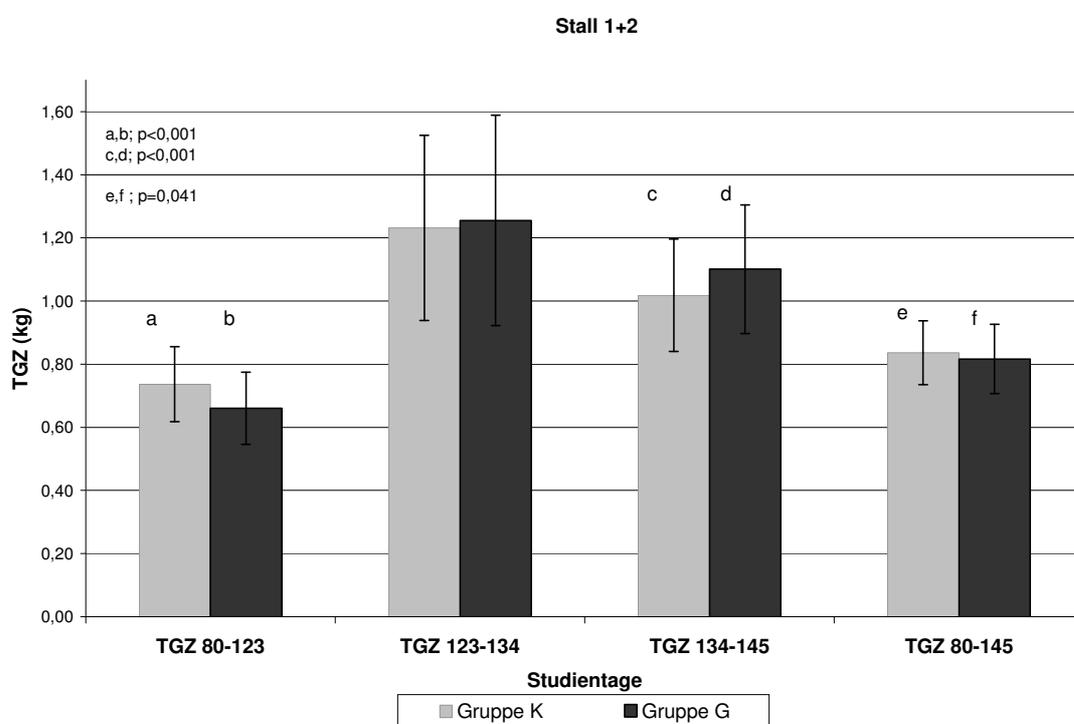


Abbildung 8: Darstellung der mittleren Tageszunahmen der Gruppe K und G in der Mast aus dem Stall 1 und 2 unter Angabe der Standardabweichung sowie der p-Werte für den Vergleich der Gruppen

4.1.3 Maststall mit optiSORT-Sortierschleuse und Großgruppe (Stall 1)

Die Ergebnisse der mittleren Gewichte und Tageszunahmen beider Versuchsgruppen aus Maststall 1 sind in Tabelle 13 und Tabelle 14 aufgezeichnet.

Bei der Einstellung in die Mast (ST 80) unterschieden sich die Gewichte beider Gruppen nicht signifikant ($p \geq 0,05$). Am Studientag 123 lagen die mittleren Gewichte der Gruppe K (66,20 kg) signifikant über ($p < 0,001$) den Gewichten der geimpften Tiere (62,52 kg). Ebenso konnte an Studientag 134 ein signifikant höheres Gewicht ($p = 0,001$) der Gruppe K (81,04 kg) im Vergleich zur Gruppe G gemessen werden (78,01 kg). Am ST 145 war das Gewicht der Tiere der Gruppe K nicht signifikant höher als das der gegen Ebergeruch geimpften Tiere ($p \geq 0,05$).

Tabelle 13: Gewichte der Tiere aus dem Maststall 1

	Gruppe	ST 80	ST 123	ST 134	ST 145
Gewichte (kg)	K	35,07±4,40	66,20±7,49	81,04±8,44	89,41±8,72
	G	34,83±4,40	62,52±7,80	78,01±9,00	88,15±9,83
p-Wert		≥0,05	<0,001	0,001	≥0,05

In Abbildung 9 sind die mittleren Gewichte beider Gruppen aus Maststall 1 graphisch dargestellt. Wobei die Tiere der Gruppe K im Saugferkelalter chirurgisch kastriert wurden (K=Kastraten) und die Tiere der Gruppe G gegen Ebergeruch im Maststall geimpft wurden (G=geimpft).

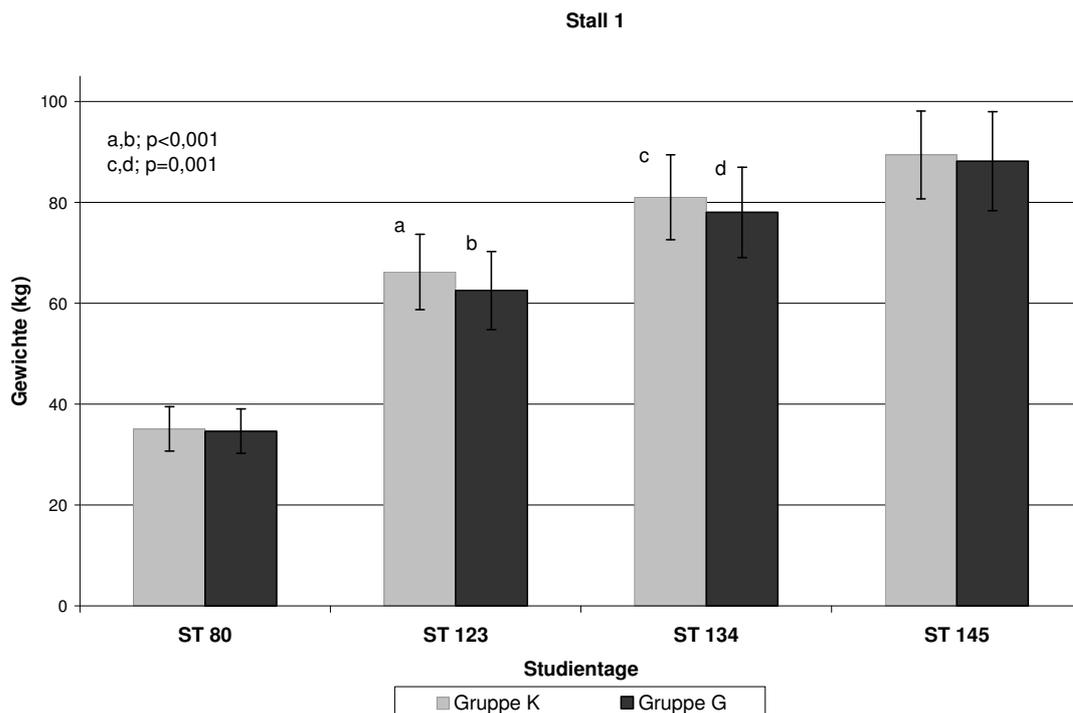


Abbildung 9: Darstellung der mittleren Gewichte der Gruppen K und G im Maststall 1 mit Angabe der Standardabweichungen an den Studientagen 80, 122, 134 und 145

Die Tageszunahmen unterschieden sich zwischen den beiden Injektionen (ST 80 bis ST 123) und in den letzten beiden Wochen der Endmast (ST 134-145) signifikant ($p < 0,001$), wobei zwischen den beiden Versuchsgruppen die Tageszunahmen in den letzten beiden Wochen in der Mast bei den Tieren der Gruppe G höher ($G = 1,11$ kg, $K = 1,01$ kg) und in der Zeitspanne zwischen den beiden Injektionen (ST 80-123) die TGZ der Gruppe K signifikant ($p < 0,001$) höher waren ($K = 0,74$ kg, $G = 0,66$ kg). Die Tiere der Gruppe K wiesen zwischen der zweiten Injektion (ST 123) und Studientag 134 keine signifikant höheren Tageszunahmen auf ($K = 1,24$ kg, $G = 1,29$ kg) als Gruppe G. Die Gruppe der Kastraten ($0,84$ kg) wies im Vergleich zu den Tieren der Gruppe G ($0,82$ kg) über die gesamte Mastdauer hinweg (ST 80-145) tendenziell höhere Tageszunahmen auf, ohne sich signifikant zu unterscheiden ($p \geq 0,05$).

Tabelle 14: Tageszunahmen der Tiere aus dem Maststall 1

	Gruppe	ST 80-123	ST 123-134	ST 134-145	ST 80-145
Tages- zunahmen (kg)	K	0,74±0,12	1,24±0,29	1,01±0,18	0,84±0,10
	G	0,66±0,12	1,29±0,31	1,11±0,20	0,82±0,11
p-Wert		<0,001	≥0,05	<0,001	≥0,05

Die mittleren Tageszunahmen beider Gruppen aus Stall 1 sind in Abbildung 10 graphisch aufgeführt. Der Zeitraum zwischen den einzelnen Berechnungen der Tageszunahmen variiert.

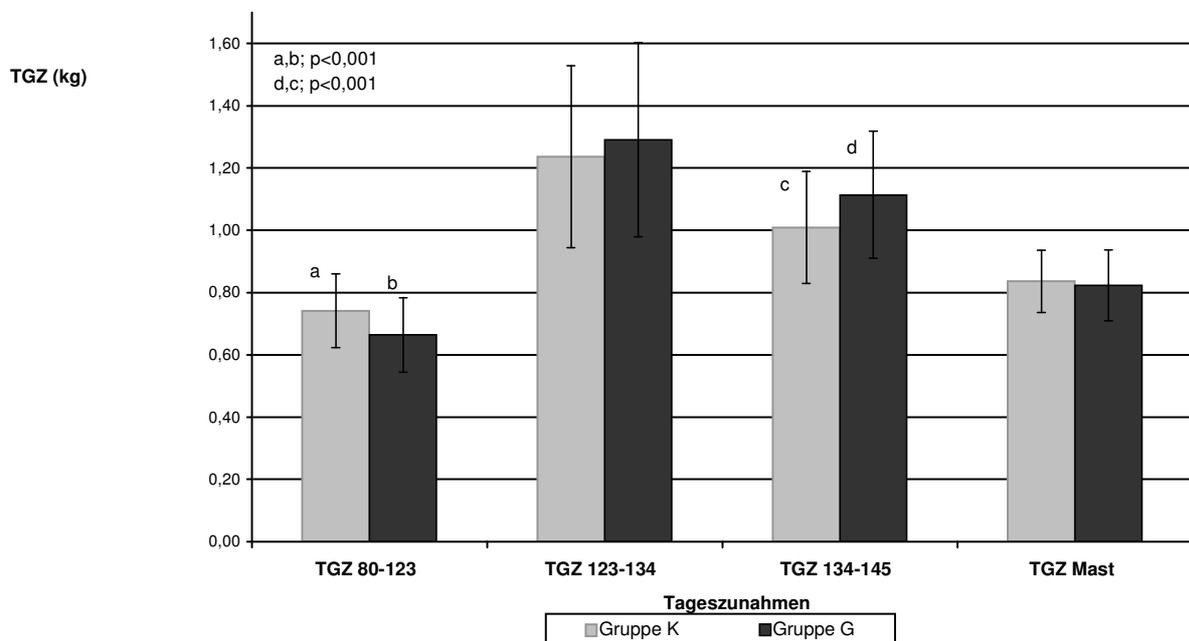


Abbildung 10: Darstellung der mittleren Tageszunahmen in verschiedenen Abschnitten der Mast der Gruppen K und G im Maststall 1 mit Angabe der Standardabweichungen

4.1.4 Konventioneller Maststall mit Kleingruppen (Stall 2)

Die mittleren Gewichte der Versuchstiere aus dem Maststall 2 sind in Tabelle 15 aufgelistet.

Bei der Einstallung in die Mast (ST 80) unterschieden sich die Gewichte beider Gruppen nicht signifikant. Bei der zweiten Injektion (ST 123) lagen die Gewichte der Tiere der Gruppe K (57,69 kg) signifikant höher ($p=0,026$) als die der Gruppe G

(54,98 kg), ebenso wie am Studientag 134 (K=72,19 kg, G=68,23 kg, $p=0,024$). Bei der Wiegung am Studientag 145 lagen keine signifikanten Gewichtsunterschiede vor ($p \geq 0,05$).

Tabelle 15: Gewichte der Tiere aus dem Maststall 2

	Gruppe	ST 80	ST 123	ST 134	ST 145
Gewichte (kg)	K	27,69±4,06	57,69±6,15	72,19±8,56	82,15±8,29
	G	27,91±2,84	54,98±4,85	68,23±7,35	79,01±6,77
p-Wert		$\geq 0,05$	0,026	0,024	$\geq 0,05$

In Abbildung 11 sind die mittleren Gewichte beider Gruppen aus Stall 2 graphisch dargestellt.

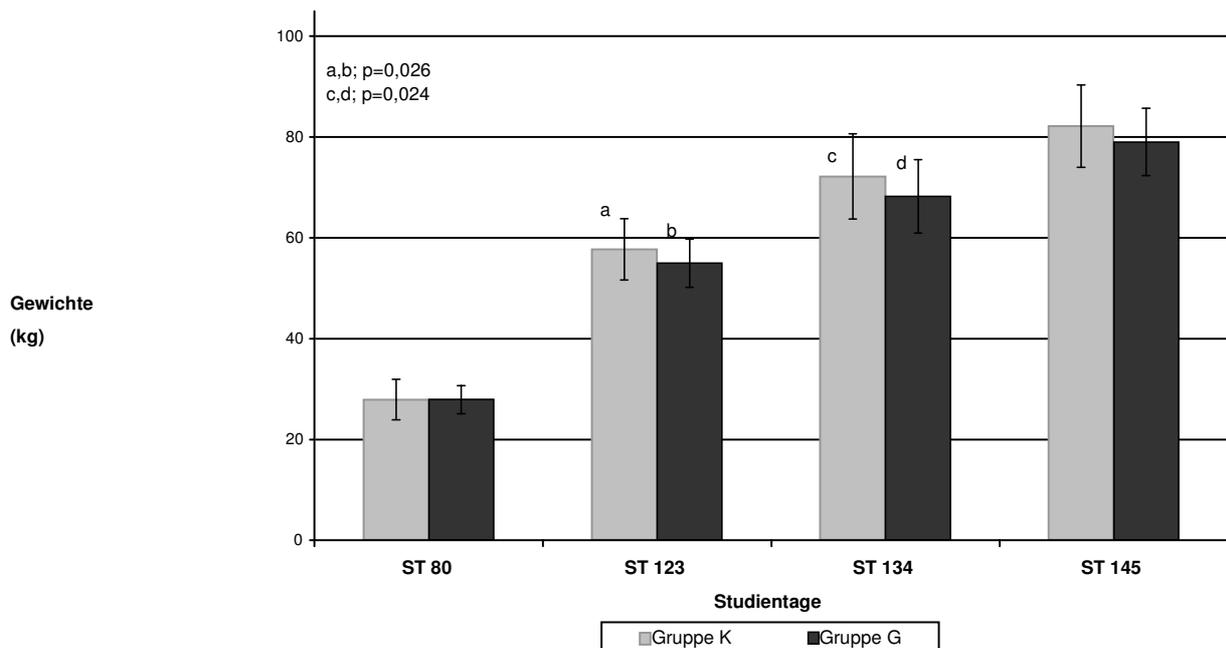


Abbildung 11: Darstellung der mittleren Gewichte der Gruppe K und G im Maststall 2 unter Angabe der Standardabweichung sowie der p-Werte für den Vergleich der Gruppen an den Studientagen 80, 122, 123 und 145

Im Vergleich der mittleren Tageszunahmen beider Versuchstiergruppen erzielten die Tiere der Gruppe K (0,71 kg) in dem Zeitraum zwischen den beiden Injektionen (ST 80-123) signifikant höhere Werte ($p=0,008$) als die Tiere der Gruppe G (0,64 kg). Zwischen der zweiten Injektion und dem ST 134, sowie zwischen den Studientagen 134 und 145 lagen die Tageszunahmen der Tiere der Gruppe K tendenziell über denen der Gruppe G. Die gesamte Mastperiode hinweg lagen die Tageszunahmen der Tiere der Gruppe K bei 0,83 kg und somit signifikant höher ($p=0,025$) als die der Tiere der Gruppe G mit 0,79 kg. Die Tageszunahmen der Tiere aus dem Maststall 2 sind in Tabelle 16 aufgelistet.

Tabelle 16: Tageszunahmen der Tiere aus dem Maststall 2

	Gruppe	ST 80-123	ST 123-134	ST 134-145	ST 80-145
Tages Zunahmen (kg)	K	0,71±1,12	1,21±0,30	1,06±0,16	0,83±0,11
	G	0,64±0,10	1,10±0,38	1,04±0,19	0,79±0,09
p-Wert		0,008	≥0,05	≥0,05	0,025

Die mittleren Tageszunahmen beider Gruppen aus Stall 2 sind in Abbildung 12 graphisch dargestellt.

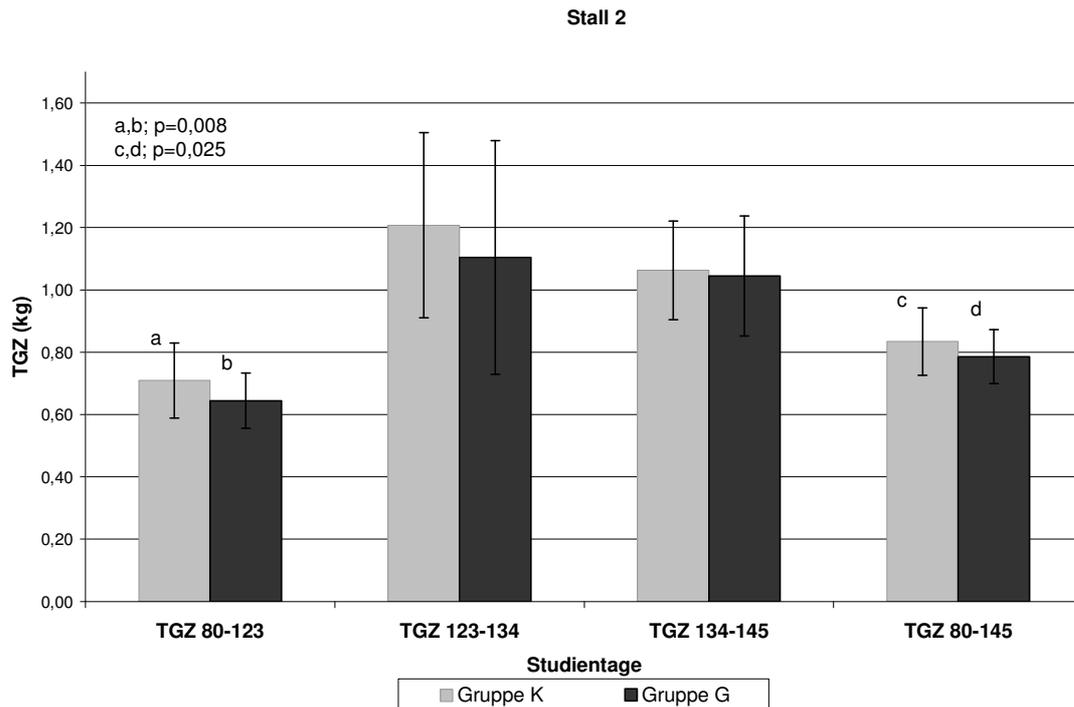


Abbildung 12: Darstellung der mittleren Tageszunahmen in verschiedenen Abschnitten der Mast der Gruppen K und G im Maststall 2 mit Angabe der Standardabweichungen

4.1.5 Vergleich der Tageszunahmen zwischen den Mastställen

Die mittleren Tageszunahmen der Gruppen K und G aus den Mastställen 1 (Großgruppe) und 2 (Kleingruppen) sind in Tabelle 17 und Tabelle 18 zu finden. Der Vergleich zwischen den verschiedenen Mastställen erfolgte ab dem 80. Studientag mit der Masteinstellung und der ersten Injektion. Die Tageszunahmen zwischen der ersten und zweiten Injektion (ST 80-123) unterschieden sich zwischen Stall 1 und Stall 2 bei den chirurgisch kastrierten Tieren und bei den gegen Ebergeruch geimpften Tieren nicht signifikant. Die mittleren Tageszunahmen der Tiere der Gruppe K lieferten auch in den Zeiträumen zwischen den Studientagen 123-134, 134-145 und über die gesamte Mastperiode hinweg (ST 80-145) keine Signifikanzen zwischen den beiden Mastställen und den jeweiligen Haltungssystemen.

Tabelle 17: Vergleich der Tageszunahmen der Gruppe K zwischen den Mastställen 1 und 2

Gruppe K	Stall	ST 80-123	ST 123-134	ST 134-145	ST 80-145
Tageszunahmen (kg)	1	0,74±0,12	1,24±0,29	1,01±0,18	0,84±0,10
	2	0,71±0,12	1,21±0,30	1,06±0,16	0,83±0,11
p-Wert		≥0,05	≥0,05	≥0,05	≥0,05

Die Vergleiche der Tageszunahmen zwischen dem Maststall 1 (OptiSORT) und Maststall 2 (konventioneller Stall) der Kastraten sind in der Abbildung 13 graphisch dargestellt.

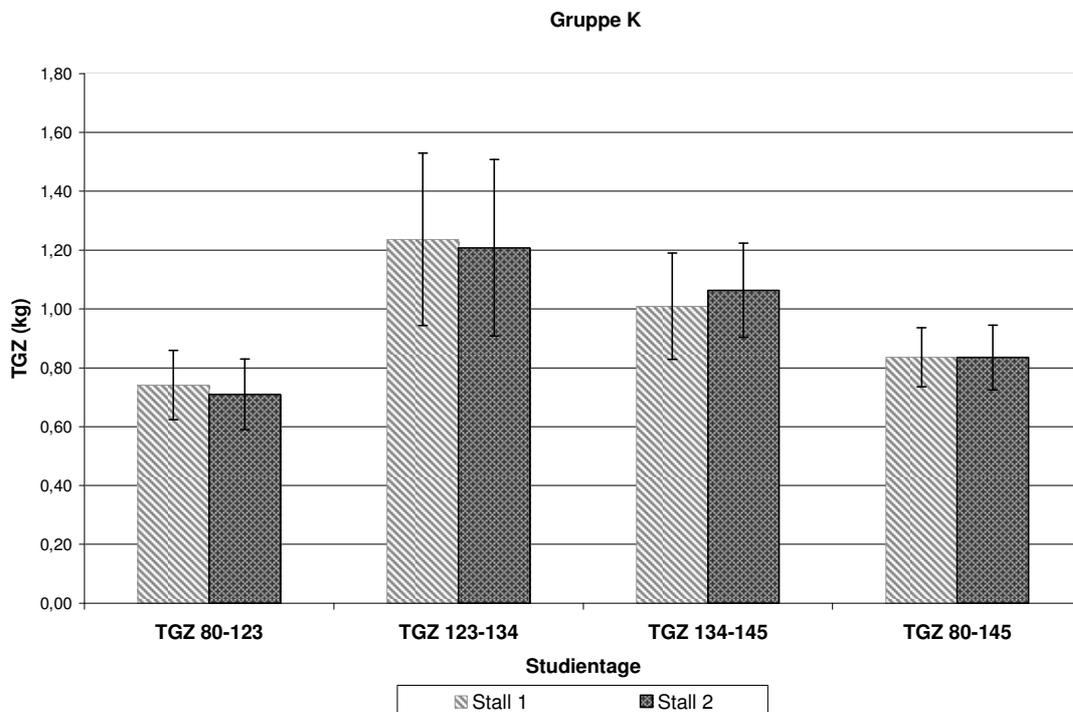


Abbildung 13: Darstellung der mittleren Tageszunahmen der Tiere der Gruppe K zwischen dem Maststall 1 und 2 unter Angabe der Standardabweichung

Zwischen den ST 123 und 134 lagen die TGZ der gegen Ebergeruch geimpften Tiere aus Stall 1 (1,29 kg) signifikant höher ($p=0,001$) als die der Tiere aus Stall 2 (1,10 kg). Auch in den letzten 11 Tagen der Mast (ST 134-145) wiesen die Tiere aus Stall 1 (1,11 kg) signifikant ($p=0,038$) höhere TGZ auf als die aus Stall 2 (1,04 kg). Im

Vergleich der Tageszunahmen über die gesamte Mastperiode hinaus lagen die TGZ der gegen Ebergeruch geimpften Tiere aus Stall 1 signifikant höher ($p=0,038$) als die aus Stall 2 (siehe Tabelle 8).

Tabelle 18: Vergleich der Tageszunahmen der Gruppe G zwischen den Mastställen 1 und 2

Gruppe G	Stall	ST 80-123	ST 123-134	ST 134-145	ST 80-145
Tageszunahmen (kg)	1	0,66±0,12	1,29±0,31	1,11±0,20	0,82±0,11
	2	0,64±0,09	1,10±0,38	1,04±0,19	0,79±0,09
p-Wert		≥0,05	0,001	0,038	0,038

Eine graphische Darstellung des Vergleiches der Tageszunahmen zwischen den Mastställen der gegen Ebergeruch geimpften Tiere ist in Abbildung 14 wiedergegeben.

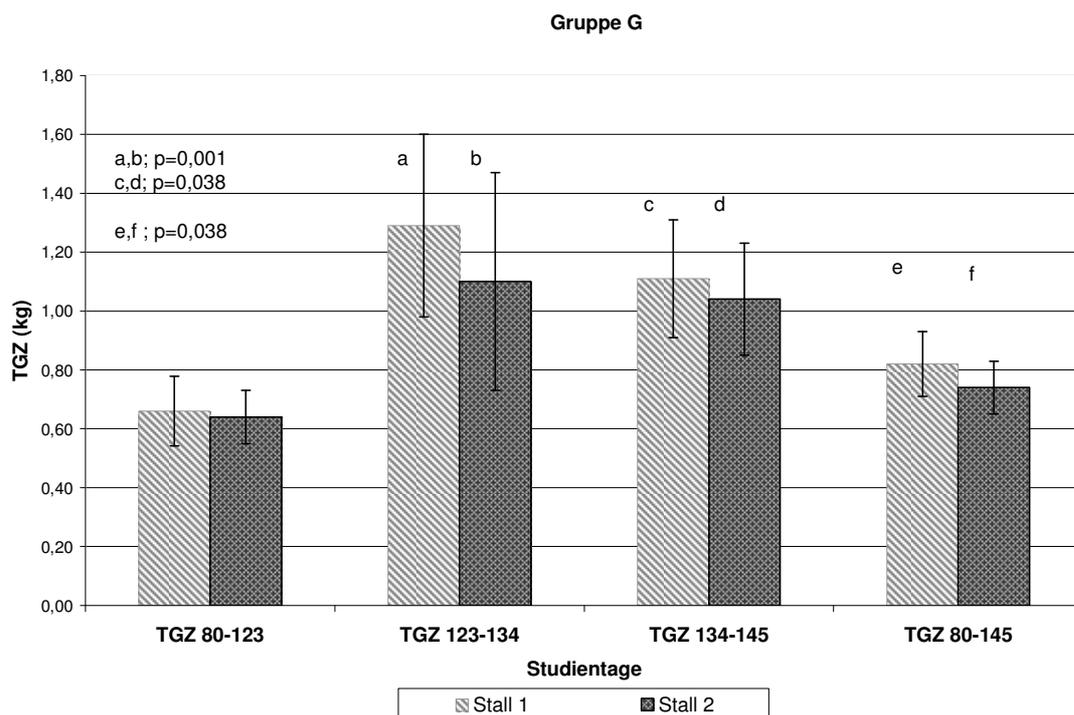


Abbildung 14: Darstellung der mittleren Tageszunahmen der Tiere der Gruppe G zwischen dem Maststall 1 und 2 unter Angabe der Standardabweichung

4.1.6 Errechnetes Körpergewicht der optiSORT-Anlage im Vergleich zu den Ergebnissen der Digitalwaage

Die ermittelten Gewichte der beiden Waagen und deren Vergleich an den Studientagen 123,134 und 145 sind in Tabelle 19 verzeichnet.

In dem Vergleich zwischen dem errechneten Körpergewicht der optiSORT-Anlage und dem der Digitalwaage traten an den Studientagen 123, 134 und 145 signifikante Unterschiede auf ($p < 0,001$). Das errechnete Lebendgewicht der Versuchstiere der Sortierschleuse war stets signifikant niedriger als das der geeichten Digitalwaage.

Tabelle 19: Vergleich der mittleren Gewichte zwischen der Digitalwaage und dem errechneten Gewicht der optiSORT-Anlage

Gruppe	Studientag 123		Studientag 134		Studientag 145	
1=K Gewicht(kg)	opti SORT	Digital- waage	opti SORT	Digital- waage	opti SORT	Digital- waage
	63,24	66,20	75,12	81,04	83,78	89,41
p-Wert	<0,001		<0,001		<0,001	
2=G Gewicht(kg)	opti SORT	Digital- waage	opti SORT	Digital- waage	opti SORT	Digital- waage
	59,70	62,52	73,13	78,01	82,76	88,15
p-Wert	<0,001		<0,001		<0,001	

Die Korrelation (nach Pearson) zwischen den Gewichten der Digitalwaage und den errechneten Gewichten der optiSORT-Anlage an den Studientagen 123, 134 und 145 sind in Tabelle 20 aufgezeichnet.

Tabelle 20: p-Werte und Korrelation nach Pearson zwischen den Gewichten der Digitalwaage und der optiSORT-Anlage

Gewichte der Digitalwaage im Vergleich zur optiSORT-Anlage		p-Werte	Pearson
Gruppe K	ST 123	$p < 0,001$	0,921
Gruppe K	ST 134	$p < 0,001$	0,884
Gruppe K	ST 145	$p < 0,001$	0,905
Gruppe G	ST 123	$p < 0,001$	0,907
Gruppe G	ST 134	$p < 0,001$	0,956
Gruppe G	ST 145	$p < 0,001$	0,876

4.1.7 Weitere Parameter der optiSORT-Anlage

Neben dem Lebendgewicht errechnete die optiSORT-Sortierschleuse bei den Wiegungen an den Studientagen 123, 134 und 145 noch weitere Parameter, welche in Tabelle 21 aufgelistet sind.

Bei dem Vergleich der Schinkengröße zwischen den Versuchsgruppen war der Schinkenanteil der Tiere der Gruppe K an den Studientagen 123, 134 und 145 höher als der der Tiere aus Gruppe G ohne sich signifikant zu unterscheiden. Der errechnete Bauchanteil wies am Studientag 134 einen signifikant ($p < 0,001$) höheren Anteil bei den Tieren der Gruppe K auf als der bei den gegen Ebergeruch geimpften Tieren. Ebenso war der Bauchanteil der Kastraten am ST 145 signifikant höher ($p = 0,039$) als der von Gruppe G. Der Magerfleischanteil (MFA) der Gruppe G war an den drei Studientagen im Mittel höher als bei den Tieren der Gruppe K, wobei am ST 134 die Kastraten signifikant niedrigere MFA ($p = 0,001$) aufwiesen (G=56,53%, K=55,66%). Das errechnete Schlacht- (SG) und Lebendgewicht (LG) war an den Studientagen 123 und 134 signifikant höher bei den Tieren der Gruppe K, wohingegen am ST 145 kein signifikanter Unterschied vorlag. Die Kastraten wiesen an allen drei Wiegeterminen eine geringere Körperhöhe (gemessen Schulterhöhe) auf als die Tiere der Gruppe G.

Tabelle 21: Weitere Parameter der optiSORT-Anlage an den Studientagen 123,134 und 145

opti-SORT Parameter	Gruppe	Studientag		Studientag		Stundientag	
		123	p-Werte	134	p-Werte	145	p-Werte
Schinken (cm ²)	K	9,89	≥0,05	11,59	≥0,05	13,21	≥0,05
	G	8,78		11,28		13,02	
Bauch (cm ²)	K	7,20	≥0,05	8,92	0,001	10,00	0,039
	G	6,79		8,48		9,74	
MFA (%)	K	54,80	≥0,05	55,66	0,001	56,77	≥0,05
	G	55,19		56,53		56,67	
SG (kg)	K	50,64	<0,001	60,98	0,006	67,26	≥0,05
	G	47,13		58,76		66,08	
Höhe (cm)	K	58,42	≥0,05	62,01	≥0,05	63,70	≥0,05
	G	58,69		62,57		64,26	
LG (kg)	K	63,28	<0,001	75,07	0,034	83,76	≥0,05
	G	59,70		73,13		82,76	

4.2 Verhalten

4.2.1 Verhaltensbeobachtung im Großraumabteil (Stall 1)

Die Ergebnisse der Verhaltensbeobachtungen zu verschiedenen Zeitpunkten der Mastperiode sind in Tabelle 22 aufgelistet. Eine Tagesbeobachtung am jeweiligen Studientag bestand aus zwei Zeitintervallen zu je 10 Minuten, wobei eine Pause von ca. 10 Minuten dazwischen lag.

Die Hauptaktivitätszeiten lagen zwischen 11 und 15 Uhr, da in dieser Zeit die Sortierschleuse am häufigsten passiert wurde. In nahezu allen Beurteilungskriterien der Verhaltensbeobachtung (Aufspringen, Aufreiten, Kampf und Verfolgung) hatten die Tiere der Gruppe G (in diesem Abschnitt als E=Eber bezeichnet) einen höheren Anteil an den zu beobachtenden Aktionen als die Tiere der Gruppe K (K=Kastrat). Lediglich am Studientag 134 konnten gleich viele Beteiligungen an Rangeleien innerhalb beider Gruppen notiert werden. Am Studientag 121 wurde innerhalb zweier Beobachtungsintervalle eine häufigere Beteiligung an Rangeleien von Seiten der Kastraten beobachtet als bei den gegen Ebergeruch geimpften Tiere (K=11; G=6).

Das Aufspringen war während der gesamten Beobachtungszeit (ST 94-144) 122-mal bei den Tieren der Gruppe G zu beobachten und 19-mal bei den Kastraten. Bis zur zweiten Injektion (ST 123) wurde 73-mal ein Aufreiten von Ebern bei Ebern dokumentiert und 28-mal von Ebern auf Kastraten. Das Aufspringen der Kastraten wurde sowohl auf Eber als auch auf Kastraten insgesamt 4-mal beobachtet. Während der Mastzeit ab ST 128 bis ST 145 (nach der zweiten Injektion) nahmen die Aufreitversuche (Aufspringen) sowohl bei den Ebern (insgesamt 16-mal bis Mastende) als auch bei den Kastraten (kein Aufspringen bis zum Mastende) ab. Nach der zweiten Injektion reduzierte sich auch das Aufreiten deutlich (vor 2. Inj. durchschnittlich 20-mal/Beobachtungstag nach der 2. Inj. 4-mal/Beobachtungstag). Die häufigsten Rangeleien fanden zwischen Eber und Eber statt. Nach der zweiten Injektion war eine Abnahme der Rangeleien unter den Versuchtieren bis zum Mastende hin zu beobachten. Bis zur zweiten Injektion kämpften die Eber untereinander am häufigsten, vor der 2. Inj. durchschnittlich 22-mal/Beobachtungstag, nach der 2. Inj. 3-mal/Beobachtungstag. Kämpfe zwischen den Kastraten wurden während der gesamten Beobachtungszeit dreimal gesehen, wobei ab dem 121. Studientag keine Kämpfe mehr unter den Kastraten zu

beobachten war. Eber und Kastraten lieferten sich vor der zweiten Injektion 19 beobachtete Kämpfe und nach ST 128 noch 3 körperliche Auseinandersetzungen. Nach der zweiten Injektion wurden keine Verfolgungen nach einem Kampf beobachtet, während vor der 2. Inj. noch 44 Verfolgungen durch Eber und 10 durch Kastraten beobachtet werden konnten.

Tabelle 22: Verhaltensbeobachtungen in verschiedenen Mastzeitpunkten (E=Eber, K=Kastrat)

Studientag	94	98	108	114	121	128	135	144
Untersuchungsintervalle	2	2	2	2	2	2	2	2
Aufspringen								
E auf E	27	17	23	7	6	5	4	2
E auf K	12	9	6	5	2	1	1	3
K auf K	-	3	9	-	-	-	-	-
K auf E	-	1	-	4	2	-	-	-
Aufreiten								
E auf E	10	6	17	23	17	5	3	2
E auf K	6	3	5	9	5	-	1	1
K auf K	2	-	-	-	-	-	-	-
K auf E	1	-	-	1	-	-	-	-
Rängelei								
E mit E	20	16	56	12	6	15	13	7
E mit K	17	8	27	12	11	7	4	7
K mit K	2	1	1	3	-	1	1	-
Kampf								
E gegen E	45	20	25	17	25	3	4	1
E gegen K	12	1	2	1	3	2	-	-
K gegen K	1	-	-	2	-	-	-	-
Verfolgung								
E	22	3	8	7	4	-	-	-
K	5	1	-	1	3	-	-	-

4.2.2 Kratzscore

Am Studientag 123 und 134 wurden die Biss- und Kratzverletzungen von 100 Tieren (Gruppe K: n=50 und Gruppe G: n=50) dokumentiert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 23 aufgelistet. Bei der Untersuchung der Versuchstiere hinsichtlich deren Hautläsionen am Studientag 123 (2. Inj), wurden 25 Tiere von Gruppe G und K mit einem Score von 0 bewertet. Die Verletzungen nahmen nach 11 Tagen ab. So wurden 35 Tiere am ST 134 der Gruppe K mit einem Score von 0 beurteilt und 30 Tiere der Gruppe G. Bei Gruppe G wiesen 16 der geimpften Tiere am ST 123 Verletzungen an der vorderen Körperpartie mit einem Score von 1 auf und 3 Tiere einen Score von 2. Des weiteren wurden 2 Tiere der Gruppe G mit einem Score von 3 vorne bewertet, wohingegen 11 Tage nach der zweiten Injektion 12 Tiere der Gruppe G ein Score von 1 vorne aufwiesen, 2 einen Score von 2 und ein Tier einen Score von 3.

Bei den Kastraten lagen die Verletzungen mehr an den hinteren Körperregionen, wobei deren Anzahl von ST 123 bis ST 134 insgesamt abnahmen. Bei den geimpften Tieren verdoppelten sich die Verletzungen hinten bei der Scorebewertung von 1. Die Verletzungen im vorderen Bereich mit Score 3 betrafen jeweils einen Kastraten an den Untersuchungstagen 123 und 134 sowie zwei geimpfte Tiere am Studientag 123. An Studientag 134 wies ein Tier der Gruppe G einen Score von 1 im vorderen Körperbereich auf.

Tabelle 23: Kratzscore an den Studientagen 123 und 134

Kratzscore		Studientag 123		Studientag 134	
		Gruppe K	Gruppe G	Gruppe K	Gruppe G
0		25	25	35	30
1	vorne	10	16	3	12
	hinten	8	2	8	4
2	vorne	2	4	1	2
	hinten	2	1	2	1
3	vorne	1	2	1	1
	hinten	0	0	0	0

4.3 Hodenmessung

Die Messergebnisse der Hoden an den Studientagen 123 und 134 sind in Tabelle 24 verzeichnet. Die mittlere Länge der linken Hoden betrug 69,16 mm am ST 123 und die der rechten 64,35 mm, wohingegen die Hodenlänge der Linken 63,91 mm am ST 134 war und die der Rechten 59,68 mm aufwies. Die Breite der rechten Hoden betrug am ST 123 durchschnittlich 35,80 mm und 34,02 mm am ST 134. Die Messung der Breite der linken Hoden ergab 36,68 mm am ST 123 und 35,76 mm am ST 134. Die Länge und Breite der linken und rechten Hoden ergaben in dem Vergleich zwischen den Messungen an den Studientagen 123 und 134 signifikant höhere Werte bei der Messung an Studientag 123.

Tabelle 24: Messergebnisse der Hodenmessung an ST 123 und 134

Stall 1 und 2		Studientag 123	Studientag 134	p-Werte
Länge (mm)	Re	64,35 ±11,17	59,68 ±12,62	<0,001
	Li	69,16 ±11,38	63,91 ±12,66	<0,001
Breite (mm)	Re	35,80 ±6,41	34,02 ±6,49	<0,001
	Li	36,68 ±6,20	35,76 ±6,34	=0,012

Die Messergebnisse der am Schlachthof entnommenen Hoden sind in Tabelle 25 aufgelistet.

Tabelle 25: Messergebnisse der Hoden am Schlachthof

Gruppe G	Mittelwerte	Standardabweichung
Gewicht rechts in g	100,26	±51,81
Gewicht links in g	100,41	±52,29
Länge rechts in mm	65,28	±12,63
Breite rechts in mm	40,43	±9,18
Länge links in mm	65,06	±13,37
Breite links in mm	39,99	±9,05

4.4 Impfreaktionen

Die Impfreaktionen nach der ersten und zweiten Injektion sind in Tabelle 26 aufgezeichnet. Es traten weder 24 Stunden noch 48 Stunden nach der ersten Impfung Impfreaktionen über einem Score von 1 auf. Bei der Untersuchung der Impfreaktionen 24 Stunden nach der zweiten Injektion wiesen 17 von 261 geimpften Tieren der Gruppe G einen Score von 2 auf und 16 Tiere einen Score von 3. Nach der zweiten Injektion konnten 28 Tiere 24 Stunden später mit einem Score von 2 gezählt werden und 16 Tiere mit einem Score von 3.

Tabelle 26: Impfreaktionen der Gruppe G

Gruppe G	Anzahl der Tiere		Injektionsscore
	24 Stunden nach Inj.	48 Stunden nach Inj.	
1. Injektion	261	0	1
	0	0	2
	0	0	3
2. Injektion	228	217	1
	17	28	2
	16	16	3

4.5 Schlachtdaten

4.5.1 Schlachtgewichte

Eine Übersicht der Schlachtgewichte der Versuchstiere gibt Tabelle 27. Die mittleren Gewichte der Schlachtkörper der Tiere aus Stall 1 waren höher als die mittleren Gewichte der Schlachtkörper aus Stall 2. Die warmen Schlachtkörper (SK) der Tiere der Gruppe K aus Stall 1 wurden am Schlachthof 1 ermittelt und betragen 75,20 kg und waren somit signifikant ($p=0,008$) schwerer als die der Tiere der Gruppe G (73,79 kg) aus Stall 1. Die Schlachtkörper der Kastraten aus dem Stall 2 wurden in Schlachthof 2 geschlachtet und wiesen 74,21 kg im warmen Zustand auf. Die gegen Ebergeruch geimpften Tiere aus Stall 2 wiesen 71,13 kg auf, wodurch die SK der Kastraten signifikant ($p=0,019$) schwerer waren als die SK der Tiere der Gruppe G.

Tabelle 27: Schlachtgewichte der Versuchstiere aus Stall 1 und 2

Schlachtgewichte (kg)	Stall	Gruppe K	Gruppe G	p-Werte
SK warm	1	75,20	73,79	0,008
SK warm	2	74,21	71,13	0,019

4.5.2 Weitere Schlachtparameter

Neben den Schlachtgewichten wurden am Schlachthof 1 von den Tieren aus der Großgruppe weitere Schlachtparameter erhoben. Eine Zusammenfassung dieser Schlachtdaten sind in Tabelle 28 aufgelistet.

Am Schlachthof 1 wurde das Nüchterngewicht nach dem Entbluten bestimmt. Dabei traten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen K und G auf ($p \geq 0,05$). Die Kastraten wiesen ein höheres Gewicht (91,06 kg) als die Tiere der Gruppe G (89,33 kg) auf. Bei der Bestimmung der Fleischhelligkeit durch das Opto Gerät lagen sowohl die Kastraten als auch die gegen Ebergeruch geimpften Tiere in dem Bereich sehr guter Fleischbeschaffenheit, wobei der Opto-Wert der Gruppe G höher lag. Die Tiere der Gruppe K wiesen eine signifikant ($p=0,010$) größere Hennessy Muskeldicke (61,11 mm) auf, als die Tiere der Gruppe G (59,83 mm). Die Hennessy Fleischfläche bei beiden Gruppen im Mittel gleich (46,98 cm²). Der Magerfleischanteil der Tiere der Gruppe G war im Mittel bei beiden Haltungssystemen höher als der von Gruppe K. Der MFA der Tiere aus Stall 1 lag bei den Tieren der Gruppe G bei 58,83% und bei denen der Gruppe K bei 58,49%, während die Tiere der Gruppe G aus Stall 2 einen MFA von 59,41% und die der Gruppe K einen MFA von 59,96% aufwiesen.

In Stall 1 wurden weitere Schlachtparameter erhoben. Die Fettfläche der konventionell kastrierten Tiere war nicht signifikant größer als die der Geimpften. Eine signifikant höhere Hennessy Speckdicke ($p=0,001$) wiesen die Tiere der Gruppe K auf (K=13,73 mm, G=13,03 mm). Bei der Beurteilung weiterer Speckparameter wie Speckdicke an Bauch, Lende, Rückenmitte, Widerrist und an der Seite, wiesen die Frühkastraten einen signifikant höheren Wert auf ($p < 0,001$) als die gegen Ebergeruch geimpften Tiere. Bei der Bestimmung der pH-Werte im Kotelettanschnitt kurz nach der Schlachtung lagen die Werte der Kastraten tendenziell über denen der gegen Ebergeruch geimpften Tiere. Die pH Messung im Schinken 24 Stunden post mortem ergab einen signifikant höheren Wert ($p=0,001$) auf Seiten der geimpften Tiere.

Tabelle 28: Zusätzlich erhobene Schlachtparameter der Tiere aus Stall 1

Stall1	Mittelwerte		p-Werte
	Gruppe K	Gruppe G	
H. Muskeldicke (mm)	61,11	59,83	0,010
H. Speckdicke (mm)	13,73	13,03	0,001
Magerfleischanteil Stall 1 (%)	58,49	58,83	≥0,05
Fettfläche (cm ²)	14,37	13,68	≥0,05
Fleischfläche(cm ²)	46,98	46,98	≥0,05
NüchternGew. nach Entbluten (kg)	91,06	89,33	≥0,05
Opto1 (lux)	69,04	70,00	≥0,05
ph1 K	6,37	6,35	≥0,05
ph24 S1	5,57	5,62	0,001
Sp Bauch(mm)	9,92	8,67	<0,001
Sp Lende (mm)	11,97	10,42	<0,001
Sp Rückenmitte(mm)	13,73	12,05	<0,001
Sp Widerrist(mm)	35,06	33,60	<0,001
Sp Seite(mm)	24,72	21,68	<0,001
Magerfleischanteil Stall 2 (%)	59,96	59,41	≥0,05

4.6 Sensorische Untersuchung

Die sensorische Überprüfung der Kochproben aller Versuchstiere war negativ.

4.7 Androstenonbestimmung

Bei der Androstenonbestimmung wurde von jedem Schlachttermin das Bauchfett von insgesamt 60 zufällig ausgewählten Versuchstieren (K=30, G=30) auf dessen Androstenongehalt untersucht. Alle Proben lagen unter dem früheren Grenzwert von 0,5 mg Androstenon pro kg Fett (FIHV 2007b), wobei der Höchstwert 0,22 mg Androstenon pro kg Fett war.

5 Diskussion

Ziel dieser Studie war es die Wirksamkeit des Impfstoffes Improvac[®] bei Ebern anhand von Verhaltensbeobachtungen im Großraumabteil zu beobachten. Ebenso sollte die sensorische Prüfung von Gewebeproben der Schlachtkörper sowie die Bestimmung der Androstenonkonzentration aus diesen Proben untersucht werden. Um die Wirtschaftlichkeit des Impfstoffeinsatzes im Feldversuch zu überprüfen wurden die Tageszunahmen und die Schlachtkörperqualität von Frühkastraten und gegen Ebergeruch geimpften Tieren miteinander verglichen.

Die seit Jahrhunderten durchgeführte Kastration männlicher Schweine dient der Vermeidung des Ebergeruchs und ist wie jeder chirurgische Eingriff mit Schmerzen verbunden (HENKE und ERHARDT 2004). Möglichkeiten den Kastrationsschmerz bei männlichen Tieren durch den Einsatz von Schmerzmittel zu reduzieren wurde von ZÖLS (2006) untersucht. Da die betäubungslose Kastration männlicher Saugferkel bis zum siebten Lebenstag in Europa nach der EU Richtlinie 2001/88/EG und 2001/93/EG erlaubt ist, wird die Frage nach den Möglichkeiten der Schmerzausschaltung bei der Kastration immer häufiger gestellt. Die Suche nach Alternativen zur chirurgischen Kastration wird von Seiten der Verbraucher und der Politik gefordert. In einigen europäischen Ländern wird auf die Kastration männlicher Schweine verzichtet und an Stelle von Kastraten Eber gemästet (PIGCAS 2008). Das durchschnittliche Lebendgewicht der Mastschweine bei der Ebermast liegt bei ca. 80 kg, jedoch kann dadurch das Auftreten von geruchsbelasteten Schlachtkörpern, sog. „Stinkern“ nicht sicher verhindert werden (ALDAL et al. 2005). Außerdem spielen Genetik (PEDERSEN 1998), äußere Einflüsse wie Jahreszeit, Temperatur und Aufstallung (FREDRIKSEN et al. 2006b) aber auch die Fütterung (CLAUS et al. 2003, ZAMARATSKAIA et al. 2005a) eine wichtige Rolle für die Ausprägung des Ebergeruches. Die Hauptkomponenten des Ebergeruchs sind das Pheromon Androstenon und Skatol. Letzteres ist ein Abbauprodukt von Tryptophan welches im Dickdarm resorbiert wird (PATTERSON 1968, VOLD 1970). WALSTRA et al. (1999) listen 14 Studien auf in denen eine Korrelation zwischen Androstenon und Skatol auftritt. Bei der Schlachtung von Eber mit einem Schlachtgewicht von 53-62 kg fanden die Autoren ALDAL et al. (2005) ebenfalls eine Korrelation zwischen den Androstenon- und Skatolkonzentrationen.

Eine Möglichkeit auf die chirurgische Kastration zu verzichten ist die Impfung mit Improvac[®] gegen Ebergeruch. Mittels zweier Injektionen, wobei die zweite Injektion in einem Zeitraum von vier bis sechs Wochen vor der Schlachtung und die erste mindestens vier Wochen vor der zweiten erfolgen muss, kommt es zu einer Hemmung der endogenen Geschlechtshormonproduktion und somit zur Hemmung der Androstenonbildung (HENNESSY 2006). Da erst durch die Boosterung eine Immunreaktion gegen den körpereigenen Gonadotropin-Releasing-Faktor (GnRF) eintritt, sind die Tiere bis zur zweiten Injektion als Eber zu betrachten. Auf Grund der anabolen Wirkung der höheren Androgenkonzentration im Blut von Ebern im Vergleich zu Frühkastraten, fördert dies nach Ansicht mehrerer Autoren (DUNSHEA et al. 2001, BONNEAU et al. 1994, HENNESSY et al. 2006 und ZAMARATSKAIA et al. 2008) das Wachstum, steigert die Futterverwertung und verbessert die Schlachtkörperqualität von intakten Ebern. Diese Vorteile der Ebermast konnte bei der Haltung in Großgruppen nach SUSTER et al. (2006) nicht beobachtet werden.

5.1 Androstenon

Untersuchungen von NARENDRAN et al. (1980) zeigen, dass einzeln aufgestallte Eber einen niedrigeren Androstenongehalt aufweisen als Eber in Gruppenhaltung. In dieser Haltungsform haben die ranghöchsten Tiere auch die höchsten Androstenonkonzentrationen und weisen größere Gonaden und akzessorische Geschlechtsdrüsen auf (GERSING et al. 2000). Laut ZAMARATSKAIA et al. (2005b) korreliert die Intensität des Ebergeruchs mit der Höhe der Androgene, nicht jedoch mit dem aggressiven Verhalten des jeweiligen Tieres. Der Androstenongehalt der ranghohen Tiere stimuliert den Androstenongehalt der rangniederen positiv und führt somit zu einem Anstieg der Androstenonkonzentration der gesamten Gruppe (GIERSING et al. 2000). Werden die ranghöchsten Tiere aus der Gruppe entfernt, kommt es zu erneuten Rankämpfen und zu einem weiteren Anstieg der Androstenonwerte der vorher rangniederen Tiere (FREDRIKSEN et al. 2006a). Da sich in einer Großgruppe eine Rangordnung nicht so schnell aufbaut wie in einer kleinen Gruppe ist der soziale Rang längere Zeit nicht gefestigt. Diese ungefestigte Rangordnung in der Großgruppe führt laut GIERSING et al. (2000) eher zu aggressivem Verhalten, als zu einem Anstieg des Androstenongehalts der Tiere. So

konnte auch in dieser Arbeit bei keiner der 60 untersuchten Bauchfettproben auf deren Androstenonkonzentration eine Überschreitung des Grenzwertes von 0,5 mg/kg Fett, welcher durch Anlehnung an die Fleisch Hygiene Verordnung (FIHV 2007) als Grenzwert bei der Untersuchung von 5 α -Androstenon angesehen werden kann, festgestellt werden. Es lagen sogar nur 13 Proben über der Nachweisgrenze von 0,05 mg/kg Fett. Diese über der Nachweisgrenze liegenden Proben verteilten sich gleichmäßig über alle fünf Schlachtermine. Somit konnte auch kein Einfluss auf die Androstenonkonzentration durch die Entfernung von Tieren aus der Gruppe beobachtet werden. Der Höchstwert der gemessenen Androstenonwerte betrug 0,22 mg/kg Fett.

5.2 Verhalten, Kratzscore und Hodengröße

Auf Grund der örtlichen Gegebenheiten in der Großraumbucht mit 430 Tieren, konnten die Verhaltensbeobachtungen nur von einem Standort außerhalb der Bucht durchgeführt werden. So war keine Einzeltierbestimmung, sondern lediglich eine Gruppenzuordnung anhand der unterschiedlichen Farben der Ohrmarken der beiden Versuchsgruppen möglich. Des weiteren war die Interpretation der Ergebnisse schwierig, da es keine vergleichbaren Untersuchungen mit einer annähernden Gruppengröße gibt.

Jedoch zeigten die hier untersuchten Tiere in der Großgruppe auch Verhaltensmuster wie sie in kleineren Tiergruppen beschrieben wurden. So konnten auch in dieser Studie, wie von CRONIN et al. (2003) beobachtet, aggressive Interaktionen deutlich häufiger zwischen Ebern als zwischen herkömmlich kastrierten Tieren verzeichnet werden. Dieses hängt laut RYDHMER et al. (2006) mit der generell höheren Aggressivität der Eber im Vergleich zu weiblichen oder frühkastrierten Tieren zusammen. Außerdem war zu beobachten, dass die Tiere der Gruppe G die Attacken zumeist erwiderten und dadurch mehr Verletzungen im vorderen Körperbereich aufwiesen, während die Frühkastraten flüchteten und dabei vermehrt Hautverletzungen an der hinteren Körperregion davontrugen. Dies weist auf ein aggressives Verhalten der Tiere der Gruppe G und auf ein passives Verhalten von Seiten der Frühkastraten hin. Auch BOYLE und BJÖRKLUND (2007) konnten vermehrte Kämpfe, Hautverletzungen sowie Aufspringen und daraus resultierende Lahmheiten sowohl in gemischt - geschlechtlichen als auch in reinen Ebergruppen

beobachten, wobei die aggressiven Aktionen fast ausschließlich von Ebern ausgingen. FREDRIKSEN et al. (2008) verwendeten bei der Beurteilung der Hautverletzungen ein Scoresystem von 1-3 und unterschieden zwischen der vorderen und der hinteren Körperregion, wobei in ihren Untersuchungen die Eber ebenfalls höhere Scorepunkte erhielten.

In der eigenen Untersuchung war ein deutlicher Rückgang des aggressiven Verhaltens nach der zweiten Injektion bei beiden Gruppen festzustellen, welches sich vor allem durch das ruhigere Verhalten der geimpften Tiere zeigte. Jedoch waren die Tiere der Gruppe G weiterhin an mehr Interaktionen beteiligt als die Kastraten. Auch CRONIN et al. (2003) konnten nach der zweiten Injektion eine Änderung im Verhalten der geimpften Tiere beobachten.

Neben dem Verhalten änderte sich auch die Hodengröße signifikant nach der zweiten Injektion. So waren die mittleren Werte der Hodenlänge und -breite zum Zeitpunkt der Bestimmung nach der zweiten Impfung signifikant kleiner, als vor der zweiten Injektion. Die Hoden atrophieren, da nach der zweiten Applikation des Impfstoffes GnRH-Antikörper gebildet werden, wodurch die Sekretion von LH in der Hypophyse gehemmt wird und somit die Sekretion der Geschlechtshormone in den Hoden zum Erliegen kommt (OONK et al. 1998, OLIVER et al. 2003, Jaros 2005). Diese Verkleinerung der Hoden kann als Beurteilungskriterium zur Kontrolle der korrekten Applikation des Injektionsvolumens dienen (HENNESSY et al. 2000), wobei die Hoden einiger Versuchstiere keine deutliche Verkleinerung aufwiesen. ZAMARATSKAIA et al. (2007) untersuchten den Langzeit-Effekt der Immunisierung der Tiere bis zu 22 Wochen nach der zweiten Injektion. Dabei konnte bis zum Ende der Studie eine erfolgreiche Unterdrückung der Hodenfunktion durch Bestimmung der Testosteronwerte nachgewiesen werden.

Hinsichtlich der Hodengröße konnten DUNSHEA et al. (2001) bei den geimpften Tieren eine Verkleinerung des Hodendurchmessers um durchschnittlich 6,5 mm in der Zeit zwischen der zweiten Vakzination und vier Wochen später feststellen, wohingegen die nicht geimpften Tiere im gleichen Zeitraum einen Zuwachs des Durchmessers der Hoden um 23,4 mm aufwiesen. In diesem Versuch verkleinerte sich die Hodenlänge durchschnittlich um 5,01 mm und die Hodenbreite durchschnittlich um 1,39 mm bereits in den ersten zwei Wochen nach der zweiten Impfung.

DUNSHEA et al. (2001) stellten eine Korrelation zwischen dem Gewicht der entnommenen Hoden am Schlachtband und dem Auftreten von geruchsbelastetem Eberfleisch fest. Des weiteren beschrieben sie, dass bei Tieren die im Alter zwischen 23 und 26 Wochen geschlachtet wurden und deren Hoden ein Gewicht unter 350 – 400 g aufwiesen, kein Ebergeruch wahrgenommen werden konnte. Das durchschnittliche Gewicht der Hoden der geimpften Tiere betrug in dieser Studie jeweils 200 g.

Ein Vergleich der Messergebnisse der Hoden von den lebenden Tieren im Stall mit den am Schlachthof erhobenen Daten war nicht möglich, da die Hoden am Schlachthof nicht am Tierkörper wie im Stall durchgeführt, sondern nach deren Entfernen von dem Tierkörper ohne Scrotum und Processus Vaginalis vermessen wurden. Andererseits wurden die Hoden bei der Messung im Stall stärker komprimiert und dadurch der Nebenhoden teilweise nicht im selben Umfang mit vermessen, wie es am Schlachthof der Fall war. Jedoch wurden die Hodenmessungen immer von derselben Person durchgeführt um technische Fehler zu verringern.

Der deutliche Rückgang des aggressiven Verhaltens der gegen Ebergeruch geimpften Tiere und die signifikant kleineren Hoden nach der zweiten Injektion bestätigen die Wirksamkeit des Impfstoffes.

5.3 Gewichte, Tageszunahmen und Tierverluste

Die Berechnung der Tageszunahmen bei den Saug- und Absetzferkeln ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen. In keinen weiteren Studien wurde das Gewicht der Versuchstiere bereits zu einem so frühen Zeitpunkt miteinander verglichen. Hiermit kann gezeigt werden, dass die chirurgische Kastration im Saugferkelalter keinen Einfluss bis zur Masteinstellung auf die Tageszunahmen im Vergleich zu nicht kastrierten Ferkeln hat.

Von der Einnistung in die Mast bis kurz nach der zweiten Injektion wiesen dagegen die frühkastrierten Schweine in der Großgruppe eine bessere Wachstumsrate auf. PATTERSON und MERKS (1992) nennen als Grund für die niedrigeren Wachstumsraten der Eber die erhöhte sexuelle Aktivität und die Aggressionen zwischen den Ebern, hervorgerufen durch den Anstieg der Sexualhormone, welcher sich auf deren Verhalten und bei der Futteraufnahme negativ auswirkt.

Mit der Veränderung des Verhaltens nach der zweiten Injektion näherten sich die Mastleistungen der Tiere der Gruppe G an die der Gruppe K an, da nun die gegen Ebergeruch geimpften Tiere signifikant höhere TGZ verzeichneten im Vergleich zu den Kastraten. Auch Autoren wie PATTERSON 1985, DE HAER und DE VRIES 1993, CRONIN et al. 2003, MOORE et al. 2005, MACKINNON und PEARCE 2007 konnten dieses Ergebnis feststellen. Als Grund dafür nannten sie, dass die sexuelle Aktivität und das aggressive Verhalten durch die zweimalige Injektion nicht mehr von den endokrinen Faktoren (Testosteron und Androstenon) kontrolliert werden, jedoch die anabole Wirkung der Androgene noch anhält. Auch HENNESSY (2006) fasst acht Studien aus fünf verschiedenen Ländern zusammen in denen immunologisch kastrierte Schweine signifikant höhere Tageszunahmen durch eine effizientere Futtermittelverwertung im Vergleich zu chirurgisch kastrierten Schweinen aufweisen. Des Weiteren stellten CHUMKAM und RAVUNGSHOOK (2003), MACKINNON und PEARCE (2007), ZAMARATSKAIA (2008) in ihren Untersuchungen fest, dass die Wachstumsrate der gegen Ebergeruch geimpften Schweine besser war, als die von konventionell kastrierten.

ALLEN et al. (1981) und ZAMARATSKAIA et al. (2008) konnten diese These nicht bestätigen. DUNSHEA und MULLAN (2003) sowie CRONIN et al. (2003) konnten in ihren Untersuchungen keine signifikanten Unterschiede zwischen geimpften und kastrierten Tieren bezüglich der Gewichtszunahme feststellen. Auch in dieser Arbeit konnten am Ende der Mast keine signifikanten Unterschiede beim Vergleich der Gewichte der Kastraten und der geimpften Tiere nachgewiesen werden.

Obwohl mit zunehmender Gruppengröße die Futteraufnahme beeinträchtigt wird (HYUN und ELLIS, 2001), wiesen die Tiere aus Stall 1 höhere Tageszunahmen auf, als die aus dem konventionellen Stall 2. Dies könnte in diesem Versuch daran liegen, dass die Tiere nach Gewichten auf die beiden Ställe verteilt wurden und somit alle schweren Tiere in Stall 1 und die leichteren Tiere in Stall 2 aufgestellt wurden.

5.4 optiSORT-Sortieranlage

Um die Ausbildung eines hohen Magerfleischanteils und eines geringen Fettanteils, welche den Eberschlachtkörper auszeichnen, bereits während der Mast am lebenden Tier untersuchen zu können, wurde dieser Versuch in einem Maststall mit einer optiSORT-Sortierschleuse durchgeführt. Da die errechneten Gewichte der Tiere am

Studientag 80 deutlich von dem der Digitalwaage abweichen und auch ein großer Teil der Parameter, die den Tierkörper beurteilen, von der Anlage nicht errechnet werden konnten, wurden die erhobenen Daten der optiSORT-Sortierschleuse erst ab dem Studientag 123 ausgewertet. Bei den folgenden Messterminen konnten die Parameter der Tierkörperbeurteilung zwar von der Anlage erhoben werden, aber es zeigten sich immer noch erhebliche Messunterschiede zwischen dem errechneten Gewicht der optiSORT-Anlage und dem der geeichten Digitalwaage. Aus diesem Grund müssen die Ergebnisse dieser Parameter vorsichtig diskutiert werden.

Der errechnete Schinkenanteil war bei den Frühkastraten an allen drei Wiegeterminen größer als der von den Tieren der Gruppe G. Eine Ursache hierfür könnten die Hormonunterschiede zwischen Ebern und Kastraten sein. So führt der sogenannte Sexdimorphismus zu den typischen Ebermerkmalen wie eine verstärkte Ausbildung der Bug-Kamm-Region und eine im Verhältnis gering ausfallende Schinkenregion (EFSA 2004). Bei der Beurteilung der Bauchregion erzielten die Kastraten bei den Wiegungen stets höhere Werte als die gegen Ebergeruch geimpften Tiere.

Dagegen war der MFA der gegen Ebergeruch geimpften Tiere an den Studientagen 123 und 134 höher als bei den Kastraten. Jedoch konnte bei den Frühkastraten am Studientag 145 ein höherer MFA als bei den gegen Ebergeruch geimpften Tieren festgestellt werden. Dagegen zeigen BONNEAU et al. (1994) in ihren Untersuchungen, dass der Schlachtkörper von immunologisch kastrierten Tieren im Vergleich zu konventionell kastrierten einen höheren Magerfleischanteil aufweist.

5.5 Schlachtdaten

Sowohl bei den Kastraten aus der Großgruppe, als auch aus den kleineren Mastabteilen konnten signifikant höhere Schlachtgewichte im Vergleich zu den Gewichten der Schlachtkörper der geimpften Tiere beobachtet werden.

Dagegen war das Gewicht der Kastraten nach dem Entbluten bei den Tieren aus dem Maststall 1 nicht signifikant höher als das der gegen Ebergeruch geimpften Tiere. Eine mögliche Erklärung für den signifikanten Unterschied zwischen dem Schlachtgewicht zwischen den Gruppen und dem nicht signifikanten Gewicht nach

dem Entbluten könnte die Schlachtreihenfolge sein. Da die Gruppe der Kastraten stets als erste geschlachtet wurde und die gegen Ebergeruch geimpften Tiere dadurch einen längeren Aufenthalt im Wartebereich des Schlachthofes hatten, konnten die Tiere der Gruppe G mehr Wasser nach dem Transport aufnehmen. Des Weiteren wurde das Nüchterngewicht nach dem Entbluten bei geschlossenem Schlachtkörper ermittelt. Also vor Entnahme der Organe und somit war es nicht signifikant niedriger als das der Kastraten.

Die Kastraten wiesen eine signifikant höhere Hennessy Speckdicke auf als die gegen Ebergeruch geimpften Tiere auf. Weitere Speckmessungen an Bauch, Lende, Rückenmitte, Widerrist und an der Seite lagen ebenfalls bei den Kastraten höher als bei den gegen Ebergeruch geimpften Tieren. Auch HENNESSY et al. (2006) und ZAMARATSKAIA et al. (2008) stellten in ihren Untersuchungen einen niedrigeren Fettanteil bei Schlachtkörpern von geimpften Schweinen im Vergleich zu konventionell kastrierten Schweinen fest.

Der Magerfleischanteil bei Ebern ist laut BABOL und SQUIRES (1995) um 3 - 6% höher als der von Kastraten. Auch in diesem Versuch war der MFA bei den Tieren der Gruppe G aus dem Großraumabteil höher.

Dadurch dass die Tiere aus dem Maststall 2 in einem anderen Schlachthof geschlachtet wurden konnten nicht dieselben Schlachtparameter wie an Schlachthof 1 ermittelt werden. Hinsichtlich des Schlachtgewichtes der Tiere aus Maststall 2 waren die Gewichte der Kastraten höher als die der geimpften Tiere, jedoch lagen die mittleren Schlachtgewichte beider Gruppen vergleichsweise unter denen aus Maststall 1 was mit den unterschiedlichen Einstallungsgewichten erklärt werden kann. Der Magerfleischanteil der Gruppe K aus Maststall 1 war im Gegensatz zur Gruppe G aus Stall 1 und Stall 2 höher.

6 Schlussfolgerung

Die gegen Ebergeruch geimpften Tiere weisen erst nach der zweiten Injektion (ST 134-145) eine höhere Wachstumsrate auf als die Frühkastraten. Dennoch sind bei der Schlachtung keine signifikanten Gewichtsunterschiede zwischen den Gruppen festzustellen. Die Wirksamkeit der Impfung zeigt sich in erster Linie durch das Ausbleiben von geruchsbelastetem Eberfleisch und der Verhaltensänderung hinsichtlich des anfänglich aggressiven Eberverhaltens, welches nach der zweiten Injektion deutlich zurückging. In anderen Studien konnte ebenfalls mit Hinblick auf den Ebergeruch von einer bis zu vier Wochen nach der zweiten Injektion anhaltenden erfolgreichen anti-GnRH Wirkung berichtet werden (DUNSHEA et al. 2001, JAROS et al. 2005). Wegen der höheren Magerfleischanteile und niederen Fettanteile sind die Schlachtkörper der geimpften Tiere qualitativ hochwertiger. Durch eine spätere Schlachtung nach der zweiten Injektion könnten die gegen Ebergeruch geimpften Tiere auf Grund des ruhigeren Verhaltens und der nach der zweiten Injektion ansteigenden Tageszunahmen eine verbesserte Mastleistung erzielen. Folglich sollte die zweite Impfung nicht zu früh erfolgen denn nach der derzeitigen Zulassung des Impfstoffes müssen die geimpften Tiere vier bis sechs Wochen nach der zweiten Injektion geschlachtet werden. ZAMARATSKAIA et al. (2007) untersuchten den Langzeiteffekt von Improvac[®] und stellten dabei fest, dass auch 22 Wochen nach der zweiten Injektion eine Unterdrückung der normalen Hodenfunktion noch anhielt.

Ein weiterer Vorteil der immunologischen Kastration ist laut DEEN et al. (2008) der finanzielle Aspekt, da die geimpften Tiere eine bessere Futtermittelverwertung und höhere Tageszunahmen aufweisen.

Management und „animal welfare“ sind ebenso zwei Aspekte welche nicht außer Acht gelassen werden dürfen. Auf der einen Seite wird den Ebern der Stress und der Schmerz durch die Kastration erspart, auf der anderen Seite treten in der Mast durch das aggressive Verhalten Probleme wie Biss- und Kratzwunden und Lahmheiten durch Aufspringen auf. Diese Verletzungsgefahr ist bei konventionell kastrierten Tieren reduziert.

In Deutschland werden Schweine durchschnittlich mit einem Gewicht von 95 kg geschlachtet und nicht wie in England mit einem Gewicht von ca. 75-80 kg. Bei langsam wachsenden Rassen und einem Schlachtgewicht von 100 kg nimmt auf Grund des Alters und der damit zusammenhängenden Geschlechtsreife die Gefahr zu, dass in einer gemischt geschlechtlichen Gruppe die weiblichen Tiere gedeckt werden und sie zum Schlachtzeitpunkt trächtig sind (ANDERSSON et al. 1999, RHYDMER et al. 2003). Demzufolge sollte eine Trennung zwischen männlichen und weiblichen Mastschweinen stattfinden.

Der Hauptgrund der Kastration männlicher Ferkel nämlich das Vermeiden von geruchsbelastetem Fleisch in der Lebensmittelkette kann durch die Impfung gegen Ebergeruch nicht vollständig gewährleistet werden. Um die vermeintlichen „Stinker“ bereits vor der Weiterverarbeitung selektieren zu können fehlen noch zuverlässige und schnell arbeitende Detektionsmöglichkeiten. Die sensorische Überprüfung am Schlachtband ist zeitlich nicht möglich, da die Bandgeschwindigkeit vor allem in den großen Schlachthöfen zu hoch ist. Die sog. elektronische Nase ist noch nicht weit genug ausgereift und eine Androstenonuntersuchung des Schlachtkörpers zu teuer. Laut DUNSHEA et al. (2003) ist das Gewicht beider Hoden zu einem gewissen Schlachtzeitpunkt ausschlaggebend um eine Geruchsbelastung des Fleisches auszuschließen. Andere Autoren wie FØRLAND et al. (1980) und BONNEAU und RUSSEIL (1985) nennen die Größe der Bulbourethraldrüsen als ausschlaggebend um das Auftreten von geruchsbelastetem Eberfleisch festzustellen. Der zeitliche Mehraufwand bei der Schlachtung hinsichtlich der Trennung zwischen den Geschlechtern und der Hodenentnahme am Schlachtband muß ebenfalls berücksichtigt werden. Dadurch dass die Hoden nicht bei allen Versuchstieren deutlich kleiner wurden ist die visuelle Beurteilung der Wirksamkeit der Impfung sowohl im Mastbetrieb als auch am Schlachthof schwierig.

Abschließend kann gesagt werden, dass sich die Wirksamkeit der Impfung gegen Ebergeruch bestätigt hat und sich auch positiv auf das Wachstum und die Fleischqualität auswirkt. Dennoch müssen weitere Fragen wie die Schlachtung zu einem späteren Zeitpunkt, das Management, die Haltung der Tiere und der Arbeitsablauf am Schlachthof genauer untersucht werden.

7 Zusammenfassung

Überprüfung der Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit der Impfung gegen Ebergeruch
im Feldversuch

Ziel des vorliegenden Versuches ist es die Wirksamkeit der Impfung gegen Ebergeruch durch Androstenonbestimmung der Schlachtkörper, Überprüfung des Verhaltens und der Hautoberfläche in Zusammenhang mit dem Hodenwachstum von gegen Ebergeruch geimpften Tieren zu untersuchen. Als Parameter zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit dienen das Körpergewicht zu verschiedenen Zeitpunkten in der Mast, die Tageszunahmen sowie verschiedene Schlachtdaten, welche zwischen den Versuchsgruppen verglichen werden.

In dieser Untersuchung wurden 560 Ferkel eingeschlossen, randomisiert und in zwei Versuchsgruppen eingeteilt. Eine Gruppe wurde zwischen dem dritten und fünften Lebenstag, dem Studientag 1 (ST 1), chirurgisch kastriert (Gruppe K) und die Tiere der anderen Gruppe später in der Mast gegen Ebergeruch geimpft (Gruppe G). Nach Ermittlung der Gewichte der Ferkel am ST 1 bei der Aufnahme in den Versuch und beim Absetzen von der Sau an ST 23, erfolgte die gemeinsame Einstallung in den Aufzuchtstall. Am ST 80 wurde die erste Injektion den Tieren der Gruppe G bei der Einstallung in den Maststall verabreicht. Es wurden 430 Tiere in ein Großraumabteil (Stall 1) und die übrigen in einen konventionellen Maststall (Stall 2) aufgestellt, wobei das Körpergewicht erneut ermittelt wurde. Bei der zweiten Injektion an ST 123 erfolgten eine Messung der Hodengröße, eine Aufnahme der Hautverletzungen und eine erneute Wiegung. Nach weiteren Wiegungen aller Tiere an ST 134 und 145 wurden die Hoden nach der zweiten Injektion erneut vermessen und die Tiere auf Hautläsionen untersucht. Vier Wochen nach der zweiten Injektion wurde die erste der 5 Schlachtgruppen geschlachtet und die restlichen Schlachtgruppen innerhalb der nächsten zwei Wochen. Am Schlachthof wurden verschiedene Schlachtparameter erhoben und die Hoden vermessen und gewogen. Des Weiteren wurden von allen Versuchstieren Blut und Bauchfettproben entnommen, sowie eine sensorische Beurteilung 24 Stunden nach der Schlachtung bei den Schlachtkörpern aller Versuchstiere durchgeführt.

Die Androstenonbestimmung der Bauchfettproben ergab, dass 13 Tiere von 60 zufällig beprobten der Gruppe G zwischen 0,05 mg/kg Fett und 0,22 mg/kg Fett lagen, jedoch den Grenzwert von 0,5 mg/kg Fett in Anlehnung an die FIHV nicht überschritten. Die anderen 47 Androstenonproben lagen unter der Nachweisgrenze von 0,05 mg/kg Fett. Die sensorische Überprüfung der Schlachtkörper war negativ hinsichtlich einer Geruchsabweichung. Nach der zweiten Injektion waren die Hodengrößen signifikant kleiner und eine Verhaltensänderung deutlich zu sehen. Die Tiere der Gruppe K waren über die gesamte Mastperiode hinweg signifikant schwerer als die der Gruppe G und wiesen zwischen den beiden Injektionen (St 80-123) höhere Tageszunahmen auf. Wohingegen die Tiere der Gruppe G aus dem Stall 1 nach der zweiten Injektion höhere Tageszunahmen aufwiesen als die der Gruppe K. Hinsichtlich der Schlachtdaten wiesen die Tiere der Gruppe G einen signifikant magereren Schlachtkörper und einen höheren Magerfleischanteil auf als Gruppe K. Die Schlachtgewichte der Tiere der Gruppe K waren signifikant höher als die der Tiere der Gruppe G.

Zusammenfassend kann die Wirksamkeit der Impfung gegen Ebergeruch mittels des Impfstoffes Improvac[®] (Fa. Pfizer, Berlin) anhand von Androstenonbestimmungen, sensorischen Überprüfung der Schlachtkörper sowie Veränderung der Hodengröße und des Verhaltens bestätigt werden. Auf Grund der frühen Schlachtung nach der zweiten Injektion lag die Mastleistung der gegen Ebergeruch geimpften Tiere unter derjenigen der Tiere der Gruppe K. Durch eine längere Mastzeit und Verlängerung des Schlachtzeitpunktes nach der zweiten Injektion können höhere Tageszunahmen auf Seiten der geimpften Tiere zu einer verbesserten Mastleistung führen.

8 Summary

Evaluation of the efficacy and cost effectiveness of the vaccination against boar taint in field studies.

The aim of this present study is to evaluate the efficacy of the vaccination against boar taint by measuring the androstenon in the belly of slaughter carcasses. Also, the behaviour of vaccinated animals and the testicle growth was examined. The parameters used to evaluate cost-effectiveness were body weight, measured at different time periods during finishing, the average daily gain and various slaughter data. The behaviour of the vaccinated pigs was assessed by inspecting the skins for abrasions or scratches and observing the overall social behaviour of the pigs.

A total of 560 piglets were included in the study and randomly assigned to two study groups. On study day 1 (ST1), one study group (Group K) was castrated on the third and fifth day of life. Piglets from the other group (Group G) were not castrated but were later vaccinated against boar taint in the finishing period. Following weighing on ST 1 and at weaning on ST 23, piglets of both groups were housed in commercial flat decks. On study day 80, the piglets were weighed and moved into finishing barns whereby 430 pigs were housed in a large stall (Stall 1) and the remaining 130 pigs in a commercial finishing stall (Stall 2). Pigs from Group G received the first injection against boar taint on this day (ST 80). On study day 123, the second injection was administered and the testicle size measured. Furthermore, the skin and the behaviour were assessed and pigs from both groups were weighed. Animals were weighed on ST 134 and ST 145 and the testicle size including skin and behaviour were evaluated.

Four weeks after second vaccination the first of five groups were slaughtered within two weeks. At slaughterhouse various slaughter data were collected and the testicles measured and weighed. Also, blood and belly of 30 pigs from each group were collected. Afterwards, a sensory assessment of the carcass was performed 24 hours after slaughter.

After the second injection on ST 123, the testicles of vaccinated pigs were significantly smaller than on ST 80. In addition, a noticeable change in the behaviour was observed.

Animals in both stalls from Group K weighed significantly more than pigs from Group G over the entire course of the study. Also, the average daily gain of Group K pigs was higher than Group G pigs between ST 80 and ST 123. After the second injection on study day 123, Group G pigs from in stall 1 had a significantly higher average daily gain than Group K pigs.

After slaughter data assessment, Group G pigs had significantly leaner carcasses and a higher lean-meat proportion than Group K pigs. The carcass weights of pig from Group K were significantly higher in comparison to carcass weights of Group G pigs.

The androstenon values of 13 from the 60 pigs were between 0.05 mg/kg fat and 0.22 mg/kg fat. According to the current meat inspection regulations, these values were below the allowed value of 0.5 mg/kg fat. After the sensory evaluation, no deviation in the odour of the carcasses was found.

In conclusion, the efficacy of vaccination against boar taint with the vaccine Improvac (Pfizer, Berlin) was confirmed based on the androstenon assessment, the sensory evaluation of the slaughter carcass, and changes in testicle size and behaviour. The lower finishing performance of the vaccinated pigs in comparison to castrated pigs is a result of the early slaughter date after the second vaccination. Improvement in the finishing performance could be achieved if a longer finishing period and extended slaughter times after the second injection occurs.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Funktionsmechanismus der Impfung gegen Ebergeruch	8
Abbildung 2: Abbau von Tryptophan zu Skatol	18
Abbildung 3: Skizze der Mastställe 1 und 2	31
Abbildung 4: optiSORT-Anlage mit davor aufgebauter Digitalwaage vor der Wiegung	33
Abbildung 5: Sicherheitsinjektor der Fa. Pfizer mit Impfspinne (Fa. Pikovet) ...	39
Abbildung 6: Skizze der Kotelettquerschnittes einer Schlachtkörperhälfte 7 cm seitlich der Trennlinie auf der Höhe der 2./3. letzten Rippe (LFL 2007)	47
Abbildung 7: Darstellung der mittleren Gewichte der Gruppe K und G in der Mast aus dem Stall 1 und 2 unter Angabe der Standardabweichung sowie der p-Werte für den Vergleich der Gruppen	52
Abbildung 8: Darstellung der mittleren Tageszunahmen der Gruppe K und G in der Mast aus dem Stall 1 und 2 unter Angabe der Standardabweichung sowie der p-Werte für den Vergleich der Gruppen	53
Abbildung 9: Darstellung der mittleren Gewichte der Gruppen K und G im Maststall 1 mit Angabe der Standardabweichungen an den Studientagen 80, 122, 134 und 145	55
Abbildung 10: Darstellung der mittleren Tageszunahmen in verschiedenen Abschnitten der Mast der Gruppen K und G im Maststall 1 mit Angabe der Standardabweichungen	56
Abbildung 11: Darstellung der mittleren Gewichte der Gruppe K und G im Maststall 2 unter Angabe der Standardabweichung sowie der p-Werte für den Vergleich der Gruppen an den Studientagen 80, 122, 123 und 145	57
Abbildung 12: Darstellung der mittleren Tageszunahmen in verschiedenen Abschnitten der Mast der Gruppen K und G im Maststall 2 mit Angabe der Standardabweichungen	59
Abbildung 13: Darstellung der mittleren Tageszunahmen der Tiere der Gruppe K zwischen dem Maststall 1 und 2 unter Angabe der Standardabweichung	60
Abbildung 14: Darstellung der mittleren Tageszunahmen der Tiere der Gruppe G zwischen dem Maststall 1 und 2 unter Angabe der Standardabweichung	61

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Steroide und andere Substanzen, deren Geruch vom Menschen mit einer Intensität von 1 bis 3 als unangenehm wahrgenommen wird (modifiziert nach CLAUS (1979) und BONNEAU (1982)).....	20
Tabelle 2: Zusammenfassung von Unterschieden zwischen Ebern und Kastraten in ihren Produktionsleistungen (EFSA 2004).....	23
Tabelle 3: Futterzusammensetzung in den verschiedenen Phasen der Mast	30
Tabelle 4: Medikation der Tiere im Aufzuchtstall.....	35
Tabelle 5: Versuchstierverluste.....	36
Tabelle 6: Beurteilung der Injektionsstellen	38
Tabelle 7: Kreuzreaktionen verschiedener Steroide mit Antiserum gegen Androstenon	46
Tabelle 8: Darstellung der Handelsklassen.....	47
Tabelle 9: Gewichte der Versuchstiere am Studientag 1 und 23.....	50
Tabelle 10: Tageszunahmen der Versuchstiere zwischen den Studientagen 1-23 und 23-80.....	51
Tabelle 11: Gewichte aller Versuchstiere	51
Tabelle 12: Tageszunahmen aller Versuchstiere aus Stall 1 und 2.....	53
Tabelle 13: Gewichte der Tiere aus dem Maststall 1	54
Tabelle 14: Tageszunahmen der Tiere aus dem Maststall 1	56
Tabelle 15: Gewichte der Tiere aus dem Maststall 2	57
Tabelle 16: Tageszunahmen der Tiere aus dem Maststall 2	58
Tabelle 17: Vergleich der Tageszunahmen der Gruppe K zwischen den Mastställen 1 und 2	60
Tabelle 18: Vergleich der Tageszunahmen der Gruppe G zwischen den Mastställen 1 und 2	61
Tabelle 19: Vergleich der mittleren Gewichte zwischen der Digitalwaage und dem errechneten Gewicht der optiSORT-Anlage.....	62
Tabelle 20: p-Werte und Korrelation nach Pearson zwischen den Gewichten der Digitalwaage und der optiSORT-Anlage.....	62

Tabelle 21: Weitere Parameter der optiSORT-Anlage an den Studientagen 123,134 und 145	63
Tabelle 22: Verhaltensbeobachtungen in verschiedenen Mastzeitpunkten (E=Eber, K=Kastrat).....	65
Tabelle 23: Kratzscore an den Studientagen 123 und 134.....	66
Tabelle 24: Messergebnisse der Hodenmessung an ST 123 und 134.....	67
Tabelle 25: Messergebnisse der Hoden am Schlachthof	67
Tabelle 26: Impfreaktionen der Gruppe G	68
Tabelle 27: Schlachtgewichte der Versuchstiere aus Stall 1 und 2	68
Tabelle 28: Zusätzlich erhobene Schlachtparameter der Tiere aus Stall 1.....	69

Literaturübersicht

2001

Richtlinie 2001\88\EG: des Rates vom 23. Oktober 2001 zur Änderung der Richtlinie 91\630\EWG über Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen.

Amtsblatt der Europäischen Union. Nr. L316:1-4.

Richtlinie 2001\93\EG: der Kommission vom 09. November 2001 zur Änderung der Richtlinie 91\630\EWG über Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen.

Amtsblatt der Europäischen Union. Nr. L316:36-38.

2004

Verordnung 854\2004\EG: des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 mit besonderen Verfahrensvorschriften für die amtliche Überwachung von zum menschlichen Verzehr bestimmten Erzeugnissen tierischen Ursprungs.

Amtsblatt der Europäischen Union. Nr. L 139\206.

2007

a) Fleischhygiene-Verordnung (FIHV): in der Fassung der Bekanntmachung vom 29. Juni 2001 (BGBl. I S. 1366), zuletzt geändert durch Artikel 16 der Verordnung vom 8. August 2007 (BGBl. I S. 1816); deren Kapitel III (weitere Untersuchungen), Nr. 4. (sonstige Untersuchungen) und Kapitel IV (Beurteilung des Fleisches), Nr. 3.

b) Fleischhygiene-Verordnung (FIHV): in der Fassung der Bekanntmachung vom 29. Juni 2001 (BGBl. I S. 1366), zuletzt geändert durch Artikel 16 der Verordnung vom 8. August 2007 (BGBl. I S. 1816); deren Kapitel IV (Beurteilung des Fleisches), Nr. 2.3.

c) Fleischhygiene-Verordnung(FIHV): in der Fassung der Bekanntmachung vom 5. Dezember 2005 mit spezifischen Vorschriften für die amtlichen Fleischuntersuchungen auf Trichinen

Allgemeine Verwaltungsvorschrift AVV, LMH. (2007): über die Durchführung der amtlichen Überwachung der Einhaltung der Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs und zum Verfahren zur Prüfung von Leitlinien für eine gute Verfahrenspraxis.

Stand: 12.11.2007.

AGERGAARD, N. und A. LAUE (1998): Absorption of skatole in the digestive tract of entire male pigs. In: Skatole and boar taint. Danish Meat research Institute, Roskilde. 77-96.

AHMAND, N. und D.B. GOWER (1968): The biosynthesis of some androst-16-enes from C21 and C19 steroids in boar testicular and adrenal tissue. Biochem. J. 108, 233-241.

ALDAL, I., Ø. ANDRESEN, A.K. EGELI, J.-E. HAUGEN, A. GRØDUM, O. FJETLAND, J.L.H. EIKAAS (2005): Levels of androstenone and skatole and the occurrence of boar taint in fat from young boars. Livest. Prod. Sci. 95, 121-129.

ALLEN, P., P.B. RIORDAN, T.J. HANRAHAN, R.L. JOSEPH (1981): Production and quality of boar and castrate bacon 1. Pig production, in-factory processing and carcass value. Irish J. of Food Sci. and Technol. 5, 93-104.

ALSING, W. (1978): Bestimmung von 5 α -androst-16-en-3-on und Testosteron im Rahmen eines Selektionsexperiments gegen Ebergeruch. Diss. rer. nat. TU München.

ANDERSSON, H., L. RYDHMER, K. LUNDSTRÖM, M. WALLGREN, K. ANDERSSON, M. FORSBERG (1998): Influence of artificial light regimes on sexual maturation and boar taint in entire male pigs. Anim. Reprod. Sci. 51, 31-43.

ANDERSSON, H.K., A. HULLBERG, L. MALMGREN, K. LUNDSTRÖM, L. RYDHMER, J. SQUIRES (1999): Sexual maturity in entire male pigs. Environmental effects, relations to skatole level and sexual maturity. Acta Agric. Scand. Section A, Anim. Sci. 49, 103-112.

ANDRESEN, Ø. (1974): Development of a radioimmunoassay for 5 α -androst-16-en-3-one in pig in peripheral plasma. Acta. Endocrinol. 76, 377-387.

ANDRESEN, Ø. (1976): Concentrations of fat and plasma 5 α -androstenone and plasma testosterone in boars selected for rate of body weight gain and thickness of back fat during growth, sexual maturation and after mating. J. Reprod. Fertil. 48, 51-59.

AUSTIN, C.J., L. EMBERSON, P. NICHOLLS (2004): Purification and characterisation of pheromaxein, the porcine steroid-binding protein. A member of the secretoglobulin superfamily. Europ. J. Biochem. 271(13), 2593-2606.

BABOL, J. und E.J. SQUIRES (1995): Quality of meat from entire male pigs. Food Res. Intern. 28 (3), 201-212.

BABOL, J., E.J. SQUIRES, M. BONNEAU (1996): Factors regulating the concentrations of 16-androstene steroids in submaxillary salivary glands of pigs.

J. Anim. Sci. 74, 413-419.

BABOL, J., E.J. SQUIRES, K. LUNDSTRÖM (1998): Hepatic metabolism of skatole in pigs by cytochrome P4502E1.

J. Anim. Sci. 76, 822-828.

BABOL, J., E.J. SQUIRES, K. LUNDSTÖM (1999): Relationship between metabolism of androstenone and skatole in male pigs.

J. Anim. Sci. 77, 84-92.

BIELEFELD, F. (2006): Alternatives to conventional castration. (Report on Conference ProSchwein)

Tierärztl. Umschau 61, 669-671.

BINDER, R., W. HAGMÜLLER, P. HOFBAUER, C. IBEN, U.S. SCALA, C. WINCKLER, J. BAUMGARTNER (2004): Aktuelle Aspekte der Kastration männlicher Ferkel, 1. Mitteilung: Tierschutzrechtliche Aspekte der Ferkelkastration sowie Verfahren zur Schmerzausschaltung bei der chirurgischen Kastration.

Wien.Tierärztl. Mschr. 91 (7), 178-183.

BONNEAU, M. (1982): Compounds responsible for boar taint, with special emphasis on androstenone: A review.

Livest. Prod. Sci. 9, 687-707.

BONNEAU, M (1987):

Effects of age and live weight on fat 5 α -androstenone levels in young boars fed two planes of nutrition.

Reprod. Nutrition, Development. 27, 413-422.

BONNEAU, M. und M. TERQUI (1983): A note on the metabolism on 5 α -androst-16-en-3-one in the young boar in vivo.

Reprod. Nutrition, Development. 23, 899-905.

BONNEAU, M. und P. RUSSEIL (1985): The size of the cowper's (bulbo-urethral) glands as an estimate of boar taint on the slaughter line.

Livest. Prod. Sci. 13, 169-178.

BONNEAU, M., R. DUFOUR, C. CHOUVET, C. ROULET, W. MEADUS, E.J. SQUIRES (1994): The effects of immunisation against luteinizing hormone-releasing hormone on performance, sexual development, and levels of boar taint-related compounds in intact male pigs.

J. Anim. Sci. 72, 14-20.

BOOTH, W.D. (1975): Changes with age in the occurrence of C19-steroids in the testis and submaxillary gland of the boar.

J. Reprod. Fertil. 42, 459-472.

BOYLE, L.A. und L. BJÖRKLUND (2007): Effects of fattening boars in mixed or single sex groups and split marketing on pig welfare.

Anim. Welf. 16(2), 259-262.

BROOKS, R.I. und A.M. PEARSON (1986): Steroid hormone pathways in the pig, with special emphasis on boar odour: a review.
J. Anim. Sci. 62, 632-645.

BREMNER, E.A., J.D. MAINLAND, R.M. KAHN, N. SOBEL (2003): The prevalence of androstenone anosmia.
Chem. Senses. 28 (5), 423-432.

CAMPELL R.G., N.C. STEELE, T.J. CAPERNA, J.P. McMURTRY, M.B. SOLOMON, A.D. MITCHELL (1989): Interrelationships between sex and exogenous growth hormone administration on performance, body composition and protein and fat accretion of growing pigs.
J Anim. Sci. 67 (1), 177-186.

CARATY, A. und M. BONNEAU (1986): Active immunization of male pigs against gonadoliberin: effect on the secretion of gonadotropic hormones and 5 α -androst-16-ene-one levels in adipose tissue.
C. R. Acad. Sci. III. 303 (16), 673-676.

CASTEELS, M., W. EECKHOUT, H. BECKAERT, F. BUYASSE (1974): Suitability of boars for meat production. II. Odour and flavour of the meat.
Landbouwtijdschrift 27, 169-189.

CHEN, G (2007):
Physiological and Biochemical Factors Responsible for Boar taint.
Diss. Dept. of Food Sci. Acta Universitatis agriculturae Sueciae Vol. 2007:110.

CHUMKAM, S. und S. RAVUNGSOOK (2003): Effect of immunisation against gonadotropin releasing hormone on growth rate and carcass quality in boar.
41st Kasetsart University Annual Conference. Bangkok, Thailand.

CLAPPER, J.A., T.M. CLARK, L.A. REMPEL (2000): Serum concentrations of IGF-I, estradiol-17 β , testosterone and relative amounts of IGF binding proteins (IGFBP) in growing boars, barrows and gilts.
J Anim. Sci. 78, 2581-2588.

CLAUS, R. (1976): Messung des Ebergeruchstoffes im Fett von Schweinen mittels eines Radioimmuntests, 2. Mitteilung: Zeitlicher Verlauf des Ebergeruchsdepotabbaus nach der Kastration.
Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie 93, 38-47.

CLAUS, R. (1979): Pheromone bei Säugetieren unter besonderer Berücksichtigung des Ebergeruchstoffes und seiner Beziehung zu anderen Hodensteroiden.
Fortschritte in der Tierphysiologie und in der Tierernährung. 10, 1-136.

CLAUS, R. (1991): Ebermast- eine Wertung aus physiologischer Sicht.
VET. 10, 6-14.

CLAUS, R. (1993a): Die unendliche Geschichte der Ebermast – eine historisch-physiologische Analyse.
Fleischwirtschaft. 73(4), 449-453.

CLAUS, R. (1993b): Resümee Vergleichende Wertung der bisherigen Ergebnisse aus dem Gemeinschaftsversuch zur Ebermast. In: Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach, 32. Jahrgang. 120, 150-152.

CLAUS, R. und W. ALSING (1976): Einfluss von Choriongonadotropin, Haltungsänderung und sexueller Stimulierung auf die Konzentration von Testosteron im Plasma sowie des Ebergeruchsstoffes im Plasma und Fett eines Ebers.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 89, 354-358.

CLAUS, R. und B. HOFFMANN (1980): Oestrogens, compared with other steroids of testicular origin, in bloodplasma of boars.
Acta Endocrinol. 94, 404-411.

CLAUS, R., D. SCHOPPER, H-G. WAGNER (1983): Seasonal effects on steroids in blood plasma and seminal plasma of boars.
J. Steroid Biochem. 19, 725-729.

CLAUS, R., H. BERNAL-BARRAGAN, M. DENHARD (1991): Effect of gonadal hormones in mature cyclic sows on food intake and skatole concentrations in faeces.
J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 66, 61-68.

CLAUS, R., M. DENHARD, A. HERZOG, H. BERNAL-BARRAGAN, T. GIMÉNEZ (1993): Parallel measurements of indole and skatole (3-methylindole) in feces and blood plasma of pigs by HPLC.
Livest. Prod. Sci. 34, 115-126.

CLAUS, R. und U. WEILER (1994): Endocrine regulation of growth and metabolism in the pig: a review.
Livest. Prod. Sci. 37, 245-260.

CLAUS, R., U. WEILER, A. HERZOG (1994): Physiological aspects of androstenone and skatole formation in the boar. A review with experimental data.
Meat Sci. 38(2), 289-305.

CLAUS, R., S. RAAB, S. RÖCKLE (1996): Skatole concentrations in blood plasma of pigs as influenced by the effects of dietary factors on gut mucosa proliferation.
J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 76, 170-179.

CLAUS, R., D. LOSEL, M. LACORN, J. MENTSCHERL, H. SCHENKEL (2003): Effects of butyrate on apoptosis in the pig colon and its consequences for skatole formation and tissue accumulation.
J. Anim. Sci. 81, 239-248.

COENEN, A.M.L., W.H.I.M. DRINKENBURG, R. HOENDERKEN, E.L.J.M. VAN LUIJTELAAR (1995): Carbon dioxide euthanasia in rats: oxygen supplementation minimizes signs of agitation and asphyxia.

Lab. Anim. 29, 262-268.

CRONIN G. M., F. R. DUNSHEA, K. L. BUTLER, I. McCAULEY, J. L. BARNETT, P.H. HEMSWORTH (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.

DANEAU, I., J.F. ETHIER, J.G. LUSSIER, D.W. SILVERSIDES (1996): Porcine SRY gene locus and genital ridge expression. Biolog. of Reprod. 55(1), 47-53.

DAVIS, S.M. und E.J. SQUIRES (1999): Association of cytochrome 5b with 16-androstenone steroid synthesis in the testis and accumulation in the fat of male pigs. J. Anim. Sci. 77, 1230-1235.

DEEN, J., J. O'CONNOR, S. SORENSEN, T. BAKER (2008): An economic model to assess costs and benefits of Improvac to the swine producer for control of boar taint. Proc. of the 20th IPVS Congress, Durban, South Africa. Vol. 1, 266.

DE HAER, L.C.M. und J.W.M. MERKS (1992): Patterns of daily food intake in growing pigs. Anim. Prod. East Lothian, Scotland. 54, 95-104.

DE HAER, L.C.M., A.G. DE VRIES (1993): Feed intake patterns of and feed digestibility in growing pigs housed individually or in groups. Livest. Prod. Sci. 33, 277-292.

DE KOCK, H.L., P.H. HEINZE, C.M. POTGIETER, G.B. DIJKSTERHUIS, A. MINNAAR (2001): Temporal aspects related to the perception of skatole and androstenon, the major boar odour compounds. Meat Sci. 57, 61-70.

DE WILDE, R.O. und H. LAUWERS (1984): The effect of parenteral use of estradiol, progesterone, testosterone and trenbolone on growth and carcass compositions in pigs. J. Anim. Sci. 59, 1501-1509.

DIAZ, G.J. und E.J. SQUIRES (2000a): Metabolism of 3-methylindole by porcine liver microsomes: responsible cytochrome P450 enzymes. Toxicol. Sci. 55, 284-292.

DIAZ, G.J. und E.J. SQUIRES (2000b): Role of aldehyde oxidase in the hepatic in vitro metabolism of 3-methylindole in pigs. J. Agric. and Food Chem. 48, 833-837.

DOBROWOLSKI, A., R. HÖRETH, W. BRANSCHIED (1993): Der Schlachtkörperwert von Ebern und Börge und Probleme der Klassifizierung. Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach 32. Jahrgang. 120, 109-115.

DOBROWOLSKI, A., R. HÖRETH, W. BRANSCHIED (1995): Der Schlachtkörperwert von Ebern und Börgen und Probleme der Klassifizierung. In: Die Ebermast Schriftreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. 449, 6-13.

DÖCKE, F. (1994): Keimdrüsen; In: Veterinärmedizinische Endokrinologie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. 399-508.

DORRIES, K.M., E. ADKINS-REGAN, B.P. HALPERN (1997): Sensitivity and behavioural responses to the pheromone androstenone are not mediated by the vomeronasal organ in domestic pigs. Brain, Behaviour and Evolution. 49(1), 53-62.

DROCHNER, W. (1993): Digestion of carbohydrates in the pig. Archives of Anim. Nutr. 43, 95-116.

DUNSHEA, F.R., R.H. KING, R.G. CAMPBELL, R.D. SAINZ, Y.S. KIM (1993): Interrelationships between sex and ractopamine on protein and lipid deposition in rapidly growing pigs. J. Anim. Sci. 71, 2919-2930.

DUNSHEA, F.R., C. COLANTONI, K. HOWARD, I. MC CAULEY, P. JACKSON, K.A. LONG, S. LOPATICKI, E.A. NUGENT, J.A. SIMONS, J. WALKER, D.P. HENNESSY (2001): Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. J. Anim. Sci. 79, 2524-2535.

D´SOUZA, D.N. und B.P. MULLAN (2003): The effect of genotype and castration method on the eating quality characteristics of pork from male pigs. Anim. Sci. 77, 67-72.

EFSA (2004): Welfare aspects of the castration of piglets. The EFSA Journal. 91, 1-44.

[http://www.efsa.europa.eu/cs/BlobServer/Scientific Opinion/report_ahaw03_ej91_pig cast_v2_en1,0.pdf](http://www.efsa.europa.eu/cs/BlobServer/Scientific%20Opinion/report_ahaw03_ej91_pig_cast_v2_en1,0.pdf)

ENGELHARTD, W. und G. BREVES (2000): Endokrinologie. In: Physiologie der Haustiere. Enke Verlag, Stuttgart 2000. 490-552.

FISCHER, K. und U. WEILER (1995): Aspekte der sensorischen Qualität von Eberfleisch. In: Die Ebermast. Schriftreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. 449, 46-54.

FONT I FURNOLS, M., M. GISPERT, A. DIESTRE, M.A. OLIVER (2003): Acceptability of boar meat by consumers depending on their age, gender, culinary habits, and sensitivity and appreciation of androstenone odour. Meat Sci. 64(4), 433-440.

FONT I FURNOLS, M., M. GISPERT, L. GUERRERO, A. VELARDE, J. TIBAU, J. SOLER, M. HORTÓS, J.A. GARCIA-REGUEIRO, J. PÉREZ, P. SUÁREZ, M.A. OLIVER (2008): Consumers sensory acceptability of pork from immunocastrated male pigs.

Meat Sci. 80, 1013-1018.

FØRLAND, D.M., K. LUNDSTRÖM, Ø. ANDRESEN (1980): Relationship between androstenone content in fat, intensity of boar taint and size of accessory sex glands in boars.

Nord. Veterinaermed. 32, 201-206.

FREDRIKSEN, B. und O. NAFSTAD (2006): Surveyed attitudes, perceptions and practices in Norway regarding the use of local anaesthesia in piglet castration.

Res. Vet. Sci. 81, 293-295.

FREDRIKSEN, B., O. NAFSTAD, C.H. MARKA, E. DAHL, J.U. CHOINSKI, B.M. LIUM (2006a): Artificial light programmes in entire male pig production – effects on androstenone, skatole and animal welfare.

Proc. 19th IPVS Congress, Copenhagen Denmark. Vol. 2, 599.

FREDRIKSEN, B., B.M. LIUM, Ø. ANDRESEN, B.T. HEIER, O. NAFSTAD (2006b): Entire male pigs with high levels of androstenone affect sexual maturation and androstenone levels of their penmates.

Proc. 19th IPVS Congress, Copenhagen Denmark. Vol. 2, 598.

FREDRIKSEN, B., B.M. LIUM, C.H. MARKA, B.T. HEIER, E. DAHL, J.U. CHOINSKI, O. NAFSTAD (2006c): Entire male pigs in farrow-to-finish system. Effects on androstenone and skatole.

Livest. Sci. 102, 146-154.

FREDRIKSEN, B., B.M. LIUM, C.H. MARKA, B. MOSVEEN, O. NAFSTAD (2008): Entire male pigs in farrow- to-finish pens. Effect on animal welfare.

Appl. Anim. Behav. Sci. 110, 258-268.

GARCÍA-REGUEIRO, J.A. und I. DIAZ (1989): Evaluation of the contribution of skatole, indole, androstenone and androstenols to boar-taint in back fat of pigs by HPLC and capillary gas chromatography (CGC).

Meat Sci. 25(4), 307-316.

GEORGSSON, L. und J. SVENDSEN (2002): Degree of competition at feeding differentially affects behaviour and performance of group-housed growing-finishing pigs of different relative weights.

J.Anim. Sci. 80, 376-383.

GIERSING, M. (1998): Social dominance, Competitive aggression and social stress in the domestic pig with particular reference of boar taint.

PhD Thesis, Royal Veterinary and Agric. Univ. Copenhagen.

GIERSING, M., A. ANDERSSON (1998): How does former acquaintance affect aggressive behaviour in repeatedly mixed male and female pigs?

Appl. Anim. Behav. Sci. 59, 297-306.

GIERSING, M., K. LUNDSTRÖM, A. ANDERSSON (2000): Social effects and boar taint: Significance for production of slaughter boars.
J. Anim. Sci. 78, 296-305.

GRIZZLE, T.B., K.L. ESBENSHADE, B.H. JOHNSON (1987): Active immunization of boars against gonadotropin releasing hormone. I. Effects on reproductive parameters.
Theriogenology. 27 (4), 571-580.

GOWER D.B. (1972): 16-unsaturated C19 steroids, a review of their chemistry, biochemistry and possible physiological role.
J. Steroid Biochem. 3, 45-103.

GUTZWILLER, A. (2003): Kastration von männlichen Ferkeln unter Lokalanästhesie.
Agrarforschung. 10, 10-13.

HAGA, H.A. und B. RANHEIM (2005): Castration of piglets: the analgesic effect of intratesticular and intrafunicular lidocaine injection.
Vet. Anaesth. and Analg. 32(1): 1-9.

HANSSON, K., K. LUNDSTRÖM, S. FJELKNER-MODING, J. PERSSON (1980): The importance of androstenone and skatole for boar taint.
Swedish J. Agric. Research 10, 167-173.

HEINRITZI K. (2006): Zootechnische Maßnahmen, Saugferkelkastration
In: K. Heinritzi, H.R. Gindele, G. Reiner, U. Schnurrbusch (Hrsg.)
Schweinekrankheiten,
Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. S.48-50, 342-343.

HEINRITZI, K., M. RITZMANN, W. OTTEN (2006): Alternativen zur Kastration von Saugferkeln; Bestimmung von Katecholaminen sowie Wundheilung nach Kastration von Saugferkeln zu unterschiedlichen Zeitpunkten.
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 113, 94-97.

HENKE, J. und W. ERHARDT (2004): Analgesie.
In: W. Erhardt, J. Henke und J. Haberstroh (Hrsg). Anästhesie und Analgesie beim Klein- und Heimtier sowie bei Vögeln, Reptilien, Amphibien und Fischen.
Schattauer Verlag, Stuttgart, New York. 369-405.

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.

HENNESSY, D.P. (2006): Global control of boar taint. Part 4. Immunological castration in action.
Pig Progress. 22, 14-16.

HENNESSY, D.P., F.R. DUNSHEA, I. McCAULEY, C. COLANTONI P. JACKSON, K.A. LONG, S. LOPATICKI, E.A. NUGENT, J.A. SIMONS, J. WALKER (2000): Immunocastration – World first boar taint vaccine.

Proc. 16th IPVS Congress, Melbourne, Australia 315-323.

HENNESSY, D.P., J. WALKER (2004): Effect of a boar taint vaccine, Improvac[®] on boar quality.

Proc. 18th IPVS Congress, Hamburg, Germany. Vol. 2, 611.

HENNESSY, D.P., E.T.F.S. SILVEIRA, E.P. POLEZE, O.U. UMEHARA (2006): IMPROVACO immunized boars compared to surgical castrates: Control of boar taint and growth performance.

Proc. 19th IPVS Congress, Copenhagen, Denmark. Vol. 2, 597.

HERBERT, E. (1997): Entwicklung und Überprüfung eines Schnellmeßverfahrens zur Bestimmung von 5 α -Androst-16-en-3-on in Fettgewebe und Blut bei Schweinen. Diss. rer. nat. Hohenheim.

HOBEL, D. (1990): Der Einfluss der Früh- und Spätkastration männlicher Ferkel auf Wundheilung und Gewichtszunahme.

Vet. med. Diss., Hannover.

HOFMANN, E. (2006): Abbau von Tryptophan.

In: Medizinische Biochemie systematisch. 4. Auflage.

UNI-MED Verlag, Bremen. 455-459.

HORN, T. und G. MARX, E. von BORELL (1999): Verhalten von Ferkeln während der Kastration mit und ohne Lokalanästhesie.

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 106, 271-274.

HYUN, Y. und M. ELLIS (2001): Effect of Group size and feeder type on growth performance and feeding patterns in growing pigs.

J. Anim. Sci. 79, 803-810.

JAROS, P., E. BÜRGI, K.D.C. STÄRK, R. CLAUS, D. HENNESSY, R. THUN (2005): Effect of active immunization against GnRH on androstenone concentration, growth performance and carcass quality in intact male pigs.

Livest. Prod. Sci. 92, 31-38.

JANNING, T. (1993): Glukokortikoide als katabole Stoffwechselformone: Methodische Entwicklungen und Messungen beim Schwein.

Dipl. Ing. Agr. Hohenheim.

JENSEN, M.T., R.P. COX, B.B. JENSEN (1995): 3-methylindole (skatole) and indole production by mixed population of pig fecal bacteria.

Applied and Environmental Microbiology. 61, 3180-3184.

JOHNSON, L.A. (1991): Sex pre-selektion in swine: altered sex ratios in offspring following surgical insemination of low sorted X and Y-bearing sperm.

Reprod. Dom. Anim. 26, 309-314.

JOHNSON, L.A., D. RATH, M.J. VAZQUEZ, W.M.C. MAXWELL, J.R. DOBRINSKY (2005): Preselection of sex of offspring in swine for production: current status of the process in its application.
Theriogenology. 63, 615-624.

JONSSON, P. und J. WISMER-PEDERSEN (1974): Genetics of sex odour in boars.
Livest. Prod. Sci. 1, 53-66.

JEONG, J.Y., J.H. CHOI, D.J. HAN, D.H. LEE, D. HENNESSY, C.J. KIM (2008): The effects of immunocastration on meat quality and sensory properties of pork lions.
Proc. 20th IPVS Congress, Durban, South Afrika. Vol. 2, 269.

KELLER, A., H. ZHUANG, Q. CHI, L.B. VOSSHALL, H. MATSUNAMI (2007): Genetic variation in a human odorant receptor alters odour perception.
Nature. 449, 468-472.

KJELDSSEN, N.J. und F. UDESEN (1998): Practical Experience from field studies with entire male pigs. In: Skatole and boar taint.
Danish Meat Research Institute, Roskilde. 151-164

KLUIVERS-POODT, M., H. HOPSTER, H.A.M. SPOOLDER (2007): Castration under anaesthesia and /or analgesia in commercial pig production.
Report 73, Animal Sci. Group, Wageningen, Netherlands.

KMIEC, M (2005):
Die Kastration von Saugferkeln ohne und mit Allgemeinanästhesie (Azaperon-Ketamin): Praktikabilität, Wohlbefinden und Wirtschaftlichkeit.
Vet. med. Diss. Berlin.

KNECHT, M., D. KUHNAU, K.B. HUTTENBRINK, M. WITT, T. HUMMEL (2001): Frequency and localization of the putative vomeronasal organ in humans in relation to age and gender.
Laryngoscope. 111 (3), 448-452.

KNECHT, M. und J.N. LUNDSTRÖM (2003): Assessment of olfactory function and androstenone odor thresholds in humans with or without functional occlusion of the vomeronasal duct.
Behavioural Neuroscience. 117(6), 1135-1141.

KNUDSON, B.K., M.G. HOGBERG, R.A. MERKEL, R.E. ALLEN, W.T. MAGEE (1985): Developmental comparisons of boars and barrows: II. Body composition and bone development.
J. Anim. Sci. 61, 797-801.

KOHLER, I., Y. MOENS, A. BUSATO, J. BLUM, U. SCHATZMANN (1998):
Allgemeinnarkose für die Ferkelkastration:
Vergleich der Halothan-Inhalationsnarkose mit Kohlendioxid (CO₂)
Zbl. Vet. med. A 45, 625-633.

KOHLER, I., J. BLUM, U. SCHATZMANN (2001): Die Kastration neugeborener Ferkel unter Halothananästhesie.
Prakt. Tierarzt 82,1054-1061.

KUPPER, T. und P. SPRING (2008): Pro Schwein Synthesebericht 31.03.2008.
Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft SHL, Zollikofen.
<http://www.shl.bfh.ch/index.php?id=1062>.

LAHRMANN, K.H., M. KMIEC, R. STECHER (2004): Frühkastration von Saugferkel mit und ohne Allgemeinanästhesie.
Vet-Med Report. 28/V5, 4-5.

LAUER, S., A. ZANELLA, A. KÖRTEL, J. HENKE, S. SCHARVOGEL, J. UNSHELM, M. GOLDBERG, H. EICHINGER, O. PETROVICZ, T. BRILL, W. ERHARDT (1994): Die CO₂/O₂-Anästhesie zur Kastration von männlichen Ferkeln. (Vorläufige Ergebnisse)
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 101, 81-132.

LAWLOR, P., J. MULLANE, P.B. LYNCH, J. KERRY, P. ALLEN (2003): Effect of sex and slaughter weight on production efficiency.
Proc. EAAP Working group on production and Utilisation of Meat from Entire Male Pigs, 13.14 November 2003, Teagasc, National Food Centre, Ahtown, Dublin 15, Ireland.

LFL (2007): Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Schweinezucht und Schweineproduktion. Anlage 1 § 1 Abs. 1; §2 Abs. 2.
1. Auflage März 2006, Schriftreihe ISSN 1611-4159.

LOEBEL, D., A. SCALONI, S. PAOLINI, C. FINI, L. FERRA, H. BEER, P. PELOSI (2000): Cloning, posttranslational modifications, heterologous expression and ligand-binding of boar salivary lipocalin.
Biochem. J. 350, 369-379.

LOUVEAU, I., M. BONNEAU, D.B. GOWER (1991): Biosynthesis of 16-androstene steroids and testosterone by porcine testis tissue in vitro: effect of age and relationships with fat 5 α -androstene levels in vivo.
Acta Endocrinologia (Copenhagen). 125 (5), 526-531.

LUNDSTRÖM, K., B. MALMFORS, I. HANSSON, L.-E. EDQVIST, B. GAHNE (1978): 5 α -androstene and testosterone in boars. Early testing with HCG, sexual stimulation and diurnal variation.
Swed. J. Agric. Res. 8, 171-180.

MACKINNON, J.D. und M.C. PEARCE (2007): Improvac (Pfizer Animal Health): an immunological product for the control of boar taint in entire male pigs: II Practical applications in pig production and potential production benefits.
The Pig J. 59, 68-90.

MARTINEZ, E.A., M.J. VAZQUEZ, J. ROCA, C. CUELLO, M. GIL, I. PARILLA, J. VAZQUEZ (2005): An update on reproductive technologies with potential short-term application in pig production.
Reprod. Dom. Anim. 40, 300-309.

MARTOFT, L., H. STØDKILDE-JØRGENSEN, A. FORSLID, H.D. PEDERSEN, P.F. JØRGENSEN (2003): CO₂ induced acute respiratory acidosis and brain tissue intracellular pH: a ³¹P NMR study in swine.
Lab. Anim. 37, 241-248.

MARX, D. und S. BRAUN (1990): Auswirkungen der Kastration männlicher Ferkel.
Prakt. Tierarzt 11, 29-36.

MATTHEWS, K.R., D.B. HOMER, P. PUNTER, M.-P. BÉAGUE, M. GISPERT, A.J. KEMPSTER, H. AGERHEM, C. CLAUDI-MAGNUSSEN, K. FISCHER, F. SIRET, H. LEASK, M. FONT I FORNULS, M. BONNEAU (2000):
An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: III. Consumer survey in seven European countries.
Meat. Sci., 54, 271-283.

Mc GLONE, J.J. und S.E. CURTIS (1985): Behaviour and performance of weanling pigs in pens equipped with hide areas.
J. Anim. Sci. 60, 20-24.

MEADUS, W.J., J.I. MASON, E.J. SQUIRES (1993): Cytochrome P450c17 from porcine and bovine adrenal catalyses the formation of 5, 16 androstadien-3 β -ol from pregnenolone in the presence of cytochrome b5.
J. Steroid Biochem. and Molecular Biolo. 46, 565-572.

MELROSE, D.R., H.C.B. REED, R.L.S. PATTERSON (1971): Androgene steroids associated with boar odour as an aid to the detection of oestrus in pig artificial insemination.
British. Vet. J. 127, 497-502.

METZ, C., K. HOHL, S. WAIDELICH, W. DROCHNER, R. CLAUS (2002): Active immunisation of boars against GnRH at an early age: consequences for testicular function, boar taint accumulation and N-retention.
Livest. Prod. Sci. 74, 147-157.

MEZGER, K. (1993): Einfluß von Jahreszeit, Lichtprogrammen und Eberpräsenz auf den Pubertätsverlauf von Jungsauen.
Diss. rer. nat. Hohenheim.

MIYAHARA, M., S. MATSUDA, H. KOMAKI, H. SAKARI, A. TISKISE (2004): Effects of sexual distinction on growth rate and meat production in three-way cross pigs.
Japanese J. of Swine Science 41. 228-236.

MOORE, K.L., B.P. MULLAN, D.P. HENNESSY, F.R. DUNSHEA, N.D. D'SOUZA (2005): Paylean[®] improves feed conversion efficiency of entire and immunocastrated male pigs. In: J.E. Paterson (Ed). Manipulating Pig Production X. Proceedings of the 10th biennial conference of the Australasian Pig Science Association. Christchurch, New Zealand.

MOSS, B.W., M. HAWE, N. WALKER (1992):
Boar taint: Meat Focus International. 1, 289-292.

NADĚJE, B., M. KOUCKÝ, S. ŠEVČIKOVÁ, T. ADAMEC, J. LAŠTOVKOVÁ (2000):
Assessment of boar and borrow meat.
Czech J. Anim. Sci. 45, 539-544.

NARENDRAN, R., R.J. ETCHES, J.F. HURNIK, G.H. BOWMAN (1980): Effect of social hierarchy on plasma 5 α -androstene levels in boars.
Can. J. Anim. Sci. 60, 1031.

NARENDRAN, R., R.J. ETCHES, R.R. HACKER, G.H. BOWMANN (1982): Effect of sexual stimulation on concentrations of 5 α -androstene and testosterone in the peripheral plasma of boars reared individually.
Anim. Reprod. Sci. 4, 227-235.

NEUPERT, B., R. CLAUS, E. HERBERT, U. WEILER (1995): Einfluss von Geschlecht, Fütterung und Lichtprogrammen auf Mastleistung und Schlachtkörperwert sowie die Androstenon- und Skatolbildung beim Schwein.
Züchtungskunde. 67, 317-331.

NEWELL, J.A. und J.P. BOWLAND (1972): Performance, carcass composition and fat composition of boars, gilts and barrows fed two levels of protein.
Can. J. Anim. Sci. 52, 543-551.

NEWTON, E.A., J.S. STEVENSON, J.E. MINTON, D.L. DAVIS (1987): Endocrine changes before and after weaning in response to boar exposure and altered suckling in sows.
J. Reprod. Fertil. 81, 599-609.

NICKEL, R., A. SCHUMMER, E. SEIFERLE (1992): Lehrbuch der Anatomie der Haustiere (Nervensystem, Sinnesorgane, Endokrine Drüsen).
Paul Parey Verlag, Auflage 3, Band 4, S.400.

NOLD, R.A., J.R. ROMANS, W.J. COSTELLO, J.A. HENSON, G.W. LIBAL (1997): Sensory characteristics and carcass traits of boars, borrows and gilts fed high- or adequate - protein diets and slaughtered at 100 or 110 kilograms.
J. Anim. Sci. 75, 2641-2651.

NÜRNBERG, K. und K. ENDER (1989): Fettsäurezusammensetzung des Rückenspecks von Kastraten, weiblichen Mastschweinen und Jungebern.
Archiv für Tierzüchtung Berlin. 32, 455-464.

NUTE, G.R., A. BAKER, S.I. HUGHES, J.D. WOOD (2007): Eating quality of pork loin steaks from control and Improvac treated pigs.
www.journals.cambridge.org

OLIVER, W.T., I. McCAULEY, R.J. HARRELL, D. SUSTER, D.J. KERTON, F.R. DUNSHEA (2003): A gonadotropin-releasing factor vaccine (Improvac) and porcine somatotropin have synergistic and additive effects on growth performance in group-housed boars and gilts.
J.Anim. Sci. 81, 1959-1966.

OONK, H.B., J.A. TURKSTRA, H. LANKHOF, W. SCHAAPER, J.H.M. VERHEIJDEN, R.H. MELOEN (1995):
Testis size after immunocastration as parameter for the absence of boar taint.
Livestock. Prod. Sci. 42, 63-71.

OONK, H.B., J.A. TURKSTRA, W. SCHAAPER, J.H.F. ERKENS, SCHUITEMARKER-DE WEERD, A. VAN NES, J.H.M. VERHEIJDEN, R.H. MELEON (1998): New GnRH like peptide construction to optimize efficient immunocastration of male pigs by immunoneutralization of GnRH.
Vaccine. 16 (11/12), 1074-1082.

PARK, J.C., O.S. KWON, K.H. CHO, J.D. PARK, M.D. KIM, M.K. PARK, C.H. YOO, J.M. LEE (1999): Effect of castration days on body weight and carcass traits in pigs.
Korean J. Anim. Sci. 41, 457-462.

PARROTT, R.F. und W.D. BOOTH (1984): Behavioural and morphological effects of 5α -dihydrotestosteron and oestradiol- 17β in the prepubertally castrated boars.
J. Reprod. Fertil. 71, 453-461.

PATTERSON, R.L.S. (1968): 5α -androst-16-ene-3one: Compound responsible for taint in boar fat.
J. Sci. Food Agric. 19, 31-38.

PATTERSON, D.C. (1985): A note of the effect of individual penning on the performance of fattening pigs.
Anim. Prod. 40, 185-188.

PEDERSEN, B. (1998): Heritability of skatole in back fat. In: Skatole and boar taint. Ed W.K. Jensen 8 (Hersg.)
Danish meat research Institute, Roskilde, Denmark. 129-136.

PIG PROGRESS (2006):
Pig Progress Vol. 22, No. 5, p. 7.

PIGCAS (2008): An EU Specific Support Action: Attitudes, practices and state of the art regarding piglet castration in Europe; WP3: Evaluation of Research and Other Information on Castration in Pigs.
<http://w3.rennes.inra.fr/pigcas/index.htm>.

PORTER, M.G., S.M. HAWES, und N. WALKER (1989): Method of the determination of indole and skatole in pig fat.

J. of Sci. of food and agriculture, 49, 203-209.

PRUNIER, A., M. MOUNIER, M. HAY (2005): Effects of castration, tooth resection, or tail docking on plasma metabolites and stress hormones in young pigs.

J. Anim. Sci. 83, 216-222.

RATH, D. (2002): Low dose insemination in the sow - a review.

Reprod. Dom. Anim. 37, 201-205.

REED, H.C.B., D.R. MELROSE, R.L.S. PATTERSON (1974): Androgene steroids as an aid to the detection of oestrus in pig artificial insemination.

Br. Vet. J. 130, 61-67.

RHYDMER, L., G. ZAMARATSKAIA, K. ANDERSSON, B. ALGERS, K. LUNDSTRÖM (2003): Aggressive and sexual behaviour of entire male pigs.

EAAP Working Group.

RYDHMER, L., G. ZAMARATSKAIA, H.K. ANDERSSON, B. ALGERS, R. GUILLEMET, K. LUNDSTRÖM (2006): Aggressive and sexual behaviour of growing and finishing pigs reared in groups, without castration.

Acta Agric. Scand. Vol. 56 (11), 109-119.

SAERS, A.S., M. RITZMANN, K. HEINRITZI (2005): Anwendbarkeit und Dosisfindung des Anästhetikum Thiopental für die Narkose des Schweins nach vorhergehender Neuroleptanalgesie.

Tierärztl. Prax. 33 (G), 432-437.

SAFRANSKI, T.J., W.G. ZOLLERS, J.A. CARROLL, R.L. MATTERI, D.C. KENISON, (1999): Feed efficiency, ADG and carcass parameters of pigs implanted with trenbolone acetate and estradiol.

J. Anim. Sci. 77, Suppl. 1, pp. 24, abstract 71.

SCHALLY, A.V., A.J. KASTIN, D.H. COY (1976): LH-releasing hormone and its analogues: recent basic and clinical investigations.

Int. J. Fertil. 21 (1), 1-30:

SCHULZ, C., M. RITZMANN, A. PALZER, K. HEINRITZI, S. ZÖLS (2007): Auswirkungen einer Isofluran-Inhalationsnarkose auf den postoperativen Kastrationsschmerz von Ferkeln.

Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 120, 177-182.

SCHWARZENBERGER, F., G.S. TOOLE, H.L. CHRISTIE, J.I. RAESIDE (1993): Plasma levels of several androgens and estrogens from birth to puberty in male domestic pigs.

Acta Endocrinol. Sci. 128, 173-177.

SHARPE, P.M., N.B. HAYNES, J.P. BUTTERY (1986):

Glucocorticoid status and growth. In: Control and manipulation of animal growth (Buttery P.J., Haynes N.B. Lindsay D.B., eds.) Butterworth, London Boston, Durban Singapore Sydney Toronto Wellington, 207-222.

SINCLAIR, P.A., E.J. SQUIRES, J.I. RAESIDE (2001): Early postnatal plasma concentrations of testicular steroid hormones, pubertal development, and carcass leanness as potential indicators of boar taint in market weight intact male pigs. *J. Anim. Sci.* 79(7), 1868-1876.

SINCLAIR, P.A. und E.J. SQUIRES (2005): Testicular sulfoconjugation of the 16-androstene steroids by hydroxysteroid sulfotransferase: its effect on the concentrations of 5 α - androstenone in plasma and fat of the mature domestic boar. *J Anim. Sci.* 83, 358-365.

SINCLAIR, P.A., S. HANCOCK, W.J. GILMORE, E.L. SQUIRES (2005): Metabolism of the 16-androstene steroids in primary cultured porcine hepatocytes. *J. Steroid Biochem. and Molecular Biolog.* 96, 79-87.

SPINELLI, S., F. VINCENT, P. PELOSI, M. TEGONI, C. CABBILLAU (2002): Boar salivary lipocalin. Three-dimensional X-ray structure and androstenol/androstenone docking stimulations. *European J. Biochem.* 269 (10), 2449-2456.

SQUIRES, E.J., O. ADEOLA, L.G. YOUNG, P.R. HACKER (1993): The role of growth hormones, β -adrenergic agents and intact males in pork production: A review. *Can. J. Anim. Sci.* 73, 1-23.

SQUIRES, E.J. und K. LUNDSTRÖM (1997): Relationship between cytochrome P45011E1 in liver and levels of skatole and its metabolites in intact male pigs. *J. Anim. Sci.* 75, 2506-2511.

SQUIRES, E.J. (2006): Possibilities for selection against boar taint. *Acta Vet. Scand.* 48, (Suppl 1) 1-8.

STAMER, S., K. NÜRNBERG, W. KANIZT, E. KALM (1993): Vergleichende Untersuchung zur Mast von Ebern und Kastraten. *Züchtungskunde* 62, 131-137.

STEENBLOCK, I. (2002): Untersuchungen zur Betäubung von Kastrationsferkeln mit Kohlendioxid und Kohlendioxid/Argon und zur postoperativen Belastung. *Vet. med. Diss. Bern.*

SUSTER, D., B.J. LEURY, D.J. KERTON, M.R. BORG, K.L. BUTLER, F.R. DUNSHEA (2006): Longitudinal DXA measurements demonstrate lifetime differences in lean and fat tissue depositions between boars and borrow under individual and group-penned systems. *Australian J. of Agric. Research* 57(9), 1009-1015.

SVENDSEN, O. (2006): Castration of Piglets under CO₂ anaesthesia.
Porc. 19th IPVS Congress Copenhagen, Denmark, Vol. 1, 290.

TOMULA, M. (2000): New methods for the measurement of androstenone and skatole-compounds associated with boar taint problem.
Diss. Turun Yliopisto, Turku.

TURKSTRA, J.A., X.Y. ZENG, J.T.M. VAN DIEPEN, A.W. JONGBLOED, H.B. OONK, D.F.M. VAN WIEL, R.H. MELOEN (2002): Performance of male pigs immunised against GnRH is related to the time of onset of biological response.
J. Anim. Sci. 80, 2953-2959.

VALHUN, S. (1993): Rearing of boars in Denmark.
Fleischwirtschaft. 73, 445-448.

VELARDE, A., M. GISPERT, M.A. OLIVER, J. SOLER, J. TIBAU, E. FÁBREGA (2007): The effect of immunocastration on the behaviour of pigs.
41st International Congress of the ISAE, Merida, Mexico. 117.

VETPHARM (2009): Institut für Veterinärpharmologie und Toxikologie der Universität Zürich.
www.vetpharm.uzh.ch/reloader.html

VIGER, R.S., D.W. SILVERSIDES, J.J. TREMBLAY (2005): New insights into the regulation of Mammalian sex determination and male sex differentiation.
Vitamins and Hormons. 70, 387-413.

VOLD, E. (1970): Fleischproduktionseigenschaften bei Ebern und Kastraten IV: Organoleptische und gaschromatografische Untersuchungen wasserdampfvlüchtiger Stoffe des Rückenspeckes von Ebern.
Meldinger Nordlandbrukshøgskole. 49, 1-25.

WALDMANN, K.H., K. OTTO, W. BOLLWAHN (1994): Ferkelkastration–Schmerzempfindung und Schmerzausschaltung.
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 101, 105-109.

WALDMANN, K.H. und M. WENDT (2004): In: Lehrbuch der Schweinekrankheiten
Parey Verlag in MVS Medizinverlage Stuttgart GmbH&Co.KG.
4. Auflage Kap. 11.3 S. 243-244.

WALKER, B., N. JÄGGIN, M. DOHERR, U. SCHATZMANN (2004): Inhalation anaesthesia for castration of newborn piglets: Experiences with Isoflurane and Isoflurane/NO.
J. Vet. Med. A 51, 150-154.

WALSTRA, P. (1974): Fattening of young boars: quantification of negative and positive aspects.
Livest. Prod. Sci. 1, 187-196.

WALSTRA, P. und A.W. VERMEER (1993): Aspects of micro and macro economics in the production of young boars.

44th annual meeting of the EAAP, Aarhus, Denmark, Proc. 2.2, 325.

WALSTRA, P., C. CLAUDI-MAGNUSSEN, P. CHEVILLON, G. VON SETH, A. DIESTRE, K.R. MATTHEWS, D.B. HOMER, M. BONNEAU (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.

WANG, J.F., Y.H. ZHU, D.F. LI, M. WANG, B.B. JENSEN, (2004): Effect of type and level of dietary fibre and starch on ileal and faecal microbial activity and short-chain fatty acid concentrations in growing pigs. Anim. Sci. 78, 109-117.

WEILER, U., M. DENHARD, E. HERBERT, R. CLAUS (1995): Einfluss von Geschlecht, Genotyp und Mastendgewicht auf die Androstenon- und Skatolkonzentrationen im Fett von Mastschweinen. In: Die Ebermast. Schriftreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Heft 499, 14-32.

WEILER, U., K. FISCHER, H. KEMMER, A. DOBROWOLSKI, R. CLAUS (1997): Influence of androstenone sensitivity on consumer reactions to boar meat. M.Bonneau, K.Lundström and B.Malmfors (Eds.), Boar taint in entire male pigs, EAAP Publication no. 92, Wageningen Pers. p. 147-151.

WEILER, U., M. FONT I FURNOLS, K. FISCHER, H. KEMMER, M.A. OLIVER, M. GISPERT, A. DOBROWOLSKI, R. CLAUS (2000): Influence of differences in sensitivity of Spanish and German consumers to perceive androstenone on the acceptance of boar meat differing in skatole and androstenone concentrations. Meat Sci. 54, 297-304.

WENGER, S., N. JÄGGIN, M. DOHERR, U. SCHATZMANN (2002): Die Halothananästhesie zur Kastration des Saugferkels: Machbarkeitsstudie und Kosten-Nutzen-Analyse. Tierärztl. Prax. 30 (G), 164-170.

WHITE, R.G., J.A. DESHAZER, C.J. TRESSLER, G.M. BORCHER, S. DAVEY, A. WANINGE, A.M. PARKHURST, M.J. MILANUK, E.T. CLEMENS (1995): Vokalisation and physiological response of pigs during castration with or without a local anaesthetic. J. Anim. Sci. 73 (2), 381-386.

WILLEKE, H., R. CLAUS, E. MÜLLER, F. PIRCHNER, H. KARG (1987): Selection for high and low level of 5 α -androst- 16-en-3-one in boars. I. direct and correlated response of endocrinological traits. J. Anim. Breeding and Genetics, 104: 64-73.

WITT, M. und J. SCHRÖDER (1969): Verlauf der Mastleistungen bei Ebern, Börgen und Sauen im Mastabschnitt von 40-110 kg Lebendgewicht. Fleischwirtschaft. 49, 353-356.

WOOD, J.D. (1984): Fat quality in pig meat in UK. In: Fat quality in lean pigs. Meat Research Institute Special Report No. 2, 9-14.

WOOD, J.D., P.J. BUXTON, F.M. WHITTINGTON, M. ENSER (1986): The chemical composition of fat tissues in pig: Effects of castration and feeding treatments. Livest. Prod. Sci. 15, 73-82.

WYSOCKI, C.J. und G.K. BEAUCHAMP (1984): Ability to smell androstenone is genetically determinant. Proc. Natl. Acad. Sci. 81 (15), 4899-4902.

WYSOCKI, C.J., K.M. DORRIES, G.K. BEAUCHAMP (1989): Ability to perceive androstenon can be acquired by ostensibly anosmic people. Proc. Natl. Acad. Sci. 86 (20), 7976-7978.

XUE, J.L., G.D. DAIL, S. BARTSH, B. KERKAERT, E.J. SQUIRES, W.E. MARSH, G. FERRE (1994): Influence of a gonadotropin-releasing hormone agonist on circulating concentrations of luteinizing hormone and testosterone and tissue concentrations of compounds associated with boar taint. J. Anim. Sci. 72, 1290-1298.

XUE, J.L., G.D. DIAL, J.E. PETTIGREW (1997): Performance, carcass and meat quality advantages of boars over castrates: A literature review. Swine Health and Production. 5, 21-28.

ZAMARATSKAIA, G., J. BABOL, H.K. ANDERSSON, K. ANDERSSON, K. LUNDSTRÖM (2005a): Effect of live weight and dietary supplement of raw potato starch on the levels of skatole, androstenone, testosterone and oestrone sulphate in entire male pigs. Livest. Prod. Sci. 93, 235-243.

ZAMARATSKAIA, G., L. RYDHMER, G. CHEN, H.K. ANDERSSON, K. LUNDSTRÖM (2005b): Boar taint is related to endocrine and anatomical changes at puberty but not to aggressive behaviour in entire males. Reprod. Dom. Anim. 40, 500-506.

ZAMARATSKAIA, G., L. RYDHMER, H.K. ANDERSSON, G. CHEN, S. LOWAGIE, K. ANDERSSON, K. LUNDSTRÖM (2007): Long-term effect of vaccination against gonadotropin-releasing hormone, using Improvac[®], on hormonal profile and behaviour of male pigs. Anim. Reprod. Sci. 108, 37-48.

ZAMARATSKAIA, G., H.K. ANDERSSON, G. CHEN, K. ANDERSSON, A. MADEJ, K. LUNDSTRÖM (2008): Effect of a gonadotropin-releasing hormone vaccine (Improvac[®]) on steroid hormones, boar taint and performance in entire male pigs. Repr. Dom. Anim. 43, 351-359.

ZANKL, A., M. RITZMANN, S. ZÖLS, K. HEINRITZI (2007): Untersuchungen zur Wirksamkeit von Lokalanästhetika bei der Kastration von männlichen Saugferkeln. Dtsch. Tierärztl. Wschr. 114, 418-422.

ZENG, X.Y., J.A. TURKSTRA, D.F.M. VAN DE WIEL, D.Z. GUO, X.Y. LIU, R.H. MELOEN, W.M.M. SCHAAPER, F.Q. CHEN, H.B. OONK, X. ZHANG (2001): Active immunisation against gonadotropin-releasing hormone in Chinese male pigs. *Reprod. Dom. Anim.* 36(2) 101-105.

ZENG, X.Y., J.A. TURKSTRA, R.H. MELOEN, X.Y. LIU, F.Q. CHEN, W.M.M. SCHAAPER, H.B. OONK, D.Z. GUO, D.F.M. VAN DE WIEL (2002): Active immunization against gonadotrophin-releasing hormone in Chinese male pigs: effects of dose on antibody titer, hormone levels and sexual development. *Anim. Reproduct. Sci.* 70, 223-233.

ZÖLS, S. (2006): Möglichkeiten zur Schmerzreduzierung bei der Kastration männlicher Saugferkel. *Vet. Med. Diss. München.*

ZÖLS, S., M. RITZMANN, K. HEINRITZI (2006): Einsatz einer Lokalanästhesie bei der Kastration von Ferkeln. *Tierärztl. Prax.* 34(G), 103-106.

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER:

<http://www.landwirtschaftskammer.de/fachangebot/technik/haltungsverfahren/optisort.htm>

Danksagung

Mein großer Dank geht an Herrn Prof. Dr. Karl Heinritzi, welcher mir dieses sehr interessante und aktuelle Thema überlassen hat. Für die freundliche Aufnahme in der Klinik, Unterstützung, Betreuung und Hilfe bei der Anfertigung dieser Arbeit möchte ich mich erneut herzlich bedanken. Meinen persönlichsten Dank an Herrn Prof. Heinritzi möchte ich für die hervorragende Ausbildung während der Studenten- und Promotionszeit auf dem Gebiet der Schweinemedizin widmen.

Herrn Dr. Andreas Palzer danke ich sehr für die intensive Beratung und Organisation während des Versuches. Sehr zu Dank verpflichtet bin ich Herrn Dr. Palzer auch wegen der enormen Hilfe bei der Erstellung der Statistik, welche er und Frau Dr. Zöls in exzellenter Zusammenarbeit gemeistert haben.

Einen lieben Dank möchte ich an Frau Dr. Susanne Zöls richten. Ohne deren Hilfe in der Textformatierung, bei dem Ergebnisteil, den Diagrammen und den stets hilfreichen Kommentaren am Rande nach dem Korrekturlesen, ich diese Arbeit in dieser Weise und Zeit nicht fertig hätte stellen können.

In gleicher Weise geht mein Dank an Dr. Sabine Elicker, welche von Versuchsbeginn an bei allen Arbeitsschritten tatkräftig mit half und durch ihre Erfahrung und guten Ideen im Wesentlichen dazu beitrug den Versuchsablauf so reibungslos zu bewältigen.

Allen Mitarbeitern der Klinik welche mir bei dem Versuch geholfen haben und welche ich auf Grund der Zusammenarbeit kennen lernen durfte möchte ich mich herzlich bedanken. Ferner gilt mein Dank auch den fleißigen Rotationsstudenten welche ohne Rücksicht auf ihre Gesundheit tatkräftig im Stall und am Schlachthof mitgeholfen haben.

Mein Dank geht auch an Frau Dr. Elisabeth Banholzer, welche diesen Versuch ermöglicht hat. Vielen Dank auch an die Unterstützung und Geduld während des Versuches.

Ein ganz besonderer Dank geht an meine Eltern, welche mich während des Studiums und der Promotionszeit unterstützt haben und somit auf viele Urlaubstage verzichtet haben.

Lebenslauf

Thomas Hügel

Geb. 11.09.1980

In Agnetheln/Rumänien

Eltern Dr. med. vet. Hermann Friedrich Hügel
Inge Hügel, geb. Mangesius

Ausbildung/Beruf

1987.1991 Besuch der Grundschule Dorfen

1991.2000 Besuch des Gymnasiums Dorfen

2001.2003 Tiermedizinstudium bis zum Physikum an der Szent Istvan University in Budapest

2003.2007 Tiermedizinstudium an der Ludwig-Maximilians-Universität München

2/2007 Beendigung des dritten Staatsexamens
Approbation am 14.03. 2007

4/2007 Beginn der Dissertation und wissenschaftliche Hilfskraft an der Klinik für Schweine der LMU München

10/2009 Übernahme der Tierarztpraxis von Dr. Friedrich Hügel