

Aus dem Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der  
Veterinärmedizin der Veterinärmedizinischen Universität Wien

Institut für Lebensmittelsicherheit, Lebensmitteltechnologie und öffentliches  
Gesundheitswesen in der Veterinärmedizin  
(Leiter: Univ.-Prof. Dr.med.vet. Martin Wagner, Dipl.ECVPH)

## Ursachen für schlechten Geruch von Schweinefleisch und Schweinefleischprodukten

Diplomarbeit

Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von

Marie Weinberger

Wien, im März 2023

Betreuerin: Kathrine Bak, PhD.

Institut für Lebensmittelsicherheit, Lebensmitteltechnologie und  
öffentliches Gesundheitswesen in der Veterinärmedizin, Abteilung für  
Hygiene und Technologie von Lebensmitteln

Gutachter: Dr.rer.nat. Priv.-Doz. Hans-Peter Führer

Institut für Parasitologie

## **Danksagung**

Ich möchte mich an dieser Stelle bei allen bedanken, die mich während meines Studiums und des Verfassens meiner Diplomarbeit unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt meiner Betreuerin Frau Kathrine Bak, PhD und Herrn Mag.med.vet. Julian Bleicher für deren Fachexpertise und hilfreichen Anregungen.

Außerdem danke ich meiner Familie und meinem Verlobten, ohne deren Unterstützung ich gar nicht die Möglichkeit gehabt hätte mein Studium zu absolvieren.

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Fragestellung	1
1.1. Schweinefleisch	1
1.1.1. Inhaltsstoffe	3
1.1.2. Geruch und Geschmack	4
1.1.3. Wirtschaftliche Konsequenzen	6
2. Material und Methoden	7
3. Ergebnisse	8
3.1. Ursachen vor der Schlachtung	8
3.1.1. Genetische Prädisposition	8
3.1.2. Geschlecht	9
3.1.3. Haltungsform und Tierhygiene	10
3.1.4. Fütterung	12
3.1.5. Stress	15
3.2. Ursachen nach der Schlachtung	18
3.2.1. Verarbeitung und Behandlung	18
3.2.2. Verpackung und Lagerung	19
4. Diskussion	23
4.1. Conclusio	26
5. Zusammenfassung in deutscher und englischer Sprache	27
5.1. Zusammenfassung	27
5.2. Summary	28
6. Literaturverzeichnis	29
7. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	38
8. Persönliche Korrespondenz	39

## **Abkürzungsverzeichnis**

AMA - AgrarMarkt Austria

DHA - Docosahexaensäure

DSM - DSM Nutritional Products, Belgien

EL - extrudierte Leinsamen

FiBL - Forschungsinstitut für biologischen Landbau Österreich

GHP - Good Hygiene Practice

MAG - DHA-reiche Mikroalgen

PUFA - polyunsaturated fatty acid = mehrfach ungesättigte Fettsäure

SP - Sojabohnen und Palmöl

## **1. Einleitung und Fragestellung**

Unerwünschter Geschmack bzw. Geruch bei Schweinefleisch wird manchmal als sauer, fischig, metallisch oder mit anderen untypischen Aromen, einschließlich Ebergeruch, beschrieben (Jeremiah et al. 1990). Einige dieser Fehlgeschmäcker können auf umweltbedingte Ursachen, wie z. B. Futtermittel, zurückgeführt werden, andere Ursachen könnten genetischer Natur sein, und physiologisch gesehen sind sie oft das Ergebnis eines pH-Wert-Abfalls (Glenn et al. 2007). In dieser Literaturrecherche werden die verschiedenen Ursachen für schlechten Geruch in Schweinefleisch und Schweinefleischprodukten zusammengefasst und anhand eines Überblicks aufgezeigt.

### **1.1. Schweinefleisch**

Zu den sensorischen Merkmalen von Fleisch gehören sein visuelles Erscheinungsbild und die Wahrnehmung von Textur und Geschmack im Mund, sowie dessen Geruch (Watanabe et al. 2019). Diese Eigenschaften beeinflussen die Fleischpräferenzen der VerbraucherInnen, ihre Akzeptanz und folglich auch ihre Kaufabsicht und Zahlungsbereitschaft (Font-i-Furnols und Guerrero 2014). Zum Beispiel beeinflussen Zartheit und Saftigkeit im Allgemeinen die meisten Verbraucherpräferenzen für Schweinefleisch (Aaslyng et al. 2007, Bryhni et al. 2003). Darüber hinaus verringert sich die Akzeptanz von frischem Schweinefleisch oder Schweinefleischprodukten, wenn Ebergeruch oder allgemein schlechter Geruch wahrgenommen wird (Bañón et al. 2003, Diestre et al. 1990, Font-i-Furnols et al. 2008). Zudem wird berichtet, dass der Geschmack ein wichtiger Faktor ist, der die Verbraucherezufriedenheit mit frischem Schweinefleisch und Schweinefleischprodukten beeinflusst (Resano et al. 2011).

Laut Statistik Austria sank die Anzahl der Schweine in Österreich im Zeitraum von 2020 bis 2021 um 0,7 % bzw. 20.900 Tiere auf insgesamt 2,79 Millionen. Bestandsrückstände waren sowohl bei Zuchtschweinen (-1,1 % auf 228.000 Tiere) als auch bei Ferkeln und Jungschweinen (-1,5 % auf 1,38 Millionen) zu verzeichnen. Eine geringfügige Zunahme gab es hingegen bei der Anzahl der Mastschweine (+0,2 % auf 1,17 Millionen) (Tab. 1).

Tabelle 1 – Vergleich Schweinebestand 2020/2021 (Statistik Austria)

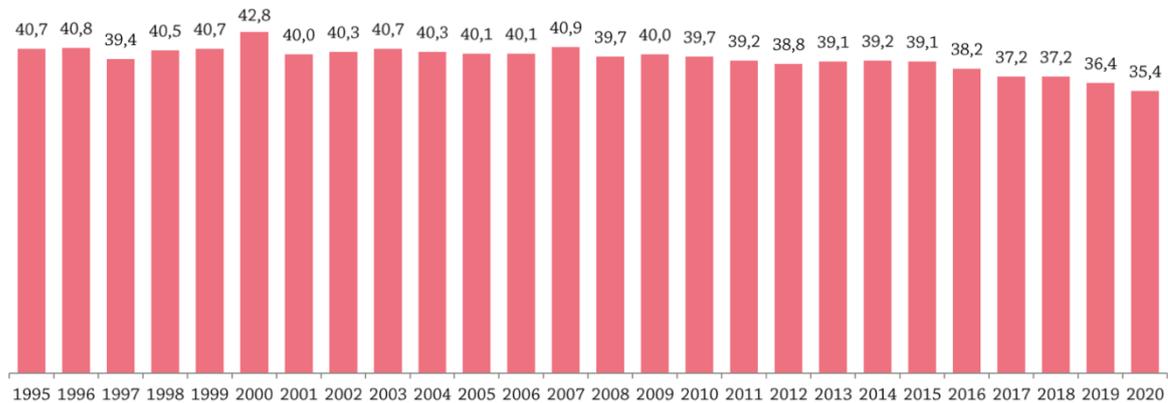
Kategorien	01.12.2020	01.12.2021	Veränderung in %
<b>Schweinebestand insgesamt</b>	2.806.461	<b>2.785.587</b>	-0,7
Ferkel und Jungschweine unter 50 kg Lebendgewicht	1.404.047	<b>1.383.058</b>	-1,5
Mastschweine, 50 kg Lebendgewicht und darüber	1.171.833	<b>1.174.531</b>	+0,2
Zuchtschweine, 50 kg Lebendgewicht und darüber	230.581	<b>227.998</b>	-1,1
<b>Schafbestand insgesamt</b>	393.764	<b>402.345</b>	+2,2
<b>Ziegenbestand insgesamt</b>	92.758	<b>100.601</b>	+8,5

Q: STATISTIK AUSTRIA, Allgemeine Viehzählung.

Der Pro-Kopf-Verbrauch von Schweinefleisch in Österreich lag im Jahr 2020 bei 35,4 kg und ist seit 1995 um insgesamt 5,3 kg gesunken (Abb. 1).

## Entwicklung des Pro-Kopf-Verbrauches von Schweinefleisch in Österreich

(in kg, nur menschlicher Verzehr)



Quelle: Statistik Austria / AMA-Marketing



Abbildung 1 – Entwicklung des Pro-Kopf-Verbrauches von Schweinefleisch in Österreich (Statistik Austria – AgrarMarkt Austria-Marketing)

Wenn man den Fleischkonsum der österreichischen Bevölkerung näher betrachtet, wird deutlich, dass Schweinefleisch rund 50 % des insgesamt verbrauchten Fleisches in kg pro Kopf pro Jahr ausmacht (Tab. 2).

Tabelle 2 – Versorgungsbilanz für Fleisch nach Arten 2020 (Statistik Austria)

**Versorgungsbilanz für Fleisch nach Arten 2020**  
**Schlachtgewicht in Tonnen**

Bilanzposten	Rind und Kalb	Schwein	Schaf und Ziege	Pferd	Innereien	Geflügel	Sonstiges	Insgesamt
<b>Bruttoeigenerzeugung</b>	<b>209.219</b>	<b>474.837</b>	<b>7.323</b>	<b>149</b>	<b>66.689</b>	<b>143.948</b>	<b>7.815</b>	<b>909.981</b>
Einfuhr lebender Tiere	21.519	30.278	70	18	6.483	24.326	-	82.694
Ausfuhr lebender Tiere	14.554	676	289	77	2.464	3.165	-	21.226
<b>Nettoerzeugung</b>	<b>216.184</b>	<b>504.439</b>	<b>7.103</b>	<b>90</b>	<b>70.709</b>	<b>165.109</b>	<b>7.815</b>	<b>971.448</b>
Anfangsbestand	-	-	-	-	-	-	-	-
Endbestand	-	-	-	-	-	-	-	-
Einfuhr	56.036	159.910	2.479	260	11.242	102.911	3.182	336.019
Ausfuhr	127.656	216.599	52	0	71.583	81.052	1.648	498.590
<b>Inlandsverbrauch</b>	<b>144.564</b>	<b>447.750</b>	<b>9.530</b>	<b>350</b>	<b>10.367</b>	<b>186.968</b>	<b>9.348</b>	<b>808.877</b>
Pro Kopf in kg	16,2	50,3	1,1	0,0	1,2	21,0	1,0	90,8
<b>Selbstversorgungsgrad in %</b>	<b>145</b>	<b>106</b>	<b>77</b>	<b>43</b>	<b>643</b>	<b>77</b>	<b>84</b>	<b>112</b>
Menschlicher Verzehr	96.858	315.664	6.338	259	2.696	111.246	6.310	539.369
Pro Kopf in kg	10,9	35,4	0,7	0,0	0,3	12,5	0,7	60,5

### 1.1.1. Inhaltsstoffe

Generell ist Fleisch eine wichtige Quelle für verschiedene Nährstoffe. Es ist besonders reich an Eiweiß mit hohem biologischem Wert sowie an Mikronährstoffen wie Eisen, Selen, Zink und Vitamin B12 (Biesalski 2005). Tab. 3 stellt eine vergleichende Übersicht über die Inhaltsstoffe diverser Fleischsorten dar. 100 g Schweinefleisch enthält abhängig davon, ob es sich um Lende, Kotelett oder Keule handelt 17,3-22,2 g Protein, 4,7-31,8 g Fett, 1,6-10,9 g gesättigte Fettsäuren, 1 µg Vitamin B12, 53-86 mg Natrium, 167-221 mg Phosphor, 0,6-1,3 mg Eisen und 1,6-2,7 mg Zink (Pereira und Vicente 2012).

Tabelle 3 – Vergleichende Übersicht über die Inhaltsstoffe in Fleisch (adaptiert nach Pereira und Vicente 2012)

Fleischstück (roh)	Energiewert (kcal)	Protein (g)	Fett (g)	Gesättigtes Fett (g)	Vitamin B12 (µg)	Na (mg)	P (mg)	Fe (mg)	Zn (mg)
Schweinelende	131	22,2	4,7	1,6	1	53	221	0,6	1,6
Schweinekotelett	355	17,3	31,8	10,9	1	61	189	1,3	1,7
Schweinekeule	152	21	7,5	2,6	1	86	167	0,7	2,7

Schweinefleisch wird allgemein als ein Lebensmittel mit relevanten ernährungsphysiologischen Eigenschaften anerkannt, da es einen hohen Gehalt an Proteinen mit hohem biologischem Wert aufweist und reich an essenziellen Aminosäuren, Vitaminen der Gruppe B, Mineralien, insbesondere Häm-Eisen, Spurenelementen und anderen bioaktiven Verbindungen ist (Kauffman 2001). Schweinefleisch trägt aber auch zur Aufnahme von Fett, gesättigten Fettsäuren, Cholesterin und anderen Stoffen bei, die in unangemessenen Mengen zu negativen physiologischen Auswirkungen führen können (Toldrá und Reig 2011).

### **1.1.2. Geruch und Geschmack**

Der Fleischgeruch und -geschmack ist eine komplexe Kombination einer großen Anzahl verschiedener Geruchs- und Geschmacksnoten, die zusammen das Fleischaroma erzeugen. Hierbei gibt es einen nichtflüchtigen Teil, der im Mund wahrgenommen wird und einen flüchtigen Teil, der über die retronasalen Bahnen zum Geruchsepithel in der Nase gelangt. Obwohl die Grundlage für das Fleischaroma in der ersten Produktionsphase durch die Wahl der Rasse und des Futters geschaffen wird, haben auch die Behandlung des lebenden Tieres am Tag der Schlachtung und infolgedessen auch die Behandlung des Schlachtkörpers nach der Schlachtung einen Einfluss darauf. Einige Aromastoffe können als „akzeptables Aroma“ angesehen werden, wie z.B. das Aroma von gebratenem Fleisch, das durch die Maillard-Reaktion zwischen Aminosäuren und Kohlenhydraten und durch den Abbau von Lipiden entsteht. Andere können als „nicht akzeptables Aroma“ betrachtet werden, wie z.B. der Ebergeruch (Aaslyng und Meinert 2017).

Es ist zu beachten, dass allgemein in der Bevölkerung, aber auch in wissenschaftlichen Publikationen unangenehmer Geruch von Schweinefleisch oft mit dem typischen Ebergeruch gleichgesetzt wird, wodurch sich eine genaue Differenzierung für diese Literaturrecherche als problematisch erweist.

Der sensorische Ebergeruch hat nach weit verbreiteten Berichten einen ausgeprägten und unangenehmen Charakter, der Abstoßung und Ablehnung hervorruft, wenn er durch eine Kombination von Geruch, Aroma und Geschmack in Schweinefleisch und Schweinefleischprodukten beim Kochen und Essen wahrgenommen wird (Gunn et al. 2004). Es wurde beschrieben, dass es aus sensorischen Schlüsselmerkmalen besteht, die an „männliches Schwein“, „Tier“, „Urin“, „Fäkalien“ und/oder „Schweiß“ erinnern, die weitgehend

kausal für die negative Reaktion in Bezug auf die menschliche sensorische Wahrnehmung sind (Dijksterhuis et al. 2000). Die Empfindlichkeit der VerbraucherInnen kann variieren, wobei einige KonsumentInnen den Geruch nicht wahrnehmen können (Weiler et al. 2000).

Die wichtigsten Verbindungen, die für den Ebergeruch verantwortlich gemacht werden, sind Androstenon, Skatol und Indol (Duarte et al. 2021).

Androstenon (5 $\alpha$ -Androst-16-en-3-on) ist ein Steroid, das in den Leydig-Zellen der Hoden gebildet und dessen Synthese durch das luteinisierende Hormon (LH) reguliert wird. Diese Verbindung wird normalerweise in der Leber und den Hoden abgebaut und über den Urin ausgeschieden. Das nicht abgebaute Androstenon wird im Fettgewebe abgelagert (Robic et al. 2008). Androstenon fungiert als Steroidpheromon und wird von männlichen Tieren unter anderem über den Speichel in die Luft freigesetzt, um der Sau Paarungsbereitschaft zu signalisieren und die Rausche auszulösen (Weiler und Wesoly 2012). Skatol (3-Methylindol) ist ein Produkt des Tryptophanabbaus durch Bakterien im Dickdarm, und seine Funktion bei Schweinen bleibt unbekannt. Ebenso wie Androstenon reichert sich das verbleibende, nicht abgebaute Skatol im Fettgewebe an (Andresen 2006). Skatol scheint stärker als Androstenon zur Geruchswahrnehmung beizutragen, während beide in ähnlicher Weise zum Geschmack beitragen (Matthews et al. 2000, Whittington et al. 2011). Bei nicht kastrierten Männchen steigt der Skatolgehalt im Fettgewebe während der Pubertät tendenziell an (Babol et al. 2004, Zamaratskaia et al. 2004b), dies könnte auf den Anstieg der Steroidhormone zurückzuführen sein (Doran et al. 2002, Zamaratskaia et al. 2004a).

Wie Skatol wird auch Indol (2,3-Benzopyrol) im Darm aus dem Abbau von Tryptophan gebildet. Indol scheint den durch Skatol hervorgerufenen Kotgeruch zu verstärken, ist aber nicht als hauptverantwortliche Komponente für diesen Fehlgeruch zu sehen (Duarte et al. 2021).

Es wurden noch andere Substanzen identifiziert, die zum Fehlgeruch im Fleisch beitragen, wie Aldehyde, kurzkettige Fettsäuren (Rius et al. 2005) und 4-Phenyl-3-buten-2-on (Rius Solé und García-Regueiro 2001). Diese beeinflussen ebenfalls die Intensität des Geruchs, sind aber nicht die Verursacher (Duarte et al. 2021).

Der unangenehme Geruch von Schweinefleisch, im Englischen „piggy flavor/aroma“, darf nicht mit dem typischen Ebergeruch verwechselt werden. Dieser schweinische Geruch wird mit dem Geruch bzw. Geschmack von geschmolzenem Schweinefett verglichen (Meinert et al. 2009). Zur Klärung dieser Umstände ist weitere Forschung notwendig.

### 1.1.3. Wirtschaftliche Konsequenzen

Um die Prävalenz des schweinischen Fehlgeruchs im verkauften Schweinefleisch abschätzen zu können, wurde mit AgrarMarkt Austria (AMA, 2022) und Spar/TANN (2022) Rücksprache gehalten. Laut AMA sind rund 1-3 %, laut Spar/TANN ca. 50-60 % des verkauften Schweinefleisches betroffen. Eine mögliche Ursache für derartige unterschiedliche Werte ist unter anderem die persönliche Sensibilität der Personen, es handelt sich dabei um eine rein subjektive Bewertung ohne konkrete Daten. Zudem wird nicht unterschieden, um welchen Grad des Fehlgeruchs es sich handelt.

Leider liegen für die Akzeptanz bzw. Ablehnung der KonsumentInnen von Schweinefleisch mit Ebergeruch keine konkreten Daten vor. Laut dem Forschungsinstitut für biologischen Landbau Österreich (FiBL, 2023) geht jedoch aus einem Projekt zu Schweinefleisch aus der Ebermast hervor, dass es auch hier auf die individuelle Sensibilität der Person ankommt (Rudolph und Geßl 2011).

Laut Keenan (2016) reagieren 75 % der VerbraucherInnen empfindlich auf Ebergeruch, wobei Frauen und bestimmte ethnische Gruppen empfindlicher sind als Männer.

Laut Weiler und Wesoly (2012) kann Androstenon von etwa 30% der VerbraucherInnen nicht wahrgenommen werden, etwa ebenso viele VerbraucherInnen sind wiederum hochsensitiv. Skatol wird im Gegensatz dazu von beinahe allen VerbraucherInnen empfindlich wahrgenommen.

Da die KonsumentInnen angenehm riechendes Schweinefleisch unangenehm riechendem vorziehen, liegt es also nahe, die Ursachen für schlechten Geruch in Schweinefleisch und Schweinefleischprodukten zu eruieren. Die Identifizierung und Verbesserung dieser Ursachen würde sich möglicherweise positiv auf die Lebensmittelverschwendung, den Tierschutz und die wirtschaftliche Effizienz auswirken, was einen potenziellen finanziellen Gewinn zur Folge hätte.

## **2. Material und Methoden**

Im Zuge dieser Literaturarbeit wurde zu den bearbeiteten Themen online recherchiert und es konnten einige relevante Erkenntnisse zusammengetragen werden. Als Suchmaschine wurde die Seite PubMed verwendet. Das Hauptaugenmerk lag bei der Suche auf Artikel, die im Zusammenhang mit folgenden Stichwörtern zu finden sind: „pork“, „meat“, „odor“, „odour“, „off-odor“, „off-odour“, „quality“, „boar taint“, „piggy odor“, „piggy odour“, „piggy flavor“, „piggy flavour“. Die genannten Begriffe wurden in verschiedensten Kombinationen verwendet. Im Laufe der Recherche hat sich bemerkbar gemacht, dass es zu einigen Themen, so leider auch zu dem direkt untersuchten Problem des „schweinischen“ Geruchs weniger Informationen zu finden gibt als angenommen. Daraus hat sich ergeben, dass auch das Thema Ebergeruch intensiv in dieser Arbeit behandelt wird.

### **3. Ergebnisse**

#### **3.1. Ursachen vor der Schlachtung**

##### **3.1.1. Genetische Prädisposition**

Die Prävalenz des Ebergeruchs ist bei den verschiedenen Rassen unterschiedlich, was wahrscheinlich auf die unterschiedlichen Selektionsziele zurückzuführen ist, denen jede Rasse in der Vergangenheit unterworfen war. Im Fettgewebe von Duroc-Ebern wurden im Vergleich zu Landrasse-Ebern höhere Androstenonwerte festgestellt (Xue et al. 1996, Tajet et al. 2006, Grindflek et al. 2011). Aluwé et al. (2011) beobachteten bei Large White Ebern höhere Skatol- und Androstenonwerte als bei Pietrainebern. Außerdem wurden in dieser Publikation höhere Werte an Ebergeruch bei Large White im Vergleich zu Pietrain-Schweinen bei der sensorischen Analyse ermittelt.

Neuere Studien zeigen eine Wirkung der Interaktion zwischen dem Darmmikrobiom und dem Wirtsgenom bei anderen komplexen Merkmalen (Camarinha-Silva et al. 2017, Difford et al. 2018, Maltecca et al. 2020). Die Zusammensetzung des Mikrobioms und seine Interaktion mit dem Wirtsgenom könnten dazu beitragen, die Unterschiede zwischen Tieren mit hohem und niedrigem Grad an Ebergeruch aufzuklären.

Insgesamt werden über die Muttertierlinien genetische Eigenschaften an den Nachwuchs weitergeben, die sich stärker auf die Produktion von Ebergeruchskomponenten auswirken und mitunter zu höheren Konzentrationen dieser Stoffe im Fleisch der nachfolgenden Generationen führen als diejenigen, die über die Vaterlinien vererbt werden (Knol et al. 2010, Windig et al. 2012, Mathur et al. 2013). Dies ist wahrscheinlich auf die Korrelation zwischen Ebergeruch und anderen wirtschaftlich wichtigen Merkmalen zurückzuführen. Muttertierlinien werden vor allem auf Reproduktionsmerkmale selektiert, während Vaterlinien hauptsächlich auf Produktionsmerkmale selektiert werden. Da Androstenon zusammen mit anderen Sexualhormonen synthetisiert wird (Grindflek et al. 2011), könnte die Selektion auf Reproduktionsmerkmale die Zunahme des Ebergeruchs in den Muttertierlinien verursacht haben. Diese Information sollte in Zuchtprogrammen berücksichtigt werden, und den Muttertierlinien sollte bei der Erforschung der Herkunft des Ebergeruchs mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden (Marthur et al. 2013).

Eine Schlussfolgerung über den Einfluss von Rassen oder Populationen auf den Ebergeruch ist schwer zu formulieren. Einige Faktoren wie Alter, Lebendgewicht und

Haltungsbedingungen sollten dabei mitberücksichtigt werden, da diese auch einen Einfluss auf den Geruch haben (Duarte et al. 2021).

### **3.1.2. Geschlecht**

Elsbernd et al. (2016) führten einen Versuch zum Einfluss vom Geschlecht der Schweine auf den Geruch und weitere Qualitäten des Schweinefleisches durch. Diese Studie kam zu dem Ergebnis, dass im Fleisch von nicht kastrierten Ebern die höchsten Werte für Ebergeruch gefunden wurden, wobei sich das Fleisch von Jungsauen, chirurgisch kastrierten Männchen und immunologisch kastrierten Männchen nicht voneinander unterschied.

Bei Jungsauen und kastrierten Ebern ist die Wahrscheinlichkeit eines Ebergeruchs im Vergleich zu nicht kastrierten Männchen geringer, da sie keine Hodensteroide und nur sehr wenig oder gar kein Skatol im Fettgewebe aufweisen. Die immunologische Kastration basiert auf dem Anti-GnRF-Verfahren, dadurch werden die Ebergeruchsverbindungen Androstenon und Skatol auf Werte unterhalb der allgemein akzeptierten Schwellenwerte reduziert (Dunshea et al. 2001, Lealiifano et al. 2011). Anti-GnRF ist auch bekannt als Anti-GnRH (Anti-Gonadotropin-Releasing-Hormone). Durch Impfung werden Antikörper gegen das körpereigene GnRH gebildet. GnRH steuert die Ausschüttung von den Hormonen LH (luteinisierendes Hormon) und FSH (follikelstimulierendes Hormon) in der Hypophyse, die beim männlichen Tier wiederum die Produktion von Androgenen anregen. Wenig bis kein GnRH führt zu weniger LH und FSH, was in Folge zu weniger Steroidhormonen führt (Weiler und Wesoly 2012).

Nach der Kombination aller sensorischen Datenmessungen über alle Teilstücke und Methoden hinweg unterscheiden sich die Geschlechter signifikant in Ebergeruch, Schweinefleischgeschmack und Fehlgeschmack. Im direkten Vergleich weist das Fleisch von nicht kastrierten Ebern den höchsten Anteil an Ebergeruch und Fehlgeschmack, sowie den niedrigsten Anteil an Schweinefleischgeschmack auf (Elsbernd et al. 2016).

### 3.1.3. Haltungsform und Tierhygiene

Hansen et al. (2006a) haben einen Versuch durchgeführt, in dem vier unterschiedliche Haltungsformen bzw. Behandlungen miteinander verglichen wurden. Bei Behandlung A handelte es sich um konventionell gehaltene dänische Schweine, die mit 100 % Kraffutter nach dänischen Empfehlungen ad libitum gefüttert wurden und die keinen Zugang zu Raufutter und Auslauf hatten. Diese Haltungsform wurde mit drei verschiedenen Bio-Schweineproduktionssystemen mit Zugang zum Auslauf verglichen.

Die Schweine der restlichen Behandlungen wurden wie folgt gefüttert: Tiere mit Behandlung B erhielten 100 % ökologisches Kraffutter nach dänischen Empfehlungen ad libitum ohne Raufutter, Schweine mit Behandlung C 70 % Bio-Kraffutter nach dänischen Empfehlungen, jedoch restriktiv, zusätzlich Bio-Gersten-/Erbsensilage ad libitum und Tiere mit Behandlung D 70 % Bio-Kraffutter nach dänischen Empfehlungen, ebenfalls portioniert und zusätzlich Bio-Kleeegrassilage ad libitum.

Tabelle 4 – Bewertung der sensorischen Eigenschaften von Schweinefleisch aus den verschiedenen Haltungssystemen von 20 mm dicken Musculus longissimus dorsi, die bis zu einer Kerntemperatur von 65 °C gegart wurden (adaptiert nach Hansen et al. 2006a) Intensitätsskala von 0 - 15 (0 = keine Intensität, 15 = höchste Intensität)

Behandlung	A	B	C	D
<b>Kraffutter Typ</b>	Konventionell	Ökologisch	Ökologisch	Ökologisch
<b>Kraffutteranteil</b>	100%	100%	70%	70%
<b>Fleischgeruch</b>	8,0 ± 0,1	7,9 ± 0,1	7,8 ± 0,1	7,8 ± 0,1
<b>Schweinischer Geruch</b>	1,4 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,6 ± 0,1
<b>Saurer Geruch</b>	2,0 ± 0,1	2,1 ± 0,1	2,1 ± 0,1	2,3 ± 0,1
<b>Fleischgeschmack</b>	8,0 ± 0,1	8,1 ± 0,1	7,8 ± 0,1	7,6 ± 0,1
<b>Schweinischer Geschmack</b>	2,8 ± 0,1	2,8 ± 0,1	2,9 ± 0,1	3,0 ± 0,1
<b>Saurer Geschmack</b>	3,0 ± 0,1	3,0 ± 0,1	3,2 ± 0,1	3,2 ± 0,1
<b>Süßer Geschmack</b>	0,4 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,4 ± 0,1

Tab. 4 zeigt, dass Behandlung A zu einem weniger sauren Geruch führte als Behandlung D. Behandlung B führte zu einer signifikant besseren Bewertung des Fleischgeschmacks als die Behandlungen C und D, und Behandlung A führte zu einer signifikant besseren Bewertung des Fleischgeschmacks als Behandlung D. Bei den übrigen Geruchs- und

Geschmacksmerkmalen, so auch beim schweinischen Geruch und Geschmack gab es keine signifikanten Unterschiede.

Der Bodentyp wurde häufig als ein Faktor genannt, der die Fleischqualität beeinflusst (Maw et al. 2011). Bei der Untersuchung von Maw et al. (2001) wurden zwei wichtige Erkenntnisse gewonnen: Zum einen gab es deutliche Unterschiede zwischen Schweinen, die in Strohhöfen aufgezogen wurden, und solchen aus anderen Ställen. Weiters wurden auch Unterschiede zwischen Spaltenboden- und Vollbodenhaltung festgestellt. Schweine, die in Strohhöfen aufgezogen wurden, lieferten im Vergleich zu den Schweinen aus den anderen Haltungsformen Speck von besserer Qualität. Der Speck von Schweinen aus Strohbuchten hatte unter anderem einen intensiveren positiven Geschmack als der von Schweinen aus Spalten- und Betonbuchten, wie in Tab. 5 zu sehen ist.

Tabelle 5 – Abgeleitete Mittelwerte für die sensorischen Attribute, für die der Bodentyp einen signifikanten Beitrag leistet (adaptiert nach Maw et al. 2001) (0 = geringste Intensität)

<b>Sensorische Attribute</b>	<b>Strohboden</b>	<b>Betonboden</b>	<b>Teilspaltenboden</b>	<b>Vollspaltenboden</b>
<b>Fettig</b>	3,29	2,87	3,66	3,05
<b>Fischig</b>	0,91	0,90	1,23	0,75
<b>Gebrautes Fleisch</b>	3,08	1,83	2,03	1,91
<b>Ebergeruch</b>	0,58	1,55	0,18	-

In den Betrieben, die im Rahmen der Studie von Maw et al. (2001) besucht wurden, wurde ein Unterschied zwischen den Ebergeruchswerten von Schweinen in Beton-, Stroh- und Spaltenbodenhaltung festgestellt. Auf Betonböden waren die Schweine am stärksten, auf Spaltenböden am schwächsten belastet. Die Anhäufung von Kot und Urin ist auf festen Betonböden am wahrscheinlichsten und auf Spaltenböden am unwahrscheinlichsten. Diese Studie stimmt mit den Schlussfolgerungen von Hansen et al. (1994, 1995) überein und bestätigt die Bedeutung der Unterbringung für das Auftreten von Ebergeruch und schlechtem Geruch in Schweinefleisch.

Hansen et al. (1994, 1995) haben gezeigt, dass die Besatzdichte, die Temperatur und die Sauberkeit der Schweine einen Einfluss auf das Auftreten von Ebergeruch bei Schweinen haben können. Die Sauberkeit der Schweine erwies sich als wichtig, denn sind die Schweine gezwungen, in ihren eigenen Fäkalien zu liegen, können Skatol und Indol aus den Ausscheidungen über die Haut und die Atemwege aufgenommen werden, wodurch es zu

einem Anstieg dieser Substanzen im Fleisch der Tiere und somit zum schlechten Geruch vom Fleisch kommt. Eine geringere Besatzdichte, Tierhygiene und eine bessere Luftqualität verringern laut Hansen et al. (1994, 1995) das Risiko von schlechtem Geruch und Geschmack von Schweinefleisch und Schweinefleischprodukten.

Für die Feststellung, dass Schadstoffe in der Luft wie Staub und Ammoniak zusammen mit Umweltfaktoren wie Fläche und Luftraum die Fleischqualität beeinflussen, gibt es derzeit keine allgemein akzeptierte physiologische Erklärung. Es ist auf den ersten Blick schwer vorstellbar, wie Staub den Geschmack und Geruch von Fleisch direkt beeinflussen könnte. Staub kann jedoch ein geeigneter Ort für die Ansiedlung von Bakterien und Endotoxinen sein (Hartung 1989) und stellt somit für das Tier eine immunologische Herausforderung dar. Ebenso ist Ammoniak als Reizstoff bekannt. Staub kann zudem die Atemwege schädigen und histopathologische Veränderungen hervorrufen (Doig und Willoughby 1971) und somit das Wachstum von Schweinen beeinflussen (Carpenter 1982). Es ist daher möglich, dass Staub und Ammoniak sich als indirekte Faktoren manifestieren, die entweder die Wachstumsrate verändern oder in den physiologischen Bahnen wirken, indem sie die immunologische Herausforderung erhöhen, was wiederum Auswirkungen auf die Fleischqualität hat.

#### **3.1.4. Fütterung**

In diversen Studien wurde der Zusammenhang von der Fütterung bzw. der Futterzusammensetzung mit schlechtem Geruch in Schweinefleisch untersucht. Der Gehalt an pathogenen Bakterien (Okrouhlá et al. 2020), unter anderem *Clostridium perfringens* (Vhile et al. 2012), einer Gattung, die als Skatolproduzent bekannt ist, wurde bei nicht kastrierten männlichen Tieren, die mit Topinambur, einer fermentierbaren Faserquelle, gefüttert wurden, verringert, was zu einem Rückgang der Skatolwerte im Hinterdarm und im Fettgewebe führte. Eine weitere fermentierbare Faserquelle, Chicorée-Wurzel, zeigte eine skatolsenkende Wirkung (Li et al. 2019).

De Tonnac und Mouro (2018) haben Schweine mit einem von fünf Versuchsfuttern gefüttert, darunter ein Kontrollfutter mit Sojabohnen und Palmöl (SP). Andere Versuchsfuttermittel enthielten 100 % geschälte und extrudierte Leinsamen (EL-; TRADILIN®, Valorex, Combourtillé, Frankreich) oder eine Mischung aus 75 % geschälten und extrudierten Leinsamen und 25 % Docosahexaensäure (DHA)-reichen Mikroalgen (3EL-/MAG) oder eine Mischung aus 50 % geschälten und extrudierten Leinsamen und 50 % Mikroalgen (EL-/MAG).

Das fünfte Futter enthielt nur DHA-reiche Mikroalgen (MAG; DHA Gold®, Schizochytrium sp., DSM, Belgien) als Quelle für Nahrungsfette.

Dabei hat sich herausgestellt, dass die Fütterung keinen Einfluss auf die sensorische Qualität des Fleisches hatte, mit Ausnahme des Geruchs der Lende von Schweinen, die mit MAG gefüttert wurden, der signifikant stärker ausgeprägt war als der Geruch der Lende von Schweinen, die mit SP, EL- und EL-/MAG gefüttert wurden.

Hansen et al. (2008) untersuchten die Wirkung der Fütterungsarten bzw. der Fütterungstage vor der Schlachtung in Bezug auf die Senkung des sensorisch bewerteten Ebergeruchs und kamen zu dem Schluss, dass diese bei den beiden Geschlechtern unterschiedlich war.

Drei verschiedene Fütterungsarten wurden hierbei gegenübergestellt: Das Kontrollfutter bestand aus 100 % organischem Kraftfutter. Für die Chicorée-orientierte Fütterung wurde zusätzlich zum organischen Kraftfutter eine inulinreiche Chicoréesorte im Ausmaß von 10-13,3 % zugefügt. Die Lupinenfütterung bestand zu 75 % aus Kraftfutter und zu 25 % aus Lupinen. Die 14-tägige Fütterung war bei den männlichen Schweinen von größter Bedeutung, während die Fütterung mit Lupine den größten Einfluss auf die weiblichen Schweine hatte. Speziell bei den männlichen Schweinen reduzierte eine 14-tägige Fütterung mit Chicorée oder Lupine den Ebergeruch wirksamer als eine siebentägige Fütterung. Dies war bei den weiblichen Schweinen nicht der Fall, bei denen der schlechte Geruch bereits nach nur sieben Tagen reduziert war, so dass zusätzliche Fütterungstage diesen Effekt nicht ausreichend zu verstärken schienen. Dies ist höchstwahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass die weiblichen Schweine von Anfang an einen niedrigen Geruchsgehalt aufwiesen und die skatolbedingte Reduzierung so stark war, dass sie nach sieben Tagen Fütterung sensorisch nicht mehr nachweisbar waren. Dies stand im Gegensatz zu den männlichen Schweinen, bei denen zusätzliche Tage der Fütterung einen entsprechend größeren Einfluss auf die Verringerung des Ebergeruchs hatten. Dies ist höchstwahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass bei den männlichen Schweinen zu Beginn der Fütterung der Gehalt an Skatol und Androstenon im Körper viel höher war. Geringe Mengen Androstenon lassen sich auch bei weiblichen Schweinen nachweisen, jedoch sind sie in der Regel zu gering, um zum Ebergeruchsphänomen beitragen zu können (Elsbernd et al. 2016). Der schlechte Geruch bei den weiblichen Schweinen ist daher möglicherweise als Folge der Skatol- und Indolproduktion im Gastrointestinaltrakt vorhanden. Es wurde davon ausgegangen, dass Chicorée und Lupine hauptsächlich den Skatol-Spiegel beeinflussen, indem sie die Skatol-Produktion im

Verdauungstrakt beeinflussen, denn es hatte sich gezeigt, dass Futtermittel mit einem hohen Gehalt an fermentierbaren Kohlenhydraten die Produktion von Skatol und p-Kresol verringern (Jensen und Hansen 2006). Es war daher nicht zu erwarten, dass die Fütterungsbehandlungen das Niveau des sensorisch wahrnehmbaren Androstenons beeinflussen würden. Lupine verringerte die Wahrnehmung des Ebergeruchs bei den weiblichen Schweinen erheblich, während Chicorée nicht ausreichte, um den Ebergeruch vollständig zu beseitigen, da die weiblichen Proben positiv mit dem Geruch von Dung und Skatol im Rückenspeck bei der Schlachtung korreliert waren. Eine Studie über Ebergeruch von Byrne et al. (2007) hat zuvor eine Verringerung des schlechten Geruches durch eine 25%ige Chicoréefütterung bei weiblichen Schweinen gezeigt. In der vorliegenden Studie schien die Wahrnehmung von Androstenon bei allen männlichen Schweinen möglicherweise auch durch die Fütterung mit Chicorée oder Lupine beeinflusst zu werden, da Uringeruch und -geschmack nach 14-tägiger Fütterung deutlich reduziert waren. Außerdem korrelierte Chicorée signifikant negativ mit Schweißgeruch und -geschmack. Dieser Befund wird von Byrne et al. (2007) bestätigt, die eine signifikante Abnahme des Androstenonspiegels im Plasma bei 9-wöchiger Fütterung mit Chicorée und eine entsprechende Abnahme des Schweißgeruchs feststellten. Außerdem wurde berichtet, dass Ballaststoffe in der Lage sind, den Cholesteringehalt im Serum zu senken (Marlett et al. 1994, Byrne et al. 2007). Da Androstenon und Cholesterin demselben Biosyntheseweg folgen, kann man möglicherweise davon ausgehen, dass eine längere Fütterung mit Ballaststoffen wie Chicorée und Lupine den Androstenongehalt im Plasma in ähnlicher Weise wie Cholesterin beeinflussen kann (Hansen et al. 2006b). Da weibliche Schweine in der Regel kein sensorisch wahrnehmbares Androstenon enthalten, zeigen die Ergebnisse der weiblichen Schweine mit Lupinen-Fütterung, dass der Skatolgehalt nach sieben Tagen der Fütterung reduziert ist. Die sensorischen Ergebnisse der männlichen Schweine zeigten, dass das sensorisch wahrnehmbare Androstenon in Wechselwirkung mit dem sensorisch wahrgenommenen Skatol nach sieben Tagen Fütterung zur Wahrnehmung des Ebergeruchs beiträgt, aber nach 14 Tagen waren sowohl das sensorisch wahrnehmbare Androstenon als auch das Skatol durch die Fütterung mit Lupine und Chicorée reduziert.

Diese Studien haben gezeigt, dass eine Wechselwirkung von Ernährung, Mikrobiota und Ebergeruch möglich ist (Duarte et al. 2021).

### 3.1.5. Stress

Wie in dieser Arbeit bereits erörtert, haben Androstenon, Skatol und Indol einen negativen Einfluss auf den Geruch und Geschmack von Schweinefleisch. In der Studie von Wesoly et al. (2015) wurden unter anderem die Auswirkungen der Bedingungen vor der Schlachtung auf die Konzentrationen dieser Stoffe im Fett und auf endokrine Parameter in verschiedenen Substraten analysiert, was die Überwachung von Veränderungen dieser Parameter in den vorangegangenen Stunden ermöglicht. Insgesamt wurden 207 Eber aus drei Betrieben mit unterschiedlichen Genotypen (Betrieb A: Pietrain × BW-Hybriden, Betriebe B und C: Duroc × Danbreed) mit einem Lebendgewicht von jeweils etwa 120 kg untersucht. Um einen experimentellen Verzerrungseffekt von Genotyp, Alter und Unterbringung auszuschließen, wurden die Tiere aus jedem Betrieb in zwei Gruppen aufgeteilt und an zwei aufeinanderfolgenden Tagen zu zwei verschiedenen Schlachthöfen gebracht und dort geschlachtet. Auch wenn Fütterung und Unterbringung der Tiere in dieser Studie nicht standardisiert waren, konnte eine experimentelle Verzerrung durch solche Effekte ausgeschlossen werden, da die Tiere aus demselben Betrieb an die beiden Schlachthöfe geliefert wurden.

Tabelle 6 – Erfasste Daten über Probennahme und Dauer des Transports und der Vorentladezeit (adaptiert nach Wesoly et al. 2015)

Betrieb	Schlachthof	Gewebeprobe (Anzahl)				Transportzeit (min)	Vorentladezeit (min)
		Fettgewebe	Blutplasma	Urin	Kot		
A	1	29	28	19	16	60	480
	2	21	20	19	16	240	202
B	1	31	31	33	27	150	165
	2	33	32	25	22	270	93
C	1	28	27	28	20	300	260
	2	27	27	29	23	90	17

Wie in Tab. 6 dargestellt, wurden die Dauer des Transports (Transportzeit) und die Zeit, die nach der Ankunft im Schlachthof auf dem Fahrzeug verbracht wurde (Vorentladezeit) erfasst. Um die physiologischen Reaktionen der Eber während des Transports und der Zeit vor der Schlachtung zu analysieren, wurden Proben aus verschiedenen Kompartimenten (Blut, Kot, Urin und Fettgewebe) entnommen.

Die Auswirkungen des Betriebs auf Androstenon lassen sich hauptsächlich durch die unterschiedlichen Genotypen erklären, die in dieser Studie verwendet wurden, da bekannt ist, dass die Androstenonkonzentration bei Duroc höher ist als bei Landrassenkreuzungen (Xue et al. 1996). Im Gegensatz dazu werden die Skatol- und Indolkonzentration im Fett hauptsächlich durch die Ernährung und Umweltfaktoren beeinflusst (Wesoly und Weiler 2012).

Die Ergebnisse von Wesoly et al. (2015) haben ergeben, dass der Schlachthof einen signifikanten Einfluss auf die Skatol- und Indolkonzentration im Fettgewebe, aber nicht auf die Androstenonkonzentration hatte. Der Betrieb hatte eine signifikante Wirkung auf Androstenon und Indol im Fettgewebe, nicht aber auf Skatol. Die Androstenonkonzentration wurde außerdem durch die Dauer des Transports beeinflusst, während die Skatol- und Indolkonzentration sowohl durch die Zeit vor dem Entladen als auch durch die Transportzeit verändert wurden. Die Regressionskoeffizienten deuten auf eine positive Beziehung zwischen diesen Verbindungen und der Transportdauer, der Vorentladezeit und mehreren physiologischen Parametern hin.

Mit längerer Transportzeit stieg auch die Androstenonkonzentration an, es wurde ein Anstieg von 0,09 µg/h Transportzeit gemessen. Die Skatolkonzentration im Fett stieg mit jeder Stunde Vorentladezeit um etwa 21,5 ng/h und im Falle von Indol um 10,6 ng/h (Tab. 7).

Tabelle 7 – Übersicht über den geschätzten Anstieg der gemessenen Parameter pro Stunde Transportzeit bzw. Vorentladezeit (adaptiert nach Wesoly et al. 2015)

Verbindung	Gewebeprobe	Mittelwert ± Standardfehler	Anstieg/h Transportzeit	Anstieg/h Vorentladezeit
<b>Androstenon</b>	Fett (µg/g)	0,9 ± 0,1	+ 0,09	
<b>Skatol</b>	Fett (ng/g)	73,8 ± 5,0	+ 3,6	+ 21,5
<b>Indol</b>	Fett (ng/g)	34,1 ± 1,5	+ 6,8	+ 10,6

Laut Wesoly et al. (2015) hat die Transportzeit nachhaltigen Einfluss auf die Hodenfunktion, der sich in der Androstenonkonzentration im Fettgewebe und den Testosteronwerten im Urin widerspiegelt. Obwohl die individuellen Androstenonwerte bei Ebern aus verschiedenen Betrieben (A, B, C) aufgrund von Alter und Genotyp unterschiedlich sind, führt eine Verlängerung der Transportzeit zu einer höheren Anzahl von Tieren mit einer Androstenonkonzentration über dem Schwellenwert von 0,5 µg/g im Fettgewebe. Im Fall von Betrieb A wiesen 6,9 % der an Schlachthof 1 gelieferten Tiere eine Androstenonkonzentration

über dem Schwellenwert auf, während dieser Anteil mit der längeren Transportzeit zu Schlachthof 2 (60 vs. 240 min) auf 19,0 % anstieg. In ähnlicher Weise lag der Anteil der Schlachtkörper aus Betrieb B über diesem Schwellenwert bei 64,5 % in Schlachthof 1 und 90,9 % in Schlachthof 2 (150 vs. 270 min) bzw. 96,4 % und 88,9 % für Betrieb C (90 vs. 300 min). Die Testosteronkonzentration im Urin variiert ebenfalls in Abhängigkeit von der Transportzeit.

Zudem beschreibt Wesoly et al. (2015) die Auswirkung der Vorentladezeit auf die Skatol- und Indolkonzentration im Fettgewebe von Tieren aus allen drei Betrieben. Die Skatol- und Indolkonzentration im Fettgewebe von Tieren desselben Betriebs steigen tendenziell mit einer längeren Vorentladezeit an. 24,1 % der an Schlachthof 1 gelieferten Tiere aus Betrieb A (Vorentladezeit: 480 min) lagen über dem Schwellenwert von 150 ng Skatol/g Fett, während nur 14,3 % der an Schlachthof 2 gelieferten Tiere aus demselben Betrieb (Vorentladezeit: 202 min) den Schwellenwert überschritten. Keine Tiere aus Betrieb B überschritten den Schwellenwert, unabhängig davon, an welchen Schlachthof sie geliefert wurden. Etwa 10,7 % der an Schlachthof 1 gelieferten Tiere aus Betrieb C (Vorentladezeit: 260 min) lagen über dem Schwellenwert, aber keines der an Schlachthof 2 gelieferten Tiere (Vorentladezeit: 17 min).

Bei 153 der 169 beprobten Schlachtkörper konnte ein Läsionsscore ermittelt werden. Der Läsionsscore wird wie folgt definiert: Klasse 0 – keine Läsionen/Seite, Klasse 1 – 1-8 Läsionen/Seite, Klasse 2 – >8 Läsionen/Seite. 49,0 % der Schweine fielen in die Läsionswertklasse 0, 39,9 % in die Läsionswertklasse 1 und 11,1 % in die Läsionswertklasse 2. Da die Ergebnisse auf einen gleichzeitigen Einfluss der Vorentladungszeit und des Läsionsscores auf die Skatol- und Indolkonzentration hinwiesen, wurden die Unterschiede zwischen den Parametern in den drei Läsionsscore-Klassen weiter analysiert. Der Einfluss der Läsions-Score-Klasse auf beide Parameter war im Kruskal-Wallis-Test signifikant. Die Schlachtkörper mit der höchsten Punktzahl (Klasse 2) wiesen sowohl eine höhere Skatol- als auch Indolkonzentration im Fett auf als die der Klasse 0 und Klasse 1.

Die Ergebnisse von Wesoly et al. (2015) von höheren Skatol- bzw. Indokonzentrationen im Fett nach längerer Vorentlastungszeit und höherer Anzahl von Hautläsionen unterstützen die Hypothese von Claus et al. (1994), die Stress als Grund für die Bildung und Akkumulation beider Indole ansahen. Kämpfe und infolgedessen höhere Läsionswerte deuten auf stressige Bedingungen während der Zeit vor der Schlachtung hin.

Der durch den Transport induzierte Verlauf von Androstenon im Fett sollte laut Wesoly et al. (2015) durch intensive Untersuchungen mit häufigen Biopsien weiter geklärt werden. Es könnte jedoch spekuliert werden, dass solche Biopsien für die Tiere immensen Stress bedeuten könnten. Ein Anstieg der Hodensteroidkonzentrationen in Blut und Fett eines Ebers wurde als Ergebnis eines Transfers von einem vertrauten Stall in eine ungewohnte Umgebung festgestellt (Claus und Alsing 1976).

### **3.2. Ursachen nach der Schlachtung**

#### **3.2.1. Verarbeitung und Behandlung**

Oxidation, mikrobielles Wachstum und selbstenzymatische Hydrolyse sind die drei grundlegenden Mechanismen für den Verderb von Fleisch während der Verarbeitung und Lagerung. Lipidoxidation und mikrobielles Wachstum können den Geruch von Fleisch verändern (Gennadios et al. 1997).

Joseph et al. (2014) haben eine Studie durchgeführt, deren Ergebnisse zeigen, dass die Zugabe von Tomatenprodukten und rosa Guavenfruchtfleisch die Farbe verbessert und die Lipidoxidation in roher Schweinefleisch-Emulsion minimiert. Tomatenprodukte (Tomatenpüree, Tomatenfruchtfleisch und gefriergetrocknete Tomatenschale) und rosa Guavenfruchtfleisch sind reich an natürlichen Antioxidantien wie  $\beta$ -Carotin und Lycopin, die die Lipidoxidation in komplexen Lebensmittelsystemen verhindern können. Insgesamt verbessert die Beimischung von Tomatenprodukten und rosa Guavenfruchtfleisch laut Joseph et al. (2014) die visuellen Farb- und Geruchswerte der rohen Schweinefleischemulsion. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass Tomatenprodukte und Guavenfruchtfleisch als Quelle natürlicher Antioxidantien in rohen Schweinefleischprodukten verwendet werden können, um die Lipidoxidation, die Entwicklung von Fehlgeruch und die Oberflächenverfärbung zu minimieren.

Nam und Ahn (2003) fanden heraus, dass sich die Zugabe von Antioxidationsmittelkombinationen aus Sesamöl, Gallat und  $\alpha$ -Tocopherol in einer Endkonzentration von 200  $\mu$ M positiv auf die Verringerung der Lipidoxidation und der flüchtigen Geruchsstoffe in bestrahlten Schweinefleischpasteten auswirkt. Antioxidationsmittelkombinationen reduzieren die schwefelhaltigen flüchtigen Stoffe, die die wichtigsten geruchsfremden Verbindungen in vakuumverpackten bestrahlten Schweinefleischpasteten sind. Behandlungen, die eine Kombination von Antioxidantien

enthalten, können auch die Lipidoxidation in aerob verpackten bestrahlten Schweinefleischpasteten beeinflussen. Daher kommen Nam und Ahn (2003) zu dem Schluss, dass die Modifizierung der Verpackungsmethode mit dem Zusatz von Antioxidantien ein Schlüssel zur Lösung der Geruchsprobleme bei der Lagerung von Schweinefleischpasteten sein könnte.

Die Studie von Tikk et al. (2007) hat gezeigt, dass der schweinisher und säuerlicher Geruch von im Ofen gebratenen Lendenstücken mit dem Gehalt an Ölsäure (C18:1n9c) aus der Phosphorlipidfraktion korreliert.

Aaslyng und Koch (2018) schreiben, dass Rauch eindeutig eine maskierende Wirkung auf Fleisch mit Ebergeruch hat, selbst bei Schweinefleisch von ganzen Ebern mit einem hohen Gehalt an Skatol und Androstenon. Allerdings ist eine hohe Intensität des Rauchgeschmacks erforderlich, um den Ebergeruch wirksam zu überdecken. Daher lautet die allgemeine Empfehlung, dass die Maskierungswirkung umso besser ist, je intensiver der Rauchgeruch bzw. -geschmack ist. In der Studie hat sich gezeigt, dass das Räuchern von Würsten für 40 Minuten den Ebergeruch überdeckt, wenn das Fleisch von Tieren mit hoher Skatol- und mittlerer Androstenonkonzentration stammt. Im Gegensatz dazu wurde eine vollständige Maskierung nach 60 Minuten Räuchern von Speck mit hohen Konzentrationen von Skatol und Androstenon nicht erreicht. Flüssigrauch hat jedoch nicht dieselbe Wirkung und wird deshalb nicht empfohlen.

### **3.2.2. Verpackung und Lagerung**

Es gibt Hinweise darauf, dass Atmosphären mit hohen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen prooxidativ wirken und zu einem Verlust an frischer Farbe und Geruch von Fleisch führen (Jakobsen & Bertelsen 2002).

Martínez et al. (2005) haben die Auswirkung verschiedener Konzentrationen von Kohlendioxid und niedriger Konzentrationen von Kohlenmonoxid auf die Haltbarkeit von frischen in modifizierter Atmosphäre verpackten Schweinefleischwürsten untersucht.

In Tab. 8 sind die sensorischen Werte für den Fehlgeruch zusammengefasst. Der Fehlgeruch nimmt bei allen Proben während der gesamten Lagerung zu. Die in 0 % O<sub>2</sub> / 20 % CO<sub>2</sub> / 80 % N<sub>2</sub> und CO verpackten Würste bleiben während der gesamten

Lagerzeit unter 3 Punkten (geringer Fehlgeruch, Grenze der Akzeptanz nach Djenane et al. (2001)). Die in anderen Atmosphären mit 20 % CO<sub>2</sub> verpackten Würste weisen bis zum 8. Tag der Lagerung Werte unter 3 auf, während die in 60 % CO<sub>2</sub> verpackten Proben 12 Tage lang Werte von 1 oder 2 (kein oder leichter Fehlgeruch) aufweisen.

Tabelle 8 – Auswirkung der Verpackung mit unterschiedlichen Atmosphären (O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>) auf die sensorische Bewertung (vorherrschende Bewertung) für Fehlgeruch von frischen Würsten aus Schweinefleisch, die bei 2 ± 1 °C gelagert wurden (adaptiert nach Martínez et al. 2005) (1 = kein, 2 = schwach, 3 = gering, 4 = moderat, 5 = extrem)

Atmosphäre O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> in %	Tage der Lagerung					
	0	4	8	12	16	20
0/20/80	1	1	1	1	2	2
0/60/40	1	1	1	2	4	5
40/20/40	1	1	2	3	4	4
40/60/0	1	1	1	2	5	5
0,3%CO/30%CO <sub>2</sub> /Rest Argon	1	1	1	2	2	3
80/20/0	1	1	1	3	4	5

Die sensorischen Ergebnisse des Fehlgeruchs stehen laut Martínez et al. (2005) in engem Zusammenhang mit ihren Ergebnissen der Keimzahl und noch mehr mit ihren Ergebnissen der Lipidoxidation. Ihre Ergebnisse belegen die wachstumshemmende Wirkung von CO<sub>2</sub>-reichen Atmosphären (60 %) auf Mikroorganismen. Die Lipidoxidation ist nach Ihren Untersuchungen bei Würsten, die in einer Atmosphäre mit CO und 30 % CO<sub>2</sub> verpackt sind, gering. Hierbei ist es jedoch wichtig zu beachten, dass der Einsatz von CO in Verpackungen mittels Schutzatmosphäre in der EU aus Sicherheitsgründen untersagt ist (Martínez et al. 2005).

Steigende Konzentrationen von Kohlendioxid fördern laut Martínez et al. (2005) die Oxidation sowohl von Myoglobin als auch von Lipiden, höchstwahrscheinlich aufgrund seiner Wirkung, den pH-Wert zu senken. Die Erhaltung von Farbe und Geruch frischer, in modifizierter Atmosphäre verpackter Schweinewürste wird daher am besten durch Atmosphären mit niedrigen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen (20 %) und nicht mit hohen (60 %) erreicht, obwohl letztere das mikrobielle Wachstum besser hemmen (Martínez et al. 2005).

Es ist bekannt, dass bei der Lipidoxidation Aldehyde, Ketone, Kohlenwasserstoffe, Ester, Furane und Lactone entstehen, die bei unsachgemäßer Verarbeitung und Lagerung von Fleisch für ranzige Aromen und sensorische Mängel verantwortlich sein können (Li et al. 2017). Jo und Ahn (2000) vermuten, dass die Lipolyse und die Lipidoxidation durch Strahlung die Schlüsselrolle bei der Bildung von Fehlgerüchen bei bestrahltem Fleisch spielen. Lee und Ahn (2003) berichten, dass flüchtige Stoffe aus Lipiden nur einen kleinen Teil des Bestrahlungsgeruchs ausmachen. In ihrer Studie wurde festgestellt, dass die Mengen vieler flüchtiger Stoffe aus den mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA) - Emulsionen durch die Bestrahlung aufgrund sekundärer chemischer Reaktionen mit direkten radiolytischen Produkten verringert wurden, was folglich die flüchtigen Profile der Fettsäureemulsionen durch die Bestrahlung veränderte. Bisher haben einige Forschungsgruppen die Auswirkungen der Lagerungszeit auf das Profil der flüchtigen Stoffe, die sensorischen Eigenschaften und die Lipidoxidation untersucht, um die Mechanismen der Geruchsbildung und -veränderung in bestrahltem Fleisch zu verstehen. Allerdings ist weniger über die Stabilität von radioaktiven Lipidprodukten wie Fettsäuren während der Lagerzeit bekannt. Darüber hinaus gibt es nur wenige Informationen über den Beitrag möglicher chemischer Sekundärreaktionen unter den flüchtigen Bestandteilen zum Bestrahlungsgeruch während der Lagerzeit (Li et al. 2017).

Wie Ahn et al. (2000) beschreiben, wurde der durch die Bestrahlung verursachte Geruch im Fleisch auch als süß, blutig oder sulfidisch charakterisiert. Es wird beschrieben, dass die Bestrahlung des vakuumverpackten Schweinefleisches zu einem signifikanten Fehlgeruch führen kann, der mit der Erhöhung der Bestrahlungsdosis zunimmt. Laut den Ergebnissen erhöht eine dreitägige Lagerung die Intensität des Bestrahlungsgeruchs signifikant, nach drei Tagen nimmt die Geruchsintensität allerdings wieder signifikant ab. Es sollte neben der Untersuchung des Mechanismus der Geruchsbildung in Fleisch durch Bestrahlung auch die Wirkung der Muskelproteine von Schweinefleisch auf die Bindung der durch Bestrahlung erzeugten flüchtigen Verbindungen und die Wirkung der Muskelstruktur auf die Wechselwirkung mit den Aromastoffen der Bestrahlung untersucht werden (Pérez-Juan et al. 2007, Pérez-Juan et al. 2008).

Ahn et al. (2000) stellen fest, dass die Vakuumverpackung für bestrahltes Fleisch vorteilhafter ist als die aerobe Verpackung, da die Vakuumverpackung die oxidativen Veränderungen minimiert. Die aerobe Verpackung ist laut ihnen nicht gut für die langfristige Lagerung von Fleisch geeignet, für die kurzfristige Lagerung von bestrahlten Schweinefleischpasteten kann

die aerobe Verpackung jedoch nützlich sein, da Verbindungen, die für den durch die Bestrahlung verursachten Fehlgeruch verantwortlich sind, während der Lagerzeit reduziert werden können.

#### 4. Diskussion

Es hat sich gezeigt, dass es einige Faktoren gibt, die den Geruch und Geschmack von Schweinefleisch negativ beeinflussen.

Die Genetische Prädisposition hat vor allem Einfluss auf das Auftreten von Ebergeruch (Duarte et al. 2021), ob eine Korrelation zwischen der Genetik und dem schweinishen Geruch besteht, konnte leider nicht Erfahrung gebracht werden und bedarf weiterer Forschung. Wenn mehr Informationen vorlägen, könnte sich das Wissen zu Nutze gemacht werden, um vorwiegend mit Rassen zu züchten, die genetisch keine Prädisposition für Fehlgeruch aufweisen. Die Rassenselektion wird bereits angewendet, um das Vorkommen von Ebergeruch zu reduzieren, sie könnte also auch auf die Problematik des schweinishen Fehlgeruchs einen positiven Effekt haben.

Elsbernd et al. (2016) haben herausgefunden, dass sich die Geschlechter signifikant in Ebergeruch, Schweinefleischgeschmack und Fehlgeschmack unterscheiden, wobei das Fleisch von nicht kastrierten Ebern den höchsten Ebergeruch und Fehlgeschmack und den niedrigsten Schweinefleischgeschmack aufweist. Durch die immunologische Kastration kann die Belastung mit Ebergeruch bei Fleisch von nicht chirurgisch kastrierten Ebern allerdings verringert werden.

In der Studie von Hansen et al. (2006) wurden vier unterschiedliche Haltungsformen bzw. Behandlungen miteinander verglichen, die Haltungsform hatte keinen signifikanten Einfluss auf den schweinishen Geruch und Geschmack. Maw et al. (2001) beschreiben die Bedeutung der Unterbringung für das Auftreten von Ebergeruch und schlechtem Geruch. Schweine aus Betonbodenhaltung sind im Vergleich zu Schweinen in Stroh- und Spaltenbodenhaltung am meisten mit Ebergeruch belastet. Der schweinisher Geruch wird hier allerdings nicht erwähnt. Eine geringere Besatzdichte, Tierhygiene und eine bessere Luftqualität verringern laut Hansen et al. (1994, 1995) das Risiko von schlechtem Geruch und Geschmack von Schweinefleisch und Schweinefleischprodukten.

Eine leicht zu reinigende Bodenbeschaffenheit wirkt sich positiv auf die oberflächliche Verschmutzung der Tiere aus. Tiere, die weniger Zeit in ihren eigenen Fäkalien verweilen, nehmen weniger Skatol über die Haut auf, was zu einer niedrigeren Skatolkonzentration im

Fleisch führt. Durch Verbesserung der Stall- und infolgedessen auch Tierhygiene kann also die Fleischqualität in Bezug auf Geruch und Geschmack gesteigert werden.

Aus einigen Studien geht klar hervor, dass die Fütterung bzw. die Art des Futters einen Einfluss auf den Geruch und Geschmack von Schweinefleisch hat. Hier wird allerdings wieder deutlich öfter auf den klassischen Ebergeruch eingegangen als auf den schweinishen Fehlgeruch und -geschmack. De Tonnac und Mourot (2018) haben herausgefunden, dass Schweine, die mit MAG gefüttert wurden, einen Geruch aufwiesen, der signifikant stärker ausgeprägt war als der Geruch der Lende von Schweinen, die mit SP, EL- und EL-/MAG gefüttert wurden. Hansen et al. (2008) beschreiben, dass der Uringeruch und -geschmack im Fleisch von männlichen Schweinen nach 14-tägiger Fütterung mit Chicorée oder Lupine deutlich reduziert war. Außerdem korrelierte die Fütterung mit Chicorée signifikant negativ mit Schweißgeruch und -geschmack. Durch Modifizierung des Schweinefutters könnte also die Qualität des Endproduktes verbessert werden. Ob das ein realistischer Ansatz für die konventionelle Schweinemast ist, ist allerdings aufgrund der Mehrkosten fraglich.

Der Versuch von Wesoly et al. (2015) zeigt, dass Schweine höhere Skatol- bzw. Indolkonzentrationen im Fett nach längerer Vorentlastungszeit und höherer Anzahl von Hautläsionen aufweisen, was wiederum zu einem intensiveren Fehlgeruch des Schweinefleisches führt. Claus et al. (1994) gibt außerdem Stress als Grund für die Bildung und Akkumulation beider Indole an. Kürzere Transporte, stressfreies Entladen und optimierte Bedingungen am Schlachthof selbst können für weniger Stress bei den Tieren und so für eine geringere Skatol- und Indolkonzentration sorgen. Das würde den Geruch und Geschmack des Schweinefleisches positiv beeinflussen, denn es würde nicht nur dem schweinishen, sondern auch dem Ebergeruch entgegenwirken. Zudem würde ein achtsamerer Umgang mit den Tieren gleichzeitig das Tierwohl verbessern.

Bei der Verarbeitung und Behandlung von Schweinefleisch und Schweinefleischprodukten haben besonders die Lipidoxidation und das mikrobielle Wachstum negative Auswirkungen auf den Geruch (Gennadios et al. 1997). Die Ergebnisse von Martínez et al. (2005) belegen, dass Verpackungen mit einer hohen CO<sub>2</sub> Konzentration eine wachstumshemmende Wirkung auf Mikroorganismen haben. Die Lipidoxidation ist allerdings am geringsten, wenn auch die Atmosphäre einen geringen CO<sub>2</sub> Gehalt (30 %) kombiniert mit CO aufweist. Joseph et al. (2014) und Nam und Ahn (2003) fanden heraus, dass die Zugabe von Antioxidationsmittelkombinationen einen positiven Effekt auf die Farbe des Produkts und die

Verringerung der Lipidoxidation und der flüchtigen Geruchsstoffe hat, wenn man sie rohen Schweinefleisch-Emulsionen bzw. bestrahlten Schweinefleischpasteten zusetzt. Eventuell kann durch weitere Untersuchungen herausgefunden werden, ob andere Stoffe ebenfalls geeignet oder sogar noch dienlicher sind dieser Ursache entgegenzuwirken.

Es wurde festgestellt, dass der schweinishche Geruch mit dem Gehalt an Ölsäure korreliert (Tikk et al. 2007), sodass es wahrscheinlich ist, dass die Lipidoxidation und die dabei entstehenden Abbauprodukte beim schweinishchen Fehlgeruch eine Rolle spielen. Es stellt sich die Frage, ob es ausschließlich die Abbauprodukte der Lipidoxidation sind, die den unangenehmen Fehlgeruch verursachen. Eventuell lösen auch ähnliche Substanzen, die den Ebergeruch herbeiführen, wie Skatol und Indol den schweinishchen Geruch aus. Doch auch Substanzen wie kurzkettige Fettsäuren und 4-Phenyl-3-buten-2-on konnten bereits mit der Intensität des Geruchs von Fleisch in Verbindung gebracht werden. Möglicherweise führen sie oder Kombinationen mit ihnen zum unangenehmen Geruch von Schweinefleisch. Es könnte jedoch auch sein, dass ganz andere Stoffe dazu beitragen, auf die bis jetzt vielleicht noch kein Augenmerk gelegt wurde. Es ist also wichtig, die Substanzen, die diesen schweinishchen Fehlgeruch verursachen und deren Schwellenwerte genau zu bestimmen und zu definieren, um in der Lage zu sein, das Auftreten dieses Phänomens verhindern zu können.

Laut Aaslyng und Koch (2018) hat Rauch eindeutig eine maskierende Wirkung auf Fleisch mit Ebergeruch und das selbst bei Schweinefleisch von ganzen Ebern mit einer hohen Skatol- und Androstenonkonzentration. Es ist jedoch eine hohe Intensität des Rauchgeschmacks erforderlich, um den Ebergeruch wirksam zu überdecken. Diese Methode könnte sich eventuell auch bei der Überdeckung des schweinishchen Fehlgeruchs als nützlich erweisen. Da jedoch nicht jedes Stück Fleisch bzw. Produkt mit einem Raucharoma versehen werden kann bzw. soll, ist sie wohl keine generelle Lösung für dieses Problem.

Auffällig ist, dass momentan bei allen behandelten Themen wesentlich mehr Literatur zu Ebergeruch existiert als zu dem schweinishchen Geruch bzw. Geschmack, der im Englischen auch als „piggy odor/ﬂavor“ bezeichnet wird. Auch wenn sich der schweinishche Geruch vom Ebergeruch unterscheidet, kann nicht ausgeschlossen werden, dass einige Faktoren, die zu Ebergeruch führen, nicht auch zum typischen schweinishchen Geruch führen. Es sind also weitere Untersuchungen zur Prävalenz dieses Phänomens erforderlich.

Wie sich anhand der deutlich unterschiedlichen Angaben von AMA und Spar/TANN gezeigt hat, scheint es ebenso wie beim Ebergeruch auch bei der Wahrnehmung des schweinishen Fehlgeruchs sehr auf die individuelle Sensibilität der VerbraucherInnen anzukommen. Befragungen von KonsumentInnen zum schweinishen Fehlgeruch wie sie unter anderem von Rudolph und Geßl (2011) zum Ebergeruch durchgeführt wurden, könnten klarere Zahlen liefern, wodurch noch zielgerichteter gegen dieses Problem vorgegangen werden könnte.

Leider konnte keine Literatur gefunden werden, die sich mit dem Schlachtkörper Management im Zusammenhang mit dem schlechten Geruch bei Schweinefleisch und Schweinefleischprodukten auseinandersetzt. Besonders interessant wäre hierbei, ob die Verarbeitungshygiene, die Kühlung und die damit verbundene Belastung durch Mikroorganismen einen signifikanten Einfluss hat. Obwohl Mikroorganismen als Grund für unangenehmen Geruch beschrieben sind, ist nicht geklärt bei welchem Schritt der Verarbeitung diese an das Produkt gelangen. So stellt sich unter anderem die Frage, ob auch die Mitarbeiter am Schlachthof durch Good Hygiene Practice (GHP) oder eine eingehaltene Kühlkette einen signifikanten Einfluss auf den Geruch der Endprodukte haben.

#### **4.1. Conclusio**

Zusammenfassend ist zu sagen, dass es einige einflussnehmende Faktoren für schlechten Geruch von Schweinefleisch und Schweinefleischprodukten gibt. Die meiste Literatur befasst sich allerdings mit dem Thema „Ebergeruch“, weniger mit dem schweinishen Fehlgeruch. Um den störenden schweinishen Geruch in Schweinefleisch und Schweinefleischprodukten zu reduzieren bzw. zur Gänze zu eliminieren ist daher weitere Forschung notwendig. Es stellt sich die Frage welche Aspekte abgesehen der festgelegten Parameter wie das Geschlecht der Tiere verändert werden können um die Produktion dahingehend zu optimieren, dass ein wirtschaftlicher Mehrwert, eine höhere Zufriedenheit der KonsumentInnen aber auch mehr Tierwohl erzielt werden können. Die gewonnenen Erkenntnisse darüber können einen positiven Einfluss auf die Lebensmittelverschwendung, den Tierschutz und die wirtschaftliche Effizienz nehmen und so einen potenziellen finanziellen Mehrwert bedeuten.

## **5. Zusammenfassung in deutscher und englischer Sprache**

### **5.1. Zusammenfassung**

Die vorliegende Diplomarbeit gibt einen Überblick über den aktuellen Wissenstand über die Ursachen für schlechten Geruch von Schweinefleisch und Schweinefleischprodukten. Dazu wurde eine ausführliche Literaturrecherche durchgeführt und die Ergebnisse aus dieser zusammengetragen. Die Basis der Ergebnisse sind vor allem veröffentlichte wissenschaftliche Artikel, die die Themen „schweinischer Geruch/Geschmack“ und „Ebergeruch“ behandeln. Einige Informationen wurden außerdem durch persönliche Korrespondenz mit AgrarMarkt Austria, Spar/TANN und dem Forschungsinstitut für biologischen Landbau Österreich in Erfahrung gebracht. Um eine bessere Übersicht zu gewährleisten ist die Arbeit in zwei große Themengebiete aufgeteilt. Der erste Teil befasst sich mit den Ursachen für schlechten Geruch von Schweinefleisch und Schweinefleischprodukten vor der Schlachtung, der zweite Teil behandelt die Ursachen nach der Schlachtung. Folgende Schlussfolgerungen gehen aus dieser Arbeit hervor: Die genetische Prädisposition hat Einfluss auf den Ebergeruch, für den schweinischen Geruch kann keine Aussage getroffen werden. Auch das Geschlecht der Tiere wirkt sich signifikant auf den Geruch und Geschmack des Fleisches aus. Unterschiedliche Haltungformen spielen keine wichtige Rolle in Bezug auf den schweinischen Geruch, beim Ebergeruch jedoch schon. Eine geringe Besatzdichte, gute Tierhygiene, eine bessere Luftqualität sowie gering gehaltener Stress vor der Schlachtung verringern das Risiko von schlechtem Geruch und Geschmack vom Schweinefleisch. Die Fütterung hat ebenfalls Einfluss, wobei deutlich öfter auf den Ebergeruch eingegangen wird als auf den schweinischen Geruch. Bei der Verarbeitung und Behandlung von Schweinefleisch und Schweinefleischprodukten entsteht vor allem durch die Lipidoxidation und das mikrobielle Wachstum Fehlgerüche. Ob ein Zusammenhang zwischen dem Schlachtkörper Management und dem schlechten bzw. schweinischen Geruch besteht, muss noch weiter erforscht werden, da es dazu noch keine Erkenntnisse gibt. Zusammenfassend hat sich gezeigt, dass weitere Untersuchungen zu diesem Thema durchgeführt werden müssen, um den Ursachen für schlechten, insbesondere dem schweinischen Geruch von Schweinefleisch und Schweinefleischprodukten auf den Grund zu gehen.

## 5.2. Summary

This thesis provides an overview of the current state of knowledge on the causes of off-odor in pork and pork products. For this purpose, an extensive literature search was conducted and the results were compiled. The basis of these results is mainly published scientific articles dealing with the topics of "piggy odor/flavor" and "boar taint". Some information was also obtained through personal correspondence with AgrarMarkt Austria, Spar/TANN and the Forschungsinstitut für biologischen Landbau Österreich. In order to provide a better overview, the paper is divided into two major topics. The first part deals with the causes of off-odor of pork and pork products before slaughter, the second part deals with the causes after slaughter. The following conclusions emerge from this work: Genetic predisposition has an influence on boar taint, but no statement can be made for piggy odor. The sex of the animals also has a significant effect on the smell and taste of the meat. Different husbandry systems do not appear to play an important role with respect to piggy odor, but they do for boar taint. Low stocking density, good animal hygiene, better air quality and low stress before slaughter reduce the risk of bad odor and taste of pork. Feeding also has an influence, with boar taint being addressed much more often than piggy odor. Processing and handling of pork and pork products create off-odors primarily through lipid oxidation and microbial growth. Whether there is a relationship between carcass management and off-odor needs additional investigation, as there is no evidence on this yet. In conclusion, it has been shown that further research on this topic needs to be conducted to get to the bottom of the causes of bad, particularly piggy odor in pork and pork products.

## 6. Literaturverzeichnis

Aaslyng MD, Koch AG. The use of smoke as a strategy for masking boar taint in sausages and bacon. *Food Res Int.* 2018;108:387-395. doi:10.1016/j.foodres.2018.03.069

Aaslyng MD, Meinert L. Meat flavour in pork and beef - From animal to meal. *Meat Sci.* 2017;132:112-117. doi:10.1016/j.meatsci.2017.04.012

Aaslyng MD, Oksama M, Olsen EV, et al. The impact of sensory quality of pork on consumer preference. *Meat Sci.* 2007;76(1):61-73. doi:10.1016/j.meatsci.2006.10.014

Ahn DU, Jo C, Du M, Olson DG, Nam KC. Quality characteristics of pork patties irradiated and stored in different packaging and storage conditions. *Meat Sci.* 2000;56(2):203-209. doi:10.1016/S0309-1740(00)00044-9

Aluwé M, Millet S, Bekaert KM, et al. Influence of breed and slaughter weight on boar taint prevalence in entire male pigs. *Animal.* 2011;5(8):1283-1289. doi:10.1017/S1751731111000164

Andresen Ø. Boar taint related compounds: Androstenone/skatole/other substances. *Acta Vet Scand.* 2006;48(Suppl 1):5. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-48-S1-S5>

Babol J, Zamaratskaia G, Juneja RK, Lundström K. The effect of age on distribution of skatole and indole levels in entire male pigs in four breeds: Yorkshire, Landrace, Hampshire and Duroc. *Meat Sci.* 2004;67(2):351-358. doi:10.1016/j.meatsci.2003.11.008

Bañón S, Gil MD, Garrido MD. The effects of castration on the eating quality of dry-cured ham. *Meat Sci.* 2003;65(3):1031-1037. doi:10.1016/S0309-1740(02)00321-2

Biesalski HK. Meat as a component of a healthy diet - are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet? *Meat Sci.* 2005;70(3):509-524. doi:10.1016/j.meatsci.2004.07.017

Bryhni EA, Byrne DV, Rødbotten M, et al. Consumer and sensory investigations in relation to physical/chemical aspects of cooked pork in Scandinavia. *Meat Sci.* 2003;65(2):737-748. doi:10.1016/S0309-1740(02)00276-0

Byrne DV, Thamsborg SM, Hansen LL. A sensory description of boar taint and the effects of crude and dried chicory roots (*Cichorium intybus* L.) and inulin feeding in male and female pork. *Meat Sci.* 2008;79(2):252-269. doi:10.1016/j.meatsci.2007.09.009

Camarinha-Silva A, Maushammer M, Wellmann R, Vital M, Preuss S, Bennewitz J. Host Genome Influence on Gut Microbial Composition and Microbial Prediction of Complex Traits in Pigs. *Genetics.* 2017;206(3):1637-1644. doi:10.1534/genetics.117.200782

Carpenter GA. The Design of an Internal Ceiling Mounted Air Filter and Its Application in an Early Weaner Unit. *Journal of Agricultural Engineering.* 1982;33(4):227-241. [https://doi.org/10.1016/S0021-8634\(86\)80038-5](https://doi.org/10.1016/S0021-8634(86)80038-5)

Claus R, Alsing W. Einfluss von Choriongonadotropin, Handlungsänderung und sexueller Stimulierung auf die Konzentrationen von Testosteron im Plasma sowie des Ebergeruchsstoffes im Plasma und Fett eines Ebers. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr.* 1976;89(18):354-358.

Claus R, Weiler U, Herzog A. Physiological aspects of androstenone and skatole formation in the boar-A review with experimental data. *Meat Sci.* 1994;38(2):289-305. doi:10.1016/0309-1740(94)90118-X

de Tonnac A, Mourot J. Effect of dietary sources of n-3 fatty acids on pig performance and technological, nutritional and sensory qualities of pork. *Animal.* 2018;12(7):1527-1535. doi:10.1017/S1751731117002877

Diestre A, Oliver MA, Gispert M, Arpa I, Arnau J. Consumer responses to fresh meat and meat products from barrows and boars with different levels of boar taint. *Animal Production.* 1990;50(3):519-530. doi:10.1017/S0003356100005018

Difford GF, Plichta DR, Løvendahl P, et al. Host genetics and the rumen microbiome jointly associate with methane emissions in dairy cows. *PLoS Genet.* 2018;14(10):e1007580. Published 2018 Oct 12. doi:10.1371/journal.pgen.1007580

Dijksterhuis GB, Engel B, Walstra P, et al. An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: II. Sensory evaluation by trained panels in seven European countries. *Meat Sci.* 2000;54(3):261-269. doi:10.1016/s0309-1740(99)00103-5

Djenane D, Sánchez-Escalante A, Beltrán JA, Roncalés P. Extension of the retail display life of fresh beef packaged in modified atmosphere by varying lighting conditions. *Journal of Food Science*. 2001;66:181-186. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb15603.x>

Doig PA, Willoughby RA. Response of swine to atmospheric ammonia and organic dust. *J Am Vet Med Assoc*. 1971;159(11):1353-1361.

Doran E, Whittington FW, Wood JD, McGivan JD. Cytochrome P450IIE1 (CYP2E1) is induced by skatole and this induction is blocked by androstenone in isolated pig hepatocytes. *Chem Biol Interact*. 2002;140(1):81-92. doi:10.1016/s0009-2797(02)00015-7

Duarte DAS, Schroyen M, Mota RR, Vanderick S, Gengler N. Recent genetic advances on boar taint reduction as an alternative to castration: a review. *J Appl Genet*. 2021;62(1):137-150. doi:10.1007/s13353-020-00598-w

Dunshea FR, Colantoni C, Howard K, et al. Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. *J Anim Sci*. 2001;79(10):2524-2535. doi:10.2527/2001.79102524x

Elsbernd AJ, Patience JF, Prusa KJ. A comparison of the quality of fresh and frozen pork from immunologically castrated males versus gilts, physical castrates, and entire males. *Meat Sci*. 2016;111:110-115. doi:10.1016/j.meatsci.2015.07.003

Font-I-Furnols M, Gispert M, Guerrero L, et al. Consumers' sensory acceptability of pork from immunocastrated male pigs. *Meat Sci*. 2008;80(4):1013-1018. doi:10.1016/j.meatsci.2008.04.018

Font-I-Furnols M, Guerrero L. Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products: an overview. *Meat Sci*. 2014;98(3):361-371. doi:10.1016/j.meatsci.2014.06.025

Gennadios A, Hanna M, Kurth LB. Application of Edible Coatings on Meats, Poultry and Seafoods: A Review. *LWT-Food Science Technology*. 1997;30:337-350.

Glenn KL, Ramos AM, Rothschild MF. Analysis of FMO genes and off flavour in pork. *J Anim Breed Genet*. 2007;124(1):35-38. doi:10.1111/j.1439-0388.2007.00631.x

Grindflek E, Meuwissen TH, Aasmundstad T, et al. Revealing genetic relationships between compounds affecting boar taint and reproduction in pigs. *J Anim Sci.* 2011;89(3):680-692. doi:10.2527/jas.2010-3290

Gunn M, Allen P, Bonneau M, Byrne DV, Cinotti S, Fredriksen B, et al. Welfare aspects of the castration of piglets. Scientific report on the scientific panel for animal health and welfare on a request from the Commission related to welfare aspects of the castration of piglets (Question No. EFSA-Q-2003-091). *EFSA Journal.* 2004;91:1-18.

Hansen LL, Claudi-Magnussen C, Jensen SK, Andersen HJ. Effect of organic pig production systems on performance and meat quality. *Meat Sci.* 2006a;74(4):605-615. doi:10.1016/j.meatsci.2006.02.014

Hansen LL, Larsen AE, Hansen-Møller J. 1995. Influence of keeping pigs heavily fouled with faeces plus urine on skatole and indole concentration (boar taint) in subcutaneous fat. *Acta Agric. Scand. Sect. A Anim.* 1995;45:178-185. <https://doi.org/10.1080/09064709509415849>

Hansen LL, Larsen AE, Jensen BB, Hansen-Møller J, Barton-Gade P. Influence of stocking rate and faeces deposition in the pen at different temperatures on skatole concentration (boar taint) in subcutaneous fat. *Animal Production.* 1994;59(1):99-110. doi:10.1017/S0003356100007546

Hansen LL, Mejer H, Thamsborg SM, et al. Influence of chicory roots (*Cichorium intybus* L) on boar taint in entire male and female pigs. *Animal Science.* 2006b;82(3):359-368. doi:10.1079/ASC200648

Hansen LL, Stolzenbach S, Jensen JA, et al. Effect of feeding fermentable fibre-rich feedstuffs on meat quality with emphasis on chemical and sensory boar taint in entire male and female pigs. *Meat Sci.* 2008;80(4):1165-1173. doi:10.1016/j.meatsci.2008.05.010

Hartung J. Practical aspects of aerosol sampling in animal houses. In: *Aerosol Sampling in Animal Houses. EC Report.* 1989;EUR 11877

Jakobsen M, Bertelsen G. The use of CO<sub>2</sub> in packaging of fresh red meats and its effect on chemical quality changes in the meat: a review. *Journal of Muscle Foods.* 2002;13:143-168. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.2002.tb00326.x>

Jensen MT, Hansen LL. Feeding with chicory roots reduces the amount of odorous compounds in colon and rectal contents of pigs. *Animal Science*. 2006;82(3):369-376. doi:10.1079/ASC200649

Jeremiah LE, Murray AC, Gibson LL. The effects of differences in inherent muscle quality and frozen storage on the flavor and texture profiles of pork loin roasts. *Meat Sci*. 1990;27(4):305-327. doi:10.1016/0309-1740(90)90068-H

Jo C, Ahn, DU. Volatiles and oxidative changes in irradiated pork sausage with different fatty acid composition and tocopherol content. *Journal of Food Science*. 2000;65(2):270-275. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb15992.x>

Joseph S, Chatli MK, Biswas AK, Sahoo J. Oxidative stability of pork emulsion containing tomato products and pink guava pulp during refrigerated aerobic storage. *J Food Sci Technol*. 2014;51(11):3208-3216. doi:10.1007/s13197-012-0820-y

Kauffman RG. 2001. Meat composition. In: *Meat Science and Applications*. New York: Marcel Dekker, Inc., 1-19.

Keenan D. Pork Meat Quality, Production and Processing on. *Encyclopedia of Food and Health*. 2016; 419-431. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00551-1>.

Knol EF, Bloemhof S, Heres L, Tacken GML. 2010. Selection against boar taint: slaughter line panel and consumer perception. In: *Proceedings of the World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. Leipzig, Germany, 1-4.

Lealiifano AK, Pluske JR, Nicholls RR, et al. Reducing the length of time between slaughter and the secondary gonadotropin-releasing factor immunization improves growth performance and clears boar taint compounds in male finishing pigs. *J Anim Sci*. 2011;89(9):2782-2792. doi:10.2527/jas.2010-3267

Lee EJ, Ahn DU. Production of volatiles from fatty acids and oils by irradiation. *Journal of Food Science*. 2003;8(1):70-75. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb14116.x>

Li C, He L, Jin G, Ma S, Wu W, Gai L. Effect of different irradiation dose treatment on the lipid oxidation, instrumental color and volatiles of fresh pork and their changes during storage. *Meat Sci.* 2017;128:68-76. doi:10.1016/j.meatsci.2017.02.009

Li X, Jensen BB, Canibe N. The Mode of Action of Chicory Roots on Skatole Production in Entire Male Pigs Is neither via Reducing the Population of Skatole-Producing Bacteria nor via Increased Butyrate Production in the Hindgut. *Appl Environ Microbiol.* 2019;85(6):e02327-18. Published 2019 Mar 6. doi:10.1128/AEM.02327-18

Maltecca C, Bergamaschi M, Tiezzi F. The interaction between microbiome and pig efficiency: A review. *J Anim Breed Genet.* 2020;137(1):4-13. doi:10.1111/jbg.12443

Marlett JA, Hosig KB, Vollendorf NW, Shinnick FL, Haack VS, Story JA. Mechanism of serum cholesterol reduction by oat bran. *Hepatology.* 1994;20(6):1450-1457. doi:10.1002/hep.1840200612

Martínez L, Djenane D, Cilla I, Beltrán JA, Roncalés P. Effect of different concentrations of carbon dioxide and low concentration of carbon monoxide on the shelf-life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere. *Meat Sci.* 2005;71(3):563-570. doi:10.1016/j.meatsci.2005.04.041

Mathur PK, ten Napel J, Crump RE, Mulder HA, Knol EF. Genetic relationship between boar taint compounds, human nose scores, and reproduction traits in pigs. *J Anim Sci.* 2013;91(9):4080-4089. doi:10.2527/jas.2013-6478

Matthews KR, Homer DB, Punter P, et al. An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: III. Consumer survey in seven European countries. *Meat Sci.* 2000;54(3):271-283. doi:10.1016/s0309-1740(99)00104-7

Maw SJ, Fowler VR, Hamilton M, Petchey AM. Effect of husbandry and housing of pigs on the organoleptic properties of bacon. *Livestock Production Science.* 2001;68(2-3):119-130. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00242-6](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00242-6)

Meinert L, Tikk K, Tikk M, et al. Flavour development in pork. Influence of flavour precursor concentrations in longissimus dorsi from pigs with different raw meat qualities. *Meat Sci.* 2009;81(1):255-262. doi:10.1016/j.meatsci.2008.07.031

Nam KC, Ahn DU. Use of antioxidants to reduce lipid oxidation and off-odor volatiles of irradiated pork homogenates and patties. *Meat Sci.* 2003;63(1):1-8. doi:10.1016/s0309-1740(02)00043-8

Okrouhlá M, Čítek J, Švejtil R, et al. The Effect of Dietary *Helianthus tuberosus* L. on the Populations of Pig Faecal Bacteria and the Prevalence of Skatole. *Animals (Basel)*. 2020;10(4):693. Published 2020 Apr 16. doi:10.3390/ani10040693

Pereira PM, Vicente AF. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Sci.* 2013;93(3):586-592. doi:10.1016/j.meatsci.2012.09.018

Pérez-Juan M, Flores M, Toldrá F. Effect of ionic strength of different salts on the binding of volatile compounds to porcine soluble protein extracts in model systems. *Food Research International*. 2007;40(6):687-693. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.11.013>

Pérez-Juan M, Flores M, Toldrá F. Effect of pork meat proteins on the binding of volatile compounds. *Food Chemistry*. 2008;108(4):1226-1233. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.037>

Resano H, Perez-Cueto FJ, de Barcellos MD, Veflen-Olsen N, Grunert KG, Verbeke W. Consumer satisfaction with pork meat and derived products in five European countries. *Appetite*. 2011;56(1):167-170. doi:10.1016/j.appet.2010.10.008

Rius MA, Hortós M, García-Regueiro JA. Influence of volatile compounds on the development of off-flavours in pig back fat samples classified with boar taint by a test panel. *Meat Sci.* 2005;71(4):595-602. doi:10.1016/j.meatsci.2005.03.014

Rius Solé MA, García Regueiro JA. Role of 4-phenyl-3-buten-2-one in boar taint: identification of new compounds related to sensorial descriptors in pig fat. *J Agric Food Chem*. 2001;49(11):5303-5309. doi:10.1021/jf010482d

Robic A, Larzul C, Bonneau M. Genetic and metabolic aspects of androstenone and skatole deposition in pig adipose tissue: a review [published correction appears in *Genet Sel Evol*. 2008 Sep-Oct;40(5):581-2]. *Genet Sel Evol*. 2008;40(1):129-143. doi:10.1186/1297-9686-40-1-129

Rudolph G, Geßl R. Schweinefleisch aus Ebermast: Repräsentative Verkostung und Kaufentscheidungssimulation sowie Verfahrensvergleichsrechnung unter österreichischen Biobedingungen. Ebermaststudie 2011. FiBL. Wien, Österreich.

Tajet H, Andresen Ø, Meuwissen THE. Estimation of genetic parameters of boar taint; skatole and androstenone and their correlations with sexual maturation. *Acta Vet Scand.* 2006;48(Suppl 1):2-5. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-48-S1-S9>

Tikk K, Tikk M, Aaslyng MD, Karlsson AH, Lindahl G, Andersen HJ. Significance of fat supplemented diets on pork quality - Connections between specific fatty acids and sensory attributes of pork. *Meat Sci.* 2007;77(2):275-286. doi:10.1016/j.meatsci.2007.03.019

Toldrá F, Reig M. Innovations for healthier processed meats. *Trends in Food Science & Technology.* 2011;22(9):517-522. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.08.007>

While SG, Kjos NP, Sørum H, Overland M. Feeding Jerusalem artichoke reduced skatole level and changed intestinal microbiota in the gut of entire male pigs. *Animal.* 2012;6(5):807-814. doi:10.1017/S1751731111002138

Watanabe G, Ohmori H, Tajima K, et al. Relative contribution of sensory characteristics for different types of pork loin, assessed by temporal dominance of sensations. *J Sci Food Agric.* 2019;99(12):5516-5525. doi:10.1002/jsfa.9813

Weiler U, Font I, Furnols M, Fischer K, et al. 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.* 2000;54(3):297-304. doi:10.1016/S0309-1740(99)00106-0

Weiler U, Wesoly R. Physiologische Aspekte der Androstenon- und Skatolbildung beim Eber. *Züchtungskunde.* 2012;84(5), 365-93.

Wesoly R, Jungbluth I, Stefanski V, Weiler U. Pre-slaughter conditions influence skatole and androstenone in adipose tissue of boars. *Meat Sci.* 2015;99:60-67. doi:10.1016/j.meatsci.2014.08.015

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

Whittington FM, Zammerini D, Nute GR, Baker A, Hughes SI, Wood JD. Comparison of heating methods and the use of different tissues for sensory assessment of abnormal odours (boar taint) in pig meat. *Meat Sci*. 2011;88(2):249-255. doi:10.1016/j.meatsci.2010.12.029

Windig JJ, Mulder HA, Ten Napel J, Knol EF, Mathur PK, Crump RE. Genetic parameters for androstenone, skatole, indole, and human nose scores as measures of boar taint and their relationship with finishing traits. *J Anim Sci*. 2012;90(7):2120-2129. doi:10.2527/jas.2011-4700

Xue J, Dial GD, Holton EE, et al. Breed differences in boar taint: relationship between tissue levels boar taint compounds and sensory analysis of taint. *J Anim Sci*. 1996;74(9):2170-2177. doi:10.2527/1996.7492170x

Zamaratskaia G, Babol J, Andersson H, Lundström K. Plasma skatole and androstenone levels in entire male pigs and relationship between boar taint compounds, sex steroids and thyroxine at various ages. *Livestock Production Science*. 2004a;87(2-3):91-98. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2003.09.022>

Zamaratskaia G, Babol J, Madej A, Squires EJ, Lundström K. Age-related variation of plasma concentrations of skatole, androstenone, testosterone, oestradiol-17 beta, oestrone sulphate, dehydroepiandrosterone sulphate, triiodothyronine and IGF-1 in six entire male pigs. *Reprod Domest Anim*. 2004b;39(3):168-172. doi:10.1111/j.1439-0531.2004.00496.x

[https://amainfo.at/fileadmin/user\\_upload/Fotos\\_Dateien/amainfo/Presse/Marktinformationen/Allgemein/Pro\\_Kopf\\_Verbrauch\\_Fleisch.pdf](https://amainfo.at/fileadmin/user_upload/Fotos_Dateien/amainfo/Presse/Marktinformationen/Allgemein/Pro_Kopf_Verbrauch_Fleisch.pdf) (Zugriff 05.05.2022)

<https://www.statistik.at/fileadmin/announcement/2022/05/20220216ViehbestandSchlachtungen2021.pdf> (Zugriff 05.05.2022)

## 7. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Grafik AMA Marktforschung: [https://amainfo.at/fileadmin/user\\_upload/Fotos\\_Dateien/amainfo/Presse/Marktinformationen/Allgemein/Pro\\_Kopf\\_Verbrauch\\_Fleisch.pdf](https://amainfo.at/fileadmin/user_upload/Fotos_Dateien/amainfo/Presse/Marktinformationen/Allgemein/Pro_Kopf_Verbrauch_Fleisch.pdf) (Zugriff 05.05.2022)

Tabelle 1: <https://www.statistik.at/fileadmin/announcement/2022/05/20220216ViehbestandSchlachtungen2021.pdf> (Zugriff 05.05.2022)

Tabelle 2: Grafik Versorgungsbilanz für Fleisch nach Arten: Statistik Austria Versorgungsbilanzen 31.08.2021

Tabelle 3: Pereira PM, Vicente AF. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Sci.* 2013;93(3):586-592. doi:10.1016/j.meatsci.2012.09.018

Tabelle 4: Hansen LL, Claudi-Magnussen C, Jensen SK, Andersen HJ. Effect of organic pig production systems on performance and meat quality. *Meat Sci.* 2006a;74(4):605-615. doi:10.1016/j.meatsci.2006.02.014

Tabelle 5: Maw SJ, Fowler VR, Hamilton M, Petchey AM. Effect of husbandry and housing of pigs on the organoleptic properties of bacon. *Livestock Production Science.* 2001;68(2-3):119-130. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00242-6](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00242-6)

Tabelle 6: Wesoly R, Jungbluth I, Stefanski V, Weiler U. Pre-slaughter conditions influence skatole and androstenone in adipose tissue of boars. *Meat Sci.* 2015;99:60-67. doi:10.1016/j.meatsci.2014.08.015

Tabelle 7: Wesoly R, Jungbluth I, Stefanski V, Weiler U. Pre-slaughter conditions influence skatole and androstenone in adipose tissue of boars. *Meat Sci.* 2015;99:60-67. doi:10.1016/j.meatsci.2014.08.015

Tabelle 8: Martínez L, Djenane D, Cilla I, Beltrán JA, Roncalés P. Effect of different concentrations of carbon dioxide and low concentration of carbon monoxide on the shelf-life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere. *Meat Sci.* 2005;71(3):563-570. doi:10.1016/j.meatsci.2005.04.041

## **8. Persönliche Korrespondenzen**

Für Kapitel 1.1.3. Wirtschaftliche Konsequenzen wurde persönlicher Kontakt zu Mitarbeitern von AMA, Spar/TANN und FiBL aufgenommen. Ich möchte mich an dieser Stelle für die Kooperation bedanken.

AMA – Mailverkehr am 23.05.2022

Spar/TANN – Mailverkehr am 24.05.2022

FiBL – Mailverkehr am 16.01.2023