

OPTIMIERUNGSPOTENTIAL EBERGERUCH
—
EINE METAANALYSE

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. agr.)

im Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotoxologie und
Umweltmanagement der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von

Katrin Quinckhardt
aus Warendorf

Gießen, 2017

Mit Genehmigung des Fachbereichs Agrarwissenschaften,
Ökotropologie und Umweltmanagement der
Justus-Liebig-Universität Gießen

Gutachter:

Prof. Dr. Hans-Peter Schwarz

Prof. Dr. Steffen Hoy

Vorsitzende:

Prof. Dr. Gesine Lühken

Prüfer:

Prof. Dr. Rolf-Alexander Düring

Prof. Dr. Diedrich Steffens

Datum der Disputation: 31.08.2017

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis **I**

Abbildungsverzeichnis..... **III**

Tabellenverzeichnis **V**

Abkürzungsverzeichnis..... **VIII**

1. Problemstellung..... **1**

2. Einführung..... **2**
Exkurs: Struktur der Schweinefleischproduktion und -verarbeitung..... 4

3. Physiologische Hintergründe des Ebergeruchs **6**

4. Wahrnehmung des Ebergeruchs **12**

5. Literaturübersicht - bislang diskutierte Einflussfaktoren auf die Entstehung von Ebergeruch..... **17**

5.1. Futter und Fütterungsbedingungen..... 18

5.2. Genetischer Einfluss..... 27

5.3. Einfluss der Haltungsbedingungen 45

5.4. Einfluss des Schlachtgewichts und des -alters..... 52

5.5. Zwischenfazit 60

6. Metaanalyse und Strukturgleichungsmodell **61**

6.1. Forschungsfragen / Thesen..... 61

6.2. Methode 63

6.3. Exkurs: Strukturgleichungsmodelle 64

6.4. Datengrundlage und deskriptive Statistik..... 65

6.5. Herleitung Strukturgleichungsmodell..... 72

6.6. Ergebnisse der Strukturgleichungsanalyse 78

6.6.1. Modellspezifikation des Partial Least Squares-Verfahren..... 78

6.6.2. Gütebeurteilung des Strukturmodells..... 80

6.6.3. Gütebeurteilung des formativen Messmodells..... 84

6.6.4. Gütebeurteilung des Gesamtmodells 86

6.7. Diskussion der Metaanalyse 88

Verzeichnisse

7. Ergebnisse und Diskussion.....	90
7.1. Haltungsbedingungen	90
7.2. Futterzusammensetzung	94
7.3. Futterbedingungen	97
7.4. Alter der Eber	98
7.5. Zusammensetzung des Schlachtkörpers.....	100
7.6. Zucht	103
7.7. Weitere mögliche Einflussfaktoren auf die Entstehung von Ebergeruch : Produktion und Leistung.....	105
7.8. Zusammenfassung der Implikationen.....	106
8. Diskussion der Implikationen	112
9. Fazit	114
10. Zusammenfassung	115
11. Summary	116
12. Literaturverzeichnis	117

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: GRÖßENSTRUKTUR DER DEUTSCHEN SCHWEINEMASTBETRIEBE (2016) (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2016A: 26FF.) 4

ABBILDUNG 2: METABOLISMUS DES ANDROSTENON. MODIFIZIERT ÜBERNOMMEN AUS ZAMARATSKAIA, SQUIRES (2009)..... 6

ABBILDUNG 3: REGULATION DER SYNTHESE VON ANDROSTENON UND FAKTOREN, DIE DIE AKKUMULATION IM FETTGEWEBE BEEINFLUSSEN. HELLE PFEILE: SCHRITTE, DIE ZU NIEDRIGEN KONZENTRATIONEN IM FETT FÜHREN, DUNKLE PFEILE: SCHRITTE, DIE ZU HOHEN KONZENTRATIONEN IM FETT FÜHREN. (QUELLE: WEILER, WESOLY, 2012) 8

ABBILDUNG 4: ABLAUF DER SYNTHESE, DES METABOLISMUS UND DER EINLAGERUNG VON SKATOL / INDOL IN DAS FETTGEWEBE SOWIE EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE PROZESSE: HELLE PFEILE: SCHRITTE, DIE ZU NIEDRIGEN KONZENTRATIONEN IM FETT FÜHREN. DUNKLE PFEILE: SCHRITTE, DIE ZU HOHEN KONZENTRATIONEN IM FETT FÜHREN. (ÜBERNOMMEN AUS WEILER, WESOLY, 2012: 380) 10

ABBILDUNG 5: KORRELATIONSKOEFFIZIENT NACH PEARSON ZWISCHEN ANDROSTENON UND SKATOL (N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE)..... 15

ABBILDUNG 6: HERITABILITÄTSMÄßE FÜR ANDROSTENON UND SKATOL BEI EBERN 28

ABBILDUNG 7: SKATOLGEHALT IM FETT [IN µG/G] REINRASSIG GEZÜCHTETER EBER (N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE) 30

ABBILDUNG 8: ANDROSTENONGEHALT IM FETT [IN µG/G] REINRASSIG GEZÜCHTETER EBER (N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE) 31

ABBILDUNG 9: ANDROSTENON- UND SKATOLKONZENTRATIONEN IM BLUTPLASMA EINES MATUREN KEILERS IM STALL MIT STANDARDISIERTEM FUTTER UND KONTROLLIERTEM LICHTPROGRAMM. DIE MONATE ENTSPRECHEN DER BELEUCHTUNGSDAUER DES LICHTPROGRAMMS (NACH WEILER ET AL., 1992) 49

ABBILDUNG 10: ZEITLICHER ABLAUF DER ENTWICKLUNG DER GESCHLECHTSREIFE VON EBERN (CLAUS ET AL., 1994: 292) 56

ABBILDUNG 11: FORMATIVES UND REFLEKTIVES MESSMODELL NACH RINGLE ET AL. (2006): 83. 64

ABBILDUNG 12: BOXPLOTS DER FUTTERZUSAMMENSETZUNG (N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE)..... 66

ABBILDUNG 13: BOXPLOT DER TAGESZUNAHME DER EBER [IN G/TAG] (N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE) .. 67

ABBILDUNG 14: BOXPLOT DER FUTTERVERWERTUNG DER EBER [IN KG FUTTER/KG ZUWACHS] (N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE)..... 67

ABBILDUNG 15: BOXPLOT DES LEBENDGEWICHTS DER EBER [IN KG] (N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE) 68

ABBILDUNG 16: BOXPLOT DES SCHLACHTGEWICHTS DER EBER [IN KG] (N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE)... 68

ABBILDUNG 17: BOXPLOT DES MUSKELFLEISCHANTEILS DER EBER [IN %] (N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE)68

ABBILDUNG 18: BOXPLOTS DER ANDROSTENON- UND SKATOLKONZENTRATION IM BLUT [IN µG/L] (N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE)..... 69

ABBILDUNG 19: BOXPLOT DES ANTEILS GERUCHSAUFFÄLLIGER EBER [IN %] (N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE) 70

ABBILDUNG 20: BOXPLOT DER SKATOLKONZENTRATION..... 71

ABBILDUNG 21: BOXPLOT DER ANDROSTENONKONZENTRATION IM FETT [IN µG/G] (N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE) 71

ABBILDUNG 22: GESAMTMODELL DER STRUKTURGLEICHUNGSANALYSE ZUR ENTWICKLUNG VON EBERGERUCH (BZW. DER VERANTWORTLICHEN STOFFE) 73

Verzeichnisse

ABBILDUNG 23: TEILMODELL DER STRUKTURGLEICHUNGSANALYSE FÜR DIE ENDOGENE VARIABLE „PRODUKTION“	75
ABBILDUNG 24: TEILMODELL DER STRUKTURGLEICHUNGSANALYSE FÜR DIE ENDOGENE VARIABLE „SPEICHER“	76
ABBILDUNG 25: TEILMODELL DER STRUKTURGLEICHUNGSANALYSE FÜR DIE ENDOGENE VARIABLE „LEISTUNG“	77
ABBILDUNG 26: TEILMODELL DER STRUKTURGLEICHUNGSANALYSE FÜR DIE ENDOGENE VARIABLE „SCHLACHTKÖRPER“	78
ABBILDUNG 27: ERGEBNIS DER STRUKTURGLEICHUNGSANALYSE FÜR DAS GESCHÄTZT MODELLE ZUR VERMEIDUNG VON GERUCHSAUFFÄLLIGKEITEN BEI DER MAST VON EBERN.....	79
ABBILDUNG 28: ANNAHMEN IM PLS-MODELL (ÜBERNOMMEN AUS RINGLE, 2004: 14).....	80
ABBILDUNG 29: GEWEBEANTEILE IN SCHLACHTKÖRPERN VON KASTRATEN UND EBERN [IN %] (DOBROWOLSKI ET AL., 1995)	101
ABBILDUNG 30: SCATTERPLOT DER SKATOLKONZENTRATION IM FETT SOWIE IM BLUT VON EBERN (N= 19 BETRACHTETE EXPERIMENTE)	110

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: GESCHLECHTSUNTERSCHIEDE DER DURCHSCHNITTLICHEN SKATOLKONZENTRATIONEN (NG/G) IM RÜCKENSPECK (ÜBERNOMMEN AUS LÖSEL, 2006) 11

TABELLE 2: EINFLUSS VERSCHIEDENER FAKTOREN AUF SKATOL UND ANDROSTENON (MODIFIZIERT ÜBERNOMMEN AUS STOLL, 2003, VGL. BAUMGARTNER ET AL., 2004) 17

TABELLE 3: BEEINFLUSSUNG DES ANDROSTENONGEHALTS (IN BLUT ODER FETT) DURCH DIE FUTTERZUSAMMENSETZUNG (EIGENE ZUSAMMENSTELLUNG) 18

TABELLE 4: BEEINFLUSSUNG DES SKATOLGEHALTS DURCH DIE FÜTTERUNG UNVERDAULICHER KOHLENHYDRATE (EIGENE ZUSAMMENSTELLUNG) 20

TABELLE 5: BEEINFLUSSUNG DES SKATOLGEHALTS DURCH ANTIBIOTIKA 21

TABELLE 6: BEEINFLUSSUNG DES SKATOLGEHALTS DURCH DIE FÜTTERUNGSFORM (EIGENE ZUSAMMENSTELLUNG) 22

TABELLE 7: BEEINFLUSSUNG DES SKATOLGEHALTS DURCH FUTTERZUSÄTZE (Z.B. AMINOSÄUREN) (EIGENE ZUSAMMENSTELLUNG) 23

TABELLE 8: BEEINFLUSSUNG DES SKATOLGEHALTS DURCH DIE FUTTERZUSAMMENSETZUNG (EIGENE ZUSAMMENSTELLUNG) 26

TABELLE 9: BEEINFLUSSUNG DES SKATOLGEHALTS DURCH DIE FÜTTERUNGSBEDINGUNGEN (EIGENE ZUSAMMENSTELLUNG) 27

TABELLE 10: HERITABILITÄTSMAßE VON EBERGERUCH (EIGENE ZUSAMMENSTELLUNG) 29

TABELLE 11: ÜBERSICHT ÜBER DIE MITTELWERTE DER ANDROSTENON- UND SKATOLGEHALTE IN FETT [MG/G] UND BLUT [MG/L] DER VERSCHIEDENEN VATERZUCHTLINIEN (N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE)..... 32

TABELLE 12: ÜBERPRÜFUNG DER STATISTISCHEN VORAUSSETZUNG FÜR DEN VERGLEICH DER VATERZUCHTLINIEN..... 33

TABELLE 13: ZUSAMMENSTELLUNG ÜBER DIE SIGNIFIKANTEN UNTERSCHIEDE ZWISCHEN DEN VATERZUCHTLINIEN 35

TABELLE 14: ÜBERPRÜFUNG DER STATISTISCHEN VORAUSSETZUNG FÜR DEN VERGLEICH ZWISCHEN DEN RASSEN DER VATERZUCHTLINIEN MIT UNTERSCHIEDLICHER ZUCHTAUSRICHTUNG 37

TABELLE 15: ZUSAMMENSTELLUNG ÜBER DIE SIGNIFIKANTEN UNTERSCHIEDE ZWISCHEN DEN RASSEN DER VATERZUCHTLINIEN MIT UNTERSCHIEDLICHER ZUCHTAUSRICHTUNG 38

TABELLE 16: ÜBERSICHT ÜBER DIE ANDROSTENON- UND SKATOLGEHALTE IN FETT [MG/G] UND BLUT [MG/L] DER VERSCHIEDENEN MUTTERZUCHTLINIEN (N= ANZAHL DER BETRACHTETEN EXPERIMENTE) 39

TABELLE 17: ÜBERPRÜFUNG DER STATISTISCHEN VORAUSSETZUNG FÜR DEN VERGLEICH DER MUTTERZUCHTLINIEN... 40

TABELLE 18: ZUSAMMENSTELLUNG ÜBER DIE SIGNIFIKANTEN UNTERSCHIEDE ZWISCHEN DEN MUTTERZUCHTLINIEN .. 41

TABELLE 19: ÜBERPRÜFUNG DER STATISTISCHEN VORAUSSETZUNG FÜR DEN VERGLEICH ZWISCHEN DEN RASSEN DER MUTTERZUCHTLINIEN MIT UNTERSCHIEDLICHER ZUCHTAUSRICHTUNG 43

TABELLE 20: ZUSAMMENSTELLUNG ÜBER DIE SIGNIFIKANTEN UNTERSCHIEDE ZWISCHEN DEN RASSEN DER MUTTERZUCHTLINIEN MIT UNTERSCHIEDLICHER ZUCHTAUSRICHTUNG 44

TABELLE 21: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER GRUPPENZUSAMMENSETZUNG UND DER SKATOLKONZENTRATION BEI SCHLACHTSCHWEINEN 46

TABELLE 22: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER GRUPPENZUSAMMENSETZUNG UND DER ANDROSTENONKONZENTRATION BEI SCHLACHTSCHWEINEN..... 47

TABELLE 23: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER BODENBESCHAFFENHEIT UND DER SKATOLKONZENTRATION BEI SCHLACHTSCHWEINEN 48

Verzeichnisse

TABELLE 24: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER BELICHTUNG BZW. DEN JAHRESZEITEN UND DER SKATOLKONZENTRATION BEI SCHLACHTSCHWEINEN	48
TABELLE 25: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER BELICHTUNG BZW. DEN JAHRESZEITEN UND DER ANDROSTENONKONZENTRATION BEI SCHLACHTSCHWEINEN.....	51
TABELLE 26: EINFLUSS DES SCHLACHT- (SG) BZW. LEBENDGEWICHTS (LG) AUF DIE SKATOLKONZENTRATION IN EBERN	53
TABELLE 27: EINFLUSS DES LEBENDGEWICHTS (LG) AUF DIE ANDROSTENONKONZENTRATION IN EBERN (EIGENE ZUSAMMENSTELLUNG)	57
TABELLE 28: EINFLUSS DES ALTERS AUF DIE SKATOLKONZENTRATION IN EBERN	58
TABELLE 29: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN ALTER UND ANDROSTENONKONZENTRATION IN EBERN	58
TABELLE 30: KORRELATIONEN ZWISCHEN SCHLACHTGEWICHT UND -ALTER SOWIE ANDROSTENON- UND SKATOLKONZENTRATIONEN IM SCHLACHTKÖRPER (EIGENE BERECHNUNGEN, BASIEREND AUF 165 FÜTTERUNGSEXPERIMENTEN)	59
TABELLE 31: HYPOTHESEN BZW. FORSCHUNGSFRAGEN DES STRUKTURGLEICHUNGSMODELLS BASIEREND AUF DEN EMPFEHLUNGEN DER QS GMBH (2013).....	62
TABELLE 32: KORRELATIONSKOEFFIZIENT NACH PEARSON ZWISCHEN DEN INDIKATOREN DER SCHLACHTKÖRPERZUSAMMENSETZUNG (EIGENE BERECHNUNG).....	69
TABELLE 33: KORRELATIONSKOEFFIZIENT NACH PEARSON ZWISCHEN DEN INDIKATOREN DER PRODUKTION DER GERUCHSRELEVANTEN STOFFE (EIGENE BERECHNUNG)	70
TABELLE 34: KORRELATIONSKOEFFIZIENT NACH PEARSON ZWISCHEN DEN INDIKATOREN DES EBERGERUCHS (EIGENE BERECHNUNG).....	71
TABELLE 35: GÜTE DES STRUKTURMODELLS - BESTIMMTHEITSMAß.....	81
TABELLE 36: BEWERTUNG STRUKTURMODELL - PFADKOEFFIZIENTEN.....	82
TABELLE 37: GÜTE DES STRUKTURMODELLS - EFFEKTSTÄRKE.....	83
TABELLE 38: GÜTE DES STRUKTURMODELLS - SCHÄTZRELEVANZ	84
TABELLE 39: GÜTE DER FORMATIVEN MESSMODELLE	85
TABELLE 40: KORRELATIONSKOEFFIZIENT NACH PEARSON, ZUR ÜBERPRÜFUNG AUF MULTIKOLLINEARITÄT	86
TABELLE 41: BEWERTUNG DER HYPOTHESEN ANHAND DER ERGEBNISSE DER STURKTURGLEICHUNGSANALYSE BEZOGEN AUF DIE HALTUNGSBEDINGUNGEN.....	91
TABELLE 42: IMPLIKATIONEN FÜR DIE HALTUNGSBEDINGUNGEN VON EBERN MIT DEM ZIEL EINER MÖGLICHST GERINGEN GERUCHSAUFFÄLLIGKEIT... ..	93
TABELLE 43: BEWERTUNG DER HYPOTHESEN ANHAND DER ERGEBNISSE DER STURKTURGLEICHUNGSANALYSE BEZOGEN AUF DIE FUTTERZUSAMMENSETZUNG	95
TABELLE 44: IMPLIKATIONEN FÜR DIE FUTTERZUSAMMENSETZUNG VON EBERN MIT DEM ZIEL EINER MÖGLICHST GERINGEN GERUCHSAUFFÄLLIGKEIT... ..	96
TABELLE 45: BEWERTUNG DER HYPOTHESEN ANHAND DER ERGEBNISSE DER STURKTURGLEICHUNGSANALYSE BEZOGEN AUF DIE FUTTERBEDINGUNGEN	97
TABELLE 46: IMPLIKATIONEN FÜR DIE FUTTERBEDINGUNGEN VON EBERN MIT DEM ZIEL EINER MÖGLICHST GERINGEN GERUCHSAUFFÄLLIGKEIT... ..	97
TABELLE 47: BEWERTUNG DER HYPOTHESEN ANHAND DER ERGEBNISSE DER STURKTURGLEICHUNGSANALYSE BEZOGEN AUF DAS ALTER DER EBER	98

Verzeichnisse

TABELLE 48: IMPLIKATIONEN FÜR DAS ALTER DER EBER MIT DEM ZIEL EINER MÖGLICHST GERINGEN GERUCHSAUFFÄLLIGKEIT...	98
TABELLE 49: BEWERTUNG DER HYPOTHESEN ANHAND DER ERGEBNISSE DER STURKTURGLEICHUNGSANALYSE BEZOGEN AUF DIE ZUSAMMENSETZUNG DES SCHLACHTKÖRPERS	100
TABELLE 50: IMPLIKATIONEN FÜR DIE SCHLACHTKÖRPERZUSAMMENSETZUNG VON EBERN MIT DEM ZIEL EINER MÖGLICHST GERINGEN GERUCHSAUFFÄLLIGKEIT.....	101
TABELLE 51: GEWEBEANTEILE [IN %] INNERHALB DER TEILSTÜCKE NACH DLG-ZUSCHNITT VON KASTRATEN (N=37) UND EBERN (N=96) NACH DOBROWOLSKI ET AL. (1995).....	102
TABELLE 52: BEWERTUNG DER HYPOTHESEN ANHAND DER ERGEBNISSE DER STURKTURGLEICHUNGSANALYSE BEZOGEN AUF DIE ZUCHT.....	103
TABELLE 53: IMPLIKATIONEN FÜR DIE ZUCHT VON EBERN MIT DEM ZIEL EINER MÖGLICHST GERINGEN GERUCHSAUFFÄLLIGKEIT... ..	104
TABELLE 54: IMPLIKATIONEN FÜR DIE PRODUKTION VON EBERN MIT DEM ZIEL EINER MÖGLICHST GERINGEN GERUCHSAUFFÄLLIGKEIT... ..	105
TABELLE 55: IMPLIKATIONEN FÜR DIE MASTLEISTUNG VON EBERN MIT DEM ZIEL EINER MÖGLICHST GERINGEN GERUCHSAUFFÄLLIGKEIT... ..	106
TABELLE 56: ZUSAMMENFASSUNG DER IMPLIKATIONEN FÜR EINE GERUCHSREDUZIERT EBERMAST UND –ZUCHT	107
TABELLE 57: IMPLIKATIONEN FÜR DIE ZUCHT UND MAST VON EBERN MIT DEM ZIEL EINER MÖGLICHST GERINGEN KÖRPEREIGENEN PRODUKTION VON SKATOL UND ANDROSTENON	108
TABELLE 58: IMPLIKATIONEN FÜR DIE ZUCHT UND MAST VON EBERN MIT DEM ZIEL EINER MÖGLICHST GERINGEN SPEICHERUNG VON SKATOL UND ANDROSTENON SOWIE GERUCHSAUFFÄLLIGKEIT	109
TABELLE 59: IMPLIKATIONEN FÜR DIE ZUCHT UND MAST VON EBERN MIT DEM ZIEL EINER MÖGLICHST GERINGEN SPEICHERUNG VON SKATOL UND ANDROSTENON SOWIE GERUCHSAUFFÄLLIGKEIT (INDIREKTER EINFLUSS)	109
TABELLE 60: KORRELATIONSKOEFFIZIENT NACH PEARSON ZWISCHEN DEN PLASMAKONZENTRATIONEN UND DER KONZENTRATION IM FETT DER GERUCHSRELEVANTEN STOFFE	111

Abkürzungsverzeichnis

Abs.	Absatz
BHZP	Bundeshybrid-Zuchtprogramm
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm ²	Quadratcentimeter
d.h.	das heißt
EG	Europäische Gemeinschaft
EU	Europäische Union
€	Euro
e.V.	eingetragener Verein
et al.	et alii
f.	folgend
ff.	fortfolgend
ggf.	gegebenenfalls
GnRF	Gonadotropin-Releasing-Faktor
GnRH	Gonadotropin-Releasing-Hormon
IGF 1	Insulin-like growth factor 1
ISN	Interessengemeinschaft der Schweinehalter Deutschland e.V.
kg	Kilogramm
l	Liter
LG	Lebendgewicht
LH	Luteinisierendes Hormons
ME	Metabolische Energie
MFA	Muskelfleischanteil
Mio.	Millionen
µg	Mikrogramm
MJ	Megajoule
MW	Mittelwert
NaN	Not a Number
ng	Nanogramm
Nr.	Nummer
o.V.	ohne Verfasser
PLS	Partial Least Squares

Verzeichnisse

PUFA	Polyunsaturated fatty acids
Q1	1. Quartil
Q3	3. Quartil
s.	siehe
HSD	Hydroxysteroid-Dehydrogenase
SG	Schlachtgewicht
spp.	Spezies
Sig.	Signifikanz
TierSchNutzV	Tierschutz-Nutztierverordnung
vgl.	vergleiche
vs.	versus
VIF	Variance Inflation Factor
z.B.	zum Beispiel

1. Problemstellung

„Der Ebergeruch ist erforscht“, so titelten die Medien im Februar 2016. Die zahlreichen von unterschiedlichen Förderern und Auftraggebern veranlassten Studien gäben den Praktikern ausreichend Handlungsempfehlungen, so die generelle Auffassung.

Und doch zeigen sich große Diskrepanzen zwischen den verschiedenen Studienergebnissen. Das multifaktorielle Zusammenspiel der einzelnen Einflussgrößen macht eine allgemeingültigere Aussage zur Vermeidung des Ebergeruchs notwendig.

58 Mio. Schweine werden in Deutschland im Jahr 2012 geschlachtet (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2013a). Etwa die Hälfte von ihnen sind Tiere, die in den ersten sieben Lebenstagen betäubungslos kastriert werden (TIERSCHUTZGESETZ § 5, Abs. 3, Nr. 1a). Die bislang übliche betäubungslose Kastration ist ab 2019 verboten (BMELV, 2012b). Die Ebermast wird als aussichtsreiche Alternative zum Umgang mit dem Verbot angesehen. Die Vorteile in höheren Tageszunahmen, einer kürzeren Mastdauer und einem geringeren Fettgehalt des Fleisches von Ebern gegenüber Kastraten gehen mit einem gravierenden Nachteil einher: Eberfleisch kann einen geschlechtsspezifischen Geruch entwickeln, der zu einer Wertminderung des Fleisches führt. Der Geruch wird durch zwei Stoffe verursacht, Skatol und Androstenon. Sie werden in der Wahrnehmung als urin- und fäkalartig beschrieben. Nicht alle Menschen können das Androstenon wahrnehmen, wobei die Angaben der Wahrnehmungsrate je nach geographischer Herkunft, Geschlecht und Alter der Probanden zwischen 11 und 37 % variieren (BREMNER ET AL., 2003; WYSOCKI, BEAUCHAMP, 1984; WYSOCKI ET AL., 1989; FONT I FURNOLS ET AL., 2003). Skatol hingegen kann von einem größeren Teil der Menschen wahrgenommen werden (HANSSON ET AL., 1980). Zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten haben sich dem Themenkomplex gewidmet und Eber hinsichtlich ihrer Skatol- sowie Androstenongehalte untersucht. Die durchgeführten Studien variieren stark hinsichtlich des Untersuchungsdesigns. Wird die eine Studie mit Einzelhaltung der Tiere durchgeführt, so werden die anderen Tiere in Kleingruppen gehalten. Weitere Unterschiede finden sich in der Fütterungsform, der Futterzusammensetzung, der Genetik sowie den weiteren Haltungsbedingungen. Die genannten Unterschiede im Experimentaufbau können einen Einfluss auf die Ergebnisse der Studien haben. Diese Einflüsse wurden bislang nicht miteinander verglichen. Aus diesem Grund hat die vorliegende Arbeit zunächst zum Ziel, die verschiedenen Experimente zur Entwicklung des Ebergeruchs mittels einer Metaanalyse zusammenzutragen. Darüber hinaus besteht die Absicht, eine Bewertung der Einflussfaktoren vorzunehmen und allgemeingültige Aussagen zu tätigen, die bislang aufgrund der einzeln betrachteten Experimente nicht möglich waren.

2. Einführung

Die Mast von Ebern ist bis dato in Deutschland nur begrenzt verbreitet. Aufgrund veränderter gesetzlicher Bestimmungen hat sie aber in den vergangenen Jahren zugenommen. Bei der Mast männlicher unkastrierter Schweine ist es möglich, dass das gesamte Fleisch eines Schlachtkörpers einen für den Endverbraucher unangenehmen geschlechtsspezifischen Geruch entwickeln kann, den sogenannten Ebergeruch. Das Fleisch solch geruchsauffälliger Tiere kann erst nach der Schlachtung in den Schlachtbetrieben identifiziert werden und muss verworfen werden, wenn es nicht durch weitere Verarbeitung maskiert werden kann. Die Wahrscheinlichkeit für eine Geruchsauffälligkeit bei den Ebern kann von den Mästern durch verschiedene Faktoren beeinflusst werden. Zunächst wird die Bedeutung der Wertschöpfungskette Schwein in Deutschland hervorgehoben, um das Gewicht des Verbotes der betäubungslosen Kastration für die Landwirtschaft und die nachfolgenden Wirtschaftszweige zu verdeutlichen.

In Deutschland werden jährlich mehr als 59 Mio. Schweine (2015) geschlachtet (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2016b). Rund die Hälfte dieser Tiere sind Kastraten. Die Mast kastrierter Eber ist in Deutschland üblich, da es bei unkastrierten Tieren zu unerwünschten Geruchsauffälligkeiten des Fleisches kommen kann (HÜGEL, 2010). Diese Abweichung wird von einem Teil der Konsumenten als unangenehm wahrgenommen (FONT I FURNOLS ET AL., 2003; BREMNER ET AL., 2003; WEILER ET AL., 2000). Die EU plant für das Jahr 2019 die betäubungslose Ferkelkastration (BUNDESRAT, 2012), wie sie bisher in Deutschland innerhalb der ersten sieben Lebensstage erlaubt ist (TIERSCHUTZGESETZ §5, Abs. 3, Nr.1a), zu verbieten (BMELV, 2012b). Der Lebensmitteleinzelhandel hat bereits in Mitteilungen im Jahr 2015 verlauten lassen, dass sie ab 2017 kein Fleisch betäubungslos kastrierter Schweine veräußern wollen. Die deutschen Schweinemäster müssen sich den neuen Marktanforderungen stellen. Ihnen bieten sich drei Alternativen.

Zum einen besteht die Möglichkeit, die Tiere gegen den sogenannten Ebergeruch zu impfen. Die dafür erforderliche Immunokastration ist seit dem 11. Mai 2009 für den europäischen Markt zugelassen (O.V., 2009), findet jedoch in Deutschland bislang kaum Anwendung. Die Kosten einer Immunokastration belaufen sich auf rund 4,50 € pro Tier (ASSE, 2009: 1) und liegen in einer ähnlichen Größenordnung wie die Kosten, die bei einer Ferkelkastration mit Betäubung (3,31 € pro Ferkel) (SCHRADER, 2012: 12) entstehen. Der Vergleich der Deckungsbeiträge pro Tier zeigt, dass die Ebermast mit 27,68 € pro Tier der Immunokastration mit einem Deckungsbeitrag von lediglich 21,23 € pro Tier, um mehr als 30 % überlegen ist (STEINMANN ET AL., 2012: 165). Die durch die (Immuno-)Kastration entstandenen Kosten können jedoch nicht an die Schlachtunternehmen weitergegeben werden. Außerdem werden sie auch nicht durch die Schlachtunternehmen vergütet. Die Kastration mit vorangegangener Betäubung stellt die zweite Möglichkeit dar, mit dem bevorstehenden Verbot umzugehen.

Einführung

Eine dritte Möglichkeit besteht in der Mast von Ebern. Diese Handlungsalternative wird zunehmend als realistisch angesehen (AGRARHEUTE, 2012). Die Ebermast ist nicht nur mit der bereits erwähnten Ungewissheit bezüglich des Ebergeruchs, sondern auch mit Vorteilen besetzt. Diese sind im Bereich des Fleischansatzes, der Tageszunahmen und der Wirtschaftlichkeit zu finden, was PREINERSTORFER ET AL. (2010) ausführlich darstellen. Der Ebermäster gibt die Unsicherheit und die damit verbundenen Kosten, die mit der möglichen Geruchsauffälligkeit des Eberfleisches verbunden sind, an die Schlachtunternehmen weiter. Der Schweinehalter ist nicht unmittelbar von Mehrkosten für die Impfung oder Betäubung betroffen, wie es bei einer (Immuno-)Kastration der Fall ist. Angesichts der gesamtwirtschaftlichen Sicht schmälert die mögliche Entstehung des Ebergeruchs die Vorteile der Ebermast. Geruchsauffälliges Fleisch darf laut VERORDNUNG (EG) NR. 854/2004 nicht ohne weitere Verarbeitung zum menschlichen Verzehr eingesetzt werden. Es ist für genussuntauglich zu erklären. Es existieren verschiedene Möglichkeiten, die Entstehung einer möglichen Geruchsauffälligkeit zu verhindern. Die Stellschrauben wurden in zahlreichen Studien untersucht. Als relevant werden: Futter, Haltungsform, Gruppenzusammensetzung, Schlachtgewicht und -alter sowie genetische Herkunft genannt. Sie haben Einfluss auf die Höhe von Skatol- und Androstenonlevel. Diese beiden Stoffe sind für die Entstehung des Ebergeruchs verantwortlich (HANSSON ET AL., 1980). Den Schlachtunternehmen bietet sich nach der Detektion der geruchsauffälligen Tiere die Möglichkeit, über gezielte Verarbeitung (Pökeln, Marinieren, Fermentieren, Räuchern (LUNDE ET AL., 2008: 1264), Verarbeitung zu Kochschinken (DEHNHARD ET AL., 1995: 66)) oder Untermischung den unerwünschten Eigengeruch des Eberfleisches zu kaschieren. Die Detektion erfolgt durch speziell geschulte Mitarbeiter, die eine Geruchsprobe am Schlachtkörper vornehmen. Detektion und Selektion sind für die schweineschlachtenden Betriebe mit zusätzlichen Kosten verbunden, da die Komplexität sowie der Organisationsaufwand im Unternehmen steigen. Eine Befragung unter deutschen Schlachtunternehmen hat ergeben, dass Kosten in Höhe von 0,50 bis 2,00 € pro Jungeber entstehen (STEINMANN ET AL., 2012: 156). Es besteht demzufolge ein Interesse der Schlacht- und fleischverarbeitenden Unternehmen, aber auch der gesamten Gesellschaft, unnötige Kosten der Fleischproduktion und Lebensmittelverschwendung zu vermeiden, indem der Anteil der geruchsauffälligen Tiere möglichst gering ist. Die Betriebe der Wertschöpfungskette Schwein sind mit dem künftigen Verbot gezwungen, alternative Wege in der Produktion zu beschreiten. Dabei gilt es mögliche Mehrkosten und Unsicherheiten durch gegebenenfalls vorhandenen Ebergeruch soweit wie möglich zu senken. Doch welche Faktoren sind relevant für die Entstehung? Um zunächst das Ausmaß des Verbotes der betäubungslosen Kastration für die Wirtschaft hervorzuheben, befasst sich der folgende Abschnitt mit der Struktur der Schweinefleischproduktion und -verarbeitung.

Exkurs: Struktur der Schweinefleischproduktion und -verarbeitung

In Deutschland werden insgesamt 12,3 Mio. Mastschweine (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2017: 6) in mehr als 20.500 Betriebe (2016) gehalten (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2016a: 6). Diese Betriebe sind sehr heterogen hinsichtlich ihrer Größenstruktur, wie Abbildung 1 zeigt.



ABBILDUNG 1: GRÖßENSTRUKTUR DER DEUTSCHEN SCHWEINEMASTBETRIEBE (2016)
(STATISTISCHES BUNDESAMT, 2016A: 26FF.)

Mehr als die Hälfte (63 %) der Betriebe halten weniger als 1.000 Tiere. 1.000 bis 2.499 Mastschweine werden in knapp 26 % der am Markt agierenden Betriebe gehalten und weitere 11 % der Betriebe halten 2.000 und mehr Tiere. Die rund 12 Mio. Mastplätze in Deutschland sind zu 10 % in Betrieben mit weniger als 500 Plätzen. Der Großteil (76 %) der Schweine wird in Betrieben mit 500 bis 4.999 Mastplätzen gehalten. Die restlichen 14 % der Mastplätze entfallen auf Betriebe mit mehr als 5.000 Mastplätzen (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2016a: 6f.).

Doch gilt es nicht nur die Seite des landwirtschaftlichen Angebots zu betrachten, sondern auch die Seite der Nachfrage. In Deutschland sind im Jahr 2011 121 Betriebe¹ (BMELV 2012a) in der Schlachtindustrie tätig. Die Betriebe erwirtschaften mit rund 58 Mio. geschlachteten Schweinen und mehr als 5,5 Mio. t Schlachtmenge, einen erheblichen Umsatz (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2013b: 5). Die INTERESSENGEMEINSCHAFT DER SCHWEINEHALTER DEUTSCHLANDS E.V. (ISN) berichtet von Kapazitäten einzelner Schlachtunternehmen, die bei mehr als 12 Mio. Schweinen im Jahr liegen (ISN, 2009). Trotz zunehmender Importe von Schlachtschweinen (2006: 3,7 Mio. geschlachtete Schweine ausländischer Herkunft (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2008), das entspricht 7 % der gesamt in Deutschland geschlachteten Schweine (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2007)), konkurrieren die Schlachtunternehmen um Lieferanten, um ihre Produktionskapazitäten auszulasten.

Im Verarbeitenden Gewerbe sind 5,4 Mio. Personen (2016) beschäftigt. Allein in der Schlachtung und Verarbeitung sind 86.752 Personen tätig. Das entspricht 1,6 % der beschäftigten Menschen, die 2,1 % des Umsatzes in diesem Zweig erwirtschaften (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2017). Die Mast von Schwei-

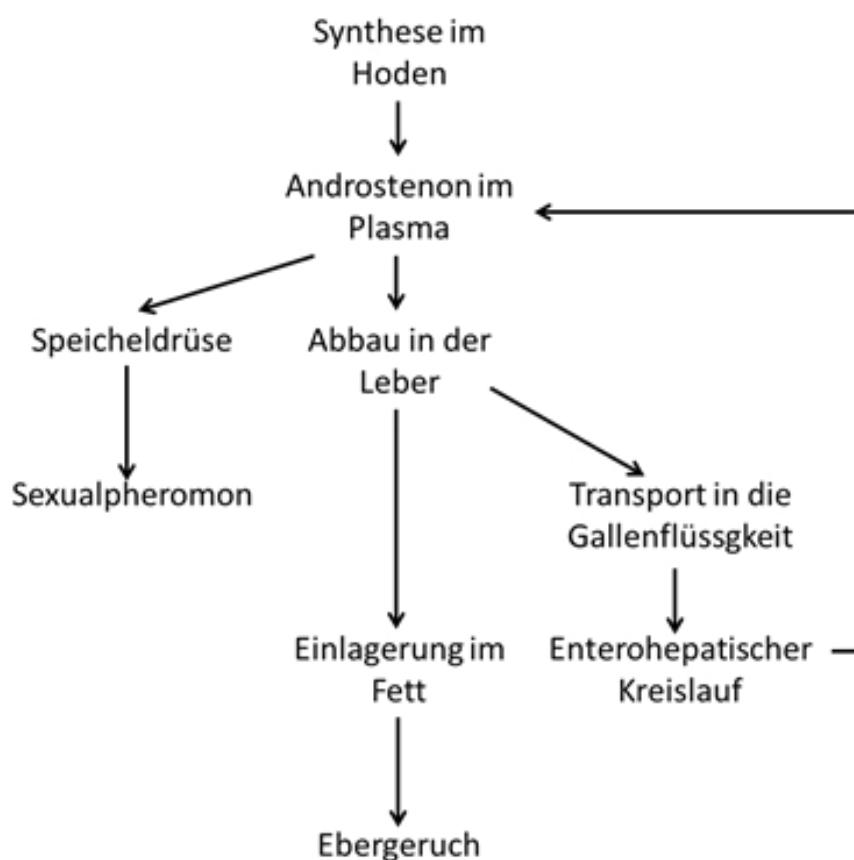
¹ Mit 50 und mehr Beschäftigten, zuvor noch mit 20 und mehr Beschäftigten.

Einführung

nen ist aus den eben aufgeführten Gründen für die deutsche Agrar- und Ernährungswirtschaft von besonderer Bedeutung. Aus diesem Grund ist es unerlässlich, nach innovativen Wegen zu suchen, wie mit dem Verbot der betäubungslosen Kastration umgegangen wird, damit dieser Zweig der deutschen Wirtschaft auch in Zukunft ein geregeltes Auskommen erwirtschaften kann. Die Forschungsergebnisse lassen verhaltenen Optimismus zu, dass es möglich ist, den Ebergeruch im Fleisch zu verhindern. Ehe auf die Resultate der Studien eingegangen wird, erfolgt ein kurzer Abriss zur Entstehung und Wahrnehmung des Ebergeruchs.

3. Physiologische Hintergründe des Ebergeruchs

Es wird eine Mischung von chemischen Substanzen für die Entstehung des geschlechtsspezifischen Geruchs, dem Ebergeruch, verantwortlich gemacht. Skatol und Androstenon werden als die dominierenden Faktoren betrachtet (HANSSON ET AL., 1980; DE KOCK ET AL., 2000; DIJKSTERHUIS ET AL., 2000). Treten diese beiden Stoffe, einzeln oder gemeinsam, im Fettgewebe bzw. im Fleisch der Tiere auf, so führt dies zum genannten unangenehmen Geruch. Im Folgenden wird Androstenon und anschließend Skatol hinsichtlich seiner chemischen Entstehung genauer beschrieben, um eine Grundlage für die weiteren Überlegungen hinsichtlich der Vermeidung dieses Geruches in der Mast und Zucht zu legen.



**ABBILDUNG 2: METABOLISMUS DES ANDROSTENON.
MODIFIZIERT ÜBERNOMMEN AUS ZAMARATSKAIA, SQUIRES (2009)**

Die genaue Bezeichnung für das im Allgemeinen Androstenon genannte pheromonale Steroid, lautet Androst-16-en-3-on. Es wird aus Cholesterol gebildet. Die detaillierten Syntheseschritte sind in Abbildung 3 abgebildet. Sie finden vor allem in der Leber der Tiere statt. Androstenon weist große Ähnlichkeiten mit den Sexualhormonen auf. Es besitzt jedoch selbst keine hormonelle Wirkung im Körper (BROOKS, PEARSON, 1986), obwohl die Produktion eng mit der Pubertät und Geschlechtsreife der Tiere verbunden ist (ALLRICH ET AL., 1982; ZAMARATSKAIA, 2004). Androstenon wird in den Leydigischen Zwi-

Physiologische Hintergründe des Ebergeruchs

schenzellen der Hoden produziert (HÜHN, 2012; DORAN ET AL., 2004; PATTERSON, 1968). Die Synthese wird von der Hypophysen-Hoden-Achse gesteuert. Das im Hypothalamus freigesetzte Gonadotropin-Releasing-Hormon (GnRH) regt die Freisetzung des Luteinisierenden Hormons (LH) an. Das LH beeinflusst wiederum die Produktion und Ausschüttung von Androgenen aus den Leydigzellen (MEINECKE, 2000). Die zwei Wege, die das Androstenon nach seiner Synthese nehmen kann, sind in Abbildung 2 dargestellt. Zum einen wird das im Hoden produzierte Androstenon über die Blutbahn zur Ohrspeicheldrüse transportiert, um als Duftstoff die Paarungsbereitschaft der Sau auszulösen. Zu diesem Zweck wird der Stoff über den Speichel, gebunden an Pheromaxein (BABOL ET AL., 1996; BRACHER-JAKOB, 2000; ANDRESEN, 2006; CHEN, 2007), freigesetzt. Den zweiten Weg, den das Androstenon im Körper der Eber geht, ist über die Blutbahn hin zur Leber. Dort wird es inaktiviert (SINCLAIR ET AL., 2005; ZAMARATSKAIA, SQUIRES, 2009) und gewinnt dabei an Polarität sowie Wasserlöslichkeit, so dass eine Ausscheidung über die Galle und die Niere möglich wird (SINCLAIR ET AL., 2005).

Um etwaige Konzentrationsschwankungen des Androstenons im Blut regulieren zu können, wird das Steroid in verschiedenen Fettdepots gespeichert (FISCHER, 1999). Eine Einlagerung des stark lipophilen Androstenons (DORAN ET AL., 2004; ANDRESEN, 2006) ins Fettgewebe geschieht ab einer Plasmakonzentration von 15 ng/ml (ANDRESEN, 1976).

Physiologische Hintergründe des Ebergeruchs

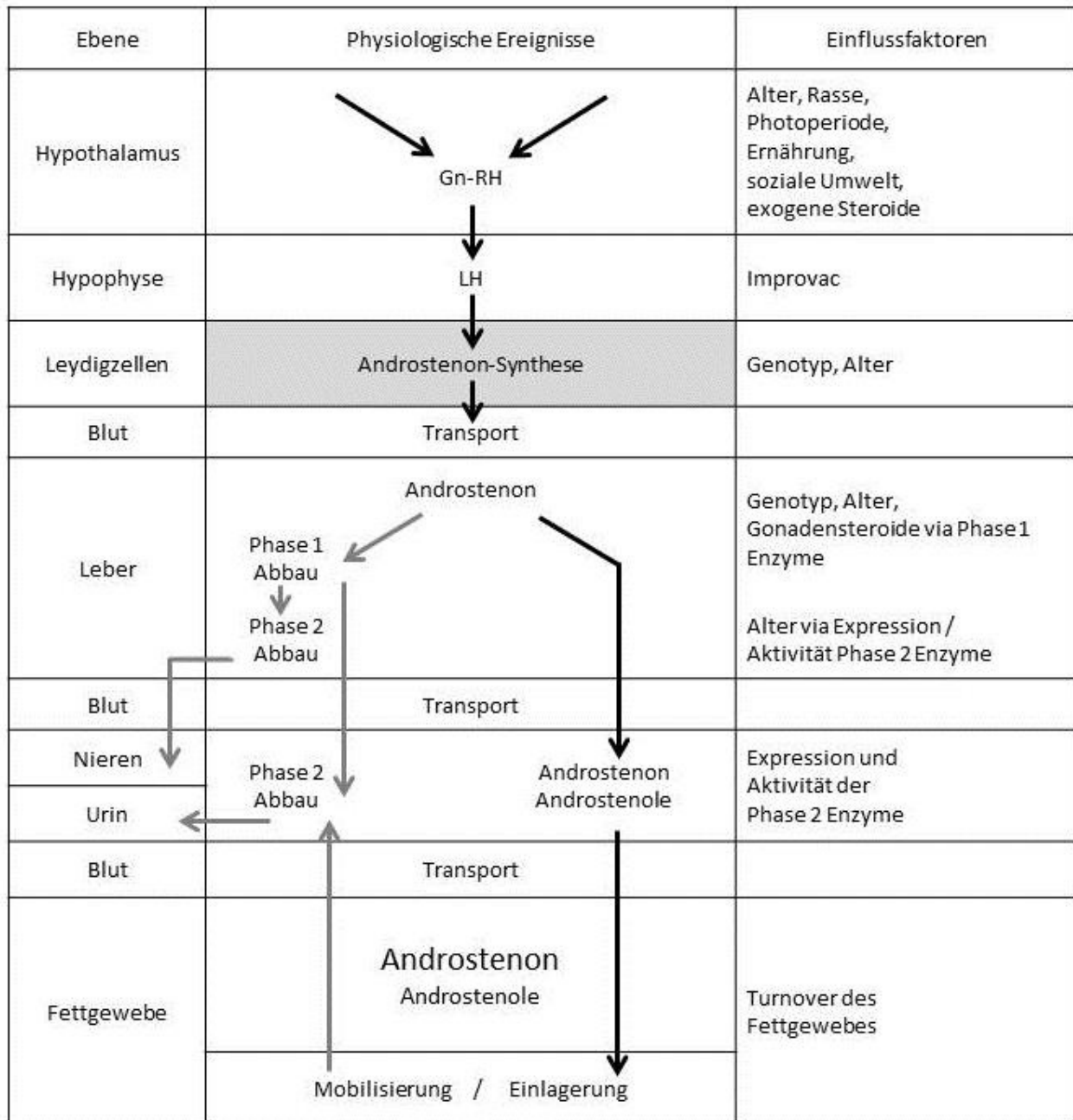


ABBILDUNG 3: REGULATION DER SYNTHESE VON ANDROSTENON UND FAKTOREN, DIE DIE AKKUMULATION IM FETTGeweBE BEEINFLUSSEN. HELLE PFEILE: SCHRITTE, DIE ZU NIEDRIGEN KONZENTRATIONEN IM FETT FÜHREN, DUNKLE PFEILE: SCHRITTE, DIE ZU HOHEN KONZENTRATIONEN IM FETT FÜHREN. (QUELLE: WEILER, WESOLY, 2012)

Bei dem zweiten für den Ebergeruch verantwortlichen Stoff, dem Skatol (3-Methylindol), handelt es sich um ein mikrobielles Abbauprodukt des Tryptophans aus Blind- und Dickdarm (LÖSEL, 2006; VOLD, 1970; LUNDSTRÖM ET AL. 2009; WALSTRA, MAARSE, 1970) (vergleiche dazu Abbildung 4). L-Tryptophan wird von den Dickdarmbakterien als Energiequelle genutzt, wenn keine leichter verfügbaren Substrate vorliegen. Liegt beispielsweise ausreichend Glukose im Dickdarm vor, so wird diese bevorzugt verstoffwechselt und es wird weniger Skatol produziert (BOYD, LICHTSTEIN, 1955; DEMOSS, MOSER, 1969). Skatol entsteht bei Monogastrien, wenn Tryptophan unter bakterieller Beteiligung (*Escherichia coli*,

Physiologische Hintergründe des Ebergeruchs

Clostridium spp. und Laktobazillus spp.) zu Indol und Indolesigsäure abgebaut wird (JENSEN ET AL., 1995a). Spezielle Laktobakterien des Stammes 11201 wandeln die Indolesigsäure, wenn andere Energiequellen fehlen, zu Skatol um (CLAUS ET AL. 1994). Das abzubauen Tryptophan stammt entweder aus der Nahrung oder aus den abgestorbenen Zellen der Mucosa des Ileums und des Colons. Das entstandene Skatol wird über das Blut zur Leber transportiert. Hier erfolgt seine Metabolisierung (ANDRESEN, 2006). Ein Teil des Skatols verlässt den Körper über den Urin und den Kot. Der andere Teil wird nicht in der Leber verarbeitet und wird im Folgenden im Fettgewebe eingespeichert. Die im Körper der Tiere erzeugte Menge des Skatols hängt von der Verfügbarkeit von Tryptophan, aber auch der Aktivität sowie der Zusammensetzung der Darmbakterien ab (CLAUS ET AL., 1994). Die Ausscheidung des Skatols erfolgt zu 30 % über den Kot. Die übrigen 70 % werden über die Darmschleimhaut absorbiert (JENSEN, 2006). Je nach Konzentration im Körper wird ein Teil des nicht abgebauten Skatols im Fett- und Muskelgewebe eingelagert (GÖTZ ET AL., 2009: 44). Die Synthese von Skatol betrifft männliche und weibliche Tiere. Das Fleisch weiblicher oder kastrierter Tiere kann demzufolge hohe Konzentrationen an Skatol aufweisen und einen unangenehmen Geruch entwickeln.

Physiologische Hintergründe des Ebergeruchs

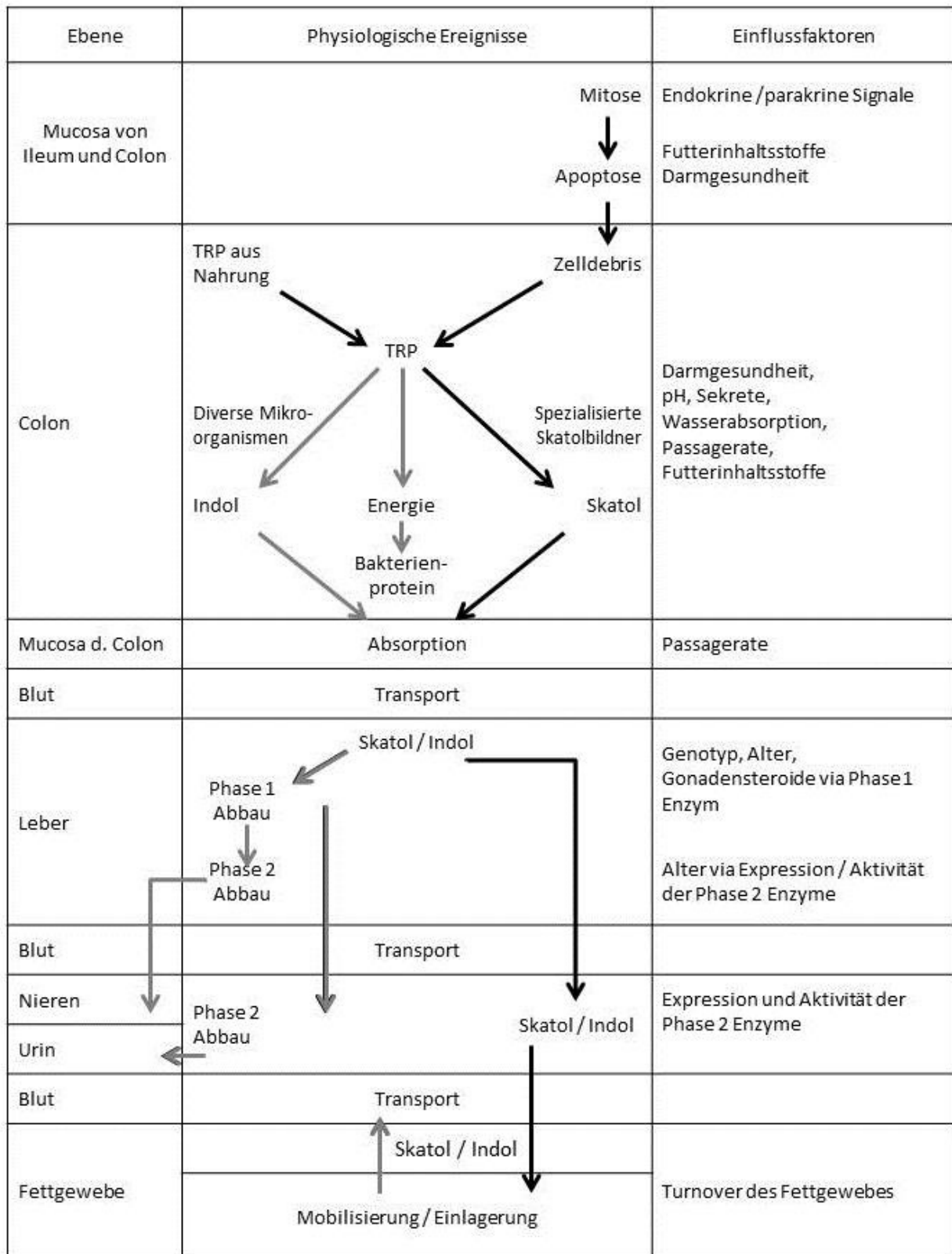


ABBILDUNG 4: ABLAUF DER SYNTHESE, DES METABOLISMUS UND DER EINLAGERUNG VON SKATOL / INDOL IN DAS FETTGeweBE SOWIE EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE PROZESSE: HELLE PFEILE: SCHRITTE, DIE ZU NIEDRIGEN KONZENTRATIONEN IM FETT FÜHREN. DUNKLE PFEILE: SCHRITTE, DIE ZU HOHEN KONZENTRATIONEN IM FETT FÜHREN. (ÜBERNOMMEN AUS WEILER, WESOLY, 2012: 380)

Physiologische Hintergründe des Ebergeruchs

Die Skatolsynthese ist demzufolge keine Besonderheit der Ebermast. Doch zeigen die in Tabelle 1 aufgeführten Untersuchungen, dass der Skatolgehalt im Fett bei Ebern tendenziell höher ist als bei Kastraten und Sauen. Die Skatolkonzentrationen der verschiedenen Geschlechter zeigen große Unterschiede. Das deutet darauf hin, dass viele Faktoren die Höhe der Skatolkonzentration im Fett beeinflussen.

TABELLE 1: GESCHLECHTSUNTERSCHIEDE DER DURCHSCHNITTLICHEN SKATOLKONZENTRATIONEN (NG/G) IM RÜCKENSPECK (ÜBERNOMMEN AUS LÖSEL, 2006)

Eber	Börgen	Sauen	Quelle
70	20	10	HANSSON ET AL. (1980)
70	-	20	LUNDSTRÖM ET AL. (1984)
70	50	40	BARTON-GADE (1987)
160	90	80	MORTENSEN (1989)
160	110	100	BONNEAU ET AL. (1992)
87	49	-	HERZOG ET AL. (1993)
40	24	-	DEHNHARD ET AL. (1993)
131	47	-	NEUPERT ET AL. (1995)
100	100	90	BABOL ET AL. (1996)
39 (Median)	24 (Median)	17 (Median)	TUOMOLA ET AL. (1996)
76	-	35	WISEMAN ET AL. (1999)
120	63	-	BANON ET AL. (2003)

Die Wahrnehmung des Ebergeruchs ist auf die Kombination aus Androstenon und Skatol im Fett und Fleisch zurückzuführen. Das Steroid Androstenon ist eng an das Sexualhormon Testosteron gekoppelt. Daher wird der unangenehme Geruch vermehrt bei Ebern und weniger bei Kastraten und Sauen gefunden.

4. Wahrnehmung des Ebergeruchs

Bei der Diskussion um den Ebergeruch ist es unerlässlich, die Geruchswahrnehmung des Menschen zu thematisieren. Schwellenwerte der Wahrnehmung, die in Studien herangezogen werden, sind nicht gänzlich aussagekräftig. Die olfaktorische Wahrnehmungsgrenze des Menschen ist sehr individuell. Das Erfassen von Gerüchen basiert auf der Detektion von Duftstoffen. Der menschliche Geruchssinn ist dabei nicht darauf ausgelegt, einzelne Stoffe zu identifizieren, sondern vielmehr die Geruchsquelle auszumachen (PRINZ ZU WALDECK, FRINGS, 2005). Die Atemluft enthält verschiedene Duftstoffe. Diese werden über ein System von Strömungskörpern zum Riechepithel in der Nasenhöhle geleitet (DORRIES ET AL., 1997, KNECHT ET AL., 2003). Im Epithel befinden sich Millionen von Riechzellen. Diese geruchssensible Schleimhaut umfasst in der menschlichen Nase ein Fläche von ca. 10 cm² (PRINZ ZU WALDECK, FRINGS, 2005). Bereits 10⁸ Moleküle je 100 l Luft sind wahrnehmbar (PRITZEL ET AL., 2009: 201). Die Moleküle binden sich an die Rezeptoren in den Cilien und bringen so die Informationsweitergabe in Gang (PRINZ ZU WALDECK, FRINGS, 2005). Die Riechrezeptoren sind nicht selektiv für einzelne Moleküle. Vielmehr binden sich die Moleküle in Abhängigkeit ihrer chemischen Eigenschaften mit unterschiedlicher Affinität an die Rezeptoren. Die Rezeptoren geben die Information an die Glomeruli, die Synapsenhaufen im Riechkolben, weiter. Hier werden geruchsspezifische Aktivierungsmuster erzeugt. Sie gelten als Grundlage der Kodierung von Gerüchen (HUMMEL, WELGE-LÜSSEN, 2002). Die in der Luft vorhandenen Duftstoffe werden bewusst und unbewusst wahrgenommen (PRITZEL ET AL., 2009: 201).

Die bewusste Wahrnehmung von Gerüchen geschieht über die Weiterleitung über den Bulbus olfactorius (PRITZEL ET AL., 2009: 201). Außerdem verfügt der Mensch über einen akzessorischen Bulbus olfactorius. Dieser beinhaltet das vomeronasale Organ, welches auch als Jacobson'sches Organ bezeichnet wird. Es reagiert besonders auf solche Duftstoffe, die zu den Pheromonen, den sexuellen Lockstoffen gehören. So können Handlungen ausgelöst werden, die nicht bewusst gesteuert werden (PRITZEL ET AL., 2009: 201). In wie weit das Jacobson'sche Organ beim Menschen funktionstüchtig ist, konnte noch nicht zweifelsfrei von der Wissenschaft dargelegt werden (MEREDITH, 2001).

Die menschliche Wahrnehmung von Gerüchen ist individuell sehr verschieden. Die Grenze der Wahrnehmung ist trotz der gleichen Physiologie der Empfindung unterschiedlich. Die Unterschiede in der Wahrnehmung erschweren auch die zweifelsfreie Erkennung von Ebergeruch am Schlachtband. Aufgrund mangelnder technischer Erkennungsmöglichkeiten werden zur Detektion geruchsauffälliger Eber bislang menschliche Prüfer eingesetzt. In Zweier-Teams erhitzen sie mittels einer heißen Eisenstange oder eines Heißluftgerätes eine Probe des Lendenfettes. Anschließend riechen sie und bewerten den Geruch hinsichtlich eines möglicherweise vorhandenen Ebergeruchs. Doch nicht nur die Detektion des Ebergeruchs am Schlachtband wird durch die Sensitivität auf die beiden Stoffe beein-

flusst. Die Wahrnehmung durch den Konsumenten am heimischen Herd ist ebenso verschieden. Sensible Verbraucher reagieren bereits auf kleinste Mengen und somit ggf. früher als die geschulten Prüfer im Schlachtbetrieb. Aus diesem Grund ist es unerlässlich, die Zucht, Haltung, Mast und Schlachtung auf geruchsunauffällige Eber hin zu optimieren.

Im Folgenden wird die menschliche Wahrnehmung der Einzelstoffe sowie der Kombination derselben beschrieben: Das Steroid Androstenon wird als urinähnlich wahrgenommen (VOLD, 1970; WALSTRA, MAARSE, 1970: 30). Das Androstenon wird nicht von allen Menschen (als unangenehm) wahrgenommen. Der Reinstoff selbst kann sogar als angenehm empfunden werden (FONT I FURNOLS ET AL., 2003). Eine Vielzahl von Studien hat sich mit der Detektionsrate von Androstenon befasst. Bei Frauen ist laut BREMNER ET AL. (2003) eine höhere Detektionsrate zu verzeichnen als bei Männern. 70 - 89 % der untersuchten Frauen und 63 - 76 % der Männer können Androstenon wahrnehmen (BREMNER ET AL., 2003). Darüber hinaus finden sich regionale Unterschiede in der Sensitivität gegenüber Androstenon. Eine weitere, international angelegte Studie hat herausgefunden, dass länderspezifische Unterschiede bestehen. Durchschnittlich nehmen 18 % der Deutschen Androstenon wahr. Wohingegen knapp jeder dritte Spanier (31 %) sensibel für diesen Stoff ist (WEILER ET AL., 2000). Studien von WYSOCKI und BEAUCHAMP (1984), WYSOCKI ET AL. (1989) und FONT I FURNOLS ET AL. (2003) weisen darauf hin, dass die Fähigkeit Androstenon wahrzunehmen, genetisch bedingt ist, vom Alter abhängt und darüber hinaus erlernt werden kann (WYSOCKI, BEAUCHAMP, 1984; WYSOCKI ET AL., 1989; FONT I FURNOLS ET AL., 2003). Die Androstenonsensibilität ist zwischen Individuen sehr unterschiedlich und hängt stark von der vorliegenden Konzentration des Stoffes ab (CLAUS, 1993). Anders verhält es sich beim Skatol: Skatol kann zumeist von einem größeren Anteil der Menschen wahrgenommen werden als das Androstenon (HANSSON ET AL., 1980). BEJERHOLM und BARTON-GADE (1992) finden heraus, dass 58 % der wahrgenommenen Geruchsabweichungen des Fettgewebes auf Skatol, aber nur 24 % auf Androstenon zurückzuführen sind. Die geruchliche Auffälligkeit in Höhe von 66 % der Schlachtkörper beruht auf einer Kombination der beiden Stoffe.

Das Skatol wird als fäkalähnlich riechend empfunden. (HANSSON ET AL., 1980). GIBIS ET AL. (1998) führen eine Studie zu der Frage durch, welche Bedeutung Skatol für die sensorische Beurteilung der Fleischqualität hat. Sie finden heraus, dass mit zunehmender Konzentration des Skatols im Rückenspeck der Geruch des Fleisches signifikant schlechter bewertet wird (GIBIS ET AL., 1998).

Die bislang beschriebenen Studien basieren auf der Wahrnehmung der einzelnen Stoffe. In wieweit die beiden Stoffe gemeinsam die Wahrnehmung des Ebergeruchs beeinflussen, haben WEILER ET AL. (2000) untersucht. Sie führen einen Konsumententest durch. Das zentrale Ergebnis ist, dass die Probanden, die bei der kristallinen Bewertung von Androstenon sensitiv sind (d.h. auf einer 7-stufigen

Wahrnehmung des Ebergeruchs

Likert-Skala, die Bewertung: 5 - 7 gaben), höhere Androstenongehalte in Schweinefleisch signifikant schlechter bewerten (WEILER ET AL., 2000).

In der Studie von BABOL ET AL. (2002) wird neben dem Fleisch von Ebern auch das Fleisch weiblicher Tiere verkostet. Die Konsumenten wurden dazu aufgefordert das vorgelegte Fleisch zuhause zu verkosten. Mittels einer 6-stufigen Likert-Skala müssen diese (von „dislike strongly“ bis „like strongly“) votieren. Die Konsumenten bewerteten Eberfleisch, welches niedrige Androstenon- ($0,33 \mu\text{g/g}$ Fett) und Skatolwerte ($0,12 \mu\text{g/g}$ Fett) aufweist, besser als das Fleisch weiblicher Tiere, welches den gleichen Skatolgehalt aufweist ($0,12 \mu\text{g/g}$ Fett). Schlussfolgerung wäre, dass das Androstenon einen mildernden Effekt auf den Geruch hat. ANNOR-FREMPONG ET AL. (1997) vermuten, dass sich Androstenon und Skatol bei der Wahrnehmung synergetisch beeinflussen. Weiter sind sie der Auffassung, dass das Androstenon die Geruchswahrnehmung verstärkt. Es findet sich keine abschließende Aussage darüber, welcher der beiden Stoffe tatsächlich den größeren oder ausschlaggebenden Effekt auf die Entstehung des Ebergeruchs hat (WEILER ET AL., 2000).

Studien mit Konsumenten aus Dänemark, Frankreich, den Niederlanden, Großbritannien, Deutschland, Schweden und Spanien haben herausgefunden, dass lediglich leichte Unterschiede hinsichtlich der Ablehnung von Eberfleisch im Vergleich zum Fleisch weiblicher Schweine bestehen. Darüber hinaus fanden die Forscher einen stärkeren Effekt von Skatol als von Androstenon (MATTHEWS ET AL., 2000a).

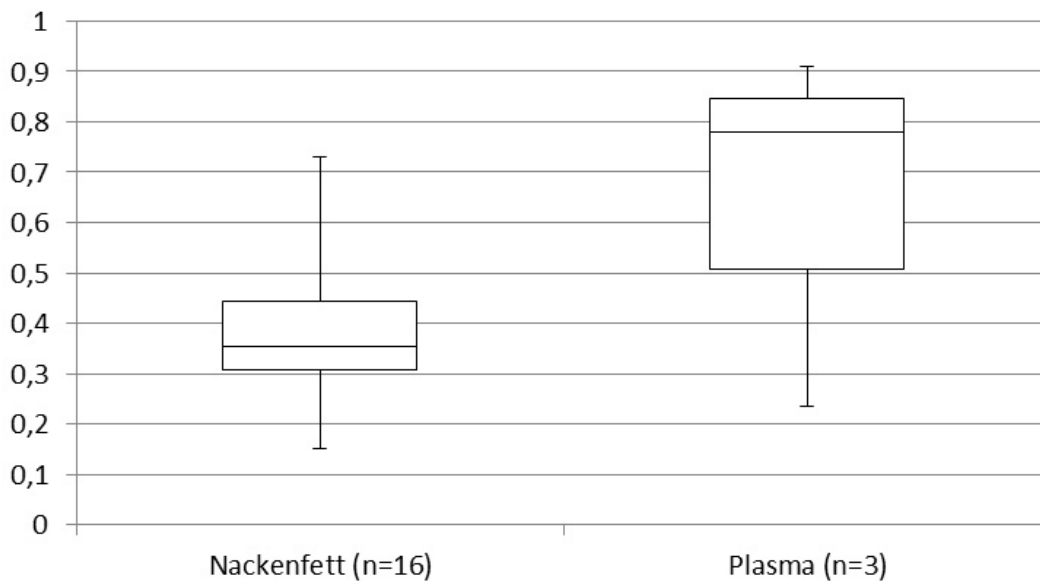
Die Betrachtung der beiden Stoffe in isolierter Form ist, hinsichtlich der Bedeutung für die Praxis, zu hinterfragen. In den Schlachtkörpern liegen beide nicht in extrahierter Form vor, sondern sind im Fett eingelagert. Ob und in welcher Form ein Zusammenhang zwischen der Speicherung der beiden Stoffe besteht, ist in Abbildung 5 dargestellt. Die Verteilung der Korrelationskoeffizienten nach PEARSON zeigt eine große Spannweite auf und variieren, je nach Messort von „klein“ (ab 0,1) über „moderat“ (ab 0,3) bis „groß“ (bis 0,5) (COHEN, 1988). Im Nackenfett der Tiere variiert die Korrelation zwischen 0,15 und $0,73^2$. WEILER ET AL. (1995) legen eine enge Beziehung zwischen den beiden Stoffen im Lendenfett nah. Für die Korrelation im Plasma liegen lediglich drei Studienergebnisse vor. Hier werden Korrelationen zwischen 0,235 und 0,91 berichtet³.

² BONNEAU ET AL., 1992; ANDERSSON ET AL., 1997a; HANSSON ET AL., 1980; BABOL ET AL., 1997; ANDRESEN ET AL., 1993; LEDENMAT ET AL., 1993; WALSTRA, 1985; HANSEN-MØLLER, 1994; ANNOR-FREMPONG ET AL., 1997; LUNDSTRÖM ET AL., 1988; LUNDSTRÖM ET AL., 1984; STØIER, 1994; WALSTRA ET AL., 1999; HENNESSY ET AL., 1995; STAMER ET AL., 1993

³ HERZOG ET AL., 1993; ANDRESEN, 1976; GIERSING ET AL., 2000

Wahrnehmung des Ebergeruchs

Auch wenn die in Abbildung 5 aufgeführten Studien keine unumstößliche Aussage bezüglich der Korrelation zwischen Skatol und Androstenon im Schlachtkörper zulassen, scheint die isolierte Betrachtung der Wahrnehmung der Stoffe wenig zielführend. Die große Spannweite der ermittelten Korrelationen weist daraufhin, dass weitere Faktoren die Höhe von Skatol und Androstenon beeinflussen. Es scheint daher ratsam, die durchgeführten Experimente genauer hinsichtlich ihres Aufbaus zu betrachten.



**ABBILDUNG 5: KORRELATIONSKOEFFIZIENT NACH PEARSON ZWISCHEN ANDROSTENON UND SKATOL
(N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE)**

Die bisherigen Experimente hinsichtlich der Wahrnehmung von Skatol und Androstenon zeigen auf, dass es unterschiedliche Auffassungen über die Wirkung der beiden Stoffe auf die Geruchswahrnehmung des Menschen gibt. Zweifelsfrei ist die Tatsache, dass Androstenon und Skatol die Verursacher des geschlechtsspezifischen Geruchs sind. Aufgrund der kontrovers diskutierten Wirkungsweise der beiden Stoffe, ist es aktuell in der Praxis der Schlachtbetriebe nicht möglich, eine verlässliche objektive Bewertung der Schlachtkörper hinsichtlich des Ebergeruchs vorzunehmen. Um zu verhindern, dass das Fleisch geruchsauffälliger Tiere zum Konsumenten gelangt, ist es notwendig, die Schlachtkörper geruchsbelasteter Tiere zu identifizieren. Sie müssen gesondert verarbeitet werden, um entweder den Geruch zu kaschieren, oder aber das Fleisch muss verworfen werden. Unabhängig des weiteren Verfahrens mit dem Fleisch, ist die Identifikation von ausgesprochen hoher Bedeutung. Diese ist bisher nur mit humansensorischer Begutachtung möglich. In den Schlachtunternehmen hat sich die Methode des LötKolbentests („Hot iron test“) durchgesetzt. Im Rahmen dieses Verfahrens wird ein Stück Fett des Schlachtkörpers erhitzt und von einem Prüfer auf den unangenehmen Geruch untersucht (BUCHER, 2005: 9). Die Entwicklung einer „elektronischen Nase“, die die menschlichen Prüfer

Wahrnehmung des Ebergeruchs

ersetzen könnte, beschäftigt aktuell die Forschung. Bisher existiert noch keine Lösung, die in einem angemessenen Kosten-Leistungs-Verhältnis steht und zuverlässige Ergebnisse liefert. Neben der Problematik der Messung ergibt sich ein weiteres Problem hinsichtlich der Identifikation des Ebergeruchs. Die Grenzwerte für die Wahrnehmbarkeit der Konzentration von Skatol und Androstenon sind bislang nicht abschließend geklärt. Die Angaben schwanken zwischen 0,5 - 1,0 µg/g Fett für Androstenon und 0,2 - 0,25 µg/g Fett für Skatol (Voss, 2012; MÖRLEIN, 2009). Unabhängig von der Wahrnehmungsrate hat die Reduktion der Androstenon- und Skatolgehalte im Schlachtkörper Priorität. Im Rahmen der Zucht, der Aufzucht und der Mast kann an vielen Stellschrauben angesetzt werden, um Geruchsauffälligkeiten zu verhindern. Durch Optimierung dieser Faktoren kann erreicht werden, dass ein geringerer Anteil geruchsauffälliger Tiere produziert wird. Das folgende Kapitel beschreibt die in der Literatur als relevant beschriebenen Faktoren.

5. Literaturübersicht - bislang diskutierte Einflussfaktoren auf die Entstehung von Ebergeruch

Den Mästern bieten sich verschiedene Möglichkeiten die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Ebergeruch zu verringern. Im Rahmen der Erforschung der Wirkungszusammenhänge haben sich grob die folgenden Komponenten als relevant dargestellt: das Futter, die Genetik, die Haltungsbedingungen sowie das Schlachtgewicht und -alter. Den Mästern bietet sich demnach eine Vielzahl an Möglichkeiten, dem Ebergeruch und dessen Entstehung zu begegnen. In der folgenden Tabelle 2 sind die aus der Literatur bekannten Einflussfaktoren mit ihrer Wirkung auf Skatol und Androstenon im Schlachtkörper zusammengestellt.

Laut bisheriger Erkenntnisse kann das Androstenonlevel am ehesten über Zuchtwahl, Alter und Körpermasse und dem damit zusammenhängenden Eintritt in die Geschlechtsreife kontrolliert werden. Die Rassewahl sowie die Saison (Lichtprogramm) spielen eine weitere, wenn auch untergeordnete Rolle. Der Gehalt an Skatol wird neben der Zuchtwahl zusätzlich durch die Futterzusammensetzung und die Stallhygiene beeinflusst. Die Saison und Rasse haben, genau wie das Alter bzw. die Körpermasse, ebenfalls Einfluss.

**TABELLE 2: EINFLUSS VERSCHIEDENER FAKTOREN AUF SKATOL UND ANDROSTENON
(MODIFIZIERT ÜBERNOMMEN AUS STOLL, 2003, VGL. BAUMGARTNER ET AL., 2004)**

Einflussfaktor	Androstenon	Skatol
Geschlechtsreife	+++	++
Rasse	++	++
Zuchtwahl	+++	+++
Alter, Körpermasse	+++	++
Saison	++	++
Rang (bzw. Gruppengröße)	+	+
Stallhygiene	-	+++
Futter	+	+++

- Einfluss nicht messbar; + geringfügig; ++ mittelgradig; +++ hochgradig

Die genannten Einflussfaktoren werden in einer Vielzahl von Studien untersucht. Die Ergebnisse und somit die Empfehlungen sind jedoch sehr heterogen, bedingt durch die multifaktorielle Beeinflussung der Produktion sowie Speicherung von Androstenon und Skatol. In den folgenden Unterkapiteln werden die einzelnen Faktoren hinsichtlich ihrer Wirkung auf das Androstenon- und Skatollevel im Schlachtkörper beschrieben.

5.1. Futter und Fütterungsbedingungen

In der Literatur findet sich vermehrt die Aussage, dass die Entstehung von Androstenon bei Ebern maßgeblich durch genetische Einflüsse und den Alterseffekt bedingt ist.

URBANOVA ET AL. (2016: 159) beschreibt eine relativ neue Überlegung hinsichtlich des Einflusses einzelner Futterkomponenten. Sowohl die Metabolisierung von Skatol als auch von Androstenon geschieht durch Cytochrom 450 und seine enzymatische Aktivität. URBANOVA ET AL. (2016) vermuten einen Einfluss sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe sowie von Flavonoiden auf die cytochrome Aktivität in Beziehung auf die cytochrome Genexpression und die Enzymaktivität. LUNDSTRÖM und ZAMARATSKAIA (2006) gehen davon aus, dass die Bildung von Androstenon nicht direkt über die Zusammensetzung des Futters reduzierbar ist. In Tabelle 3 finden sich die zusammengetragenen Studien, die die Futterzusammensetzung als Einflussfaktor auf das Androstenonlevel untersuchen.

TABELLE 3: BEEINFLUSSUNG DES ANDROSTENONGEHALTS (IN BLUT ODER FETT) DURCH DIE FUTTERZUSAMMENSETZUNG (EIGENE ZUSAMMENSTELLUNG)

Androstenon Gehalt im ...	Messort	Quelle
Inulin aus :		
- roher Kartoffelstärke	Fett: ○ (2x) Blut: ○ (1x)	LINDERMAYER ET AL. (2012), CHEN ET AL. (2007), ZAMARATSKAIA (2004)
- Chicoréewurzeln (10 % über 16 Tage)	Fett: ↓ (1x)	RASMUSSEN ET AL. (2012)
- als Reinstoff	Fett: ↑ (1x) Blut: ↓ (1x)	ZAMMERINI ET AL. (2012), HANSEN ET AL. (2006)
Energiegehalt:		
- 11,7 MJ ME vs. 13,7 MJ ME/kg	Fett: ○ (1x)	LUNDSTRÖM ET AL. (1988)
- 12,6 vs. 13,8 MJ ME/kg	Fett: (↑) bei energiereicher Fütterung	NEUPERT ET AL. (1995)
- niedrige vs. höhere Energiedichte	Blut: ↑	ZENG ET AL. (2002)

↓ senkender Einfluss (signifikant); ○ kein messbarer Einfluss (signifikant); ↑ steigender Einfluss (signifikant); () tendenzieller Einfluss

Die Androstenon-senkende Wirkung von Inulin (aus Chicoréewurzeln) wird auf den folgenden Wirkungsmechanismus zurückgeführt: Es wird eine Hochregulierung des Enzyms sβ-HSD vermutet. Dieses Enzym ist an der Synthese im Hoden, aber auch am Abbau des Androstenons in der Leber beteiligt.

Die Beobachtung, dass Inulin als Reinstoff, bzw. als Inhaltsstoff der Kartoffelstärke, je nach Experiment, einen androstenonsteigernden Einfluss bzw. keinen Einfluss hat, lässt vermuten, dass weitere Faktoren einen Einfluss auf das Androstenonlevel haben müssen.

Eine energiereiche Fütterung führt zu einer vermehrten Freisetzung von IGF-1. Der Insulin-like growth factor-1 ist ein stark anaboles Hormon, das eine insulinähnliche Wirkung zeigt. Es ist förderlich für das Epithelwachstum (PRIEBNITZ, 2006: 14) und initiiert vielfältige Zellproliferationen und -differenzierungen. Seine anti-apoptotische Wirkung gilt für verschiedene Gewebe (SOMMER, 2007: 41). Mit der Ausschüttung des körpereigenen IGF-1 ist eine zusätzliche Steroidsynthese im Hoden verbunden (CLAUS ET AL., 1994). Dem Wirkungsmechanismus zufolge muss eine Steigerung des Energiegehalts des Futters mit einer gesteigerten Androstenonsynthese einhergehen. Die oben angeführten Experimente finden diesbezüglich jedoch keine einheitlichen Ergebnisse. Weitere Untersuchungen, die sich auf einen Zusammenhang zwischen der Futterzusammensetzung (bspw. Lysin- oder Proteingehalt) und der Synthese sowie der Speicherung von Androstenon konzentrieren, liegen nicht vor.

Der Skatolgehalt im Eberkörper wird häufiger hinsichtlich verschiedener Fütterungskonzepte untersucht. Verschiedene Forscher (vgl. dazu STOLL, 2003) vertreten die Auffassung, dass die Produktion und Einlagerung von Skatol mittels optimierter Fütterung reduziert werden kann (LUNDSTRÖM ET AL., 1988; CLAUS ET AL., 2003; RIDEOUT ET AL., 2004; ZAMARATSKAIA ET AL., 2005; LANTHIER ET AL., 2006; CHEN, 2007). Die Menge des im Depotfett vorhandenen Skatols hängt von mehreren Metabolisierungsprozessen ab: der Skatolproduktion an sich, der Dauer der Darmpassage, der Absorption im Darm und dem Leberstoffwechsel. Die ersten beiden Faktoren können mithilfe einer angepassten Fütterung beeinflusst werden (ZAMARATSKAIA, SQUIRES, 2009: 1513). Der genaue Vorgang der Aufnahme des Skatols aus dem Darmraum ist bislang nicht erforscht. Studien haben jedoch gezeigt, dass die Menge des absorbierten Skatols vom Wassergehalt und der Passagezeit abhängt. Mit hohem Wassergehalt und geringer Passagezeit sinkt die absorbierte Skatolmenge (JENSEN, JENSEN, 1998).

WANG ET AL. (2004) finden heraus, dass unverdauliche Kohlenhydrate zu einer Erhöhung der Kotflüssigkeit und des Trockengewichts des Kotes führen (WANG ET AL., 2004). DROCHNER (1993) stellt fest, dass durch die Zugabe unverdaulicher Kohlenhydrate die Darmpassagezeit verringert wird. Erhalten die Tiere einen hohen Anteil nicht fermentierbarer Kohlenhydrate, so wirkt es sich demnach reduzierend auf den Skatolgehalt aus. Der genaue Wirkmechanismus ist auch hier nicht geklärt (ŠKRLEP ET AL. 2015).

**TABELLE 4: BEEINFLUSSUNG DES SKATOLGEHALTS DURCH DIE FÜTTERUNG UNVERDAULICHER KOHLENHYDRATE
(EIGENE ZUSAMMENSTELLUNG)**

Futterkomponente	Untersuchungsort	Quelle
Inulin:		
- in roher Kartoffelstärke	Blut: ↓ (4x) Fett: ↓ (5x) Fleisch: ○ (1x) Leber: ↓ (1x) Kot: ↓ (1x)	ZAMARATSKAIA, SQUIRES (2009), LINDERMAYER ET AL. (2012), LÖSEL (2006), ALUWÉ ET AL. (2009), ZAMARATSKAIA ET AL. (2005), ZAMARATSKAIA ET AL. (2006), JENSEN ET AL. (1998), CLAUS ET AL. (2003)
- als Reinstoff	Blut: ↓ (3x) Fett: ↓ (2x) Fleisch: ○ (1x), ↓ (1x) Faeces: ↓ (2x) Darminhalt: ↓ (2x)	RIDEOUT ET AL. (2004), HANSEN ET AL. (2006), JENSEN, HANSEN (2006), LANTHIER ET AL. (2006), ALUWÉ ET AL. (2009), BYRNE ET AL. (2008), RIDEOUT (2004), ZAMMERINI ET AL. (2012)
- als Reinstoff mit Bikarbonatfütterung	Faeces: ↓ (1x) Fett: ↓ (1x)	CLAUS ET AL. (1994)
Fructooligosaccharide	Blut: ↓ (1x) Faeces: ↓ (1x) Fett: ↓ (1x)	JENSEN, JENSEN (1998), CLAUS ET AL. (1994)
Zuckerrübenschnitzel	Blut: ○ (1x) und ↓ (1x) Fett: ↑ (1x), ○ (2x), ↓ (3x) Faeces: ↓ (4x)	HAWE ET AL. (1992), ØVERLAND ET AL. (1995), WHITTINGTON ET AL. (2004), VAN OECKEL ET AL. (1998) KNARREBORG ET AL. (2002), GILL ET AL. (1993), WOOD ET AL. (1994), JENSEN ET AL. (1995b), WISEMAN ET AL. (1999), JENSEN, JENSEN (1998), KJELDSSEN, UDESEN (1998)
Lupine	Blut: ↓ (1x)	JENSEN, JENSEN (1998)
Gerstenspelzmehl	Blut: ↓ (1x)	JENSEN, JENSEN (1998)
Sojabohnenhülse	Fett: ○ (1x)	VAN OECKEL ET AL. (1998)
Weizenkleie	Fett: ○ (1x) Faeces: ○ (1x)	JENSEN ET AL. (1995b)
Palmpresskuchen	Blut: ↓ (1x)	JENSEN, JENSEN (1998)
Kokospresskuchen	Blut: ↓ (1x) Faeces: ↓ (1x)	JENSEN, JENSEN (1998)

↓ senkender Einfluss (signifikant); ○ kein messbarer Einfluss (signifikant); ↑ steigender Einfluss (signifikant);

Die Tabelle 4 fasst die bislang durchgeführten Fütterungsexperimente zur Reduktion von Skatol in Schlachtkörpern, mittels unverdaulicher Kohlenhydrate, zusammen. Es handelt sich um Experimente mit weiblichen und männlichen un- sowie kastrierten Tieren unterschiedlicher genetischer Herkunft, die unter verschiedenen Bedingungen gehalten und gemästet werden.

Präbiotisch wirksame Pflanzenteile verringern laut verschiedener Studien den Skatolgehalt im Speck von Ebern (CLAUS ET AL., 2003; ZAMARATSKAIA ET AL., 2006; HANSEN ET AL., 2006; HANSEN ET AL., 2008; VHILE ET AL., 2012; ZAMMERINI ET AL., 2012). Diese Pflanzenteile erreichen den Colon der Tiere in unverdauter Form (ROBERFROID ET AL., 1998). Sie stimulieren dort spezifische Bakterien. Zu den häufig untersuchten präbiotischen Pflanzenteilen gehören zum Beispiel das Inulin sowie die rohe Kartoffelstärke. Studien, die sich mit diesen Futtermitteln befassen, kommen nahezu vollständig zu den gleichen Ergebnissen. Die Fütterung von Inulin senkt das Skatollevel in Blut, Kot, Darminhalt, Fäkalien, Fett, Fleisch sowie in der Leber. Zwei Experimente finden keinen Einfluss. Die Hintergründe einer Zugabe roher Kartoffelstärke wird wie folgt beschrieben: Inulin ist ein löslicher Ballaststoff. Er wird im Dickdarm, wie andere Fructane, zu kurzkettigen Fettsäuren abgebaut. Zu Butyrat fermentiert wirkt Inulin trophisch auf die Dickdarmschleimhaut. Es verringert die Apoptoserate der Zellen im Darm. Da abgestorbene Darmzellen einen Ausgangsstoff für die Entstehung von Skatol darstellen, kann die Bildung des urinartig riechenden Stoffes verringert werden (MENTSCHERL, CLAUS, 2003). Außerdem verkürzt sich die Passagezeit durch den Darm, womit die Absorption des Skatols sinkt (URBANOVÁ ET AL., 2016).

Ein hoher Anteil unverdaulicher Kohlenhydrate (Fructooligosaccharide, Inulin, etc.) erhöht außerdem die Trockenmasse und den Wasseranteil des Kotes der Tiere. Dadurch sinken die Verdauungszeit im Dickdarm und somit auch die dortige Skatolabsorption (DROCHNER, 1993; WANG ET AL., 2004). Der Versuch über die Zugabe von Zuckerrübenschnitzeln die Skatolkonzentration in Ebern zu beeinflussen, wird mit einem höheren Faseranteil im Futter begründet. Diesem wird im Blut, Fett und Faeces eine skatolsenkende Wirkung bescheinigt.

**TABELLE 5: BEEINFLUSSUNG DES SKATOLGEGHALTS DURCH ANTIBIOTIKA
(EIGENE ZUSAMMENSTELLUNG)**

Antibiotika	Messort	Quelle
Virginiamycin	Kot: ↓ (1x)	JENSEN, JENSEN (1998)
Zink-Bactracin	Blut: ↓ (1x) Fett: ↓ (1x)	HANSEN ET AL. (1997)
Virginiamycin und Tylosin	Fett: ○ (1x)	HANSEN, LARSEN (1994)

↓ senkender Einfluss (signifikant); ○ kein messbarer Einfluss (signifikant);

↑ steigender Einfluss (signifikant);

Die Untersuchungen, die sich mit antibiotischen Futterzusätzen (siehe Tabelle 5) befassen, sollen an dieser Stelle keine weitere Erwähnung finden. Die Begründung liegt in der in Deutschland aktuell geführten Debatte um Antibiotika in Futtermitteln. Eine zusätzliche Gabe von Antibiotika zur Vermeidung des Ebergeruchs scheint auf dieser Grundlage wenig sinnvoll und realistisch (BFR, 2013).

**TABELLE 6: BEEINFLUSSUNG DES SKATOLGEHALTS DURCH DIE FÜTTERUNGSFORM
(EIGENE ZUSAMMENSTELLUNG)**

Fütterungsform	Messort	Quelle
Flüssige Fütterung anstelle von Trockenfütterung	Fett: ↓ (1x)	KJELDTSEN, N. (1993)
Molke im Vergleich zu Leitungswasser oder Trockenfütterung	Fett: ↓ (1x)	ANDERSON ET AL. (1997B)
Mehl anstelle von Pellets bei weizenreicher Fütterung	Fett: ↓ (1x)	GILL ET AL. (1995)

↓ senkender Einfluss (signifikant); ○ kein messbarer Einfluss (signifikant); ↑ steigender Einfluss (signifikant);

Die Studien, die sich mit dem Einfluss der Fütterungsform befassen sind rar gesät. Die Flüssigfütterung scheint der Trockenfütterung überlegen. Durch einen hohen Flüssigkeitsanteil im Futter wird das im Futter enthaltene Tryptophan, das als Ausgangsstoff des Skatols gilt, verdünnt. Hinzukommt, dass mit der großen Flüssigkeitsaufnahme die Zeit der Darmpassage verkürzt wird. Demzufolge kann in der kürzeren Zeit weniger Tryptophan aus der Nahrung aufgenommen werden. Die Absorption wird somit verringert. Die Aufnahme des Tryptophans aus der Nahrung stellt, wie bereits erläutert, einen relevanten Faktor für die Skatolkonzentration im Schlachtkörper dar. Aus diesem Grund ist offensichtlich, dass die Flüssigfütterung der Trockenfütterung überlegen ist (siehe Tabelle 6).

Eine Flüssigfütterung mit Molke ist einer Flüssigfütterung mit Leitungswasser hinsichtlich der Höhe der Skatolkonzentration im Fett, überlegen. Die Erklärung bleiben HAWE ET AL. (1992) schuldig. KJELDTSEN (1993) vermutet einen Zusammenhang mit dem Salzgehalt der Molke. Die vermehrte Aufnahme von Salz über die Nahrung führt zu einer vermehrten Wasseraufnahme der Tiere. Einen Einfluss der Laktose sieht KJELDTSEN (1993) als wenig wahrscheinlich an. KRUSE (2014) hingegen betrachtet den Einfluss der zusätzlichen Wasseraufnahme zugunsten geringerer Skatolgehalte als kritisch. Die hohen Natrium- und Kaliumkonzentrationen im Futter verändern seiner Ansicht nach nicht die Gegebenheiten im Dickdarm. Eher sieht KRUSE den vermehrten Einstrom von nicht verdaulicher Laktose als relevant an.

Die Untersuchung von GILL ET AL. (1995) kommt zu der Überzeugung, dass Futtermehl im Vergleich zu pelletiertem Futter einen senkenden Einfluss auf die Skatolkonzentration im Fett der Tiere hat. Eine

Erklärung bleiben auch diese Wissenschaftler schuldig. Denkbar ist, dass je gröber (geringerer Ver-mahlungsgrad) das feste Futter ist, desto weniger Epithelzellen sterben im Zäkum ab (BETSCHER, 2010: 114). Nach Aussage von WARZECHA (2006) führt Futter, das möglichst grob gemahlen ist, zu eher wei-chem Kot der Tiere. Weicher Kot kann wiederum leichter durch die Spalten im Boden getreten wer-den. So kann die Verunreinigung des Bodens reduziert werden und vermutlich die Skatolproduktion reduziert werden. Andererseits kann gröberes Futter auch zu einer stärkeren Zellabschilferung füh-ren. Damit steigt die Tryptophan-Verfügbarkeit im Verdauungstrakt. Tryptophan bildet bekanntlich den Ausgangsstoff für die Skatolproduktion.

**TABELLE 7: BEEINFLUSSUNG DES SKATOLGEHALTS DURCH FUTTERZUSÄTZE (Z.B. AMINOSÄUREN)
(EIGENE ZUSAMMENSTELLUNG)**

Futterzusätze	Messort	Quelle
Hefeslurry (Bierhefe, Hefe als Proteinquelle)	Darminhalt: ↑ (1x) Fett: ↑ (1x)	JENSEN ET AL. (1995b)
Hefeslurry (Bierhefe) und verdauliche Kohlenhydrate	Fett und Faeces: ↑	JENSEN, JENSEN (1998)
Hefeslurry (Bierhefe) und Zuckerrüben	Fett: ↓ (1x)	JENSEN ET AL. (1995)
Fütterung purinreicher Einzelfuttermittel (z.B. Hefen) in Kombination mit hoher Energieversorgung;	Darminhalt: ↑ (1x)	CLAUS, RAAB (1999)
Sugar beet pulp (=Zuckerrübenschnitzel, enthalten Pektin)	Fett: ○ (2x)	ØVERLAND ET AL. (1995); VAN OECKEL ET AL. (1998)
Laktose	Fett: ○ Faeces: ↓	HAWE ET AL. (1992)
Zeolite (Tonmineral)	Fett: ↓ (1x) und ○ (1x)	BALTIC ET AL. (1997), ALUWÉ ET AL. (2009)
Natriumbicarbonat	Kot: ↓ (1x) Fett: ↓ (1x)	CLAUS ET AL. (1994)
Yucca schidigera-Extrakt	Fett: ↓ (1x)	ENDER ET AL. (1993)
Casein als Proteinquelle	Darminhalt: ↓ (1x) Fett: ↓ (1x)	JENSEN ET AL. (1995b)
Leinsamen	Fett: ↓ (2x)	KOUBA ET AL. (2003), MATTHEWS ET AL. (2000b)

↓ senkender Einfluss (signifikant); ○ kein messbarer Einfluss (signifikant); ↑ steigender Einfluss (signifikant);

Die Betrachtung einzelner Nahrungsbestandteile scheint wenig robuste Ergebnisse dafür zu geben, ob der Skatolgehalt nachhaltig über diese Stellschraube beeinflussbar ist. Die geringe Fallzahl an Un-

tersuchungen, die sich mit den einzelnen Bestandteilen des Futters befassen, lässt keinen allgemeingültigen Schluss zu. Außerdem sind überlagernde Effekte zwischen einzelnen Komponenten des Futters nicht auszuschließen. Die detaillierten Wirkungsmechanismen bleiben die Autoren in vielerlei Zusammenhang schuldig.

Bereits bei der Fütterung von Hefeslurry zeigen sich unterschiedliche Ergebnisse, sobald sie mit weiteren Komponenten kombiniert werden. Wird Bierhefe als Proteinquelle gewählt, so steigt die Skatolkonzentration im Darminhalt sowie im Fett (JENSEN ET AL., 1995b). Seit erforscht ist, dass Skatol aus dem Abbau von L-Tryptophan entsteht, liegt nah, dass eine Reduktion des Proteinanteils im Futter zu einer reduzierten Skatolproduktion (LUNDSTRÖM ET AL. 1994) und umgekehrt ein hoher Proteinanteil zu einer erhöhten Skatolproduktion führt. Ein Großteil des Proteins wird jedoch bereits im Dünndarm verdaut. Nur vereinzelt erreichen die Futterproteine den Dickdarm. Endogene Proteine erreichen den Dickdarm weit häufiger. Sie tragen folglich weit stärker zur Skatolproduktion bei (CLAUS ET AL., 1994). Die Beobachtung, dass Bierhefe als Proteinquelle einen Skatol steigernden Effekt hat, ist darauf zurückzuführen, dass Hefezellen eine geringe Verdaulichkeit im Dünndarm haben. So erreichen mehr Proteine den Dickdarm und treiben die Skatolproduktion nach oben. Auch die Kombination von Bierhefe und leicht verdaulichen Kohlenhydraten erhöht die Skatolkonzentration im Fett sowie im Faeces (JENSEN, JENSEN, 1998). Wird Bierhefe hingegen in Kombination mit Zuckerrübenschnitzeln gefüttert, sinkt die Skatolkonzentration im Fett (JENSEN ET AL., 1995b). Paradoxerweise hat das Zufüttern von Zuckerrübenschnitzel ohne Hefen keinen Effekt auf die Skatoleinlagerung im Fett der Tiere (ØVERLAND ET AL., 1995, VAN OECKEL ET AL., 1998).

Hefen sind reich an Purin. In Kombination mit einer hohen Energieversorgung steigern sie die Konzentration von Skatol im Darminhalt (CLAUS, RAAB, 1999). Die Mitoserate steigt bei purinreichen Futtermitteln (auch bei Börgen), da sie semiessenzielle Vorstufen der DNA-Synthese sind (CLAUS, RAAB, 1999). Die Arbeitsgruppe um CLAUS zielt in mehreren Versuchen darauf ab, die Tryptophanverfügbarkeit im Colon durch Beeinflussung der Mitose- und Apoptoseraten im Verdauungstrakt zu beeinflussen (RAAB ET AL., 1998; CLAUS, RAAB, 1999; CLAUS ET AL., 2003; LÖSEL, CLAUS, 2005; LÖSEL ET AL., 2006). Neben dem Puringehalt des Futters wird auch der Energiegehalt erhöht. Die weiteren Futterexperimente zeigen, dass die Steigerung der Mitoserate zu einem signifikanten Anstieg der Skatolkonzentration in Kot, Blut und Fett zur Folge hat. Es wird außerdem versucht, die Apoptoserate zu verringern, um die Tryptophan-Verfügbarkeit im Dickdarm zu reduzieren. Diesbezüglich liegen jedoch keine belastbaren Aussagen vor.

Die Arbeitsgruppe um HAWE ET AL. (1992) untersuchte die Zugabe von Laktose. Sie finden keinen Einfluss auf die Skatolkonzentration im Fett. Lediglich die Skatolausscheidung geht zurück. Laktose ist ein Disaccharid, das aus Glukose und Galaktose besteht. Im Dünndarm wird es in die beiden Mono-

sacharide aufgespalten. Skatol wird im Dickdarm produziert, wenn Tryptophan als Energieträger leichter verfügbar ist als andere Quellen, wie zum Beispiel Glukose. Ist Glukose vorhanden, so wird sie bevorzugt als Energieträger verwendet. Die Zugabe von Futtermitteln, die zu vermehrter Präsenz von Glukose im Dickdarm führen, müssten demnach eine geringere Produktion von Skatol zur Folge haben (KRUSE, 2014). HAWE ET AL. (1992) beobachten keinen Einfluss auf die gespeicherte Skatolmenge im Fett. Die verringerte Ausscheidung von Skatol deutet aber darauf hin, dass die Fütterung von Laktose eben jenen Einfluss hat. Die Produktion von Skatol findet demnach Beeinflussung durch Laktose. Ob auch die Skatolproduktion nachhaltig beeinflusst wird, bleibt offen.

BALTIC ET AL. (1997) sowie ALUWÉ ET AL. (2009) befassen sich bei ihren Untersuchungen mehr mit dem Abbau des Skatols. Der Futterzusatz Zeolit ist ein Calcium- und Ammonium-Binder, der die Leber der Tiere entlasten kann, da Ammonium langfristig an das Zeolite gebunden bleibt. Der Futterzusatz ist in der EU für Schweine, Rinder, Puten und Hühner zugelassen. Durch die Entlastung der Leber kann der Abbau und so die Ausscheidung von Skatol unterstützt werden. BALTIC ET AL. (1997) beobachten eine Reduktion bei einem 0,5 %-igen Anteil im Futter. ALUWÉ ET AL. (2009) hingegen stellt bei einem 1 %-igen Anteil von Clinoptolith (ebenfalls Tonmineral und somit eine Absorbentie) keinen Einfluss fest.

Die Arbeitsgruppe um CLAUS unternimmt 1994 einen erneuten Fütterungsversuch. Sie mischen dem Futter der Tiere Natriumbicarbonat hinzu. Es erhöht den pH-Wert und trägt so zum Schutz des Duodenums vor der Magensäure bei. Die Magensäure führt im säureresistenten ersten Teil des Dünndarms dazu, dass Epithelzellen absterben. Durch eine dickere Schleimhaut sowie die neutralisierende Ausschüttung von Bicarbonat kann dies reduziert werden. Demzufolge erscheinen die Ergebnisse von CLAUS ET AL. (1994) stimmig. Sie beobachten eine skatolsenkende Wirkung im Fett und im Faeces.

Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe werden von ENDER ET AL. (1993) auf ihre Wirkung hinsichtlich der Vermeidung des Ebergeruchs untersucht. Sie untersuchen den Yucca schidigera-Extrakt. Yucca schidigera gehört zu den Spargelgewächsen und wird auch Mohave-Palmlilie genannt. Sonst wird dieser Futterzusatz im Bereich der Reduktion von Ammoniakemissionen bei Schweinen und Geflügel untersucht. Die Pflanze ist reich an zwei Arten von Saponinen, den Triterpenoide und den Steroiden. CZERKAWASKI, BRECKENRIDGE (1977) und WANG ET AL. (1998) können keinen Einfluss des Yucca Extraktes auf die Anzahl der Bakterien im Pansen feststellen.

WANG ET AL. (1999) vermuten, dass der Extrakt stärkeverdauende Bakterien im Pansen stimuliert, während sie die Organismen hemmen, die an der Verdauung der Ballaststoffe beteiligt sind.

Ein weiterer Futterzusatz wird von JENSEN ET AL. (1995b) untersucht. Sie nutzen Casein als Proteinquelle im Futter von Ebern. Das Protein der Milch enthält neben Phosphor auch Tyrosin (FEULGEN, 2013).

Die Wissenschaftler finden sowohl im Darminhalt als auch im Fett geringere Konzentrationen von Skatol.

KOUBA ET AL. (2003) und MATTHEWS ET AL. (2000b) führen Experimente durch, bei denen sie den Tieren Leinsamen zum Futter mischen. Leinsamen sind reich an essentiellen Omega 3 Fettsäuren. Die Fettzusammensetzung des Futters hat Einfluss auf das PUFA-Level des Fettes der Tiere. Es beschreibt den Anteil der ungesättigten Fettsäuren in der äußeren Fettschicht der Tiere. Auch wenn die Autoren keinen direkten Zusammenhang zwischen dem Ebergeruch und der Futterzugabe beschreiben, finden doch beide Arbeitsgruppen einen skatolsenkenden Einfluss im Fett. Ob unterschiedliche Fettsäuremuster im Fett zu einer unterschiedlich starken Einlagerung des Skatols führen, ist bislang nicht geklärt.

**TABELLE 8: BEEINFLUSSUNG DES SKATOLGehalts DURCH DIE FUTTERZUSAMMENSETZUNG
(EIGENE ZUSAMMENSTELLUNG)**

	Messort	Quelle
Hoher Proteinanteil	↑	JENSEN (2006)
Hoher Energiegehalt (13,8 MJ / ME) vs. geringem Energiegehalt (12,6 MJ / ME)	Fett: ↑(1x)	NEUPERT ET AL. (1995)
Hoher Proteingehalt (16,3 %) und hoher Energiegehalt (13,7 MJ ME/kg)	Fett: ↓ (1x) Fleisch: ↓ (1x)	LUNDSTRÖM ET AL. (1988)
Geringer Energiegehalt (12,6 MJ ME/kg) vs. hoher Energiegehalt (13,8 MJ ME/kg)	Fett: ↓ (1x)	ADAM (2009)

↓ senkender Einfluss (signifikant); ○ kein messbarer Einfluss (signifikant); ↑ steigernder Einfluss (signifikant);

Die Untersuchungen ergeben einen Einfluss des Energiegehalts auf die Skatolwerte der Eber. Die Wirkungsrichtungen unterscheiden sich jedoch. Ein hoher Energiegehalt der Nahrung wird von LUNDSTRÖM ET AL. (1988) als Mittel für die Senkung der Skatolkonzentration beschrieben. Anders bei ADAM (2009) (vgl. auch NEUPERT ET AL., 1995), der einen begrenzten Energiegehalt der Nahrung als senkenden Faktor bezeichnet (vgl. Tabelle 8). Bei einem hohen Proteingehalt sind sich die Forscher hingegen, mit Ausnahme von JENSEN (2006), einig, dass das Skatollevel in Fett oder Fleisch sinkt (LUNDSTRÖM ET AL., 1988).

**TABELLE 9: BEEINFLUSSUNG DES SKATOLGEHALTS DURCH DIE FÜTTERUNGSBEDINGUNGEN
(EIGENE ZUSAMMENSTELLUNG)**

	Messort	Quelle
Futterentzug am Abend vor der Schlachtung	Rückenfett: ○	ANDERSSON ET AL. (1997b)
Futterentzug am Abend vor der Schlachtung	Keine Angabe: ↓	MARIBO (1992)
Futterentzug 12 h vor Schlachtung, aber Wasser ad libitum	Fett: ↓	KJELDESN (1993)
Wasser ad libitum	Fett: ↓	HANSEN ET AL. (1994)

↓ senkender Einfluss (signifikant); ○ kein messbarer Einfluss (signifikant); ↑ steigernder Einfluss (signifikant)

Die Wirkung verschiedener Fütterungsbedingungen wurde in den vorliegenden Studien für den Skatol-, nicht aber für den Androstenongehalt von Ebern erfasst. Die Studien, die sich mit der Wirkung von Tränken auf den Skatolgehalt befassen, kommen zu dem Erkenntnis, dass es skatolsenkend wirkt, wenn die Tiere ad libitum Zugang zu Wasser haben. Dies gilt unabhängig der Tatsache, ob am Abend vor der Schlachtung Futterentzug erfolgt oder nicht. Wie bereits mehrfach beschrieben, wird vermutet, dass es mit der Verdünnung der Nahrung in der Darmpassage zusammenhängt. Die physiologischen Hintergründe dieser Beobachtung sind nicht näher bekannt (KAMPHUES, BETSCHER, 2010).

Es bleibt festzuhalten, dass ein Einfluss der Fütterungsart sowie der Futterzusammensetzungen auf die Synthese sowie Einlagerung von Androstenon und Skatol besteht, auch wenn die Wirkungsmechanismen bis dato nicht abschließend geklärt sind. Die multifaktorielle Beeinflussung erschwert die Bestimmung.

5.2. Genetischer Einfluss

Die Genetik der Eber wird in der Öffentlichkeit am häufigsten mit der Entstehung des Ebergeruchs in Zusammenhang gebracht. Demnach erfolgen in diesem Bereich aktuell einige Forschungsarbeiten. Arbeiten. Die konkrete Zucht auf Basis phänotypischer Geruchsauffälligkeiten stellt eine Möglichkeit dar. FRIEDEN ET AL. (2011) sehen eine Option in der genomischen Selektion der Tiere, jedoch nur in Zusammenhang mit der Entwicklung einer elektronischen Nase. Verschiedene Studien haben sich mit der Vererblichkeit der Produktion bzw. Speicherung von Skatol und Androstenon befasst (s. Abbildung 6). Die starke Streuung der Heritabilitätsmaße deutet bereits an, dass es sich um einen diskussionswürdigen Zusammenhang handelt. Die Erblichkeit des Androstenons schwankt je nach Zuchtstrasse. In der Literatur finden sich Angaben zwischen 0,25 und 0,88. Die Erblichkeit von Androstenon wird mit rund 50 % angegeben (SELLIER, 1998). Die Erblichkeit von Skatol wird allgemein mit 25 - 50 % beschrieben (TAJET ET AL., 2006). Hier belegen verschiedene Studien, dass Heritabilitätsmaße von

0,19 bis 0,89 in Experimenten beobachtet werden. Die Vererblichkeitsmaße sind lediglich Schätzwerte, die sich meist auf die Mutterrassen oder Tiere der Rasse Duroc beziehen, nicht aber auf die Pietrain-Zuchtlinien (GÖTZ ET AL., 2009).

Trotz der Einschränkung hinsichtlich der untersuchten Rassen legen die teils hohen Heritabilitätsmaße den Verdacht nah, dass die Entstehung des Ebergeruchs von einzelnen Genen großen Einfluss erfährt. Diese Einschätzung war und ist Beweggrund für verschiedene Arbeitsgruppen, molekulargenetische Studien durchzuführen - mit dem Ziel die beteiligten Genorte zu identifizieren.

In der Erforschung von vererblichen Erkrankungen beim Menschen wird davon ausgegangen, dass ab einer Heritabilität um die 80 % eine multifaktoriell-polygene Vererbung vorliegt (THIERFELD, 2011: 126). Überträgt man diese Form der Vererbung auf Tiere, so ist davon auszugehen, dass der Ebergeruch multifaktoriell vererbt wird.

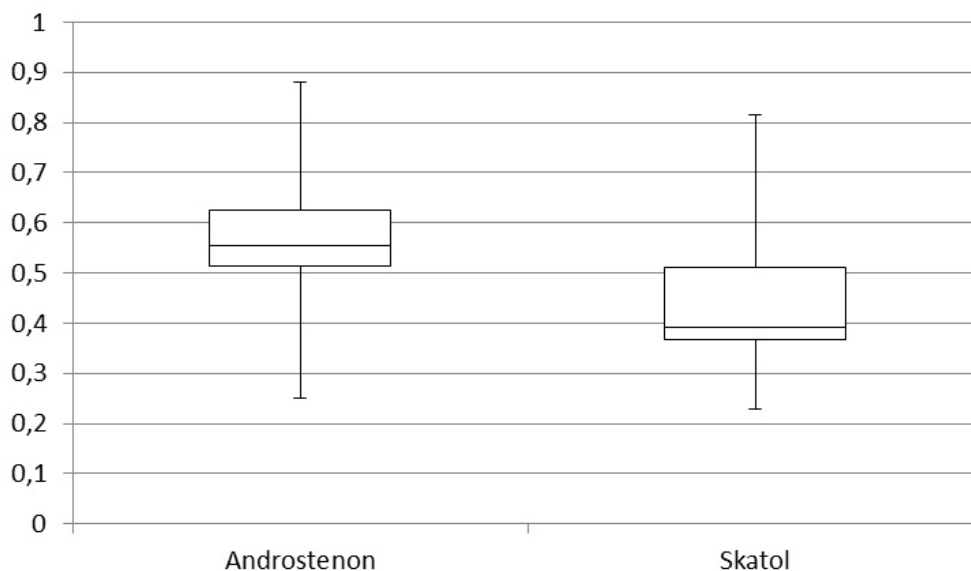


ABBILDUNG 6: HERITABILITÄTSMASSE FÜR ANDROSTENON⁴ UND SKATOL⁵ BEI EBERN

Je nach gemästeter Rasse können die Häufigkeiten, mit denen Ebergeruch auftritt, große Unterschiede aufweisen (XUE ET AL., 1996; BABOL ET AL., 2004) (vgl. Tabelle 10).

⁴ Basierend auf den Untersuchungen von SELLIER, BONNEAU, 1988; BERGSMA ET AL., 2007; MATHUR ET AL., 2013; KNOL ET AL., 2010; MERKS ET AL., 2009; DUIJVENSTEIJN ET AL., 2012; SAUTER, 2012; VARONA ET AL., 2005; STRATHE ET AL., 2013; GRINDFLEK ET AL., 2011; WILLEKE ET AL., 1980 UND 1987; ROTHSCHILD, RUVINSKY, 1998; SELLIER, 1998; FOUILLOUX ET AL., 1997; JONSSON ET AL., 1974; WINDIG ET AL., 2011; LE ROY ET AL., 1997; ROWE ET AL., 2014; TAJET, 2005; THOLEN, FRIEDEN, 2010; EFSA, 2004a, und b; SELLIER ET AL., 2000; KARACÖREN ET AL., 2010; GRINDFLEK ET AL., 2011; BAES ET AL., 2012; AZEVEDO ET AL., 2014; JONSSON, ANDRESEN, 1979.

⁵ Basierend auf den Untersuchungen von BERGSMA ET AL., 2007; MATHUR ET AL., 2013; KNOL ET AL., 2010; MERKS ET AL., 2009; SAUTER, 2012; VARONA ET AL., 2005; STRATHE ET AL., 2013; GRINDFLEK ET AL., 2011; SELLIER, 1998; WINDIG ET AL., 2011; ROWE ET AL., 2014; TAJET, 2005; KARACÖREN ET AL., 2010; GRINDFLEK ET AL., 2011; BAES ET AL., 2012; AZEVEDO ET AL., 2014; PEDERSEN, 1998; TAJET ET AL., 2006; ENGELSMA ET AL., 2007b; MERKS ET AL., 2010a.

**TABELLE 10: HERITABILITÄTSMASSE VON EBERGERUCH
(EIGENE ZUSAMMENSTELLUNG)**

Ebergeruch	Quelle
0,54	ROTHSCHILD, RUVINSKY (1998)
0,54	JONSSON, WISMER-PEDERSEN (1974)
0,47 - 0,91 (170 - 210 Lebenstage)	ALSING (1978)
0,46	JONSSON (1985)
0,2	DUCRO-STEVERINK (2006)
0,13	WISMER-PEDERSEN (1968)

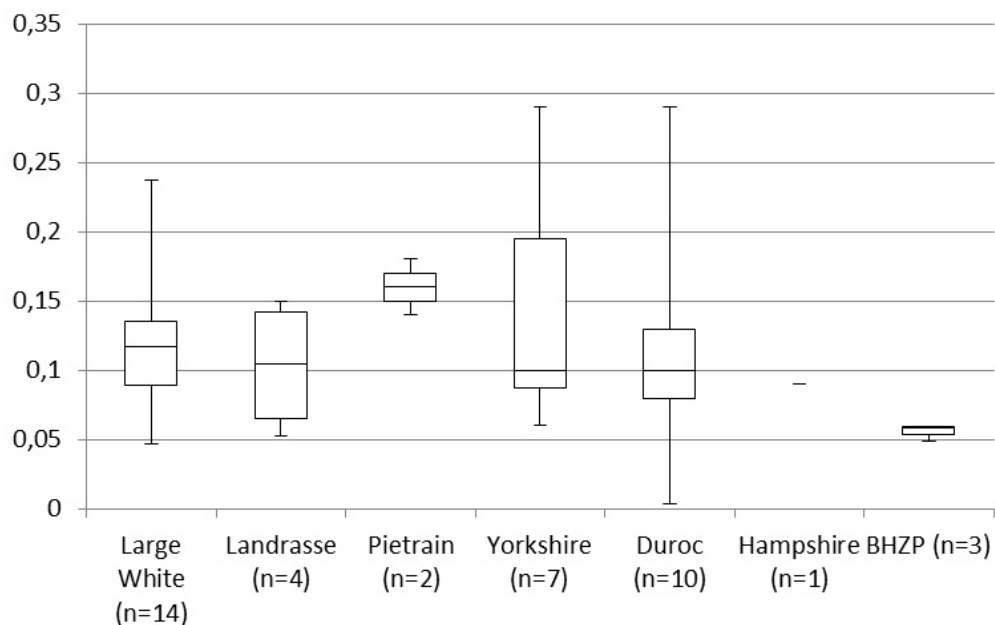
Neben den oben genannten Studien, die sich mit der Vererblichkeit von Androstenon- und Skatolproduktion bzw. -speicherung befassen, existieren auch einige Studien, die sich mit der Vererbung des Ebergeruchs als Beobachtung befassen. Sie berechnen die Vererblichkeit unabhängig der Einzelkonzentration der beiden Stoffe. Die in Tabelle 10 zusammengestellten Studien legen dar, dass der Ebergeruch laut den Ergebnissen von DUCRO-STEVERINK (2006) und WISMER-PEDERSEN et al. (1969) nicht in dem Maße vererbt wird, wie vielfach postuliert. Die phänotypische Vererbung des Ebergeruchs scheint weit weniger stark zu erfolgen. Wenn gleich ROTHSCHILD und RUVINSKY (1998) sowie JONSSON und WISMER-PEDERSEN (1974) Heritabilitätswerte von 54 % finden. Die Untersuchung von ALSING ET AL. (1978) zeigt eine große Schwankung im Heritabilitätsmaß, je nach Alter der Tiere. Demzufolge sind die verschiedenen Heritabilitätsmaße für Skatol, Androstenon oder auch den Ebergeruch als Konglomerat mit Vorsicht zu interpretieren, da sie in großem Maße von anderen Faktoren abhängen als den genetischen Hintergründen.

QUINTANILLA ET AL. (2003) und LEE ET AL. (2005) haben in ihren Forschungen herausgefunden, dass die genetischen Faktoren, die auf die Produktion von Androstenon und Skatol wirken, sehr vielfältig sind. Laut ihrer Aussagen liegen die verantwortlichen Gensequenzen auf mehreren Chromosomen (QUINTANILLA ET AL., 2003; LEE ET AL., 2005). An diesem Punkt knüpfen verschiedene Forschungsarbeiten an, beispielsweise das Spermasexing. Bis heute können jedoch mit dieser Methode keine Ebermast ohne Geruchsabweichung beim Fleisch garantiert werden.

Inwiefern die züchterischen Möglichkeiten Einfluss auf den Ebergeruch bzw. die dafür verantwortlichen Stoffe haben, zeigen Abbildung 7 und Abbildung 8. Dort finden sich die Ergebnisse verschiedener, reinrassiger Zuchtkombinationen. Die Untersuchung zeigt, dass Unterschiede, je nach Mutter- und Vaterlinie der Tiere vorliegen. Doch auch bei dieser isolierten Betrachtung stellt sich die Frage, ob die Zuchtwahl oder andere Faktoren ausschlaggebend für die Unterschiede hinsichtlich der Geruchsauffälligkeiten sind.

Die in den beiden folgenden Abbildungen dargestellten Experimente zeigen, wie heterogen die Skatol- bzw. Androstenonkonzentrationen der Tiere gleicher genetischer Disposition sind. Bei genau-

er Betrachtung fallen nicht nur die Unterschiede zwischen, sondern auch innerhalb gleicher Zuchtlinien auf. Yorkshire⁶ und Duroc⁷ sowie Large White-Eber⁸ weisen die höchsten Skatolwerte im Fett auf, die teilweise oberhalb der Wahrnehmungsgrenze von 0,2 - 0,25 µg Skatol/g Fett liegen. Tiere der Zuchtlinien BHZP (WEILER ET AL., 1995, HERZOG ET AL., 1993), Landrasse (MORTENSEN, 1989, AGERGAARD, LAUE, 1998, XUE ET AL., 1996, WESOLY ET AL., 2016), Hampshire (AGERGAARD, LAUE, 1998) sowie Pietrain (BONNEAU ET AL., 1992) hingegen liegen auch mit den höchsten Werten noch unterhalb der Wahrnehmungsgrenze. Die Unterschiede innerhalb der Rassen sind enorm. Spannweiten von 0,19 µg/g und mehr sind bei den Experimenten mit Tieren der skatolreichsten Genetik zu beobachten. Die Abbildung 8 ermöglicht einen Blick auf den Androstenongehalt im Fett bei reinrassig gezüchteten Ebern. Besonders die Duroc-Eber fallen durch hohe und unterschiedliche Konzentrationen auf. Alle Rassen haben laut der Darstellung wahrnehmbare Konzentrationen von mehr als 0,5 µg/g Fett. Die große Spannweite zwischen den Tieren gleicher genetischer Herkunft legt hingegen auch nah, dass weitere Einflussfaktoren existieren müssen. Die Unterschiede zwischen den Rassen deuten jedoch auch daraufhin, dass eine genetische Disposition vorhanden ist.



**ABBILDUNG 7: SKATOLGEHALT IM FETT [IN µG/G] REINRASSIG GEZÜCHTETER EBER
(N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE)**

⁶ LANTHIER ET AL., 2006; BABOL ET AL., 1996; XUE ET AL., 1996; LUNDSTRÖM ET AL., 1988

⁷ JENSEN ET AL. 1995; LERVIK ET AL., 1995; XUE ET AL., 1996; MORTENSEN, 1989; AGERGAARD, LAUE, 1998; DE CAMPOS ET AL., 2015

⁸ MORTENSEN, 1989; AGERGAARD, LAUE, 1998; ZAMMERINI ET AL., 2012

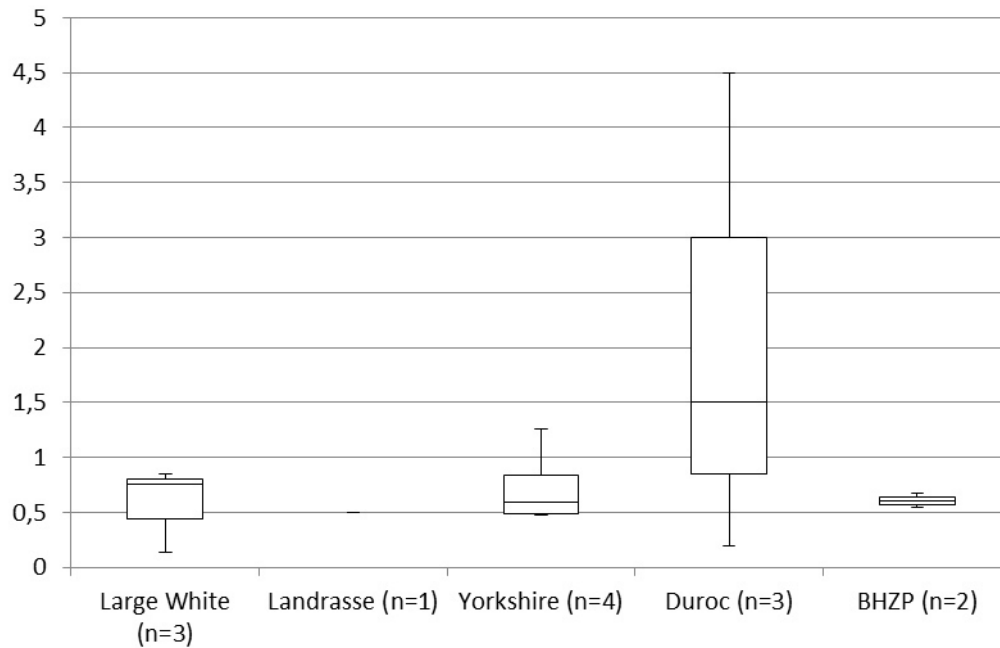


ABBILDUNG 8: ANDROSTENONGEHALT IM FETT [IN µG/G] REINRASSIG GEZÜCHTETER EBER (N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE)

Ob der genetische Einfluss durch die Zuchtwahl des Vater- oder Muttertiers bedingt ist, konnte von Seiten der Wissenschaft noch nicht geklärt werden. In Tabelle 11 sind daher die Skatol- und Androstenonkonzentrationen, in Abhängigkeit der verschiedenen Vaterzuchtlinien (ungeachtet der Mutterzuchtlinie) aufgeführt. Es empfiehlt sich, ein besonderes Augenmerk auf die Konzentration im Fett zu richten, da die Konzentration im Blut stark schwanken kann. Alle erfassten Zuchtlinien, mit Ausnahme der Landrasse, erreichen Androstenonwerte im Fett, die gemäß Literatur wahrnehmbar sind. Die Konzentration von Skatol hingegen erweist sich lediglich bei Tieren mit den Vaterlinien Meishan und Large White als entsprechend hoch.

TABELLE 11: ÜBERSICHT ÜBER DIE MITTELWERTE DER ANDROSTENON- UND SKATOLGEHALTE IN FETT [$\mu\text{g/g}$] UND BLUT [$\mu\text{g/l}$] DER VERSCHIEDENEN VATERZUCHTLINIEN (N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE)

Vaterlinie	Androstenongehalt im Fett [$\mu\text{g/g}$]	Skatolgehalt im Fett [$\mu\text{g/g}$]	Androstenongehalt im Blut [$\mu\text{g/l}$]	Skatolgehalt im Blut [$\mu\text{g/l}$]
Meishan N	1,23** 4	0,28** 4	-	-
Yorkshire N	0,85* 7	0,12 24	3,33 4	3,24 12
BHZP N	0,61* 2	0,06 2	-	-
Duroc N	1,11** 15	0,10 45	19,79 16	1,55 17
Large White N	1,05** 5	0,24* 25	-	0,008 4
Landrasse N	0,47 12	0,11 41	-	5,69 8
Edelschwein N	0,73* 2	0,009 2	-	-
Pietrain N	0,84* 30	0,11 45	-	-
Sonstige inkl. Seghers-Hybrid N	1,18** 7	0,16 8	-	-
Hampshire N	-	-	-	7,9 1

*überschreitet den Schwellenwert von 0,5 μg Androstenon /g Fett, bzw. 0,2 μg Skatol /g Fett

**überschreitet den oberen Schwellenwert von 1,0 μg Androstenon /g Fett, bzw. 0,25 μg Skatol /g Fett

Eber, deren Väter der Zuchtlinie Meishan, Duroc oder Large White entstammen, weisen mehr als 1,0 μg Androstenon je g Fett auf. Mit Ausnahme der väterlicherseits auf die Landrasse zurückzuführenden Tiere, weisen alle anderen betrachteten Rassen Androstenongehalte oberhalb der Wahrnehmungsgrenze von 0,5 $\mu\text{g/g}$ auf. Im Rahmen der Literaturrecherche konnte kein Experiment gefunden werden, das auf reinrassig Meishan gezüchteten Ebern basiert. Daher kann kein Vergleich zu den in Abbildung 8 aufgestellten Ergebnissen für Meishan-Eber gezogen werden. Der Skatolgehalt ist bei Ebern der Vaterrassen Meishan und Large White oberhalb der Wahrnehmungsgrenze.

Im Rahmen der vorliegenden Ausarbeitung werden die Vater- und Mutterzuchtlinien, entsprechend der Angaben der Autoren der Studien erfasst. Die betrachteten Experimente beziehen sich nicht ausschließlich auf reinrassige Züchtungen. Um der Vielfalt gerecht zu werden, werden bis zu vier Zuchtli-

nien (je für Vater- und Mutterseite) je Experiment erfasst. Die in Tabelle 11 dargestellten Mittelwerte der verschiedenen Vaterzuchtlinien machen eine detaillierte Untersuchung hinsichtlich signifikanter Unterschiede erforderlich. Um statistische Auswertungen zur Identifikation von Unterschieden einer metrischen Variablen verschiedener Teilgruppen durchführen zu dürfen, müssen Voraussetzungen erfüllt sein. Ein gängiges Testverfahren ist der t-Test, der Unterschiede zwischen den Mittelwerten anzeigt. Voraussetzung für die Durchführung des t-Tests sind die Homogenität der Varianzen (gemessen mit dem LEVENE-Test) sowie die Normalverteilung der Daten (gemessen mit dem KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test). Werden beide Bedingungen erfüllt, wird der t-Test zum Vergleich der Mittelwerte durchgeführt. Bei Heterogenität der Varianzen kann der t-Test dahingehend angepasst werden. Sind die Daten hingegen nicht normalverteilt, wird auf den nicht parametrischen Test nach Kruskal-Wallis zurückgegriffen, der signifikante Unterschiede identifizieren kann. Für die genauere Betrachtung, welche Rassen sich unterscheiden, wird der MANN-WHITNEY U-Test durchgeführt. Dieser beruht auf der Rangreihung der einzelnen Zuchtlinien. Mit welchem Verfahren die signifikanten Unterschiede zwischen den Vaterzuchtlinien (s. Tabelle 11) ermittelt werden, ist in Tabelle 12 verdeutlicht.

TABELLE 12: ÜBERPRÜFUNG DER STATISTISCHEN VORAUSSETZUNG FÜR DEN VERGLEICH DER VATERZUCHTLINIEN

	Rasse	Normalverteilung	Varianzhomogenität	Testverfahren
Androstenongehalt im Blut [$\mu\text{g/l}$]	1: n=20	√ Sig.: 0,595	X Sig.: 0,003	t-Test mit ungleicher Varianz
Skatolgehalt im Blut [$\mu\text{g/l}$]	1: n=34	X Sig.: 0,046	X Sig.: 0,040	Nicht parametrischer Test
Androstenongehalt im Fett [$\mu\text{g/g}$]	1: n=70	√ Sig.: 0,197	X Sig.: 0,030	t-Test mit ungleicher Varianz
	2: n=11	√ Sig.: 0,197	√ Sig.: 0,245	t-Test mit gleicher Varianz
	3: n=10	√ Sig.: 0,197	√ Sig.: 0,065	t-Test mit gleicher Varianz
Skatolgehalt im Fett [$\mu\text{g/g}$]	1: n=123	X Sig.: 0,000	X Sig.: 0,000	Nicht parametrischer Test
	2: n=35	X Sig.: 0,000	X Sig.: 0,015	Nicht parametrischer Test
	3: n=25	X Sig.: 0,000	√ Sig.: 0,206	Nicht parametrischer Test
	4: n=13	X Sig.: 0,000	√ Sig.: 0,358	Nicht parametrischer Test
Geruchsauffälligkeit [%]	1: n=16	√ Sig.: 0,113	√ Sig.: 0,633	t-Test mit gleicher Varianz

X Voraussetzung nicht erfüllt; √ Voraussetzung erfüllt

Literaturübersicht - bislang diskutierte Einflussfaktoren auf die Entstehung von Ebergeruch

Die Tabelle 13 zeigt die signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Rassen auf Seiten der Vatertiere auf. Die durchgeführten Tests variieren aufgrund der teilweise nicht erfüllten Voraussetzungen der Normalverteilung bzw. der Varianzhomogenität.

TABELLE 13: ZUSAMMENSTELLUNG ÜBER DIE SIGNIFIKANTEN UNTERSCHIEDE ZWISCHEN DEN VATERZUCHTLINIEN

		Testverfahren		Ergebnis																														
Androstenonengehalt im Blut [$\mu\text{g/l}$]	Vaterrasse 1	t-Test bei nicht homogenen Varianzen		signifikante Unterschiede bei: Duroc (MW:19,79) und Yorkshire (MW: 3,33) (Sig. 0,000**)																														
Skatolgehalt im Blut [$\mu\text{g/l}$]	Vaterrasse 1	Nicht parametrischer Test nach MANN-WHITNEY		signifikante Unterschiede bei der folgenden Kombination:																														
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Large White</th> <th>Pietrain</th> <th>Yorkshire</th> <th>Duroc</th> <th>Hampshire</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Landrasse 0,017* ↑</td> <td>0,001** Landrasse ↑</td> <td>0,021* Landrasse ↓</td> <td>0,02* Large White ↓</td> <td>0,000** Large White ↓</td> </tr> <tr> <td>Large White</td> <td></td> <td></td> <td>0,000** Pietrain ↓</td> <td>0,000** Pietrain ↓</td> </tr> <tr> <td>Pietrain</td> <td></td> <td>0,000** Pietrain ↓</td> <td>0,013* Sonstige ↓</td> <td>0,02* Sonstige ↓</td> </tr> <tr> <td>Sonstige</td> <td></td> <td>0,002* Sonstige ↓</td> <td>0,039* Meishan ↓</td> <td>0,046* Meishan ↓</td> </tr> <tr> <td>Meishan</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Large White	Pietrain	Yorkshire	Duroc	Hampshire	Landrasse 0,017* ↑	0,001** Landrasse ↑	0,021* Landrasse ↓	0,02* Large White ↓	0,000** Large White ↓	Large White			0,000** Pietrain ↓	0,000** Pietrain ↓	Pietrain		0,000** Pietrain ↓	0,013* Sonstige ↓	0,02* Sonstige ↓	Sonstige		0,002* Sonstige ↓	0,039* Meishan ↓	0,046* Meishan ↓	Meishan				
Large White	Pietrain	Yorkshire	Duroc	Hampshire																														
Landrasse 0,017* ↑	0,001** Landrasse ↑	0,021* Landrasse ↓	0,02* Large White ↓	0,000** Large White ↓																														
Large White			0,000** Pietrain ↓	0,000** Pietrain ↓																														
Pietrain		0,000** Pietrain ↓	0,013* Sonstige ↓	0,02* Sonstige ↓																														
Sonstige		0,002* Sonstige ↓	0,039* Meishan ↓	0,046* Meishan ↓																														
Meishan																																		
				Pfeil bezieht sich auf ... ist (↑) größer bzw. (↓) kleiner als Rasse in der ersten Zeile.																														
Androstenonengehalt im Fett [$\mu\text{g/g}$]	Vaterrasse 1:	t-Test bei nicht homogenen Varianzen		signifikante Unterschiede bei:																														
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Large White</th> <th>Duroc</th> <th>Sonstige</th> <th>Yorkshire</th> <th>Meishan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(MW: 1,05)</td> <td>(MW: 1,49)</td> <td>(MW: 1,18)</td> <td>(MW: 0,85)</td> <td>(MW: 1,23)</td> </tr> <tr> <td>Landrasse (MW: 0,52)</td> <td>0,002*</td> <td>0,044*</td> <td>0,000**</td> <td>0,042*</td> </tr> <tr> <td>BHZP (MW:0,61)</td> <td></td> <td>0,048*</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Large White	Duroc	Sonstige	Yorkshire	Meishan	(MW: 1,05)	(MW: 1,49)	(MW: 1,18)	(MW: 0,85)	(MW: 1,23)	Landrasse (MW: 0,52)	0,002*	0,044*	0,000**	0,042*	BHZP (MW:0,61)		0,048*												
Large White	Duroc	Sonstige	Yorkshire	Meishan																														
(MW: 1,05)	(MW: 1,49)	(MW: 1,18)	(MW: 0,85)	(MW: 1,23)																														
Landrasse (MW: 0,52)	0,002*	0,044*	0,000**	0,042*																														
BHZP (MW:0,61)		0,048*																																
	Vaterrasse 2	t-Test bei homogenen Varianzen		signifikante Unterschiede bei der folgenden Kombination:																														

			Landrasse (MW: 0,23) und Large White (MW: 0,59) (Sig. 0,017*) Landrasse (MW: 0,23) und Duroc (MW: 0,97) (Sig. 0,026*)																								
Vaterrasse 3	t-Test bei homogenen Varianzen		keine signifikanten Unterschiede (Sig. 0,119)																								
Vaterrasse 1	Nicht parametrischer Test nach MANN-WHITNEY	signifikante Unterschiede bei den folgenden Kombinationen:																									
			<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Large White</th> <th>BHZP</th> <th>Meishan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Landrasse</td> <td>0,005* Landrasse ↓</td> <td></td> <td>0,004* Landrasse ↓</td> </tr> <tr> <td>Large White</td> <td></td> <td>0,046* Large White ↑</td> <td>0,020* Large White ↓</td> </tr> <tr> <td>Duroc</td> <td></td> <td></td> <td>0,005* Duroc ↓</td> </tr> <tr> <td>Pietrain</td> <td>0,035* Pietrain ↑</td> <td></td> <td>0,004* Pietrain ↓</td> </tr> <tr> <td>Yorkshire</td> <td>0,019* Yorkshire ↓</td> <td></td> <td>0,011* Yorkshire ↓</td> </tr> </tbody> </table>		Large White	BHZP	Meishan	Landrasse	0,005* Landrasse ↓		0,004* Landrasse ↓	Large White		0,046* Large White ↑	0,020* Large White ↓	Duroc			0,005* Duroc ↓	Pietrain	0,035* Pietrain ↑		0,004* Pietrain ↓	Yorkshire	0,019* Yorkshire ↓		0,011* Yorkshire ↓
	Large White	BHZP	Meishan																								
Landrasse	0,005* Landrasse ↓		0,004* Landrasse ↓																								
Large White		0,046* Large White ↑	0,020* Large White ↓																								
Duroc			0,005* Duroc ↓																								
Pietrain	0,035* Pietrain ↑		0,004* Pietrain ↓																								
Yorkshire	0,019* Yorkshire ↓		0,011* Yorkshire ↓																								
Vaterrasse 2-4	Nicht parametrischer Test nach MANN-WHITNEY		keine signifikanten Unterschiede.																								
Vaterrasse 1	t-Test bei homogenen Varianzen		keine signifikanten Unterschiede (Sig. 0,600)																								
Geruchsauffälligkeit [%]																											

** signifikant, Irrtumswahrscheinlichkeit ist kleiner als 0,1 %

* signifikant, Irrtumswahrscheinlichkeit ist kleiner als 5 %

Bei genauer Betrachtung der Ergebnisse fällt auf, dass unabhängig des Messortes Unterschiede zwischen den Vaterrassen festgestellt werden können. Die Ausnahme bildet die subjektive Bewertung des Ebergeruchs [in %].

Die Unterschiede hinsichtlich der Androstenonkonzentration in Blut und Fett sind uneinheitlich. Sticht bei der Blutkonzentration der Duroc-Eber durch seinen Mittelwert (19,79 µg/l) im Vergleich zum Yorkshire-Eber (3,33 µg/l) hervor, so sind es bei der Messung im Fett auch andere. Die Eber der Landrasse weisen signifikant niedrigere Werte auf als Large White, Duroc, Yorkshire sowie Meishan. Auch hier führen die Duroc-Eber die Rangreihung mit den höchsten Androstenonwerten im Fett an.

Bei den Messungen des Skatols in Blut und Fett zeigen sich deutlich mehr Unterschiede. Im Blut werden häufiger Unterschiede gefunden als im Fett. Yorkshire-, Hampshire- und Duroc-Eber dominieren mit ihren hohen Werten im Blut gegenüber den übrigen Zuchtlinien. Die aus Meishan-Ebern gezogenen Tiere weisen im Fett große Skatolansammlungen auf. Jede Schweinerasse hat eine bestimmte Ausrichtung, auf die sie in der Historie gezüchtet wurde. Die Zuchtziele liegen in einem möglichst hohen Fleisch- oder Fettansatz. Zu den Rassen, die auf Fleischansatz ausgerichtet sind, gehören Edelschwein, Landrasse, Large White, Pietrain, BHZP, Yorkshire, Seghers-Hybrid sowie Hampshire. Tiere der Rassen Meishan und Duroc hingegen sind auf Fett orientiert. Unterschiede zwischen diesen beiden Zuchtausrichtungen hinsichtlich Androstenon und Skatol werden im Folgenden betrachtet.

TABELLE 14: ÜBERPRÜFUNG DER STATISTISCHEN VORAUSSETZUNG FÜR DEN VERGLEICH ZWISCHEN DEN RASSEN DER VATERZUCHTLINIEN MIT UNTERSCHIEDLICHER ZUCHTAUSRICHTUNG

		Normalverteilung	Varianzhomogenität	Testverfahren
Androstenongehalt im Blut [µg/l]	(n=22)	√ Sig.: 0,595	X Sig.: 0,008	t-Test mit ungleicher Varianz
Skatolgehalt im Blut [µg/l]	(n=36)	X Sig.: 0,0,046	X Sig.: 0,022	Nicht parametrischer Test
Androstenongehalt im Fett [µg/g]	(n=76)	√ Sig.: 0,197	√ Sig.: 0,190	t-Test mit gleicher Varianz
Skatolgehalt im Fett [µg/g]	(n=132)	X Sig.: 0,000	X Sig.: 0,003	Nicht parametrischer Test
Geruchsauffälligkeit [%]	(n=18)	√ Sig.: 0,113	√ Sig.: 0,251	t-Test mit gleicher Varianz

X Voraussetzung nicht erfüllt; √ Voraussetzung erfüllt

Die Überprüfung der Voraussetzungen für den Vergleich der verschiedenen Ausrichtungen der Zuchtziele auf Seiten der Vatertiere führt zu den in Tabelle 14 dargestellten statistischen Testformen. Analog zur Auswertung der Vaterzuchtlinien werden t-Tests oder nicht parametrische Tests durchgeführt.

TABELLE 15: ZUSAMMENSTELLUNG ÜBER DIE SIGNIFIKANTEN UNTERSCHIEDE ZWISCHEN DEN RASSEN DER VATERZUCHTLINIEN MIT UNTERSCHIEDLICHER ZUCHTAUSRICHTUNG

Testverfahren		Ergebnis				
Androstenonengehalt im Blut [$\mu\text{g/l}$]	t-Test bei nicht homogenen Varianzen	signifikante Unterschiede bei: Fettschwein (MW:18,27) und Fleischschwein (MW: 3,33) (Sig. 0,000**)				
Skatolgehalt im Blut [$\mu\text{g/l}$]	Nicht parametrischer Test nach Kruskal-Wallis	keine signifikanten Unterschiede				
Androstenonengehalt im Fett [$\mu\text{g/g}$]	t-Test bei homogenen Varianzen	signifikante Unterschiede bei: Fettschwein (MW: 1,36) und Feischschwein (MW: 0,79) (Sig. 0,008*)				
Skatolgehalt im Fett [$\mu\text{g/g}$]	Nicht parametrischer Test nach MANN-WHITNEY	signifikante Unterschiede bei: <table border="1" style="margin-left: 20px; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Fleischschwein</th> <th>Fettschwein</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fett- und Fleischschwein 0,02* ↑</td> <td>Fett- und Fleischschwein 0,006* ↑</td> </tr> </tbody> </table> Pfeil bezieht sich auf ... ist (↑) größer bzw. (↓) kleiner als Rasse in der ersten Zeile.	Fleischschwein	Fettschwein	Fett- und Fleischschwein 0,02* ↑	Fett- und Fleischschwein 0,006* ↑
Fleischschwein	Fettschwein					
Fett- und Fleischschwein 0,02* ↑	Fett- und Fleischschwein 0,006* ↑					
Geruchsauffälligkeit [%]	t-Test bei homogenen Varianzen	keine signifikanten Unterschiede (Sig. 0,430)				

** signifikant, Irrtumswahrscheinlichkeit ist kleiner als 0,1 %

* signifikant, Irrtumswahrscheinlichkeit ist kleiner als 5 %

Hinsichtlich des Androstenongehalts in Blut sowie Fett, zeigen die Fettschweine signifikant höhere Mengen des Steroids auf als die Fettschweine. Beim Skatol sind keine Unterschiede im Blut, dafür aber im Fett festzustellen. Fett- und Fleischschweine weisen untereinander keine Unterschiede auf, wohl aber im Vergleich zu Ebern, deren Vatterassen keine klare Ausrichtung aufweist, folglich der Fett- sowie der Fleischschwein-Zucht entstammen.

Analog zur Betrachtung der Vaterzuchtlinien erfolgt die Beurteilung der Unterschiede auf Seiten der Muttertiere.

TABELLE 16: ÜBERSICHT ÜBER DIE ANDROSTENON- UND SKATOLGEHALTE IN FETT [$\mu\text{g/g}$] UND BLUT [$\mu\text{g/l}$] DER VERSCHIEDENEN MUTTERZUCHTLINIEN (N= ANZAHL DER BETRACHTETEN EXPERIMENTE)

Mutterlinie	Androstenongehalt im Fett	Skatolgehalt im Fett	Androstenongehalt im Blut	Skatolgehalt im Blut
Large White	1,31**	0,12	20,30	1,08
N	18	40	10	6
Duroc	0,92*	0,13	-	12,6
N	13	27		1
Pietrain	0,95*	0,12	-	-
N	6	18		
Landrasse	1,00**	0,10	16,50	2,90
N	29	62	20	24
BHZP	0,61*	0,06	-	-
N	2	2		
Sonstiges	1,08**	0,16	-	-
N	8	9		
Hampshire	1,01**	0,09	-	7,9
N	3	12		1
Yorkshire	1,26**	0,14	-	7,1
N	14	23		4
Edelschwein	1,32**	0,12	-	-
N	14	14		
Seghers-Hybrid	0,24	0,82**	-	-
N	7	11		

*überschreitet den unteren Schwellenwert von 0,5 μg Androstenon /g Fett, bzw. 0,2 μg Skatol /g Fett

**überschreitet den oberen Schwellenwert von 1,0 μg Androstenon /g Fett, bzw. 0,25 μg Skatol /g Fett

Die Betrachtung der Mutterseite (s. Tabelle 16) zeichnet ein anderes Bild als auf Vaterseite. Eber mit den Vatterassen Meishan, Duroc oder Large White zeigen (vgl. Tabelle 11) Androstenonwerte im Fett von mehr als 1,0 µg/g. Basierend auf den Muttertieren weisen neben Large White auch Tiere, die auf die Landrasse, Hampshire, Yorkshire und Edelschwein zurückgehen, Androstenonkonzentrationen in eben jener Höhe auf. Die Skatolwerte sind lediglich bei Seghers-Hybrid-gezogenen Ebern oberhalb der Wahrnehmungsgrenze. Zwischen den verschiedenen Zuchtrichtungen schwanken die Werte. Daher empfiehlt es sich, auch hier die Mittelwerte der Rassen zu vergleichen. Analog zum Vorgehen auf Seiten der männlichen Elterntiere der Eber wird auch bei den Muttertieren vorgegangen. Zunächst gilt es auch hier die Voraussetzungen für die Anwendung statistischer Testverfahren zu überprüfen. In Tabelle 17 werden die Voraussetzungen sowie die daraus resultierenden Testverfahren dargestellt.

TABELLE 17: ÜBERPRÜFUNG DER STATISTISCHEN VORAUSSETZUNG FÜR DEN VERGLEICH DER MUTTERZUCHTLINIEN

	Rasse	Normalverteilung	Varianzhomogenität	Testverfahren
Androstenongehalt im Blut [µg/l]	1: n=20, aber nur eine Rasse	-	-	-
Skatolgehalt im Blut [µg/l]	1: n=30	X Sig.: 0,046	X Sig.: 0,703	Nicht parametrischer Test
Androstenongehalt im Fett [µg/g]	1: n=66	√ Sig.: 0,197	X Sig.: 0,000	t-Test mit ungleicher Varianz
	2: n=28	√ Sig.: 0,197	X Sig.: 0,000	t-Test mit ungleicher Varianz
	3: n=11	√ Sig.: 0,197	X Sig.: 0,001	t-Test mit ungleicher Varianz
Skatolgehalt im Fett [µg/g]	1: n=119	X Sig.: 0,000	√ Sig.: 0,063	Nicht parametrischer Test
	2: n=54	X Sig.: 0,000	√ Sig.: 0,234	Nicht parametrischer Test
	3: n=26	X Sig.: 0,000	√ Sig.: 0,554	Nicht parametrischer Test
	4: n=19	X Sig.: 0,000	√ Sig.: 0,351	Nicht parametrischer Test
Geruchsauffälligkeit [%]	1: n=16	√ Sig.: 0,113	X Sig.: 0,009	t-Test mit ungleicher Varianz

X Voraussetzung nicht erfüllt; √ Voraussetzung erfüllt

TABELLE 18: ZUSAMMENSTELLUNG ÜBER DIE SIGNIFIKANTEN UNTERSCHIEDE ZWISCHEN DEN MUTTERZUCHTLINIEN

Indikator	Testverfahren	Ergebnis	
		Edelschwein	Landrasse
Skatolgehalt im Blut [$\mu\text{g/l}$]	Nicht parametrischer Test nach MANN-WHITNEY	signifikante Unterschiede bei:	
		Landrasse	0,001* Landrasse ↑
		Yorkshire	0,027* Yorkshire ↑
		Large White	0,005** Large White ↓
		Duroc	0,000** Duroc ↓
		Pietrain	0,036* Pietrain ↓
		Sonstige	0,006* Sonstige ↓
		Seghers-Hybrid	0,003* Seghers-Hybrid ↓
Androstenonengehalt im Fett [$\mu\text{g/g}$]	t-Test bei nicht homogenen Varianzen	Hampshire	0,011* Hampshire ↓
		Pfeil bezieht sich auf ... ist ↑ größer bzw. ↓ kleiner als Rasse in der ersten Zeile.	
		signifikante Unterschiede bei:	
		Edelschwein (MW: 1,41) und Seghers-Hybrid (MW: 0,24) (Sig. 0,028*)	
		Sonstige (MW: 1,37) und Seghers-Hybrid (MW: 0,24) (Sig. 0,000**)	

	t-Test bei nicht homogenen Varianzen	Mutter- rasse 2	signifikante Unterschiede bei:	
			Landrasse (MW: 0,2)	Sonstige (MW: 0,23)
			Large White (MW: 2,03)	0,008*
			Edelschwein (MW: 1,11)	0,009*
			Duroc (MW: 0,67)	0,005*
				0,021*
			keine signifikanten Unterschiede (Sig. 0,178)	
	t-Test bei nicht homogenen Varianzen	Mutter- rasse 3	keine signifikanten Unterschiede	
	Nicht parametrischer Test nach MANN-WHITNEY	Mutter- rasse 1	signifikante Unterschiede bei:	
			Landrasse	Large White
			Yorkshire	0,001* Yorkshire ↑
			Hampshire	0,033* Hampshire ↑
			Seghers-Hybrid	0,032* Seghers-Hybrid ↓
			Pfeil bezieht sich auf ... ist ↑ größer bzw. ↓ kleiner als Rasse in der ersten Zeile	
	Nicht parametrischer Test nach MANN-WHITNEY	Mutter- rasse 2-4	keine signifikanten Unterschiede	
	t-Test bei nicht homogenen Varianzen	Mutter- rasse 1	keine signifikanten Unterschiede (Sig. 0,313)	

** signifikant, Irrtumswahrscheinlichkeit ist kleiner als 0,1 %

* signifikant, Irrtumswahrscheinlichkeit ist kleiner als 5 %

Entsprechende der Verteilung und der Varianzhomogenität, werden die entsprechenden Testverfahren durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 18 zusammengeführt.

Ein Vergleich für die Androstenonwerte im Blut kann aufgrund der geringen Fallgröße nicht durchgeführt werden. Der Vergleich der Mittelwerte der Skatolkonzentrationen im Blut ergibt, dass Eber, die auf mütterlicher Seite auf die Landrasse zurückgehen, höhere Blutkonzentrationen aufweisen, als ein Großteil der übrigen Rassen. Analog zur Betrachtung der Vaterzuchtlinien gilt es auch hier, die Konzentrationen der geruchsverursachenden Stoffe im Fett zu betrachten. Edelschwein, Large White und Duroc-Tiere weisen teilweise signifikant höhere Werte auf als Landrasse und Seghers-Hybrid. Signifikante Unterschiede des in Fett eingelagerten Skatols bestehen zwischen Yorkshire bzw. Hampshire und Landrasse sowie Seghers-Hybrid und Large White.

Die Untersuchung hinsichtlich von Unterschieden zwischen den Zuchtausrichtungen der Muttertiere wird gemäß der in Tabelle 19 zusammengestellten Voraussetzungen durchgeführt.

TABELLE 19: ÜBERPRÜFUNG DER STATISTISCHEN VORAUSSETZUNG FÜR DEN VERGLEICH ZWISCHEN DEN RASSEN DER MUTTERZUCHTLINIEN MIT UNTERSCHIEDLICHER ZUCHTAUSRICHTUNG

Indikator	Stichproben- größe	Normalverteilung (Sig. > 0,05)	Varianzhomogenität (Sig. > 0,05)	Testverfahren
Androstenongehalt im Blut [$\mu\text{g/l}$]	n=20, eine Rasse	-	-	-
Skatolgehalt im Blut [$\mu\text{g/l}$]	n=30	X Sig.: 0,046	√ Sig.: 0,295	Nicht paramet- rischer Test
Androstenongehalt im Fett [$\mu\text{g/g}$]	n=48	√ Sig.: 0,197	X Sig.: 0,018	t-Test mit un- gleicher Varianz
Skatolgehalt im Fett [$\mu\text{g/g}$]	n=100	X Sig.: 0,000	√ Sig.: 0,827	Nicht paramet- rischer Test
Geruchsauffälligkeit [%]	NaN	-	-	-

X Voraussetzung nicht erfüllt; √ Voraussetzung erfüllt

TABELLE 20: ZUSAMMENSTELLUNG ÜBER DIE SIGNIFIKANTEN UNTERSCHIEDE ZWISCHEN DEN RASSEN DER MUTTERZUCHTLINIEN MIT UNTERSCHIEDLICHER ZUCHTAUSRICHTUNG

Indikator	Testverfahren	Ergebnis								
Androstenoengehalt im Blut [$\mu\text{g/l}$]	-	-								
Skatolgehalt im Blut [$\mu\text{g/l}$]	Nicht parametrischer Test nach MANN-WHITNEY	<p>signifikante Unterschiede bei:</p> <table border="1"> <tr> <td>Fleischschwein</td> <td>Fettschwein</td> </tr> <tr> <td>Fett- und Fleischschwein</td> <td>0,002*</td> </tr> <tr> <td>Fett- und Fleischschwein</td> <td>Fett- und Fleischschwein</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,050</td> </tr> </table> <p>Pfeil bezieht sich auf ... ist \uparrow größer bzw. \downarrow kleiner als Rasse in der ersten Zeile.</p>	Fleischschwein	Fettschwein	Fett- und Fleischschwein	0,002*	Fett- und Fleischschwein	Fett- und Fleischschwein		0,050
Fleischschwein	Fettschwein									
Fett- und Fleischschwein	0,002*									
Fett- und Fleischschwein	Fett- und Fleischschwein									
	0,050									
Androstenoengehalt im Fett [$\mu\text{g/g}$]		keine signifikanten Unterschiede								
Skatolgehalt im Fett [$\mu\text{g/g}$]	Nicht parametrischer Test nach MANN-WHITNEY	<p>signifikante Unterschiede bei:</p> <table border="1"> <tr> <td>Fleischschwein</td> <td>Fettschwein</td> </tr> <tr> <td>Fett- und Fleischschwein</td> <td>0,000**</td> </tr> <tr> <td>Fett- und Fleischschwein</td> <td>Fett- und Fleischschwein</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,002*</td> </tr> </table> <p>Pfeil bezieht sich auf ... ist \uparrow größer bzw. \downarrow kleiner als Rasse in der ersten Zeile</p>	Fleischschwein	Fettschwein	Fett- und Fleischschwein	0,000**	Fett- und Fleischschwein	Fett- und Fleischschwein		0,002*
Fleischschwein	Fettschwein									
Fett- und Fleischschwein	0,000**									
Fett- und Fleischschwein	Fett- und Fleischschwein									
	0,002*									
Geruchsauffälligkeit [%]		-								

** signifikant, Irrtumswahrscheinlichkeit ist kleiner als 0,1 %

* signifikant, Irrtumswahrscheinlichkeit ist kleiner als 5 %

Die Ausrichtung der Mutterzuchtlinien auf fett- oder fleischreiche Tiere führt zu signifikanten Unterschieden bei den Skatolkonzentrationen im Fett sowie im Blut. Weisen die Eber, deren Muttertiere sowohl auf Fett als auch Fleisch ausgerichtet sind, signifikant geringere Blutkonzentration von Skatol auf, so verhält es sich mit der Einlagerung ins Fett andersherum. Erneut weisen die Tiere mit einer weniger klar ausgerichteten Zucht geringere Werte im Vergleich zum Fettschwein auf. Jedoch weisen sie höhere Skatolgehalte auf als die Fleischschweine. Unterschiede zwischen den Zuchtlinien liegen beim Androstenon im Fett nicht vor.

Die aufgezeigten Unterschiede zwischen den verschiedenen Züchtungen oder auch Zuchtzielen lassen den Schluss zu, dass die Genetik einen Einfluss auf die Höhe von Skatol und Androstenon im Schlachtkörper männlicher unkastrierter Schweine hat. Die Ergebnisse der Erhebung sind durch die geringe Stichprobengröße einzelner Zuchtlinien limitiert. So kann kein allgemeingültiges Bild des Zusammenhangs zwischen Zucht und Androstenon- sowie Skatolgehalt geschaffen werden. Das teils diffuse Bild deutet jedoch außerdem daraufhin, dass weitere Faktoren einen Einfluss haben.

Die Erkenntnisse bezüglich des Einflusses des Haltungssystems werden im folgenden Unterkapitel näher beschrieben.

5.3. Einfluss der Haltungsbedingungen

Laut MEYER ET AL. (2013: 11) kann speziell auf die Höhe des Skatolgehalts bei Schweinen durch Haltung Einfluss genommen werden. Doch finden sich auch Studien, die sich in diesem Zusammenhang mit dem Androstenongehalt der Tiere befassen. Die folgenden Tabellen zeigen die relevanten Faktoren in vier Kategorien unterteilt. Es werden einzeln betrachtet: die Gruppenzusammensetzung, die Stallgestaltung sowie das Belichtungsprogramm. Die Einflüsse auf Skatol- und des Androstenongehalt werden in je zwei einzelnen Tabellen erarbeitet.

TABELLE 21: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER GRUPPENZUSAMMENSETZUNG UND DER SKATOLKONZENTRATION BEI SCHLACHTSCHWEINEN

Einflussfaktor	Messort	Skatollevel	Quelle
Einzelhaltung	Fett	Höhere Skatolgehalte als in Gruppenhaltung	ADAM ET AL. (2009)
Kontakt mit weiblichen Schweinen während der Mast	Fett	Sinkt	ANDERSSON ET AL. (1997b)
Rangposition innerhalb der Gruppe	Plasma Faeces	Skatol bleibt unbeeinflusst von Rankämpfen, Aggressionen etc. Ranghöhe und Aggressionshäufigkeit haben keinen Einfluss auf den Skatolgehalt.	GIERSING ET AL. (2000)
Vermischung mit unbekanntem Schweinen vor der Schlachtung	Fett	Kein Einfluss	ANDERSSON ET AL. (1997b)

In Bezug auf die Gruppenzusammensetzung (Kontakt zu anderen (gleichgeschlechtlichen) Tieren) wird nur bei zwei Forschungsarbeiten ein Einfluss auf die Skatolkonzentration im Fett festgestellt. Die physiologischen Hintergründe sind unklar. Mit Blick auf die Androstenonkonzentration ist eine größere Anzahl an Studien zu finden. Tabelle 22 fasst diese zusammen.

TABELLE 22: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER GRUPPENZUSAMMENSETZUNG UND DER ANDROSTENONKONZENTRATION BEI SCHLACHTSCHWEINEN

Einflussfaktor	Messort	Beobachtung	Quelle
Stallwechsel: der Wechsel in einen neuen unbekanntem Stall	Blut	Dreifach erhöhte Testosteron- und Androstenonwerte; der Anstieg ist über 7 Tage messbar, danach sinken die Werte zurück auf das Ausgangsniveau	CLAUS, ALSING (1976)
Soziale Isolation	Blut	Führt innerhalb von 5 Tagen zu einer stark verminderten Konzentrationen	CLAUS (1979)
Stabile soziale Gruppe (Wurfgeschwister in einer Bucht während der Aufzucht und Mast)	Blut	Tendenziell niedriger als in Gruppen, die mehrfach umgestallt wurden und aus verschiedenen Würfen zusammengesetzt sind	FREDRIKSEN ET AL. (2008)
Tiere mit ähnlichen Androstenonwerten	Plasma	Je höher der Androstenonwert des Ebers mit dem höchsten Wert ist, desto höher sind auch die Androstenonwerte innerhalb der Gruppe.	GIERSING ET AL. (2000)
Platzierung innerhalb der Gruppe	Plasma	Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Rangordnung und den (Testosteron- und) Androstenonwerten.	CLAUS ET AL. (1994), XUE, DIAL (1997), BONNEAU (2006), GIERSING ET AL. (2000)
Einzelhaltung	Fett	Doppelt so hohe Werte wie in Gruppenhaltung	ADAM ET AL. (2009)
Gemischtgeschlechtliche Haltung	Fett	Signifikant höhere Androstenonwerte bei den 110 kg schweren Ebern als bei den gemischten Gruppen (Jungsauen und Eber), bei den Gewichtsklassen von 81 und 93 kg wurden keine signifikanten, aber tendenziell höhere Androstenonwerte gemessen	PATTERSON, LIGHTFOOT (1984)
Kontakt zu weiblichen Schweinen während der Mast	k. A.	Erhöht bei 90 kg Lebendgewicht im Vergleich zu denen ohne Kontakt	ZAMARATSKAIA (2004)

Die Gruppenzusammensetzung bei der Mast männlicher unkastrierter Schweine wird als relevant diskutiert, weil Androstenon als hormonähnlicher Stoff für die Paarung und das Dominanzverhalten von Bedeutung ist. Die Untersuchungen der Blutproben zeigen, dass Tiere eine geringere Androstenonkonzentration aufweisen, wenn sie in stabilen Gruppen gehalten werden. Auch deutet sich an, dass eine Isolation von anderen Tieren eine Verringerung der Konzentration nach sich zieht. Diese Feststellungen gelten lediglich für die Konzentration im Blut. Das Blut dient als Transportmedi-

um (siehe Kapitel 3). Das Androstenon wird bei paarungswilligen Ebern zur Speicheldrüse transportiert, um dort als Sexual-Duftstoff Verwendung zu finden. Die Konzentration im Blut lässt keinen direkten Schluss auf die tatsächliche Einlagerung im Fett zu, die später zum Ebergeruch führt.

Eine Beeinflussung durch Eber mit extrem hohen Androstenonwerten innerhalb der Gruppe wird von GIERSING ET AL. (2000) angezeigt. Ein Effekt der Position innerhalb der Gruppe auf die Androstenonkonzentration wird von mehreren Forschergruppen attestiert. Die Wirkungszusammenhänge sind an dieser Stelle nicht abschließend geklärt. Unklar ist, ob die Rangposition vom Androstenonwert abhängt oder umgekehrt.

TABELLE 23: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER BODENBESCHAFFENHEIT UND DER SKATOLKONZENTRATION BEI SCHLACHTSCHWEINEN

Einflussfaktor	Messort	Quelle
Aufzucht: Spaltenboden gegenüber Betonboden	Fett: ↓	KJELDEN (1993), HANSEN ET AL. (1994)
Schweine sauber halten gegenüber verdreckter Haltung	Fett: ↓	KJELDEN (1993), HANSEN ET AL. (1994), PREINERSTORFER ET AL. (2010)

↓ senkender Einfluss (signifikant); ○ kein messbarer Einfluss (signifikant); ↑ steigender Einfluss (signifikant)

Die Gestaltung des Stalles in Form des Bodens hat einen weiteren Einfluss auf die Höhe des Skatols im Schweinekörper. Die saubere Haltung bzw. die Haltung auf Spaltenboden im Vergleich zu Betonboden haben einen reduzierenden Einfluss auf den Skatolwert im Fett (s.Tabelle 23). Hintergrund ist, dass Skatol über den Kot ausgeschieden wird. Durch Diffusion über die Haut sowie die Lunge kann das Skatol in verschmutzten Ställen erneut in den Tierkörper gelangen (HANSEN ET AL., 1994).

TABELLE 24: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER BELICHTUNG BZW. DEN JAHRESZEITEN UND DER SKATOLKONZENTRATION BEI SCHLACHTSCHWEINEN

Einflussfaktor	Messort	Beobachtung	Quelle
Schlachttermin in den Sommermonaten (begründet mit höherer Temperatur)	Fett	Eber, die in den Sommermonaten geschlachtet wurden weisen tendenziell höhere Skatolwerte auf als Tiere, die im Winter geschlachtet wurden.	ANDERSSON ET AL. (1998 a und b)
Schlachttermin in den Sommermonaten (begründet mit höherer Temperatur)	Fett	Höhere Werte im Sommer, wobei dies nur für Tiere aus den eher kühlen Ländern (Niederlande, Schweden, Großbritannien) gilt, nicht für Spanien, Frankreich und Dänemark.	WALSTRA ET AL. (1999)
Photoperiodizität	Blut	Kein Einfluss	ZAMARATSKAIA ET AL. (2004)

Die Skatolkonzentration ist in den Tieren in den warmen Sommermonaten (tendenziell) höher als in der kalten Jahreszeit. Die vorliegenden Studien begründen die Unterschiede mit den unterschiedlichen Temperaturen, nicht aber mit der Belichtungszeit. Eine höhere Umgebungstemperatur sorgt für eine bessere Durchblutung der Haut. Die Aufnahme des Skatols über die Haut in den Tierkörper ist so einfacher möglich. Des Weiteren steigt die Skatolkonzentration in der Stallluft mit steigender Temperatur (HANSEN ET AL., 1997).

WEILER ET AL. (1992) zeigt in seiner Untersuchung auf, dass der saisonale Verlauf der Skatolbildung von der Androstenonkonzentration entkoppelt ist (vgl. Abbildung 9). In diesem Experiment wird lediglich die Beleuchtungsdauer, den natürlichen Verhältnissen der entsprechenden Monate angepasst, nicht aber die Temperatur des Stalls. Außerdem handelt es sich lediglich um ein einzelnes Tier. Die Belastbarkeit der Beobachtungen ist daher kritisch zu betrachten. Dennoch kann sie einen Anhaltspunkt bieten.

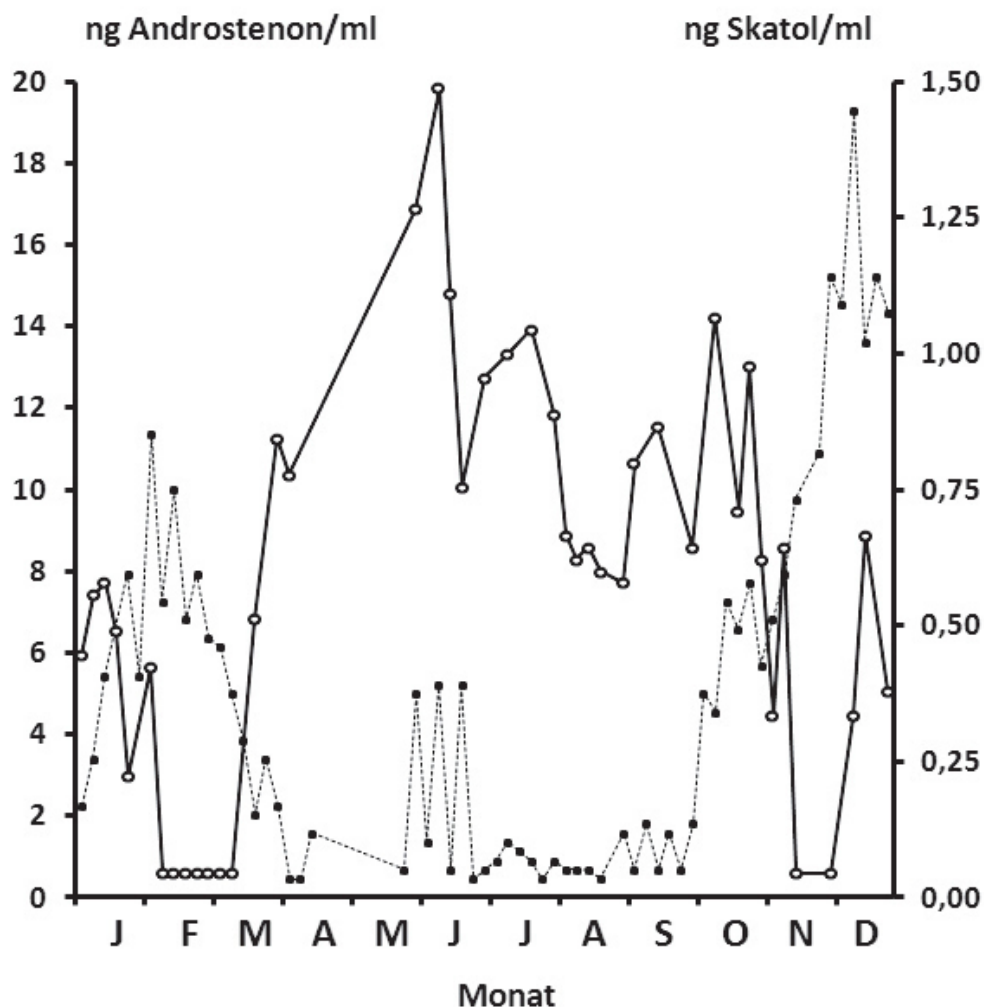


ABBILDUNG 9: ANDROSTENON- UND SKATOLKONZENTRATIONEN IM BLUTPLASMA EINES MATUREN KEILERS IM STALL MIT STANDARDISIERTEM FUTTER UND KONTROLLIERTEM LICHTPROGRAMM. DIE MONATE ENTSPRECHEN DER BELEUCHTUNGSDAUER DES LICHTPROGRAMMS (NACH WEILER ET AL., 1992)

Männliche Schweine, die frei in ihrer natürlichen Umgebung leben, unterliegen jahreszeitlichen Schwankungen hinsichtlich der Hormonproduktion, der Hodenfunktion sowie der Futteraufnahme (WEILER ET AL., 1996). Die Unterschiede der Androstenonkonzentrationen zwischen den Jahreszeiten sind auf das Paarungsverhalten der Eber zurückzuführen. Die langen Tage im Sommer hemmen die Hodenfunktion. Die abnehmende Tageslänge fördert die Steroidsynthese im Hoden. Tiere die einer abnehmenden Tageslichtlänge ausgesetzt sind, produzieren somit mehr Sexualhormone als Tiere, deren Umgebung von zunehmender Lichtlänge geprägt ist. In der Nachpaarungszeit der Wildschweine, im Mai, ist ein weiteres, wenn auch geringer ausgeprägtes Hoch der Steroidbildung zu finden (TREYER ET AL., 2012) (vgl. Abbildung 9). Hausschweine weisen die jahreszeitliche Abhängigkeit in geringerem Maße auf als Wildschweine.

TABELLE 25: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER BELICHTUNG BZW. DEN JAHRESZEITEN UND DER ANDROSTENONKONZENTRATION BEI SCHLACHTSCHWEINEN

Messort	Beobachtung	Quelle
Blut	Kein Einfluss.	ZAMARATSKAIA ET AL. (2004)
Fett	Einfluss vorhanden: kurze Lichtlänge stimuliert die Spermatogenese im Vergleich zu langen Tagen.	ANDERSSON ET AL. (1998a)
	Versuchsjahr 1: Tiere, die im März und April geschlachtet wurden, hatten höhere Werte als Tiere, die im Mai bzw. Oktober geschlachtet wurden.	PAULY ET AL. (2009)
	Versuchsjahr 2: Tiere, die im Februar, März und April geschlachtet wurden, hatten ebenfalls höhere Werte, die Unterschiede sind aber weniger deutlich. Das Schlachtgewicht hat einen deutlich größeren Einfluss.	PAULY ET AL. (2009)
	Der Androstenongehalt war bei Tieren, die zunehmender Lichtlänge ausgesetzt waren, niedriger als bei der Kontrollgruppe.	CLAUS, WEILER (1985)
	Zunehmende Belichtungsdauer führt zu höheren Androstenonkonzentrationen (bei Pietrain x Deutsche Landrasse, 115 oder 95 kg Mastendgewicht); bei BHZP lediglich bei Tieren über 115 kg, jeweils im Vergleich zu abnehmender Beleuchtungsdauer. Androstenongehalt von Ebern mit ca. 115 kg Mastendgewicht und einer zunehmenden Tageslichtdauer weisen eine signifikant höhere Anzahl an androstenonbelasteten Tieren (>0,5 µg/g Fett) auf als Tiere mit abnehmender Tageslichtdauer	WEILER ET AL. (1995)
	Bei längeren Lichtphasen werden leicht erhöhte Androstenonwerte gemessen.	FREDERIKSEN ET AL. (2006a)
	Höhere Werte im Spätfrühling als im Spätsommer.	WALSTRA, GARSSEN (1995)
	Höhere Werte im Winter als im Sommer/Herbst (aber keine signifikanten Unterschiede).	FALKENBERG, BLÖDOW (1981)
	Abnehmende Tageslichtlänge steigert die Hodensteroidbildung und somit die Bildung von Androstenon, lange Tageslichtzeiten hemmt sie hingegen.	WEILER, WESOLY (2012)
	Abnehmende Tageslänge führt zu hohen, zunehmende Tageslänge zu geringeren Androstenonwerten.	KELLER ET AL. (1997)
Mast und Schlachtung von Herbst bis Januar führt zu höheren Werten als in den anderen Monaten (gemessen in älteren Ebern).	CLAUS (1979b)	

Die Skatolkonzentration in den Tieren lässt sich, laut der bereits zusammengefassten Erhebungen, nicht mittels der Photoperiodizität beeinflussen – wohl aber die Androstenonproduktion (s. Tabelle 25). Dennoch zeigt sich, dass der Einfluss der Lichtlänge bei weitem nicht so eindeutig ist, wie er von WEILER ET AL. (1992) beschrieben wurde.

Den Untersuchungen liegt die Frage zugrunde, welchen Einfluss die Veränderungen der Lichtlänge hat. Dazu simulieren die Wissenschaftler die Veränderungen entsprechend des jahreszeitlichen Wandels mit zunehmenden und abnehmenden Tageslängen.

Entgegen der natürlichen Anpassung des Wildschweinkeilers in der freien Wildbahn kommen die Wissenschaftler bei den domestizierten Schweinen zu unterschiedlichen Erkenntnissen. Eine Variation der Temperaturen im Stall wird jedoch nicht beschrieben. Lediglich die Tiere in den beiden Versuchen von PAULY ET AL. (2009) werden in offenen Ställen gehalten. Die Offenfrontställe ermöglichen natürliche Bedingungen. Diese sind auf der einen Seite wünschenswert, um ein möglichst realitätsnahes Bild zu zeichnen, verhindern aber die Vergleichbarkeit und so eine konkrete Aussage zur Wirkungsweise von Tageslichtlänge und Temperatur in Kombination.

Die divergierenden Ergebnisse lassen den Verdacht zu, dass die Photoperiodizität einen Einfluss auf die Androstenonkonzentration in den Tieren hat. Die multifaktorielle Verknüpfung scheint jedoch auch hier bestätigt.

Der folgende Abschnitt befasst sich mit dem häufig zuerst genannten und als besonders relevant erachteten Einfluss des Schlachtgewichts und -alters auf die Entwicklung von Ebergeruch.

5.4. Einfluss des Schlachtgewichts und des -alters

Aufgrund des Zusammenhangs zwischen dem Eintritt in die Pubertät und der Entwicklung des geschlechtsspezifischen Geruches, nimmt das Schlachtalter eine dominante Position in der Diskussion um den Ebergeruch ein. Alter und Gewicht sind in der Schweinemast hoch korreliert. Aus diesem Grund wird häufig das Schlachtgewicht als weiterer, wenn auch indirekt wirkender Faktor genannt. Die überwiegende Anzahl der Studien unterscheidet bei den Experimenten hinsichtlich des Schlacht- und Lebensgewichts (s. Tabelle 26 und Tabelle 27), nicht aber bezüglich des Alters der Tiere (s. Tabelle 28 und Tabelle 29). Die in den folgenden beiden Tabellen dargestellten Studienergebnisse beziehen sich daher auf das Gewicht der Tiere. Die Tabelle fasst die verschiedenen Experimente bezüglich der Skatolkonzentration unterschiedlicher Züchtungen (unter abweichenden Haltungsbedingungen) zusammen. Die Zuchtrassen der Vater- und Mutterlinien finden in der Tabelle zusätzlich Erwähnung.

TABELLE 26: EINFLUSS DES SCHLACHT- (SG) BZW. LEBENDGEWICHTS (LG) AUF DIE SKATOLKONZENTRATION IN EBERN

Messort	Züchtung	Vergleich, Ergebnis	Quelle
Plasma	Yorkshire x Landrasse	erhöhte Konzentration bei 115 kg im Vergleich zu 90 kg und 100 kg Schlachtgewicht	ZAMARATSKAIA ET AL. (2005)
Blut	Yorkshire x Landrasse in gemischt geschlechtlicher Haltung	90 kg LG: 0,9 µg/l 100 kg LG: 1,1 µg/l 115 kg LG: 2,5 µg/l	ZAMARATSKAIA ET AL. (2005)
Blut	Yorkshire x Landrasse in getrennt geschlechtlicher Haltung	90 kg LG : 1,4 µg/l 100 kg LG : 1,2 µg/l 115 kg LG : 2 µg/l	ZAMARATSKAIA ET AL. (2005)
Fett	Hybridprogramm (Fr. Schaumann) Fütterung mit 12,6 MJ	75 kg SG: 0,251 µg/g 85 kg SG: 0,131 µg/g	NEUPERT ET AL. (1995)
Fett	Hybridprogramm (Fr. Schaumann) bei Fütterung mit 13,8MJ	75 kg SG: 0,246 µg/g 85 kg SG: 0,251 µg/g	NEUPERT ET AL. (1995)
Fett	BHZZP x BHZZP	95 kg LG: 0,059 µg/g 115 kg LG: 0,59 µg/g	WEILER ET AL. (1995)
Fett	Edelschwein x Landrasse	95 kg LG: 0,07 µg/g 115 kg LG: 0,106 µg/g	WEILER ET AL. (1995)
Fett	Pietrain x Landrasse	95 kg LG: 0, 079 µg/g 115 kg LG: 0,1216 µg/g	WEILER ET AL. (1995)
Fett	Pietrain x Toppig Gruppenhaltung, proteinarmes Fut- ter	85 kg LG: 0,126 µg/g 95 kg LG: 0,145 µg/g	ADAM ET AL. (2009)
Fett	Pietrain x Toppig Gruppenhaltung, Standardfutter	85 kg LG: 0,078 µg/g 95 kg LG: 0,161 µg/g	ADAM ET AL. (2009)
Fett	Pietrain x Toppig Einzelhaltung, proteinarmes Futter	85 kg LG: 0,214 µg/g 95 kg LG: 0,218 µg/g	ADAM ET AL. (2009)
Fett	Pietrain x Toppig Einzelhaltung, Standardfutter	85 kg LG: 0,209 µg/g 95 kg LG: 0,174 µg/g	ADAM ET AL. (2009)
Fett	Pietrain x Toppig Einzelhaltung, proteinreiches Futter	85 kg LG: 0,367 µg/g 95 kg LG: 0,170 µg/g	ADAM ET AL. (2009)

Die Untersuchungen des Plasmas bzw. des Blutes kommen beim Skatolgehalt zu einheitlichen Ergebnissen. Die von ZAMARATSKAIA ET AL. (2005) erhobenen Daten zeigen die Tendenz auf, dass leichtere Tiere tendenziell geringere Skatolkonzentrationen aufweisen, als schwerere und somit meist ältere Tiere. Da das Level im Blut jedoch wenig Aussagekraft hat, gilt es auch an dieser Stelle, die Ergebnisse kritisch zu betrachten. Für Skatol ist, anders als beim Androstenon, bislang keine Mindestkonzentration im Blut bekannt, die eine Einlagerung des Stoffes im Fettgewebe nach sich zieht. Daher scheint es zielführender, die Konzentration im Fett zu betrachten. Hier zeigt sich ein differenziertes Bild. Die Aussage, dass schwerere Tiere höhere Skatolwerte aufzeigen, kann nicht allgemeingültig bestätigt werden. Lediglich die Tiere mit über 100 kg Lebendgewicht weisen kontinuierlich höhere Werte auf als ihre leichteren Artgenossen. Vergleiche zwischen Tieren mit 75 bis 95 kg liefern kein einheitliches Bild.

Einzelne Arbeiten verweisen auf einen möglichen Zusammenhang zwischen Pubertätseintritt und Skatolkonzentration. BABOL ET AL. (2004) beschreiben den Zusammenhang zwischen Skatollevel in Ebern und fortschreitender Pubertät als positiv. Mit zunehmendem Alter und fortgeschrittener Pubertät steigt der Skatolwert (BABOL ET AL., 2004, siehe auch ZAMARATSKAIA, SQUIRES, 2009). Der Skatolanstieg nach dem Anstieg der testikulären Steroidproduktion (ZAMARATSKAIA ET AL., 2004 a und b) kann Rückschlüsse darauf zulassen, dass die produzierten Steroide einen Einfluss auf den Skatolmetabolismus in der Leber haben. So lautet die Überlegung des EU PIGCAS Projektes, das von der UNIVERSITÄT NEWCASTLE durchgeführt wurde (BONNEAU ET AL., 2008). BABOL ET AL. (2004) beobachteten einen Anstieg des Skatols bei Ebern vom 180. bis zum 200. Tag. Danach fällt der Skatolwert bei den beobachteten Rassen Yorkshire und Landrasse ab dem 240. bis 260. Tag und bei Hampshire und Duroc zwischen dem 310. und 360. Tag ab. Zu Zeiten hoher Skatolkonzentrationen im Plasma (Lebensalter: 180 - 360 Tage, je nach Rasse) weisen 25,5 % der Yorkshire, 31,6 % der Landrasse, 20,3 % der Hampshire und 61,1 % der Duroc Eber einen Skatolgehalt im Blut von mehr als 12,6 µg/l Plasma auf (BABOL ET AL., 2004). Laut BABOL ET AL. (2004) entspricht das dem Schwellenwert von 0,20 µg/g Fett zur Wahrnehmung von Ebergeruch. Diese Grenze der Einlagerung wird von keiner anderen Forschungsarbeit bestätigt bzw. erwähnt.

Die unklaren Wirkungsmechanismen erschweren eine fundierte Aussage. Die bereits in Kapitel 4 angesprochene, mögliche Korrelation zwischen Androstenon und Skatol lässt weiteren Raum für Diskussionen.

Wie bereits erwähnt, ist der Zusammenhang zwischen der Synthese des Androstenons und dem Eintritt der männlichen Tiere in die Pubertät weitestgehend erforscht. CLAUS ET AL. (1994: 292) beschreiben den in Abbildung 10 dargestellten zeitlichen Ablauf der Pubertät bei Ebern. Die x-Achse ist mit zwei Einflussvariablen gekennzeichnet. Die Darstellung des Zusammenhangs müsste daher vielmehr

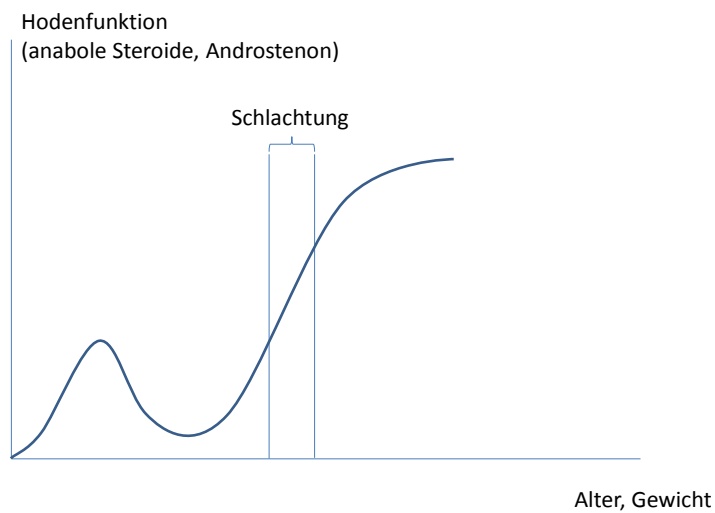
im dreidimensionalen Raum erfolgen, um den Einfluss korrekt darstellen zu können. Daher ist die Beschriftung der x-Achse kritisch zu betrachten.

Die zeitliche Entwicklung der Hodenfunktion stellt sich wie folgt dar: Die Steroidsynthese steigt im Laufe der Zeit an. Innerhalb der ersten 3 bis 6 Lebenswochen nimmt die Bildung von Hodensteroiden zu (BOOTH, 1975; FRANCA ET AL., 2000; LANTHIER ET AL. 2006). Unklar ist die Bedeutung dieses „Testlaufes“ der Steroidproduktion. Diskutiert werden eine Bedeutung für die Prägung männlicher Verhaltensweisen (FORD, 1990), für die Ausgewogenheit zwischen Androgen- und Östrogenbildung bei geschlechtsreifen Tieren (KOTULA-BALAK ET AL., 2012) sowie für einen Wachstumsschub, hervorgerufen durch die Nortestosteronbildung (CHOI ET AL., 2009). Mit beginnender Pubertät steigt die Hodenfunktion. Im Plasma werden dann Maximalwerte gemessen, die jedoch auf ein leicht niedrigeres Niveau wieder absinken (CLAUS, HOFFMANN, 1980; FRANCA ET AL., 2000). Die Konzentration von Androstenon im Fettgewebe steigt mit der Pubertät an und ist von weniger kurzfristigen Schwankungen begleitet. Die Geschlechtsreife bei Ebern wird mit einem Alter von 155 bis 180 Tagen angegeben (WÄHNER, 2006). Untersuchungen des Fettgewebes haben gezeigt, dass wahrnehmbare Androstenonkonzentrationen von über 500 ng/g Fett ab einem Alter von 150 Tagen erreicht werden. Das Maximum ist mit einem Alter von etwa 250 Tagen erreicht. Danach sinkt die Konzentration auf das mature Niveau ab (CLAUS, 1975).

Weitere Untersuchungen befassen sich mit der endokrinen Aktivität der Hoden bei Ebern. CLAUS und HOFFMANN (1980) finden die maximale Steroidkonzentration ab dem 200. Lebenstag. GOWAN ET AL. (1980) datieren sie auf die Zeit zwischen dem 90. und dem 180. Tag, BONNEAU ET AL. (1982) messen das Maximum bereits zwischen dem 70. und dem 170. Lebenstag, wohingegen BOOTH (1975) es erst nach zwei Lebensjahren feststellt.

Wie in Abbildung 10 dargestellt, hängt die Hodenfunktion auch vom Gewicht der Tiere ab. Der Einfluss des Gewichts kommt über die energieabhängige IGF-1-Freisetzung zustande (WEILER, WESOLY, 2012). Nach einer defizitären Energiezufuhr steigt der IGF-1-Wert im Blut von Schweinen ebenso wie die Mitose- und Apoptoserate um bis zu 200 % (BRACHER-JAKOB, 2000). IGF-1 stimuliert die Enzymaktivität (CHUZEL ET AL., 1996). Eine energiereiche Fütterung für hohe Tageszunahmen führt neben einer frühen Schlachtreife auch zu einem schnelleren Eintritt der Pubertät (MEYER ET AL., 2013).

Studien zeigen, dass ein Zusammenhang zwischen dem Magerfleischanteil (MFA) und IGF-I besteht. BEE ET AL. (2007) kommen zu dem Schluss, dass eine erhöhte Expression von IGF-I im Muskelgewebe, die Zusammensetzung des Schlachtkörpers positiv beeinflusst. WEILER ET AL. (1995) regen an, dass die Geschlechtsreife bei Ebern mit einem hohen MFA (z.B. Pietrain) einhergeht.



**ABBILDUNG 10: ZEITLICHER ABLAUF DER ENTWICKLUNG DER GESCHLECHTSREIFE VON EBERN
(CLAUS ET AL., 1994: 292)**

In Tabelle 27 sind die Experimente zusammengefasst, die sich mit dem Einfluss des Lebendgewichts auf das Androstenon befassen. Die vorliegenden Experimente zeichnen ein relativ einheitliches Bild. Mit zunehmendem Lebendgewicht steigt die Konzentration von Androstenon im Fett bzw. im Blut. Die Menge des Androstenons im Fett variiert zwischen den verschiedenen Züchtungen sowie den Haltungs- und Futterbedingungen.

**TABELLE 27: EINFLUSS DES LEBENDGEWICHTS (LG) AUF DIE ANDROSTENONKONZENTRATION IN EBERN
(EIGENE ZUSAMMENSTELLUNG)**

Quelle	Messort	Züchtung	Vergleich, Ergebnis
ZAMARATSKAIA ET AL. (2005)	Blut	Yorkshire x Landrasse in getrennt geschlechtlicher Hal- tung	90 kg LG: 1,2 µg/l 100 kg LG: 1,7 µg/l 115 kg LG: 5,4 µg/l
WEILER ET AL. (1995)	Fett	Pietrain x Landrasse	95 kg LG: 0,63 µg/g 115 kg LG: 1,13 µg/g
WEILER ET AL. (1995)	Fett	Edelschwein x Landrasse	95 kg LG: 0,73 µg/g 115 kg LG: 0,73 µg/g
WEILER ET AL. (1995)	Fett	BHZP x BHZP	95 kg LG: 0,54 µg/g 115 kg LG: 0,67 µg/g
NEUPERT ET AL. (1995)	Fett	Hybridprogramm der Firma Schaumann bei Futter mit 12,6MJ	75 kg: 0,81 µg/g 85 kg: 1,21 µg/g
NEUPERT ET AL. (1995)	Fett	Hybridprogramm der Firma Schaumann bei Futter mit 13,8MJ	75 kg LG: 1,37 µg/g 85 kg LG: 1,35 µg/g
ADAM ET AL. (2009)	Fett	Pietrain x Toppig in Gruppenhal- tung mit proteinarmem Futter	85 kg LG: 0,7 µg/g 95 kg LG: 0,84 µg/g
ADAM ET AL. (2009)	Fett	Pietrain x Toppig in Gruppenhal- tung mit Standardfutter	85 kg LG: 0,67 µg/g 95 kg LG: 1,07 µg/g
ADAM ET AL. (2009)	Fett	Pietrain x Toppig in Einzelhaltung mit proteinarmem Futter	85 kg LG: 1,35 µg/g 95 kg LG: 2,10 µg/g
ADAM ET AL. (2009)	Fett	Pietrain x Toppig in Einzelhaltung mit Standardfutter	85 kg LG: 1,64 µg/g 95 kg LG: 1,66 µg/g
ADAM ET AL. (2009)	Fett	Pietrain x Toppig in Einzelhaltung mit proteinreichem Futter	85 kg LG: 1,63 µg/g 95 kg LG: 1,91 µg/g

Die folgenden Experimente befassen sich mit dem Einfluss des Alters auf die Entwicklung des Ebergeruchs. Tabelle 28 konzentriert sich zunächst auf den Zusammenhang zwischen Alter und Skatolkon-

zentration in Blut bzw. Fett. Eine eindeutige Aussage ist hier nicht möglich. Wie bereits erläutert, ist es möglich, dass die zunehmende Hodenaktivität einen Einfluss auf die Skatolproduktion hat. Es fehlen detaillierte Angaben über den Zusammenhang von Alter und Skatolproduktion. Die in der folgenden Tabelle zusammengetragenen Studien zeichnen obendrein kein einheitliches Bild.

**TABELLE 28: EINFLUSS DES ALTERS AUF DIE SKATOLKONZENTRATION IN EBERN
(EIGENE ZUSAMMENSTELLUNG)**

Quelle	Messort	Züchtung	Vergleich, Ergebnis
ZAMARATSKAIA ET AL. (2004)	Blut	Yorkshire x Hampshire	56 - 70 Tage: 12,27 µg/l 84 - 126 Tage: 3,24 µg/l 140 - 168 Tage: 6,49 µg/l
ZAMARATSKAIA (2004)	Blut	Landrasse x Landrasse	210 Tage: 16,8 µg/l 314 Tage: 5,9 µg/l
WHITTINGTON ET AL. (2004)	Fett	Meishan x Large White	114 Tage: 0,2 µg/g 144 Tage: 0,6 µg/g 174 Tage: 0,6 µg/g
DUNSHEA ET AL. (2001)	Fett	Large White x Landrasse	161 Tage: 0,133 µg/g 182 Tage: 0,095 µg/g

Eine ähnlich geringe Anzahl an Studien befasst sich mit der Messung von Androstenon in verschiedenen Altersgruppen (s. Tabelle 29). Die Forschung von ZAMARATSKAIA ET AL. (2004) betrachtet die jüngsten Tiere im Alter von 56 bis 70 Tagen. Die Plasmakonzentration steigt bis zur Altersklasse von 140 bis 168 Tagen kontinuierlich an. WHITTINGTON ET AL. (2004) findet ebenfalls einen positiven Zusammenhang – mit zunehmendem Alter steigt demnach auch die Androstenonkonzentration im Fett. Die von dieser Gruppe betrachteten Tiere sind jedoch tendenziell älter (114 bis 174 Tage). DUNSHEA ET AL. (2001) vergleicht Tiere, die 161 bzw. 182 Tage alt und somit die ältesten sind. Bei diesen Ebern steigt der im Fett eingelagerte Androstenonanteil nicht mehr weiter an, sondern bleibt nahezu konstant.

TABELLE 29: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN ALTER UND ANDROSTENONKONZENTRATION IN EBERN

Quelle	Messort	Züchtung	Vergleich, Ergebnis
ZAMARATSKAIA ET AL. (2004)	Plasma	Yorkshire x Hampshire	56 - 70 Tage: 1,57 µg/l 84 - 126 Tage: 2,72 µg/l 140 - 168 Tage: 3,58 µg/l
WHITTINGTON ET AL. (2004)	Fett	Meishan x Large White	114 Tage: 0,75 µg/g 144 Tage: 1,16 µg/g 174 Tage: 1,7 µg/g
DUNSHEA ET AL. (2001)	Fett	Large White x Landrasse	161 Tage: 1,21 µg/g 182 Tage: 1,05 µg/g

Die in den vorangegangenen beiden Tabellen erwähnten Experimente werden in Tabelle 30 verwendet. Hinzugezogen werden auch die Studien, die keinen direkten Vergleich zwischen zwei Alters- oder Gewichtsklassen durchführen. Es werden alle Studien herangezogen, die Angaben zu Alter/Gewicht und den geruchsrelevanten Stoffen bzw. der Geruchsauffälligkeit machen. Folglich liegt kein gesondertes Augenmerk auf den Unterschieden im Zeitablauf der Mast. Es werden die einmaligen Messungen in den Zusammenhang gesetzt.

Die angeführten Studien lassen keinen klaren Schluss darüber zu, inwieweit ein Zusammenhang zwischen den betrachteten Variablen besteht. Um eine fundierte Aussage treffen zu können, wurden 165 Fütterungsexperimente ausgewertet und Korrelationen zwischen den beobachteten Merkmalen erfasst.

**TABELLE 30: KORRELATIONEN ZWISCHEN SCHLACHTGEWICHT UND -ALTER SOWIE ANDROSTENON- UND SKATOLKONZENTRATIONEN IM SCHLACHTKÖRPER
(EIGENE BERECHNUNGEN, BASIEREND AUF 165 FÜTTERUNGSEXPERIMENTEN)**

	Schlachtgewicht	Alter
Anteil geruchsauffälliger Tiere in %	0,67*	-0,79**
Sig. (2-seitig)	0,025	0
N	11	16
Androstenonkonzentration im Blut	NaN	-0,932**
Sig. (2-seitig)	NaN	0,001
N	0	8
Androstenonkonzentration im Fett	0,51**	0,3*
Sig. (2-seitig)	0,001	0,047
N	39	44
Skatolkonzentration im Blut	NaN	0,59
Sig. (2-seitig)	NaN	0,054
N	0	11
Skatolkonzentration im Fett	-0,16	0,09
Sig. (2-seitig)	0,221	0,533
N	58	55

** signifikant, Irrtumswahrscheinlichkeit ist kleiner als 0,1 %

* signifikant, Irrtumswahrscheinlichkeit ist kleiner als 5 %

grau: zu geringe Stichprobengröße für Auswertung

Die Betrachtung der Korrelationen zwischen dem Schlachtgewicht bzw. dem Alter mit den geruchsdefinierenden Indikatoren zeigt folgendes Bild: Während die Geruchsauffälligkeit mit steigendem

Gewicht zunimmt, sinkt sie mit zunehmendem Alter. Die geringe Anzahl an betrachteten Fällen (n= 11 bzw. 16) limitiert die Aussagekraft und kann ein Erklärungsansatz für die widersprüchlichen Aussagen sein, denn mit zunehmendem Alter steigt generell auch das Schlachtgewicht. Aus diesem Grund sind die unterschiedlichen Vorzeichen der Korrelation kritisch zu betrachten.

Bei der Korrelation zwischen dem Androstenongehalt im Blut und dem Schlachtalter bzw. -gewicht liegt ebenfalls eine sehr geringe Stichprobengröße vor. Auf eine Interpretation wird daher verzichtet. Anders verhält es sich bei der Androstenonkonzentration im Fett mit 39 bzw. 44 Beobachtungen. Die Korrelation zwischen den Indikatoren ist moderat ausgeprägt (0,3 bzw. 0,51). Steigt das Alter bzw. das Gewicht, so steigt der Androstenongehalt im Fett.

In Ermangelung an Studien kann die Skatolkonzentration im Blut nicht in einen Zusammenhang mit dem Alter oder dem Gewicht der Tiere gebracht werden. Die Skatolkonzentration im Fett zeigt keinen linearen Zusammenhang mit dem Schlachtgewicht und -alter. Hier zeigen sich keine signifikanten Zusammenhänge.

Die Ergebnisse legen nahe, dass der lineare Zusammenhang zwischen Androstenon bzw. Skatol im Fett und Gewicht bzw. Alter nur schwach ausgeprägt ist. An dieser Stelle sei auf ADAM ET AL. (2009) sowie O.V. (2011) verwiesen, die entgegen anderer Arbeitsgruppen keinen Zusammenhang zwischen den Merkmalen sehen.

5.5. Zwischenfazit

Wie sich in den vergangenen Kapiteln gezeigt hat, ist die Entwicklung eines geschlechtsspezifischen Geruchs bei Ebern von zahlreichen verschiedenen Faktoren abhängig. Die von diversen Forschern in den Experimenten untersuchten Faktoren haben den Einfluss von Haltung, Genetik sowie Fütterung aufgezeigt. Bislang fehlt jedoch eine allgemeingültige Einschätzung bezüglich der Einflussfaktoren und ihrer Bedeutung auf die Senkung von Androstenon und Skatol im Fett und Fleisch von Ebern. Dies soll heißen, dass die einzelnen Wirkungsmechanismen beobachtet wurden, nicht jedoch das Maß der Reduktion allgemein gültig beurteilt wurde. Es bleibt z.B. die Fragen im Raum stehen: „Ist es effektiver, das Lichtprogramm oder die Fütterung anzupassen?“ im Raum stehen. Die getätigten Untersuchungen präsentieren Ergebnisse für einzelne genetische Kombinationen, die gegebenenfalls nicht auf alle anderen Abstammungen übertragbar sind.

Die folgende Metaanalyse hat zum Ziel, diese Forschungslücke zu schließen. Es erfolgt eine Bewertung der verschiedenen Einflussfaktoren, um konkrete Handlungsempfehlungen aussprechen zu können, welches die relevanten Faktoren sind, die zu einer Verringerung des Ebergeruchs beitragen.

6. Metaanalyse und Strukturgleichungsmodell

Die Entstehung von Ebergeruch in der Mast unkastrierter männlicher Schweine beschäftigt seit Jahren die Forschung. Die vom Aufbau und der Durchführung unterschiedlich angelegten Experimente ermöglichen keine allgemeingültige Aussage hinsichtlich der Umsetzung in der Praxis. Die durchgeführten Studien zeigen sehr unterschiedliche Ergebnisse für die Einflüsse der verschiedenen Variablen auf die Skatol- und Androstenonkonzentrationen im Fett, bzw. die Geruchsauffälligkeit. Um ein aussagekräftigeres Bild zu zeichnen, wird eine Strukturgleichungsanalyse durchgeführt. Das genaue Vorgehen ist in den folgenden Unterkapiteln beschrieben.

6.1. Forschungsfragen / Thesen

Es gilt die Fragen zu klären, welche Variablen einen signifikanten Einfluss auf Androstenon und Skatol bzw. die Geruchsauffälligkeit im Schlachtkörper von Ebern haben. Dabei gilt es außerdem zu klären, in welchem Umfang die Einflussnahme erfolgt. Direktes Ziel ist es, praxisorientierte Handlungsempfehlungen zu geben. Aus diesem Grund wird ermittelt, welche Faktoren die bedeutendsten sind und somit Priorität bei der Optimierung im landwirtschaftlichen Betrieb haben sollten. Aus diesem Grund werden nachfolgende Thesen formuliert. Sie betreffen die fünf Kategorien der Einflussfaktoren, die den Ebergeruch laut aktuellem Stand der Wissenschaft bedingen (Haltungsbedingungen, Fütterungsbedingungen, Futterzusammensetzung, Zuchtwahl und Schlachtdaten).

Die Thesen basieren auf dem Kompass „Jungebermast“. Erarbeitet von der ISN-PROJEKT GMBH, wurde er von der QS QUALITÄT UND SICHERHEIT GMBH (2013) herausgegeben. QS GMBH ist ein seit 2001 in Deutschland angewendetes Qualitätssicherungssystem, welches von zahlreichen Schweinehaltern genutzt wird. Der veröffentlichte Kompass beinhaltet laut Autorengruppe Optimierungsansätze für die Mast von Ebern ohne Geruchsauffälligkeiten. Die im Kompass veröffentlichten Empfehlungen für die Haltung und Fütterung von Jungebern werden daher für die Formulierung der Thesen angewandt. Spricht die QS GMBH (2013) keine Empfehlung für einzelne Parameter aus, so wird dies als irrelevanter Faktor für die Entstehung von Ebergeruch gewertet.

Die von der QS GMBH herausgegebenen Empfehlungen (Qs GMBH, 2013) führen zu den folgenden Thesen, die sich sowohl auf die Produktion als auch auf die Speicherung von Androstenon und Skatol im Eberkörper beziehen:

**TABELLE 31: HYPOTHESEN BZW. FORSCHUNGSFRAGEN DES STRUKTURGLEICHUNGSMODELLS
BASIEREND AUF DEN EMPFEHLUNGEN DER QS GMBH (2013)**

Haltungsbedingungen

Hypothese 1:	Gruppengröße: Es werden weniger als 50 Tiere pro Gruppe/je Bucht gehalten (Hypothese 1a). So wird eine konstante Rangordnung gewährleistet (Hypothese 1b) (QS GMBH, 2013: 34). Neugruppierungen während der Mast werden nicht vorgenommen. So werden Rankämpfe verhindert (Hypothese 1c).
Hypothese 2:	Geschlechtertrennung: Eber und Sauen werden getrenntgeschlechtlich gemästet.
Hypothese 3:	Saison: Die Temperatur im Stall wird konstant gehalten und Spitzen werden vermieden.
Hypothese 4:	Stallbedingungen: Jedem Tier steht eine Nettostallfläche von 0,75m ² (gesetzlich vorgeschrieben) +10 % zur Verfügung (QS GMBH, 2013: 13).
Hypothese 5:	Bodenbedingungen: Die Tiere stehen auf sauberem Vollspaltenboden.

Futterzusammensetzung

Hypothese 6:	Lysinanteil: Die Eber erhalten eine höhere Aminosäureversorgung im Verhältnis zum Energiegehalt in der Mittel- und Endmast; entsprechend der DLG-Empfehlungen (Jungeber mit 850g Tageszunahme bei 13,4MJ mit 88% Trockensubstanz: Vormast ab ca. 30kg LG 1,15% Bruttolysin, Mittelmast ab ca. 55kg LG 1,05% Bruttolysin und Endmast ab ca. 85kg LG 0,85% Bruttolysin) für fleischreiche Tiere.
Hypothese 7:	Rohproteinanteil: Die Höhe des Rohproteinanteils hat keinen Einfluss auf die Entstehung von Ebergeruch. (Keine Empfehlung von Seiten der QS GMBH (2013)).
Hypothese 8:	Unverdauliche Kohlenhydratanteil: Die Höhe des Anteils unverdaulicher Kohlenhydrate hat keinen Einfluss auf die Entstehung von Ebergeruch. (Keine Empfehlung von Seiten der QS GMBH (2013)).
Hypothese 9:	Energiegehalt: Die Höhe des Energiegehalt hat keinen Einfluss auf die Entstehung von Ebergeruch. (Keine Empfehlung von Seiten der QS GMBH (2013)).
Hypothese 10:	Futterzusammensetzung im Zeitablauf: Das Futter wird nicht abrupt gewechselt, aber an die sich ändernden Bedürfnisse angepasst (siehe Lysinanteil).

Fütterungsbedingungen

Hypothese 11:	Trocken vs. Nassfütterung: Die Fütterungsform ist zweitrangig und hat lediglich marginalen Einfluss. Die Tiere erhalten Brei, weil mehr Ruhe im Stall bleibt, da
---------------	--

Hypothese 12 | akustische Signale wie bei einer Flüssigfütterung ausbleiben.
Fütterungshäufigkeit: Die Tiere werden ad-libitum gefüttert.

Alter

Hypothese 13: | Schlachtagter: Das Schlachtagter der Tiere hat keinen Einfluss auf die Entstehung von Ebergeruch. (Keine Empfehlung von Seiten der QS GMBH (2013)).

Schlachtkörper

Hypothese 14: | Schlachtgewicht: Das Schlachtgewicht hat nur geringfügig Einfluss auf das Auftreten von Ebergeruch.

Hypothese 15: | Lebendgewicht: Das Lebendgewicht hat keinen Einfluss auf die Entstehung von Ebergeruch. (Keine Empfehlung von Seiten der QS GMBH (2013)).

Hypothese 16: | Muskelfleischanteil: Der Muskelfleischanteil der Tiere hat keinen Einfluss auf die Entstehung von Ebergeruch. (Keine Empfehlung von Seiten der QS GMBH (2013)).

Zucht

Hypothese 17: | Zuchtziel der Vaterlinie: Die Zuchtausrichtung der Vatertiere hat keinen Einfluss auf die Entstehung von Ebergeruch. (Keine Empfehlung von Seiten der QS GMBH (2013)).

Hypothese 18: | Zuchtziel der Mutterlinie: Die Zuchtausrichtung der Muttertiere hat keinen Einfluss auf die Entstehung von Ebergeruch. (Keine Empfehlung von Seiten der QS GMBH (2013)).

6.2. Methode

Die Auswahl der Studien erfolgte nach dem Schneeballprinzip und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. In die Analyse werden Untersuchungen integriert, die Skatol oder Androstenon in Blut, Fett, Fleisch, Leber, Kot oder Urin bei Ebern messen.

Für die statistische Auswertung komplexer Beziehungsstrukturen werden in der Wirtschafts- und Sozialforschung multivariate Analysen durchgeführt. Diese sind als Strukturgleichungsanalysen oder Kausalanalysen bekannt (RINGLE, 2004b: 278). Sie bilden Wirkungszusammenhänge zwischen manifesten (beobachtbaren) und latenten (nicht beobachtbaren) Variablen ab und ermöglichen eine quantitative Abschätzung. Somit dienen sie der empirischen Überprüfung von Aussagen über viel-

schichtige Ursache-Wirkungsbeziehungen, die theoretischen Ursprungs sind (HOMBURG, 1989: 2). Sie sind Teil der Gruppe der strukturprüfenden multivariaten Analysen (BACKHAUS, WEIBER, 2007: 524ff.).

6.3. Exkurs: Strukturgleichungsmodelle

Vollständige Strukturgleichungsmodelle bestehen aus Teilmodellen - dem inneren Strukturmodell und den äußeren Messmodellen. Es entsteht eine Kombination aus Messhypothesen (Messmodellen) und der Überprüfung von Substanzhypothesen (Strukturmodell).

Das Strukturmodell bildet die Wirkungszusammenhänge ab. Basierend auf theoretischen und begründeten Überlegungen wird ein Pfaddiagramm mit den hypothetischen Konstrukten gebildet (BACKHAUS ET AL., 2006: 341).

Die Messmodelle hingegen schätzen die Strukturbeziehungen der nicht beobachtbaren Variablen. Die sogenannten latenten Variablen müssen mittels geeigneter empirisch beobachtbarer Indikatoren beschreibbar sein. Ziel ist es, dass diese das latente Konstrukt so exakt wie möglich abbilden. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Messmodelle die beobachtbaren Indikatoren mit den latenten Variablen verknüpfen und so eine Messung ermöglichen (HUBER ET AL., 2007: 3). Die Operationalisierung der Messmodelle, das Zuordnen von messbaren Indikatoren zu den latenten Variablen, kann auf zwei Wegen geschehen: reflektiv und formativ (vgl. Abbildung 11) (FASSOTT, EGGERT, 2005: 37).

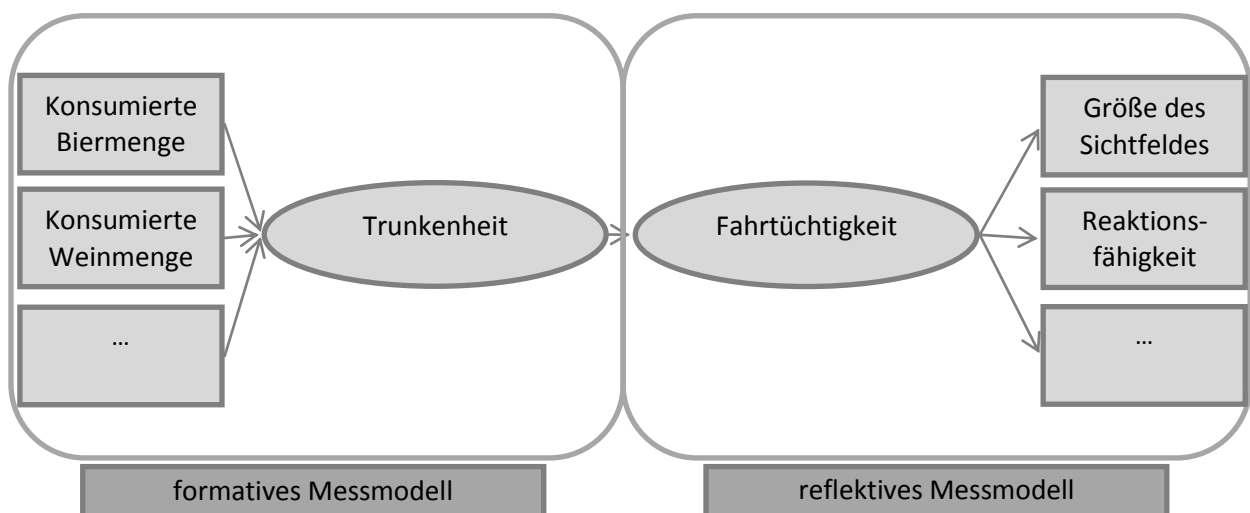


ABBILDUNG 11: FORMATIVES UND REFLEKTIVES MESSMODELL NACH RINGLE ET AL. (2006): 83.

Reflektive Messmodelle bauen auf den faktoranalytischen Ansatz auf. Die Indikatoren werden hierfür so gewählt, dass sie die Gesamtheit des latenten Konstruktes möglichst genau reflektieren. Das bedeutet, die latente Variable wird durch die beobachtbaren Indikatoren widerspiegelt. Zwischen

allen Indikatoren, die einer latenten Variable zugeordnet werden, besteht eine hohe Korrelation. Wird ein einzelner Indikator eines reflexiven Modells eliminiert kommt es zu keiner inhaltlichen Veränderung des Konstrukts (DIAMANTOPOULOS, WINKLHOFER, 2001: 271).

Formative Messmodelle haben gemeinsam, dass die Pfadbeziehung von den Indikatoren hin zur latenten Variablen läuft. Das heißt, die Indikatoren verursachen das Konstrukt (BAGOZZI 1994: 332; CHRISTOPHERSEN, GRAPE, 2007: 105). Bei der Anwendung eines formativen Messmodells ist Voraussetzung, dass alle relevanten Indikatoren erfasst und diese soweit möglich unkorreliert sind.

Für Untersuchungen komplexer Wirkungsbeziehungen wird in der vorliegenden Arbeit der varianzbasierte Ansatz der Strukturgleichungsanalyse verfolgt. Ein häufig genutzter Vertreter der Varianzanalyse ist die Partial Least Squares (PLS)-Methode. Sie bietet im Gegensatz zu den kovarianzbasierten Verfahren den Vorteil, dass der Anteil der erklärten Varianz der endogenen Variablen und der Indikatoren eines reflektiven Messmodells maximiert wird (LOHMÖLLER, 1989: 29f.). Die Schätzung erfolgt mittels des Prinzips der kleinsten Quadrate. Auf diesem Weg wird eine optimale Darstellung der tatsächlichen Datenstruktur erreicht, so dass die PLS-Methode eine bessere Prognosequalität aufweist als kovarianzbasierte Verfahren (REINARTZ ET AL., 2009: 341).

Die PLS-Methode bietet sich außerdem bei explorativen Untersuchungen an, bei denen nur geringfügig begründete Mess- und Konstruktheorien vorliegen. Vorteil der PLS ist hier, dass die Zusammenhänge schlecht operationalisierter Konstrukte tendenziell eher wenig überschätzt werden (REINARTZ ET AL., 2009: 341). Die varianzbasierten Strukturgleichungsmodelle setzen keine Verteilungsannahme voraus und stellen geringere Anforderungen an die Stichprobengröße als kovarianzbasierte Verfahren (FUCHS, 2011: 35ff.).

6.4. Datengrundlage und deskriptive Statistik

Im Rahmen der vorliegenden Erhebung werden 165 Fütterungsexperimente aus den Jahren 1988 bis 2015 ausgewertet. Limitierend für die Auswahl der Studien waren die Angaben zu Skatol- und Androsteningehalten im Fett bzw. Blut oder dem Anteil geruchsauffälliger Tiere. Im Schnitt beträgt die Stichprobengröße der betrachteten Experimente 73 männliche unkastrierte Tiere. Die Angaben für die verschiedenen Faktoren liegen nicht vollständig für alle Studien vor. Aus diesem Grund unterscheidet sich die Stichprobengröße für jeden Indikator.

Die Eber wurden durchschnittlich in Gruppen mit ca. 8 Tieren gehalten. Überwiegend wurden die Tiere getrennt nach Geschlechtern gehalten (54,8 %). In 10,3 % der Fälle werden männliche und weibliche Tiere gemeinsam gemästet. Die Bodenbeschaffenheit im Stall wird lediglich bei 20 Experimenten hervorgehoben. In zwölf Experimenten stehen die Tiere auf Teilspalten. 2 Gruppen werden auf Vollspalten gehalten. Für 3 Untersuchungen wird angegeben, dass beide Bodenarten Teil

der Untersuchung waren. Saisonale Einflüsse werden in 14 Untersuchungen betrachtet. Es liegen gleichermaßen Untersuchungen für den Sommer wie für den Winter vor. Weitere zwei Untersuchungen betrachten beide Saisons.

Die Zuchtlinien der Tiere werden nach Mutter- und Vaterzuchtlinie unterschieden. Erfasst werden die Rassen der Elterntiere, bzw. wenn vorhanden auch die Großelterngeneration. Die Vatertiere bzw. deren Elterngeneration entstammen der Edelschwein, Landrasse, Large White, Duroc, Pietrain, BHZP, Yorkshire, Meishan und Hampshire. Auf Seiten der weiblichen Elterntiere sind keine Tiere der Rasse Meishan vertreten, dafür aber Tiere der Rasse Seghers-Hybrid. Den verschiedenen Rassen liegen unterschiedliche Zuchtziele zugrunde. Tiere der Rassen Meishan und Duroc werden als sogenannte Fettschweine bezeichnet (WÄHNER, 2013). Die übrigen Rassen werden dem Zuchtziel Fleischschwein zugeordnet. Nicht immer sind die Elterntiere reinrassig gezüchtet. Aus diesem Grund wird die dritte Kategorie der Zuchtziele „Fett- und Fleischschwein“ eingeführt.

Der Energiegehalt des Mastfutters liegt in den untersuchten Experimenten zwischen 8,8 und 18,8 MJ ME/kg (Mittelwert: 12,2 MJ ME/kg). Die Futterzusammensetzung variiert zwischen den einzelnen Experimenten. Die Boxplots in der Abbildung 12 geben darüber Aufschluss.

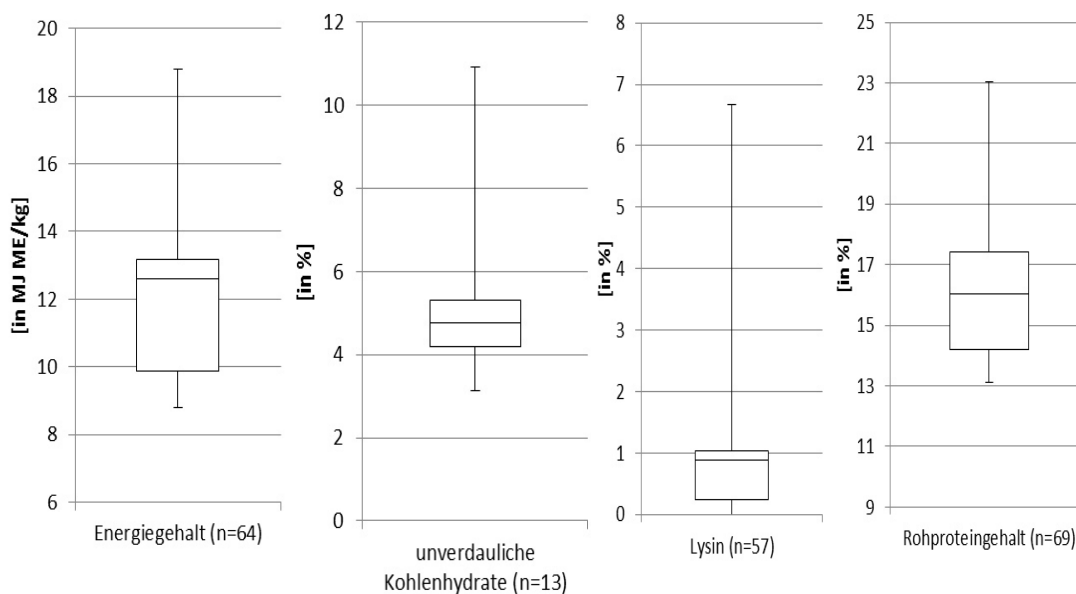


ABBILDUNG 12: BOXPLOTS DER FUTTERZUSAMMENSETZUNG (N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE)

Die Futterzusammensetzung wird anhand der vier in Abbildung 12 erfassten metrischen Indikatoren beschrieben: dem Energiegehalt, dem Rohproteinanteil, dem Anteil unverdaulicher Kohlenhydrate und dem Lysinanteil der Nahrung.

Neben den vier metrischen Indikatoren wird zusätzlich betrachtet, ob die Futterzusammensetzung während der Mast verändert wird (mehrphasig) oder konstant gehalten wird (einphasig). Während

der Mast erhalten nicht alle Tiere eine stetig gleiche Futterzusammensetzung. Die Anpassung des Futters an die Bedürfnisse der Tiere während Vor- und Endmast wird in 24 Studien einbezogen. 29 Studien verändern die Futterzusammensetzung während des Experimentes nicht.

Das Futter wird den Tieren überwiegend ad libitum (n=39 vs. n=11 die 2- bzw. 3-mal täglich) angeboten. 35 Studien machen Angaben über die Darreichungsform. Flüssig-/Breifütterung (n=17) sowie Trocken-/pelletierte Fütterung (n=18) halten sich dabei nahezu die Waage.

Die Mastleistung der Eber wird anhand der Tageszunahmen und der Futterverwertung bewertet. Die Futterverwertung ist dabei definiert als Futtereinsatz [in kg] pro Zunahme [in kg]. Die unten dargestellten Boxplots zeigen die Verteilung der beiden Indikatoren über die Fütterungsexperimente hinweg. 75 % der Eber erreichen Tageszunahmen von rund 900 g am Tag. Diese Tiere setzen rund 2,9 kg Futter in ein kg Gewichtszunahme um.

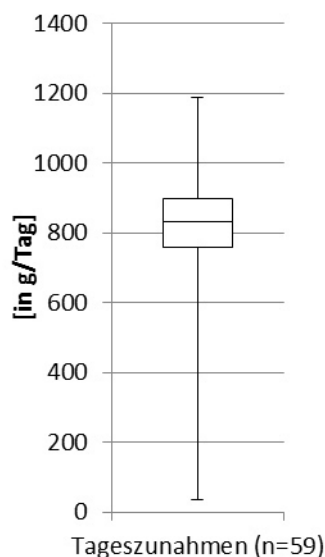


ABBILDUNG 13: BOXPLOT DER TAGESZUNAHME DER EBER [IN G/TAG] (N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE)

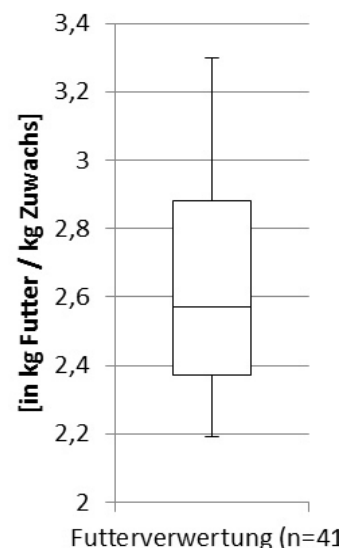


ABBILDUNG 14: BOXPLOT DER FUTTERVERWERTUNG DER EBER [IN KG FUTTER/KG ZUWACHS] (N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE)

Die Eber wurden durchschnittlich 21,7 Wochen alt und mit einem Lebendgewicht von durchschnittlich 107 kg (Schlachtgewicht 79,0 kg) geschlachtet. Die Schlachtkörper der Eber unterscheiden sich. Gemessen in Schlacht- bzw. Lebendgewicht und Magerfleischanteil, finden sich die im folgenden Boxplot dargestellten Unterschiede. Die Tiere wurden mit sehr unterschiedlichem Lebendgewicht untersucht. Zwischen 52,7 und 200 kg brachten die Tiere auf die Waage (Abbildung 15), wobei rund die Hälfte der Tiere zwischen 100 und 113 kg wog. Nach der Schlachtung wogen die Tiere zwischen 35,9 und 94,1 kg (Q1: 78 kg bis Q3: 87 kg) (vgl. Abbildung 16).

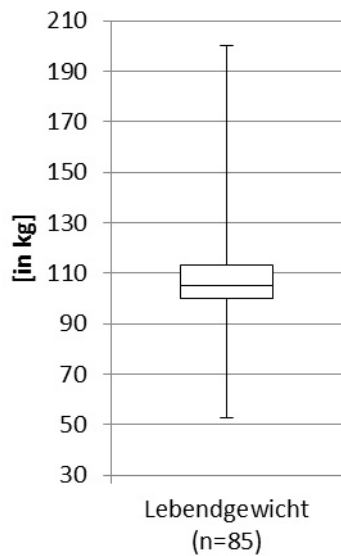


ABBILDUNG 15: BOXPLOT DES LEBENDGEWICHTS DER EBER [IN KG] (N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE)

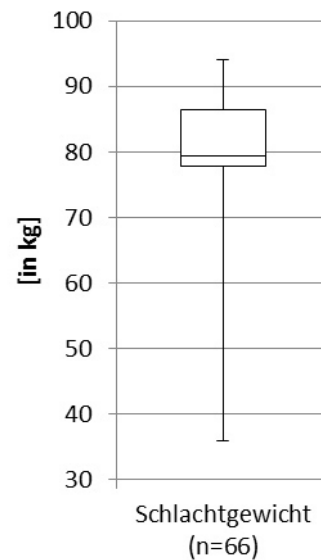


ABBILDUNG 16: BOXPLOT DES SCHLACHTGEWICHTS DER EBER [IN KG] (N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE)

Durchschnittlich 59 % Muskelfleischanteil hatte jedes der Tiere. Hier war eine Spannweite von 53 bis 64 % festzustellen (vgl. Abbildung 17). Eber haben tendenziell einen höheren Muskelfleischanteil als Kastraten (DOBROWOLSKI ET AL., 1995; PAULY ET AL., 2008). DOBROWSKY ET AL. (1995) finden bei Ebern mittleren Schlachtgewichts rund 6 % mehr Muskelfleisch und rund 8 % weniger Fett als bei Kastraten.

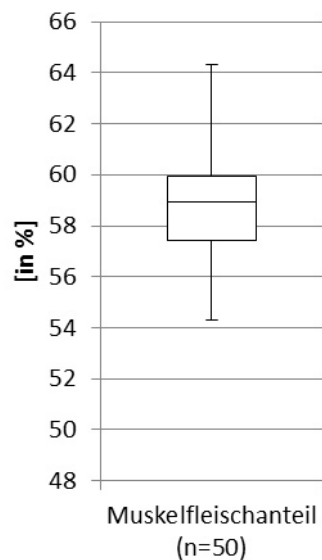


ABBILDUNG 17: BOXPLOT DES MUSKELFLEISCHANTEILS DER EBER [IN %] (N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE)

Um die Datengrundlage für das Strukturgleichungsmodell möglichst breit zu gestalten werden beide Indikatoren, das Schlacht- sowie das Lebendgewicht, erfasst. Erwartungsgemäß besteht eine signifikant positive Korrelation zwischen den beiden Indikatoren (0,69**). Der Magerfleischanteil hingegen, der als dritter Indikator des Schlachtkörpers in die Betrachtung einfließt, ist lediglich moderat positiv mit dem Schlachtgewicht korreliert (0,52).

TABELLE 32: KORRELATIONSKOEFFIZIENT NACH PEARSON ZWISCHEN DEN INDIKATOREN DER SCHLACHTKÖRPERZUSAMMENSETZUNG (EIGENE BERECHNUNG)

	Lebendgewicht	Schlachtgewicht	Magerfleischanteil
Lebendgewicht	1,00	0,69**	0,15
Sig. (2-seitig)		0	0,446
N	86	26	29
Schlachtgewicht	0,69**	1,00	0,52*
Sig. (2-seitig)	0		0,002
N	26	66	33
Magerfleischanteil	0,15	0,52*	1,00
Sig. (2-seitig)	0,446	0,002	
N	29	33	50

** signifikant, Irrtumswahrscheinlichkeit ist kleiner als 0,1 %

* signifikant, Irrtumswahrscheinlichkeit ist kleiner als 5 %

Die Produktion der beiden geruchsverursachenden Stoffe wird anhand der Konzentration im Blut gemessen. Die gefundenen Konzentrationen im Blut variieren zwischen 0,0035 und 16,9 µg/l für Skatol und 1,2 und 27,1 µg/l für Androstenon (vgl. ABBILDUNG 18).

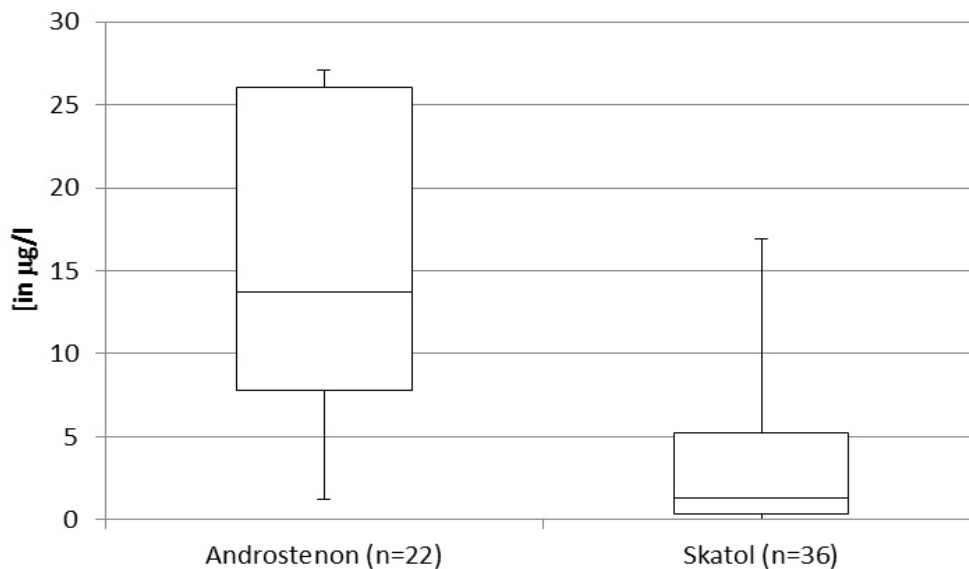


ABBILDUNG 18: BOXPLOTS DER ANDROSTENON- UND SKATOLKONZENTRATION IM BLUT [IN µG/L] (N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE)

Zwischen den beiden Konzentrationen im Blut kann keine signifikante Korrelation gemessen werden (-0,2) (siehe Tabelle 33). Entgegen den in Abbildung 5 zusammengestellten, aus der Literatur zusammengetragenen Korrelationen im Plasma, ist anhand der Metadaten kein Zusammenhang erkennbar.

TABELLE 33: KORRELATIONSKOEFFIZIENT NACH PEARSON ZWISCHEN DEN INDIKATOREN DER PRODUKTION DER GERUCHSRELEVANTEN STOFFE (EIGENE BERECHNUNG)

	Skatol im Blut	Androstenon im Blut
Skatol im Blut	1,00	-0,2
Sig. (2-seitig)		0,432
N	36	18
Androstenon im Blut	-0,2	1,00
Sig. (2-seitig)	0,432	
N	18	22

Die Speicherung der beiden geruchsverursachenden Stoffe wird im Fettgewebe gemessen. Als dritter Indikator zur Beschreibung des Ebergeruchs wird die sensorische Bewertung [in %] hinzugefügt. Für die Skatolkonzentration im Fett wurden Werte zwischen 0,00 und 0,85 µg/g (s. Abbildung 20), für Androstenon zwischen 0,002 und 4,5 µg/g (s. Abbildung 21) und für die sensorische Beurteilung des Ebergeruchs zwischen 0 und 100 % (s. Abbildung 19) gefunden.

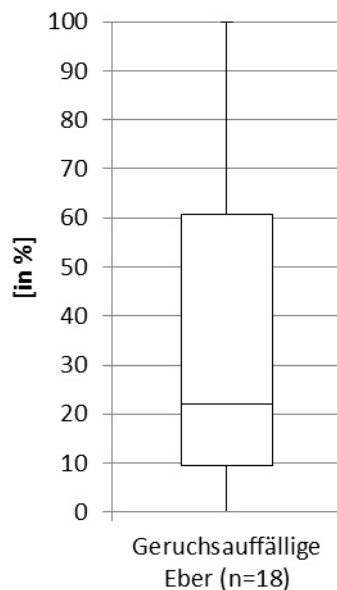


ABBILDUNG 19: BOXPLOT DES ANTEILS GERUCHSAUFFÄLLIGER EBER [IN %] (N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE)

Die erhobenen Daten zeigen bereits an diesem Punkt, dass die in der breiten Öffentlichkeit kommunizierten Werte hinsichtlich geruchsauffälliger Eber nicht die Gesamtheit abbilden. Demnach wird das Problem des wahrgenommenen Ebergeruchs bislang stark unterschätzt.

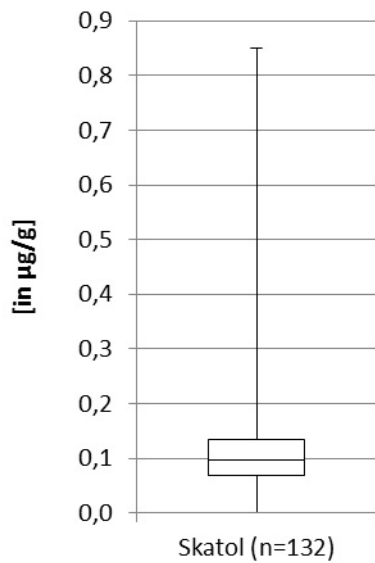


ABBILDUNG 20: BOXPLOT DER SKATOLKONZENTRATION IM FETT [IN µG/G] (N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE)

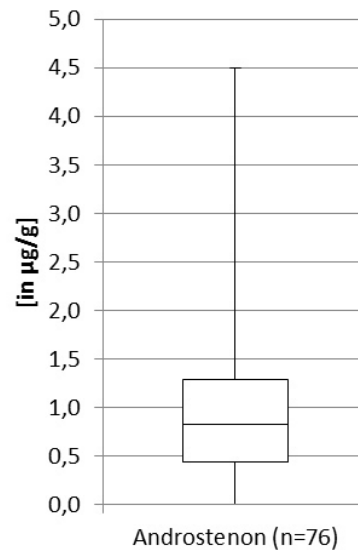


ABBILDUNG 21: BOXPLOT DER ANDROSTENONKONZENTRATION IM FETT [IN µG/G] (N= ANZAHL BETRACHTETER EXPERIMENTE)

Zwischen den drei Indikatoren des Ebergeruchs scheint zumindest näherungsweise ein linearer Zusammenhang zu bestehen, jedoch schmälert die geringe Stichprobengröße die Aussagekraft. Die folgenden Korrelationskoeffizienten nach Pearson lassen sich berechnen:

TABELLE 34: KORRELATIONSKOEFFIZIENT NACH PEARSON ZWISCHEN DEN INDIKATOREN DES EBERGERUCHS (EIGENE BERECHNUNG)

	Anteil geruchsauffälliger Eber [%]	Androstenon im Fett [µg/g]	Skatol im Fett [µg/g]
Anteil geruchsauffälliger Eber [in %]	1,00	0,95**	0,61
Sig. (2-seitig)		0	0,078
N	18	9	9
Androstenon im Fett [in µg/g]	0,95**	1,00	0,29*
Sig. (2-seitig)	0		0,011
N	9	76	75
Skatol im Fett [in µg/g]	0,61	0,29*	1,00
Sig. (2-seitig)	0,078	0,011	
N	9	75	132

** signifikant, Irrtumswahrscheinlichkeit ist kleiner als 0,1 %

* signifikant, Irrtumswahrscheinlichkeit ist kleiner als 5 %

grau: zu geringe Stichprobengröße für Auswertung

6.5. Herleitung Strukturgleichungsmodell

Die dieser Arbeit zugrundeliegende Strukturgleichungsanalyse entspricht dem in Abbildung 22 dargestellten Modell und beinhaltet die in Kapitel 5 beschriebenen Einflussfaktoren. Der Aufbau des Modells erfolgt systematisch in den folgenden Abschnitten. Da es sich um eine Analyse auf Basis von Sekundärdaten handelt, können nicht für alle Experimente alle Indikatoren angegeben werden. Die laut BARCLAY ET AL. (1995: 292) notwendigen zehn Datensätze pro Anzahl der Regressoren der komplexesten Regression können nicht vollständig erfüllt werden. Trotzdem empfiehlt sich die PLS-Pfadmodellierung als beste Methode der Auswertung, weil nur diese metrische und nicht metrische Indikatoren in der Form miteinander verknüpfen kann und der Einfluss auf latente Variablen erfasst werden kann.

Alle Messmodelle der Variablen, die einen Einfluss auf die Entstehung von Ebergeruch haben, sind formativer Natur. Der Einfluss des Futters, der Haltung, des Schlachtkörpers, der Leistung, des Alters sowie der Zucht bedingen entweder die Produktion oder die Speicherung von Skatol und Androstenon. Die latenten Variablen können über die verschiedenen beobachtbaren Indikatoren beschrieben werden, die gemeinsam die latente Variable prägen.

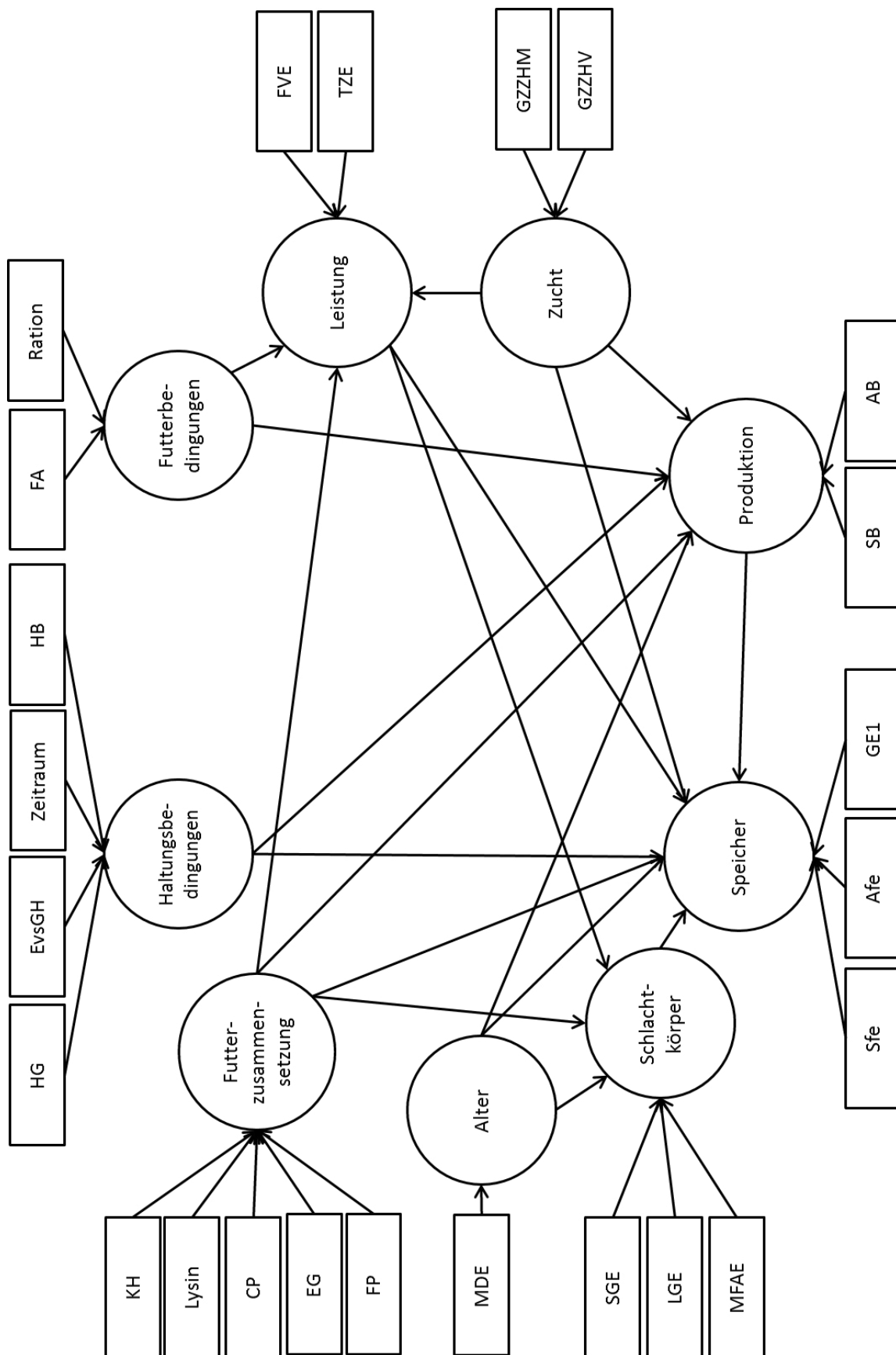


ABBILDUNG 22: GESAMTMODELL DER STRUKTURGLEICHUNGSANALYSE ZUR ENTWICKLUNG VON EBERGERUCH (BZW. DER VERANTWORTLICHEN STOFFE)

Zugrundeliegend für die Entstehung von Ebergeruch ist zunächst die Produktion der geruchsrelevanten Stoffe. Die Konzentration der beiden Stoffe im Blut der Tiere stellt hier die geeigneten Indikatoren dar. Das Blut ist, entsprechend des Produktionsablaufs (beschrieben in Kapitel 3), der erste Ort, der eine Messung ermöglicht. Weder die Hypophyse, der Hypothalamus, noch die Leydigzellen stellen einen potenziellen Messort dar.

Wie stark die Tiere Skatol und Androstenon produzieren, hängt laut Literatur von verschiedenen Faktoren ab. Diese werden im Folgenden kurz zusammengefasst. Auf eine ausführliche Beschreibung der Zusammenhänge wird mit Verweis auf Kapitel 5 verzichtet.

- **Haltungsbedingungen:** Die Haltungsbedingungen umfassen die Aufstallung der Tiere. Hier gilt es neben der Gruppengröße (*EvsGH*) der Tiere je Bucht sowie der Geschlechtertrennung (*HG*) auch die Bodenverhältnisse (*HB*) zu beachten. Aufgrund der Beeinflussung der Stoffsynthese durch die Jahreszeiten (*Zeitraum*), wird auch die Saison der Mast als Indikator in Betracht gezogen.
- **Fütterungsbedingungen:** Zur Beschreibung der Futterbedingungen im Modell gehört der Zugang der Eber zu Futter. Hier wird unterschieden, ob den Tieren das Futter ad libitum oder rationiert (Häufigkeit) (*Ration*) angeboten wird. Auch die Darreichungsform (Flüssig- oder Trockenfütterung) (*FA*) wird erfasst.
- **Futterzusammensetzung:** Der Energiegehalt (*EG*), der Anteil an Lysin (*Lysin*), Rohprotein (*CP*) sowie unverdaulichen Kohlenhydraten (*KH*) haben einen Einfluss. Im Rahmen der Beschreibung der Futterzusammensetzung wird außerdem erfasst, ob sich die Futterzusammensetzung während der Mast verändert (*FP*) und ggf. an die sich verändernden Bedürfnisse der Tiere angepasst wird.
- **Alter:** Das Alter wird für die Produktion von Androstenon, aber auch des Skatols als maßgeblicher Faktor angenommen. Mit Eintritt in die Pubertät beginnen die männlichen Tiere, den Sexualstoff Androstenon zu produzieren. Das Alter wird in diesem Fall über die Mastdauer der Tiere (*MDE*) erfasst.
- **Zucht:** Die genetischen Grundlagen der Tiere beeinflussen die Synthese der geruchsverursachenden Substanzen. Um eine Interpretation der genetischen Vielfalt zuzulassen, werden die Tiere auf Vater- (*GZZHV*) sowie Mutterseite (*GZZHM*) der Zuchtausrichtung Fettschwein (Duroc und Meishan) und Fleischschwein (Edelschwein, Landrasse, Large White, Pietrain, Yorkshire und Hampshire) zugeordnet. Ist eine Seite durch verschiedene Zuchtausrichtungen geprägt, so fallen sie in die dritte Kategorie der „gemischten Herkunft“.

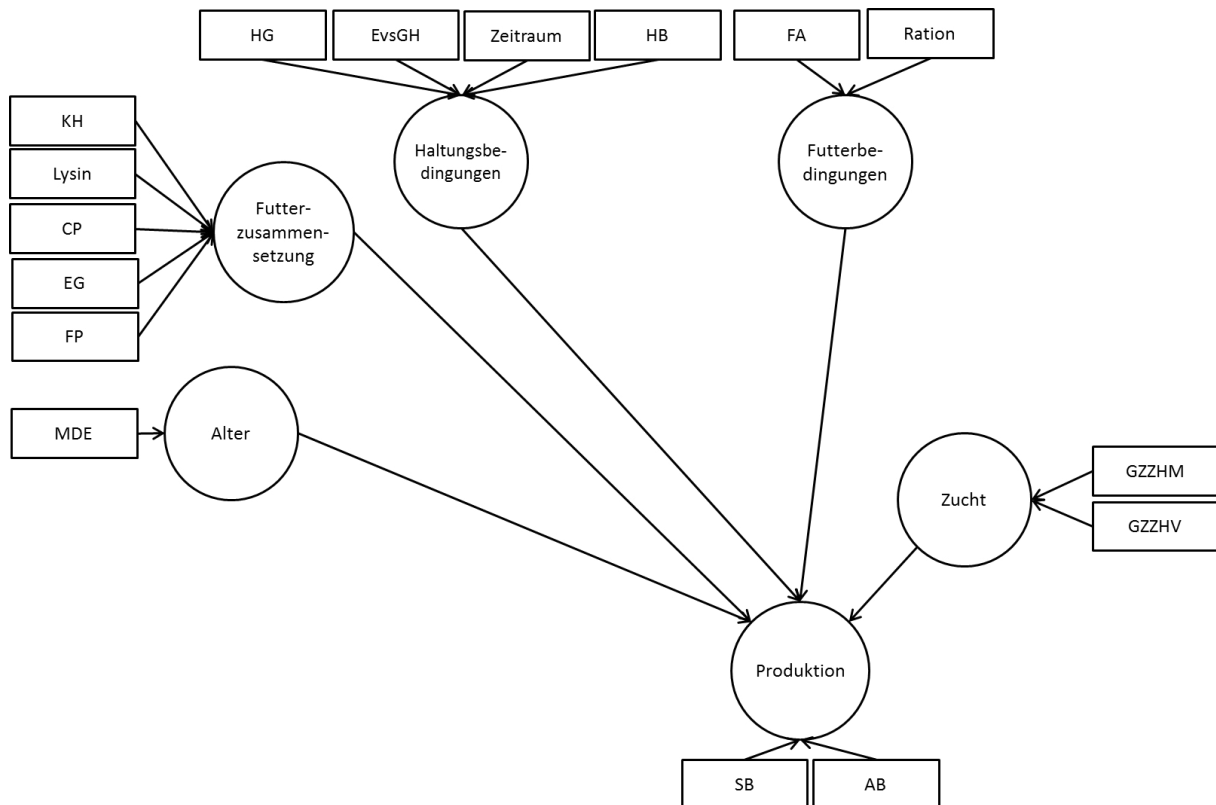


ABBILDUNG 23: TEILMODELL DER STRUKTURGLEICHUNGSANALYSE FÜR DIE ENDOGENE VARIABLE „PRODUKTION“

Die zweite endogene Variable, die von besonderem Interesse ist, ist die Speicherung von Androstenon und Skatol im Fettgewebe bzw. die sensorisch bewertete Geruchsauffälligkeit.

- Produktion: Die körpereigene Synthese von Androstenon und Skatol ist Voraussetzung für den Speichervorgang.
- Schlachtkörper: Die Zusammensetzung des Schlachtkörpers wird anhand des Muskelfleischanteils (*MFAE*) sowie des Lebend- (*LGE*) bzw. Schlachtgewichts (*SGE*) beschrieben. Der Muskelfleischanteil wird als Indikator herangezogen, da er sowohl bei der Berechnung als auch bei der Messung den Fettgehalt bzw. die Fettauflage beschreibt und so einen Anhaltspunkt zur Schätzung des Fettgewebes darstellt (THÜRINGER MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, NATURSCHUTZ UND UMWELT, o.J.).
- Alter: Je höher die Mastdauer (*MDE*) bzw. je älter die Tiere sind, desto mehr Zeit haben sie, die produzierte Menge an Skatol (*Sfe*) und Androstenon (*Afe*) ins Fettgewebe einzulagern und eine Geruchsauffälligkeit (*GE1*) zu entwickeln.
- Futterzusammensetzung: Der Zusammenhang zwischen der Futterzusammensetzung und dem Schritt der Einlagerung ins Fettgewebe ist unklar. Die Produktion der Geruchsauslöser, besonders aber des Skatols, wird maßgeblich über die Futterzusammensetzung beeinflusst. Der Vorgang der Speicherung ist bislang noch relativ wenig erforscht. Aus diesem Grund kann

ein Zusammenhang aber nicht ausgeschlossen werden. Daher empfiehlt es sich, die Beziehung zunächst in das Modell zu integrieren.

- Zucht: Die genetische Komponente der Einlagerung von Skatol und Androstenon im Fettgewebe wurde bereits vielfach erwähnt.
- Haltungsbedingungen: Hier gilt, wie bei der Futterzusammensetzung auch, dass die bisherigen Untersuchungen einen Einfluss nicht ausschließen können.
- Leistung: Der Einfluss der exogenen Variable Leistung, dargestellt durch die Tageszunahme (TZE) sowie die Futterverwertung (FVE) erfährt bislang keine Aufmerksamkeit in der wissenschaftlichen Diskussion. Aufgrund des explorativen Charakters des Strukturgleichungsmodells wird diese Variable integriert.

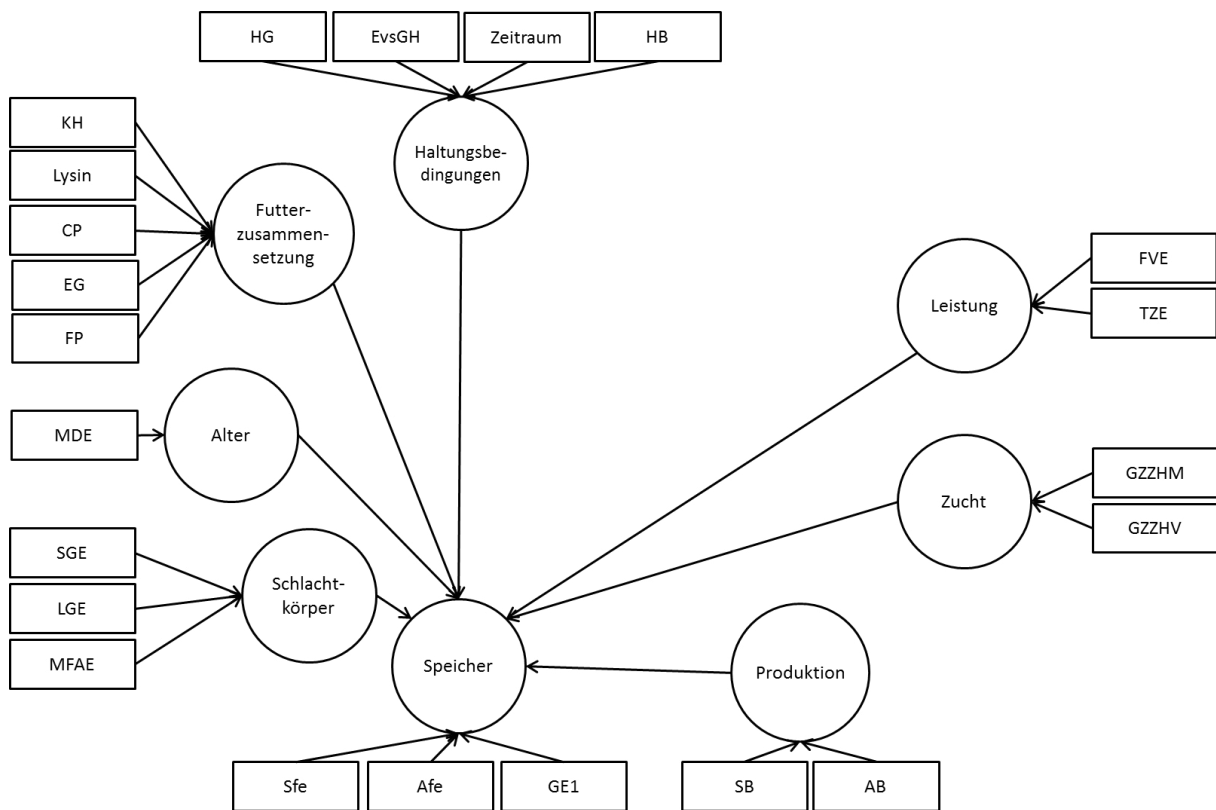


ABBILDUNG 24: TEILMODELL DER STRUKTURGLEICHUNGSANALYSE FÜR DIE ENDOGENE VARIABLE „SPEICHER“

Die Variable Leistung, abgebildet durch die Tageszunahme (TZE) und die Futterverwertung (FVE) wird durch die folgenden drei exogenen Variablen beschrieben:

- Zucht: Die Entscheidung über den Genotyp bzw. die Ausrichtung der Zuchtziele wird auf Seite der weiblichen (GZZHM) sowie der männlichen Elterntiere (GZZHV) einbezogen. Je nach Ausrichtung auf fett- oder fleischreiche Tiere sind hier verschiedene Ausprägungen der Leistung zu erwarten.

- Futterzusammensetzung: Die Kombination des Futters hinsichtlich der Aminosäuren (*Lysin*), des Energie- (*EG*), Protein- (*CP*) und unverdaulichen Kohlenhydratgehalts (*KH*) wie auch der Futterzusammensetzung im Zeitablauf (*FP*) der Mast legen den Grundstein für die Mastleistung der Tiere.
- Futterbedingungen: Die Bedingungen der Fütterung werden über die Art der Fütterung (flüssig oder trocken) (*FA*) und die ggf. vorliegende Rationierung (*Ration*) abgebildet.

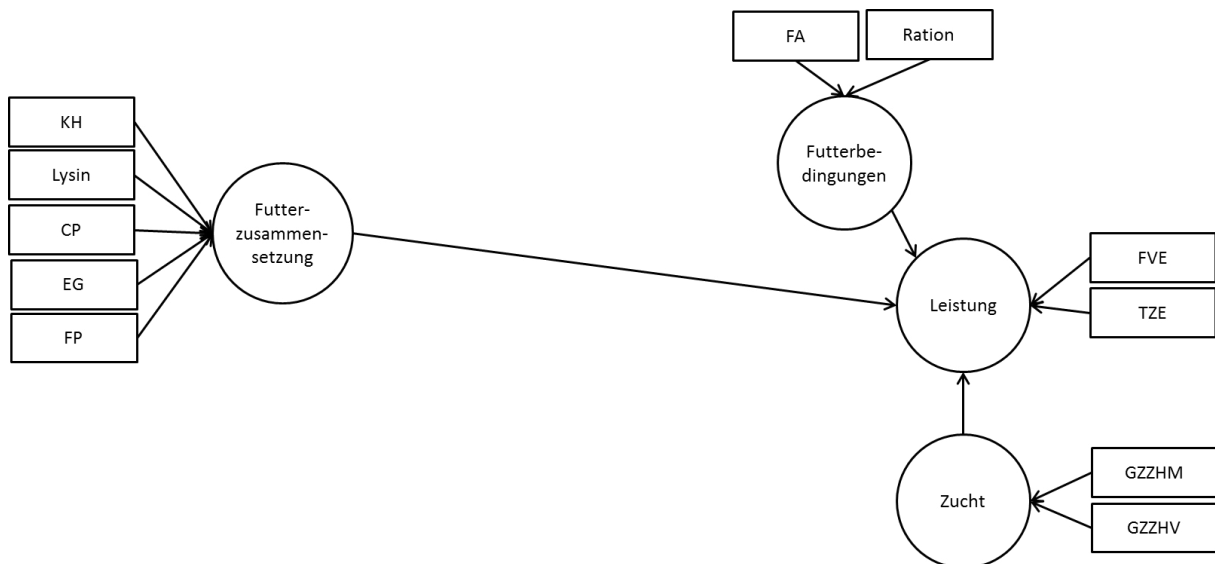


ABBILDUNG 25: TEILMODELL DER STRUKTURGLEICHUNGSANALYSE FÜR DIE ENDOGENE VARIABLE „LEISTUNG“

Die Beschaffenheit der Schlachtkörper der Eber ist von Bedeutung, wenn es um die Einlagerung von Androstenon und Skatol geht. Gemäß den bisherigen Forschungen haben das Alter, die Futterzusammensetzung und die Mastleistung der Tiere Anteil an der Schlachtkörperzusammensetzung. Die Beschaffenheit des Schlachtkörpers wird abgebildet durch das Lebend- (*LGE*) und Schlachtgewicht (*SGE*) sowie den Muskelfleischanteil (*MFAE*):

- Alter: Das Alter (*MDE*) der untersuchten Tiere steht in direktem Zusammenhang mit der Körperbeschaffenheit der Tiere.
- Futterzusammensetzung: Die Voraussetzungen für das Wachstum der Tiere und somit die Veränderungen des Schlachtkörpers werden über die Futterzusammensetzung geschaffen. Gemessen in Energiegehalt (*EG*), Gehalt unverdaulicher Kohlenhydrate (*KH*), Protein- (*CP*) und Lysinanteil (*Lysin*) sowie Rationierung (*Ration*) bilden sie das Grundgerüst für die Mast.
- Leistung: Als Bewertungskriterien der Mastleistung dienen die Tageszunahme (*TZE*) und die Futtermittelverwertung (*FVE*).

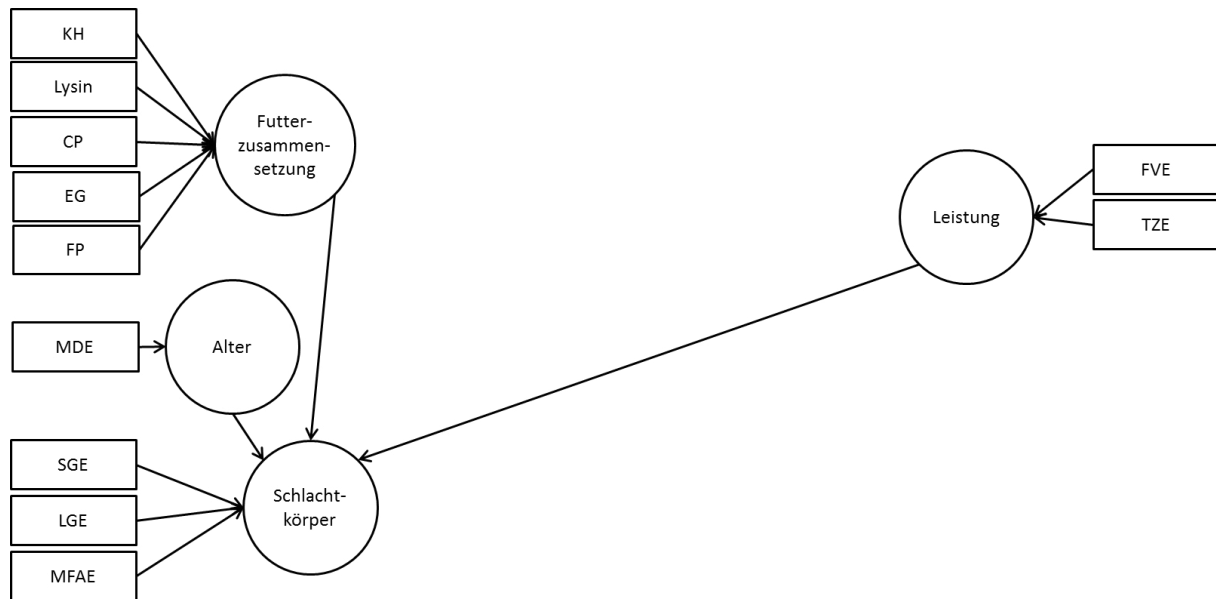


ABBILDUNG 26: TEILMODELL DER STRUKTURGLEICHUNGSANALYSE FÜR DIE ENDOGENE VARIABLE „SCHLACHTKÖRPER“

6.6. Ergebnisse der Strukturgleichungsanalyse

Zunächst wird das methodische Vorgehen und im Anschluss werden die Ergebnisse der Strukturgleichungsanalyse erläutert.

6.6.1. Modellspezifikation des Partial Least Squares-Verfahren

Die Modellbeurteilung ist von zentraler Bedeutung, wenn es um die Schätzung von Kausalmodellen geht. Die anwendbaren Gütemaße sind in ihrer Zahl begrenzt, weil keine empirischen Verteilungsannahmen eingehalten werden müssen. Es müssen nicht parametrische, schätzungsorientierte Gütemaße verwendet werden (RINGLE, 2004: 13).

Für die Durchführung der Strukturgleichungsanalyse wird das Softwareprogramm SmartPLS verwendet. Die Messmodelle der Konstrukte Haltungsbedingungen, Futterzusammensetzung, Fütterungsbedingungen, Schlachtdaten, Alter und Zucht werden formativ spezifiziert. Das geschätzte Modell ist in Abbildung 27 zu sehen.

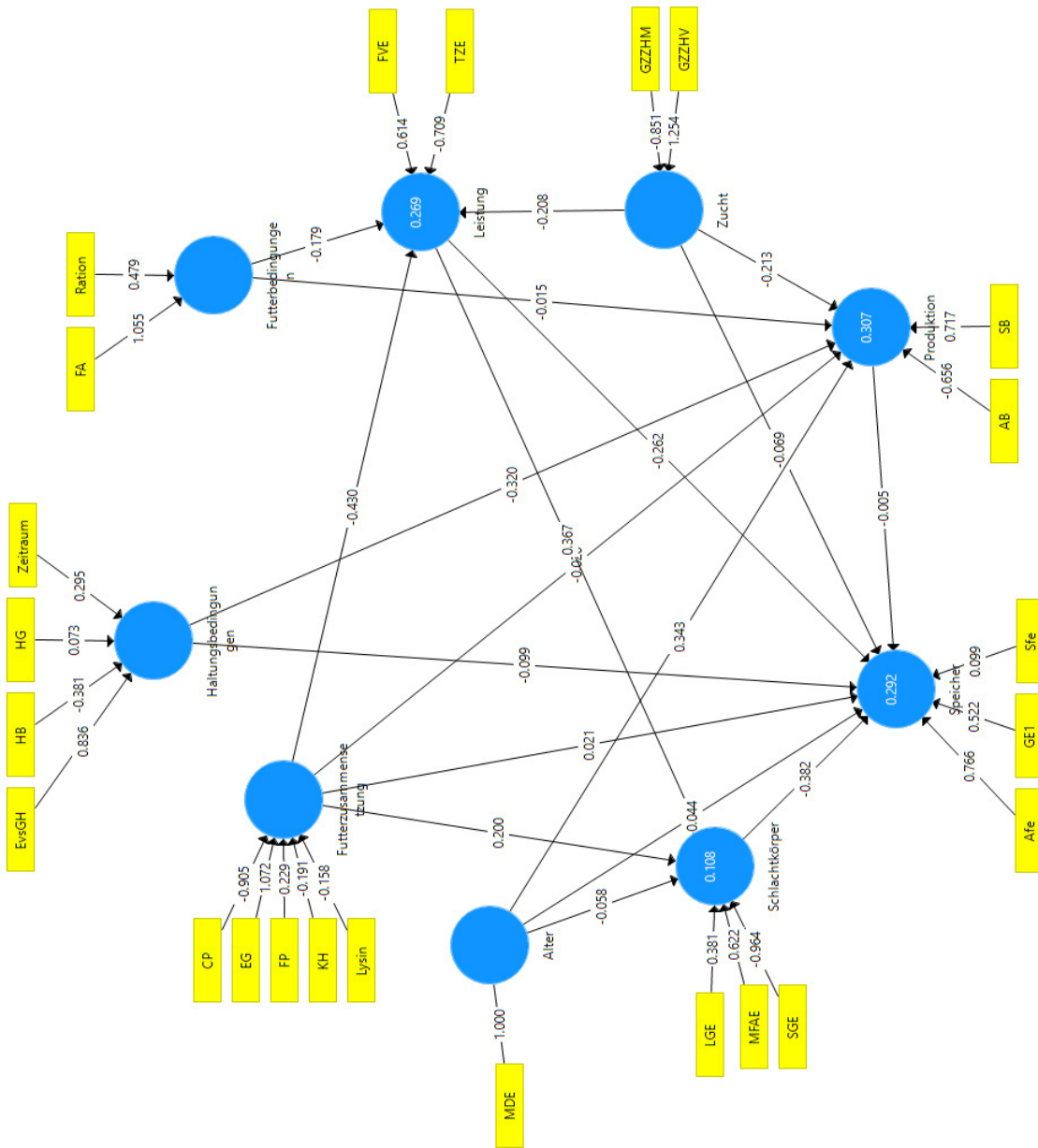


ABBILDUNG 27: ERGEBNIS DER STRUKTURGLEICHUNGSANALYSE FÜR DAS GESCHÄTZT MODELLE ZUR VERMEIDUNG VON GERUCHSAUFFÄLLIGKEITEN BEI DER MAST VON EBERN

Um Aussagen über die Gültigkeit der aufgestellten Hypothesen treffen und die berechneten Parameter interpretieren zu können, muss das Modell hinsichtlich seiner Güte beurteilt werden. Dies erfolgt gemäß dem Vorgehen von RINGLE (2004: 14). Entsprechend dem in Abbildung 28 empfohlenen Vorgehen wird zunächst eine Beurteilung des Strukturmodells durchgeführt. Die reflektiven (im Falle dieser Arbeit nicht existent) und formativen Messmodelle der latenten Variablen werden im Anschluss überprüft. Erst dann wird das Gesamtmodell evaluiert. Empirisch gesicherte Ergebnisse liegen dann vor, wenn möglichst alle Gütekriterien bestmöglich erfüllt sind.

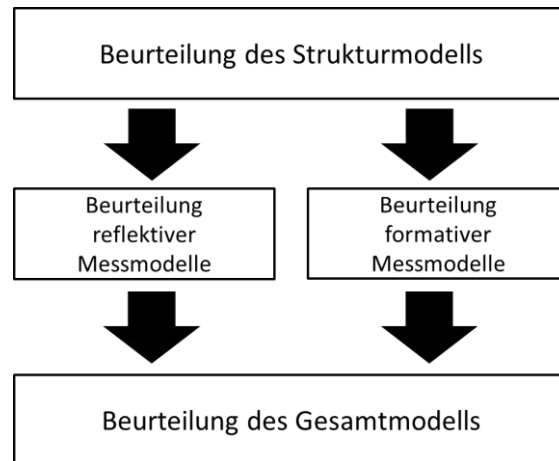


ABBILDUNG 28: ANNAHMEN IM PLS-MODELL (ÜBERNOMMEN AUS RINGLE, 2004: 14)

6.6.2. Gütebeurteilung des Strukturmodells

Erstes Maß zur Beurteilung des Strukturmodells eines Kausalmodells ist das Bestimmtheitsmaß R^2 . Es ist häufig aus der Regressionsanalyse bekannt. Die latenten endogenen Variablen sind in diesem Modell Speicher und Produktion, Schlachtkörper, Alter sowie die Leistung. Das bedeutet, sie sind die abhängigen Variablen in diesem multiplen linearen Regressionsmodell. Die latenten exogenen Variablen hingegen sind die Futterzusammensetzung, die Fütterungs- sowie Haltungsbedingungen und die Zucht. Sie stellen die unabhängigen Variablen dar. Gemäß CHIN (1998: 323) existieren Richtwerte für die Beurteilung der Bestimmtheitsmaße:

- $R^2 \geq 0,67 \rightarrow$ „substanziell“
- $0,33 \leq R^2 < 0,67 \rightarrow$ „durchschnittlich“
- $0,19 \leq R^2 < 0,33 \rightarrow$ „schwach“

TABELLE 35: GÜTE DES STRUKTURMODELLS – BESTIMMTHEITSMAB

	R²	Beurteilung nach CHIN (1998: 323)
Leistung	0,269	Schwach
Produktion	0,307	Schwach
Schlachtkörper	0,108	-
Speicher	0,292	Schwach

In Tabelle 35 sind die Bestimmtheitsmaße des Modells angeführt. Die Produktion und der Speicher der geruchsverursachenden Stoffe sind für die Zielsetzung der Arbeit besonders wichtig. Für die beiden Konstrukte ergeben sich R²-Werte von 0,292 (Speicher) und 0,307 (Produktion). Sie sind folglich als schwach einzuordnen. Die Varianzen der beiden Variablen können zu rund 30 % mithilfe der Varianzen der Regressoren erklärt werden. Die Varianzen der beiden weniger bedeutenden Variablen, Leistung und Schlachtkörper, werden zu 26,9 bzw. 10,8 % durch die Varianzen der Regressoren erklärt.

Die Pfadkoeffizienten (Beschriftung der Pfeile in Abbildung 27 zwischen den latenten Variablen) sind ein weiteres Maß der Gütebeurteilung von Strukturmodellen. Laut LOHMÖLLER (1989: 60f.) müssen diese einen Wert von mindestens 0,1 aufweisen, um als signifikant ins Strukturmodell integriert zu werden. CHIN (1998: 324f.) fordert mindestens einen Koeffizienten in Höhe von 0,2.

Zunächst werden die Vorzeichen der Pfadkoeffizienten mit denen der in den Hypothesen postulierten verglichen. Statistische Absicherung erfahren die Pfadkoeffizienten mittels des Bootstrappings, welches die t-Werte errechnet.

TABELLE 36: BEWERTUNG STRUKTURMODELL – PFADKOEFFIZIENTEN

	Pfadkoeffizient	t-Wert	LOHMÖLLER	CHIN
Alter (MDE) → Produktion (AB, SB)	0,343	1,336	✓	✓
Alter (MDE) → Schlachtkörper (SGE, LGE, MFAE)	-0,058	0,256	✗	✗
Alter (MDE) → Speicher (AF _e , SFe, Geruch)	-0,044	0,340	✗	✗
Futterbedingungen (FA; Ration) → Leistung (FVE, TZE)	-0,179	0,968	✓	✗
Futterbedingungen → Produktion	-0,015	0,180	✗	✗
Futterzusammensetzung → Leistung	-0,430	1,801	✓	✓
Futterzusammensetzung → Produktion	-0,020	0,172	✗	✗
Futterzusammensetzung → Schlachtkörper	0,200	0,700	✓	✓
Futterzusammensetzung → Speicher	0,021	0,139	✗	✗
Haltungsbedingungen → Produktion	-0,320	1,031	✓	✓
Haltungsbedingungen → Speicher	-0,099	0,419	✗	✗
Leistung → Schlachtkörper	0,367	1,101	✓	✓
Leistung → Speicher	-0,262	1,206	✓	✓
Produktion → Speicher	-0,005	0,082	✗	✗
Schlachtkörper → Speicher	-0,382	1,207	✓	✓
Zucht → Leistung	-0,208	1,094	✓	✓
Zucht → Produktion	-0,213	1,169	✓	✓
Zucht → Speicher	-0,069	0,425	✗	✗

*auf dem 5 % Niveau signifikant

Mittels der Berechnung der Effektstärke f^2 lässt sich untersuchen, welchen Einfluss eine unabhängige (exogene) latente Variable auf eine abhängige (endogene) latente Variable hat. COHEN (1988) interpretiert die Effektstärke wie folgt:

- $0,02 < f^2 < 0,15 \rightarrow$ „geringer Effekt“
- $0,15 < f^2 < 0,35 \rightarrow$ „mittlerer Effekt“
- $0,35 \leq f^2 \rightarrow$ „großer Effekt“

TABELLE 37: GÜTE DES STRUKTURMODELLS – EFFEKTSTÄRKE

	f^2 für Leistung	f^2 für Produktion	f^2 für Schlachtkörper	f^2 für Speicher
Alter		0,165**	0,004	0,002
Futterbedingungen	0,040*	0,000		
Futterzusammensetzung	0,247**	0,001	0,035*	0,000
Haltungsbedingungen		0,127*		0,010
Leistung			0,118*	0,061*
Produktion				0,000
Schlachtkörper				0,171**
Zucht	0,055*	0,060* (sig. 0,088)		0,006

* kleiner Effekt ($>0,02$); ** mittlerer Effekt ($>0,15$); *** starker Effekt ($>0,35$) nach RINGLE ET AL., 2006: 87

Während Pfadkoeffizienten die Stärke und Richtung des Zusammenhangs zwischen Faktoren abbilden, beschreibt die Effektstärke den substantiellen Einfluss einer exogenen auf eine endogene Variable. Der Effekt der exogenen auf die endogenen Variablen ist in einem Großteil der Fälle lediglich schwach ausgeprägt (vgl. Tabelle 37). Die Produktion von Androstenon und Skatol wird durch das Alter (mittlere Effektstärke) sowie die Haltungsbedingungen und die Zucht (geringe Effektstärke) beeinflusst. Die Einlagerung der beiden Stoffe ins Fett erfährt Effekte durch den Schlachtkörper (mittlerer Effekt) sowie die Mastleistung (geringer Effekt). Den übrigen Variablen kommt kein Effekt zu. Die latente Variable der Leistung wird durch die vorhandenen Variablen beeinflusst. Gleiches trifft für den Schlachtkörper zu, der jedoch keine Beeinflussung durch das Alter erfährt.

Q^2 stellt ein weiteres Maß für die Beurteilung des Strukturmodells dar (siehe Tabelle 38). Die Schätzrelevanz Q^2 gibt an, welche Vorhersagerelevanz das Modell aufweist. Das Maß berücksichtigt Ansätze der Kreuzvalidität. Berechnete Werte für $Q^2 > 0$ sprechen für eine Vorhersagekraft des Modells.

TABELLE 38: GÜTE DES STRUKTURMODELLS - SCHÄTZRELEVANZ

	Q ²
Leistung	0,113
Produktion	0,124
Schlachtkörper	0,006
Speicher	0,057

Die Berechnung der Schätzrelevanz Q² aller vier endogenen latenten Variablen ergibt Werte > 0. Das bedeutet, dass eine Vorhersagekraft von dem geschätzten Kausalmodell ausgeht. Das Modell kann demnach die Rohdaten besser vorhersagen, als eine einfache Schätzung mithilfe des Mittelwerts (KRAFFT ET AL., 2005: 85).

6.6.3. Gütebeurteilung des formativen Messmodells

DIAMANTOPOULOS und WINKELHOFER (2001) beschreiben Ansätze zur systematischen Beurteilung formativer Messmodelle. Zur Beurteilung werden die Gewichte (Pfeile von den Indikatoren zu den latenten Variablen) der formativen Messmodelle betrachtet. Die Mindesthöhe wird, analog zu den Pfadkoeffizienten, von LOHMÖLLER (1989: 60f.) mit 0,1 und von CHIN (1998: 324f.) mit 0,2 angegeben. Mittels des Bootstrappings werden die P-Werte ermittelt, die Aufschluss über die Signifikanz der Schätzergebnisse beschreibt.

TABELLE 39: GÜTE DER FORMATIVEN MESSMODELLE

	Indikator	Gewicht	Lohmöller	Chin	P-Wert
Produktion	Androstenon im Blut (AB)	-0,656	✓	✓	0,233
	Skatol im Blut (SB)	0,717	✓	✓	0,144
Speicher	Androstenon im Fett (Afe)	0,766	✓	✓	0,225
	Geruchsauffälligkeit (GE1)	0,522	✓	✓	0,281
	Skatol im Fett (Sfe)	0,099	x	x	0,742
Futter- zusammen- setzung	Rohprotein (CP)	-0,905	✓	✓	0,246
	Energiegehalt (EG)	1,072	(✓)	(✓)	0,195
	Futterphasen (FP)	0,229	✓	✓	0,575
	Anteil unverdaulicher Kohlenhydrate (KH)	-0,191	✓	x	0,415
	Lysinanteil (Lysin)	-0,158	✓	x	0,495
Haltungs- bedingungen	Einzel- vs. Gruppenhaltung (EvsGH)	0,836	✓	✓	0,115
	Bodenbeschaffenheit (HB)	-0,381	✓	✓	0,473
	Geschlechtertrennung (HG)	0,073	x	x	0,726
	Mastsaison (Zeitraum)	0,295	✓	✓	0,439
Futter- bedingungen	Futterart (Trocken- od. Flüssigfütterung)	1,055	(✓)	(✓)	0,142
	Häufigkeit der Fütterung (Ration)	0,479	✓	✓	0,345
Leistung	Futterverwertung (FVE)	0,614	✓	✓	0,254
	Tageszunahme (TZE)	-0,709	✓	✓	0,314
Zucht	Gesamtzuchtziel Mutterlinie (GZZHM)	-0,851	✓	✓	0,264
	Gesamtzuchtziel Vaterlinie (GZZHV)	1,254	(✓)	(✓)	0,216
Schlacht- körper	Lebensgewicht (LGE)	0,381	✓	✓	0,464
	Muskelfleischanteil (MFAE)	0,622	✓	✓	0,273
	Schlachtgewicht (SGE)	-0,964	✓	✓	0,208
Alter	Mastdauer (MDE)	1,000			-

Die oben stehende Tabelle gibt Aufschluss über die Güte der formativen Messmodelle des geschätzten Kausalmodells. Indikatoren, die zwischen den von CHIN (1998) und LOHMÖLLER (1989) festgelegten Mindestwerten liegen, sind als „schwach“ zu bezeichnen. Jedoch sollen auch sie nicht abgelehnt und aus dem Modell eliminiert werden, weil die Indikatoren aufgrund der theoretischen Vorüberlegungen in das Modell integriert werden und begründet zu dessen Inhalt beitragen (KRAFFT ET AL. 2005: 78).

Gewichte, die Werte über 1 annehmen, weisen laut Entwickler der Software auf Multikollinearität hin. Bei Multikollinearität, d. h. es liegt eine starke Korrelation zwischen zwei oder mehr Indikatoren vor, wird empfohlen, einzelne Indikatoren zu eliminieren. Bei Beibehaltung aller Indikatoren kann es zu Verzerrungen der Schätzergebnisse kommen. Die Signifikanz der Gewichte (angegeben im P-Wert) ist von minderer Bedeutung. Zwecks Beurteilung der Multikollinearität werden die Korrelationen zwischen den einzelnen Indikatoren betrachtet.

TABELLE 40: KORRELATIONSKOEFFIZIENT NACH PEARSON, ZUR ÜBERPRÜFUNG AUF MULTIKOLLINEARITÄT

	Anteil Rohprotein	Anteil unverdaulicher Kohlenhydrate	Anteil Lysin
Energiegehalt	0,53**	0,16	0,29*
Sig. (2-seitig)	0,000	0,613	0,041
N	77	13	50

** signifikant, Irrtumswahrscheinlichkeit ist kleiner als 0,1 %

* signifikant, Irrtumswahrscheinlichkeit ist kleiner als 5 %

Bezüglich der Futterzusammensetzung liegt lediglich für Energiegehalt und Rohprotein eine Korrelation in Höhe von > 0,5 vor. Dies rechtfertigt jedoch keine Eliminierung des Indikators.

6.6.4. Gütebeurteilung des Gesamtmodells

Nach der Überprüfung des Strukturmodells sowie der Messmodelle erfolgt die Beurteilung des Gesamtmodells. Zur Beurteilung des Gesamtmodells liegen laut FUCHS (2011: 34) bislang keine globalen Gütemaße für die varianzbasierte Schätzmethode vor. Das Modell lässt sich in seiner Gesamtheit vielmehr durch die Gütekriterien der Messmodelle anhand der Beurteilung des Strukturmodells sowie der formativen Modelle im Gesamtblick bewerten.

Das Strukturmodell weist eine schwache Erklärung, gemessen anhand des R^2 , auf. Die Beobachtung zeigt, dass acht bzw. neun der insgesamt 18 Pfadkoeffizienten (sie beschreiben die Verbindung zwi-

schen latenten Variablen) die Kriterien nach CHIN (1998) bzw. LOHMÖLLER (1989) nicht erfüllen. Sie sind somit als irrelevant einzustufen. Veränderungen des Strukturmodells ergaben hier keine Optimierung. Da die einzelnen Variablen in der Literatur aber als relevant eingestuft wurden, bleiben sie im Modell enthalten.

Die Speicherung von Androstenon und Skatol im Fett sowie die sensorische Geruchsprobe können nur mittels der zwei Variablen, Mastleistung und Schlachtkörperzusammensetzung, erklärt werden.

Die Effekte der exogenen auf die endogenen Variablen sind als schwach zu interpretieren. Die Vorhersagekraft des geschätzten Kausalmodells, gemessen mittels der Schätzrelevanz Q^2 , ist hingegen ausreichend.

Die Gewichte der Indikatoren der formativen Messmodelle sind nicht signifikant. Diese Tatsache ist zu vernachlässigen. Vielmehr erfüllen nahezu alle Indikatoren die Kriterien nach CHIN (1998) und LOHMÖLLER (1989). Der Test auf Multikollinearität zwischen den Indikatoren kann die Beobachtung, der Gewichte >1 nicht bestätigen.

6.7. Diskussion der Metaanalyse

In diesem Kapitel werden nicht die Ergebnisse des Strukturgleichungsmodells, sondern die Methode der Metaanalyse sowie die Auswertung mittels Strukturgleichungsmodell diskutiert.

Die Metaanalyse beinhaltet 165 Experimente, die die Entstehung von Ebergeruch bzw. der relevanten Stoffe behandeln. Es wurden keine eigenen Experimente durchgeführt. Daher handelt es sich um eine reine Sekundärdatenanalyse. Eine Sekundärdatenanalyse durchzuführen erscheint besonders vor dem Hintergrund sinnvoll, dass die möglicherweise relevanten Faktoren für die Optimierung des Ebergeruchs vielschichtig sind. Von dieser Vielzahl an Faktoren zeugen die zahlreichen Forschungsprojekte zum Ebergeruch. Dies birgt aber auch einen Nachteil von Sekundärdaten. Die Messung einzelner Faktoren ist bspw. bei der Bewertung von Geruchsauffälligkeiten der Tiere nicht möglich. Auch können Ungenauigkeiten bei erfolgten Messungen nicht ausgeschlossen werden. Vollständige Experimentbeschreibungen für alle Indikatoren sind darüber hinaus nicht möglich.

Die im Rahmen der Metaanalyse gewonnenen Daten werden in ein Strukturgleichungsmodell integriert. Das Ziel ist, ein möglichst umfassendes Bild von der Vielschichtigkeit der Bedingungen in einer geruchsoptimierten Ebermast zu zeichnen. Da es sich um Sekundärdaten handelt, wird auf die varianzbasierte Methode zurückgegriffen. Hier werden keine großen Ansprüche an die Größe der Stichprobe gestellt. Dennoch kann nicht für alle Indikatoren eine ausreichende Anzahl an Studien gefunden werden. Demnach können keine signifikanten Werte erwartet werden.

Der Mangel an signifikanten Ergebnissen der Strukturgleichungsanalyse kann aus verschiedenen Gründen vorliegen. Wahrscheinlichste Ursache ist die geringe Stichprobengröße. Signifikante Koeffizienten, Gewichte, Effekte und Unterschiede bedürfen laut CHIN (1998: 311) das Zehnfache der Anzahl der Regressoren der komplexesten Regression als Stichprobenumfang. In dem geschätzten Modell entspricht das einer Stichprobengröße von mindestens 50. Mit 165 betrachteten Fütterungsexperimenten scheint diese Anforderung zunächst erfüllt. Doch handelt es sich nicht um vollständige Datensätze. Die im Rahmen der Sekundäranalyse gewonnenen Daten geben für keines der Experimente einen vollständigen Datensatz her. Neben der Stichprobengröße spielen die einbezogenen Indikatoren und Variablen eine Rolle. Entgegen der bisherigen Forschung könnten weitere Faktoren maßgeblich an der Produktion und Speicherung von Androstenon und Skatol beteiligt sein. Der lediglich schwache Erklärungsgehalt der Varianz der Produktion sowie der Speicherung der Stoffe in Höhe von jeweils ca. 30 % deutet auf den zweiten genannten Fall hin. Somit wären weitere Indikatoren und Variablen relevant, wenn eine geruchsoptimierte Mast von Ebern das Ziel ist. An erster Stelle gilt es hier, die verschiedenen Futterzusätze zu nennen.

Trotz der zahlreichen in das Strukturgleichungsmodell integrierten Mastexperimente, können die Zusammenhänge nicht in Gänze abgebildet werden. Wie bereits beschrieben, können nicht alle Indikatoren für alle Experimente erfasst werden. Um diesem Problem zu begegnen, werden z.B. bei der Variablen Schlachtkörper, das Lebend- sowie das Schlachtgewicht als Indikatoren herangezogen. Naturgemäß ist eine hohe Korrelation zwischen den beiden Variablen zu erwarten. Mit steigendem Lebendgewicht ist auch ein zunehmendes Schlachtgewicht (= Lebendgewicht x Ausschlachtungsgrad) festzustellen. Das Lebend- und das Schlachtgewicht weisen für die 26 Experimente, die für beide Indikatoren eine Angabe machen, eine Korrelation in Höhe von 0,69 (sign.: 0,000) auf. Diese hohe Korrelation zwischen den beiden Indikatoren legt den Verdacht der Multikollinearität nahe. In Strukturgleichungsanalysen äußert sich Multikollinearität durch den VIF-Wert. Liegt dieser Wert deutlich über 1 und ist größer 10 bzw. 5, gilt es den Zusammenhang der Indikatoren genauer zu betrachten. Die berechneten VIFs der formativen Messmodelle des Modells liegen mit einer Spanne von 1,000 bis 1,600 nah 1 und geben daher keinen Hinweis auf eine Korrelation zwischen den Indikatoren.

Bislang existierte keine systematische Zusammenführung der zum Thema Ebergeruch erhobenen Daten. Der Anspruch der Arbeit ist, die Lücke der bislang nicht existenten systematischen Zusammenführung der wissenschaftlichen Forschungsergebnisse zum Thema Ebergeruch zu schließen.

7. Ergebnisse und Diskussion

Abgesicherte Implikationen können aufgrund der bereits diskutierten Limitationen nicht gegeben werden. Dementsprechend werden im Folgenden die Tendenzen genannt, die für die Haltung von Mastebnern auf Basis der Daten empfehlenswert scheinen - mit dem Ziel, möglichst Eberfleisch ohne Geruchsabweichungen zu produzieren.

Zunächst werden die in Anlehnung an die QS GMBH (2013) aufgestellten Hypothesen aus Kapitel 6.1. betrachtet. Aufgrund mangelnder Signifikanz der Gewichte und Pfadkoeffizienten können die aufgestellten Hypothesen nicht abschließend bewertet werden. Die Ergebnisse der Metaanalyse sowie der durchgeführten Strukturgleichungsanalyse legen nahe, die formulierten Thesen zumindest teilweise zu überdenken.

Zusammenhänge zwischen den Variablen werden als relevant erachtet, wenn die Kriterien nach CHIN (1998) bzw. LOHMÖLLER (1989) erfüllt sind. Auf die Betrachtung der Signifikanz wird aufgrund der geringen Strichprobengröße verzichtet.

7.1. Haltungsbedingungen

Den Haltungsbedingungen der Eber wird ein großer Einfluss, besonders hinsichtlich der Skatolproduktion, nachgesagt (MEYER ET AL., 2013: 11). Die QS GMBH (2013) unterscheidet bei ihren Empfehlungen weder zwischen Skatol und Androstenon noch zwischen der Produktion und der Speicherung der beiden Stoffe. Die folgende Tabelle 41 fasst die Ergebnisse hinsichtlich der verschiedenen Haltungsbedingungen zusammen.

**TABELLE 41: BEWERTUNG DER HYPOTHESEN ANHAND DER ERGEBNISSE DER STURKTURGLEICHUNGSANALYSE
BEZOGEN AUF DIE HALTUNGSBEDINGUNGEN**

Variablen bzw. Hypothese	Ergebnisse des Modells	Fazit
<p>Haltungsbedingungen ist negativ mit der Produktion (-0,320) verbunden. Der Pfad ist nicht signifikant (1,031). Ein relevanter Zusammenhang zwischen den Haltungsbedingungen und dem Speicher (-0,099) existiert nicht (nicht signifikant mit 0,419).</p>		
<p>Hypothese 1a: Gruppengröße: Es werden weniger als 50 Tiere pro Gruppe/je Bucht gehalten.</p>	<p>Gewicht von Einzel- vs. Gruppenhaltung (EvsGH) 0,836 (0,115) Gewicht ist ausreichend hoch, wenn auch nicht signifikant</p>	<p>(✓) Einzelhaltung führt zu erhöhter Androstenon und geringerer Skatolproduktion.</p>
<p>Hypothese 1b: Es wird eine konstante Rangordnung gewährleistet.</p>	<p>Keine Abfrage dieser Variablen</p>	<p>Keine Aussage möglich</p>
<p>Hypothese 1c: Neugruppierungen während der Mast werden nicht vorgenommen. So werden Rankämpfe verhindert.</p>	<p>Keine Abfrage dieser Variablen</p>	<p>Keine Aussage möglich</p>
<p>Hypothese 2: Geschlechtertrennung: Eber und Sauen werden getrenntgeschlechtlich gemästet.</p>	<p>Gewicht von Geschlechtertrennung (HG) 0,073 0,726 Gewicht ist zu gering</p>	<p>✗ Kein Einfluss der Geschlechtertrennung auf die Produktion.</p>
<p>Hypothese 3: Saison: Die Temperatur im Stall wird konstant gehalten und Spitzen werden vermieden.</p>	<p>Gewicht von Zeitraum 0,295 (0,439) Gewicht ist ausreichend hoch, wenn auch nicht signifikant</p>	<p>✗ Die Wintersaison führt zu geringeren Skatolwerten im Blut und zu erhöhten Androstenonwerten.</p>
<p>Hypothese 4: Stallbedingungen: Jedem Tier steht eine Nettostallfläche von 0,75 m² (gesetzlich vorgeschrieben) +10 % zur Verfügung.</p>	<p>Keine Abfrage dieser Variablen</p>	<p>Keine Aussage möglich</p>
<p>Hypothese 5: Bodenbedingungen: Die Tiere stehen auf sauberem Vollspaltenboden.</p>	<p>Bodenbeschaffenheit (HB) -0,381 (0,473) Gewicht ist ausreichend hoch, wenn auch nicht signifikant</p>	<p>✓ Vollspaltenböden steigern die Androstenon- und senken die Skatolproduktion.</p>

✓ Hypothese annehmen; ✗ Hypothese ablehnen

Die QS GMBH (2013) empfiehlt eine Gruppengröße von weniger als 50 Tieren (Hypothese 1a). Die Strukturgleichungsanalyse legt nahe, dass die Einzel- der Gruppenhaltung in Bezug auf die Skatolproduktion vorzuziehen ist. Hinsichtlich der Androstenonkonzentration im Blut sieht es gegensätzlich aus: Die Gruppenhaltung führt hier zu geringeren Konzentrationen. Die Hypothese kann daher nur teilweise angenommen werden. Die kontinuierliche Rangordnung innerhalb der Gruppe (Hypothese 1b) sowie der Verzicht auf Neugruppierungen innerhalb der Mastperiode, um Rankämpfe zu vermeiden (Hypothese 1c), können in Ermangelung adäquater Daten nicht beantwortet werden.

Das Strukturgleichungsmodell kann entgegen der Hypothese (Hypothese 2) keinen Einfluss der Geschlechtertrennung auf die Produktion geruchsunauffälligen Eberfleisches feststellen.

Hypothese 3 besagt, dass die Temperatur im Stall konstant sein und Spitzenwerte vermieden werden sollen, um Eber ohne Geruchsabweichung zu mästen. Die Konstanz der Temperaturen in der Haltung wird bei den im Rahmen der Metaanalyse gewonnenen Informationen in Form saisonaler Unterschiede betrachtet. Abnehmende sowie zunehmende Tageslänge werden in Form der Codierung Winter bzw. Sommer abgebildet. Diese Codierung ergibt, dass Tiere, deren Stall mit abnehmender Lichtlänge beleuchtet wird, geringere Konzentrationen von Skatol, aber erhöhte Werte von Androstenon im Blut aufweisen.

Die Stallgröße bzw. die Fläche, die jedem einzelnen Tier in den verschiedenen Experimenten zur Verfügung steht, wurde von den verschiedenen Arbeitsgruppen nicht angegeben. Aus diesem Grund kann keine Aussage zu Hypothese 4 getätigt werden, ob die zur Verfügung stehende Stallfläche einen Einfluss auf die Synthese von Skatol und Androstenon hat.

Die QS GMBH (2013) empfiehlt (siehe Hypothese 5), die Tiere auf sauberen Vollspaltenböden zu halten. Anhand welcher Maßgabe die Vollspalten als sauber zu definieren sind, ist unklar. Entsprechend des Strukturgleichungsmodells kann jedoch darauf verwiesen werden, dass Eber, die auf Vollspalten gehalten werden, eine geringere körpereigene Skatolproduktion aufweisen. Auf Teilspalten gehaltene Tiere weisen hingegen eine geringere Androstenonkonzentration im Blut auf.

In Tabelle 42 sind die Effektstärke der Haltungsbedingungen auf die beiden relevanten latenten Variablen der Geruchsauffälligkeit zusammengestellt. Der (nicht signifikante) Effekt der Haltungsbedingungen auf die Androstenon- und Skatolproduktion ist mit 0,127 als gering einzustufen. Auf die Speicherung der beiden Stoffe haben die Haltungsbedingungen, wie bereits anhand der niedrigen Pfadkoeffizienten erklärt, keinen relevanten Effekt mit 0,010. Indirekte Effekte über den Zusammenhang mit anderen latenten Variablen liegen nicht vor.

TABELLE 42: IMPLIKATIONEN FÜR DIE HALTUNGSBEDINGUNGEN VON EBERN MIT DEM ZIEL EINER MÖGLICHTST GERINGEN...

	Effektstärke f^2 (t-Wert)	Pfadkoeffizient (t-Wert)
...körpereigenen Produktion von Skatol und Androstenon.		
Haltungsbedingungen:	0,127* (0,768)	-0,320 (1,031)
...Speicherung von Skatol und Androstenon sowie Geruchsauffälligkeit.		
Die Haltungsbedingungen haben keinen relevanten Einfluss	0,010 (0,082)	-0,099 (0,419)

* kleiner Effekt (>0,02); ** mittlerer Effekt (>0,15); *** starker Effekt (>0,35) nach RINGLE ET AL., 2006: 87

Die Haltungsbedingungen haben einen Einfluss auf die Produktion von Skatol und Androstenon (gemessen im Blut der Tiere). Ein Einfluss auf die Speicherung der beiden Stoffe im Fett der Tiere kann jedoch anhand des Modells nicht belegt werden. Auch wenn die Haltungsbedingungen demnach keinen direkten Effekt auf die Einlagerung haben, ist es dennoch notwendig, ihren Einfluss zu diskutieren, da die Produktion der Einlagerung vorangeht.

Die Konzentration des Skatols im Blut wird reduziert, wenn die Tiere einzeln gehalten werden. Dabei erhöht sich aber die Konzentration des Androstenons. Den Tieren wird durch die Einzelhaltung die Möglichkeit genommen, auf andere Tiere aufzuspringen. Sonst ist dieses Verhalten häufig bei Ebern in Gruppenhaltung zu beobachten. Es stellt einen wesentlichen Kritikpunkt an der Ebermast dar. Aggressives Verhalten, ob Penisbeißen oder das gegenseitige Aufreiten, kann mit der Einzelhaltung verhindert werden. Die Vorteile bezüglich der Einzelhaltung gilt es jedoch auch während der Fahrt zum Schlachthof zu beurteilen. Tiere, die gewohnt sind, in Einzelhaltung zu stehen, könnten den gemeinsamen Transport mit anderen Tieren als Stress empfinden. Rangkämpfe innerhalb der neu zusammengesetzten Gruppe können nicht ausgeschlossen werden. In wieweit hierdurch die Werte speziell für das Sexualhormon Androstenon steigen, ist nicht empirisch bewertet. Die VERORDNUNG ZUM SCHUTZ LANDWIRTSCHAFTLICHER NUTZTIERE UND ANDERER ZUR ERZEUGUNG TIERISCHER PRODUKTE GEHALTENER TIERE BEI IHRER HALTUNG (TIERSCHUTZ-NUTZTIERHALTUNGSVERORDNUNG - TIERSCHNUTZTV) sieht in §22 Abs. 2 vor, dass „einzeln gehaltene Schweine Sichtkontakt zu anderen dort gehaltenen Schweinen haben“ müssen. Eine reine Einzelhaltung der Tiere ist demnach gesetzlich nicht erlaubt und damit indiskutabel. Außerdem ist die Einzelhaltung der Gruppenhaltung gegenüber, mit finanziellen Nachteilen unterlegen.

Anhand der Strukturgleichungsanalyse zeigt sich, dass das Beleuchtungsprogramm im Stall einen Einfluss auf die Androstenon- und Skatolproduktion hat. Die Simulation des Winters in Form abnehmender Tageslichtlänge trägt zu einer verringerten körpereigenen Synthese von Skatol und einer

erhöhten Synthese von Androstenon bei. FREDERIKSEN ET AL. (2006a) finden in ihrer Untersuchung heraus, dass die Reduktion des Ebergeruchs über verschiedene Lichtprogramme aufgrund von Verhaltensänderungen der Tiere nicht so einfach ist. Eine abnehmende Tageslichtlänge entspricht unter Umständen nicht den Tierschutzvorgaben und führt zunehmend zu Verletzungen und Aggressionen bei den Ebern. Die Möglichkeit, den Ebergeruch durch simulierte Jahreszeiten zu verhindern, stößt außerdem bei Außenklimaställen an ihre Grenzen. Der Anteil an Außenklimaställen wird von HESSE und GOLLNISCH im Jahr 2001 erfasst. Sie finden bei 1.800 befragten Betrieben 2 % Außenklimaställe. PRANGE (2004) findet drei Jahre später rund 4 %. Die Kriterien der INITIATIVE TIERWOHL sehen vor, dass jedes Abteil im Maststall Tageslichteinfall aufweisen muss (INITIATIVE TIERWOHL, 2014). Die Initiative ist kein gesetzlich geforderter Standard, doch ist zu erwarten, dass sich die Anforderungen an die Haltung von Schweinen verschärfen werden. Auch der Außenklimaanreiz ist Bestandteil des Kriterienkatalogs der INITIATIVE TIERWOHL (2014: 9). Von gesetzlicher Seite ist gemäß § 22 Abs. 4 der TIERSCHNUTZTV gefordert, dass „Ställe, die nach dem 4. August 2006 in Benutzung genommen werden, [...] mit Flächen ausgestattet sein [müssen], durch die Tageslicht einfallen kann“. Die Fläche muss in ihrer „Gesamtgröße mindestens 3 Prozent der Stallgrundfläche entsprechen“.

In geschlossenen Ställen ist eine Simulation von Jahreszeiten realisierbar, während Offen- und Außenklimaställe diesen Faktor nicht beeinflussen können. Der Verbraucherwunsch nach offenen Ställen erschwert die Umsetzung.

Aus Hygienegründen wäre ein Vollspaltenboden empfehlenswert. Der Kot der Tiere kann zügig durchgetreten werden und führt so zu sauberen Haltungsbedingungen für die Tiere. Gemäß der TIERSCHNUTZTV muss der „Liegebereich bei Gruppenhaltung, [...], so beschaffen sein, dass der Perforationsgrad höchstens 15 Prozent beträgt“ (TIERSCHNUTZTV, § 22 Abs. 3). Demnach kann bei der Gestaltung der Liegeflächen für Mastschweine und Sauen auch der Vollspaltenboden in Erwägung gezogen werden, solange der Perforationsgrad den gesetzlichen Vorgaben entspricht. HESSE und GOLLNISCH (2001) beschreiben, dass 70 % der untersuchten Betriebe Vollspaltenböden haben. Diese Optimierung hinsichtlich der Produktion geruchsunauffälliger Eber scheint demnach kostengünstiger umzusetzen zu sein, als die übrigen Forderungen in Bezug auf die Haltung.

7.2. Futterzusammensetzung

Der Futterzusammensetzung kommt gemäß der bisherigen Forschung über die Synthesevorgänge des Skatols eine besondere Bedeutung zu. In der Tabelle 43 sind die zugehörigen Hypothesen mit den Ergebnissen dargestellt.

**TABELLE 43: BEWERTUNG DER HYPOTHESEN ANHAND DER ERGEBNISSE DER STURKTURGLEICHUNGSANALYSE
BEZOGEN AUF DIE FUTTERZUSAMMENSETZUNG**

Variablen bzw. Hypothese	Ergebnisse des Modells	Fazit
<p>Futterzusammensetzung: ist signifikant (1,801) negativ mit der Leistung (-0,430*) und nicht signifikant (0,700) positiv mit der Zusammensetzung des Schlachtkörpers (0,200) verbunden. Ein Effekt der Futterzusammensetzung auf die Produktion (-0,020) und die Speicherung (0,020) ist nicht vorhanden Die Pfade sind außerdem nicht signifikant (0,172 und 0,139)</p>		
<p>Hypothese 6: Lysinanteil: Die Eber erhalten eine höhere Aminosäureversorgung im Verhältnis zum Energiegehalt in der Mittel- und Endmast; entsprechend der DLG-Empfehlungen (Jungeber mit 850 g Tageszunahme bei 13,4 MJ mit 88 % Trockensubstanz: Vormast ab ca. 30 kg LG 1,15 % Bruttolysin, Mittelmast ab ca. 55 kg LG 1,05 % Bruttolysin und Endmast ab ca. 85 kg LG 0,85 % Bruttolysin) für fleischreiche Tiere.</p>	<p>Lysinanteil (Lysin) 0,158 (0,495) Gewicht nicht gänzlich ausreichend und nicht signifikant</p>	✘
<p>Hypothese 7: Rohproteinanteil: Die Höhe des Rohproteinanteils hat keinen Einfluss auf die Entstehung von Ebergeruch. (Keine Empfehlung von Seiten der QS GMBH (2013)).</p>	<p>Rohprotein (CP): -0,905 (0,246) Gewicht ausreichend, aber nicht signifikant</p>	✔
<p>Hypothese 8: Unverdaulicher Kohlenhydratanteil: Die Höhe des Anteils unverdaulicher Kohlenhydrate hat keinen Einfluss auf die Entstehung von Ebergeruch. (Keine Empfehlung von Seiten der QS GMBH (2013)).</p>	<p>Anteil unverdaulicher Kohlenhydrate (KH) -0,191 (0,415) Gewicht nicht gänzlich ausreichend, nicht signifikant</p>	✔
<p>Hypothese 9: Energiegehalt: Der Energiegehalt des Futters hat keinen Einfluss auf die Entstehung von Ebergeruch. (Keine Empfehlung von Seiten der QS GMBH (2013)).</p>	<p>Energiegehalt (EG) 1,072 (0,195)</p>	✔
<p>Hypothese 10: Fütterungsphasen: Das Futter wird nicht abrupt gewechselt, aber an die sich ändernden Bedürfnisse angepasst.</p>	<p>Futterphasen (FP) 0,229 (0,575)</p>	✘

✔ Hypothese annehmen; ✘ Hypothese ablehnen

Es ist kein Zusammenhang zwischen der Futterzusammensetzung und der Produktion sowie der Speicherung von Androstenon und Skatol festzustellen. Demnach ist die Hypothese 6 zu verwerfen, da die QS GMBH (2013) einen Einfluss erwartet. Die in Tabelle 44 zusammengeführten Effekte bestätigen dies. Die Hypothesen 7-9 werden akzeptiert, weil die QS GMBH (2013) keine Empfehlung ausgibt und das Strukturgleichungsmodell keinen Einfluss feststellen kann. In Hypothese 10 wird gemäß QS GMBH (2013) eine kontinuierliche Futterzusammensetzung als vorteilhaft angesehen. Diese Hypothese muss verworfen werden.

TABELLE 44: IMPLIKATIONEN FÜR DIE FUTTERZUSAMMENSETZUNG VON EBERN MIT DEM ZIEL EINER MÖGLICHST GERINGEN...

	Effektstärke f^2 (t-Wert)	Pfadkoeffizient (t-Wert)
...körpereigenen Produktion von Skatol und Androstenon.		
Futterzusammensetzung: hat keinen relevanten Einfluss auf die Produktion	0,001 (0,010)	-0,020 (0,172)
...Speicherung von Skatol und Androstenon sowie Geruchsauffälligkeit.		
Futterzusammensetzung: hat keinen relevanten Einfluss auf die Speicherung	0,000 (0,012)	0,021 (0,139)

* kleiner Effekt (>0,02); ** mittlerer Effekt (>0,15); *** starker Effekt (>0,35) nach RINGLE ET AL., 2006: 87

Der Futterzusammensetzung wird laut der Strukturgleichungsanalyse kein Einfluss auf die Produktion sowie die Einlagerung von Androstenon und Skatol zuteil. Indirekte Einflüsse sind aufgrund mangelnder Effektstärke ($f^2 < 0,02$) nicht vorhanden.

Die im Rahmen der Analyse erfassten Parameter der Futterzusammensetzung beinhalten nicht eventuell enthaltene Futterzusätze, wie bspw. die Zugabe von Inulin oder Tonmineralien. Die verabreichten Mengen sowie die Häufigkeit der Zugabe variieren zu stark, um eine einheitliche Erfassung gewährleisten zu können.

Mit Ausnahme der Empfehlung hinsichtlich des Lysinanteils im Futter spricht die QS GMBH (2013) keine Empfehlungen für die Futterzusammensetzung aus. Dies wirkt erstaunlich, besonders im Hinblick auf die Synthese des Skatols, die maßgeblich durch die Verdauungsvorgänge geprägt ist. Die Studien von LUNDSTRÖM ET AL. (1988), NEUPERT ET AL. (1995), CLAUS ET AL. (1994) und ZENG ET AL. (2002) für den Futtereinfluss auf das Androstenon sowie die Untersuchungen von MÜLLER (2012), NEUPERT ET AL. (1995), LUNDSTRÖM ET AL. (1988) und ADAM (2009) im Hinblick auf die Skatolkonzentration, lassen ebenfalls andere Ergebnisse erwarten.

7.3. Futterbedingungen

Ähnlich der Futterzusammensetzung werden auch Einflüsse von Seiten der Futterbedingungen vermutet (vgl. Tabelle 45).

TABELLE 45: BEWERTUNG DER HYPOTHESEN ANHAND DER ERGEBNISSE DER STRUKTURGLEICHUNGSANALYSE BEZOGEN AUF DIE FUTTERBEDINGUNGEN

Variablen	Ergebnisse des Modells	Fazit
Futterbedingungen sind negativ mit der Leistung (-0,179, nicht beide Kriterien sind erfüllt) verbunden. Signifikanz ist nicht gegeben (0,968). Die Produktion wird nicht in ausreichendem Maße durch die Variable der Futterbedingungen beeinflusst (-0,015). Außerdem liegt keine Signifikanz vor (0,180).		
Hypothese 11: Trocken vs. Nassfütterung: Die Fütterungsform ist zweitrangig und hat lediglich marginalen Einfluss. Die Tiere erhalten Brei, weil mehr Ruhe im Stall bleibt, weil akustische Signale wie bei einer Flüssigfütterung ausbleiben.	Es konnte mit den vorliegenden Daten lediglich zwischen Trocken/pelletiert- und Flüssig/Breifütterung unterschieden werden. Futterart (Trocken- od. Flüssigfütterung) 1,055 (0,142)	✘
Hypothese 12: Fütterungshäufigkeit: Die Tiere werden ad libitum gefüttert.	Häufigkeit der Fütterung (Ration) 0,479 (0,345)	✘

✓ Hypothese annehmen; ✘ Hypothese ablehnen

Vergleichbar mit den Ergebnissen bei der Futterzusammensetzung lässt sich auch bei den Futterbedingungen kein Zusammenspiel mit der Produktion von Androstenon und Skatol belegen. Die Hypothesen 11 und 12 müssen daher verworfen werden. Bestätigung erfolgt in Tabelle 46, in welcher der nicht vorhandene Effekt (0,000) der Futterzusammensetzung auf die körpereigene Produktion beschrieben ist.

TABELLE 46: IMPLIKATIONEN FÜR DIE FUTTERBEDINGUNGEN VON EBERN MIT DEM ZIEL EINER MÖGLICHTST GERINGEN...

	Effektstärke f ² (t-Wert)	Pfadkoeffizient (t-Wert)
...körpereigenen Produktion von Skatol und Androstenon.		
Futterbedingungen haben keinen relevanten Einfluss auf die Produktion.	0,000 (0,019)	-0,015 (0,180)

* kleiner Effekt (>0,02); ** mittlerer Effekt (>0,15); *** starker Effekt (>0,35) nach RINGLE ET AL., 2006: 87

7.4. Alter der Eber

Ein aus Sicht vieler Arbeitsgruppen relevanter Faktor für die Produktion und Speicherung der geruchsverursachenden Stoffe ist das Alter der Tiere. Im Rahmen des Strukturgleichungsmodells wird dieses mit dem Indikator der Mastdauer beschrieben. Die Ergebnisse der Analyse ergeben das in Tabelle 47 gezeichnete Bild.

TABELLE 47: BEWERTUNG DER HYPOTHESEN ANHAND DER ERGEBNISSE DER STRUKTURGLEICHUNGSANALYSE BEZOGEN AUF DAS ALTER DER EBER

Variablen	Ergebnisse des Modells	Fazit
Alter ist signifikant (1,336) positiv mit der Produktion (0,343*) verknüpft. Der Einfluss des Alters auf die Zusammensetzung des Schlachtkörpers ist mit -0,058 und mit -0,044 auf die Speicherung nicht relevant. Beide Pfade sind außerdem nicht signifikant (0,256 und 0,340).		
Hypothese 13: Schlachtenalter: Das Schlachtenalter der Tiere hat keinen Einfluss auf die Entstehung von Ebergeruch. (Keine Empfehlung von Seiten der QS GMBH (2013)).	Mastdauer (MDE) 1,000	✘
✓ Hypothese annehmen; ✘ Hypothese ablehnen		

Die QS GMBH (2013) empfiehlt kein konkretes Alter der Tiere für die Schlachtung. Die Hypothese 13 muss verworfen werden, weil entsprechend der Strukturgleichung mit steigendem Alter eine zunehmende Produktion von Skatol und eine sinkende Konzentration von Androstenon im Blut festzustellen ist. Der Futterzusammensetzung kommt, entsprechend der in Tabelle 48 genannten Effektstärke, ein mittleres Gewicht (0,165) in Bezug auf die Produktion von Androstenon und Skatol zu. Auf die Speicherung der beiden Stoffe hat das Alter keinen nennenswerten Effekt (0,002).

TABELLE 48: IMPLIKATIONEN FÜR DAS ALTER DER EBER MIT DEM ZIEL EINER MÖGLICHT GERINGEN...

	Effektstärke f^2 (t-Wert)	Pfadkoeffizient (t-Wert)
...körpereigenen Produktion von Skatol und Androstenon.		
Alter: Jünger	0,165** (1,315)	0,343 (1,336)
...Speicherung von Skatol und Androstenon sowie die Geruchsauffälligkeit.		
Alter hat keinen relevanten Einfluss auf die Speicherung	0,002 (0,070)	-0,044 (0,340)

* kleiner Effekt (>0,02); ** mittlerer Effekt (>0,15); *** starker Effekt (>0,35) nach RINGLE ET AL., 2006: 87

Die QS GMBH (2013) spricht in ihren Empfehlungen nicht davon, Eber mit einem möglichst geringen Alter zu schlachten. Das Ergebnis der Analyse legt jedoch nahe, die Eber mit möglichst geringem Alter zu schlachten. Da der Eintritt in die Pubertät eng mit dem Alter in Verbindung steht, erscheint diese Empfehlung offensichtlich. Die Produktion von Skatol und Androstenon ist demnach vom Alter abhängig. Die Beobachtung, dass der Androstenongehalt im Blut mit zunehmendem Alter sinkt, lässt vermuten, dass es weitere Faktoren gibt, die die Einlagerung oder auch den Abbau des Androstenons beeinflussen. Denkbar wäre, dass mit dem Eintritt in die Pubertät nicht nur die Produktion steigt, sondern sich auch die körpereigenen Mechanismen wandeln und eine Ausscheidung des Androstenons favorisiert wird.

Die Einlagerung der Stoffe ins Fett wird durch das Alter nicht beeinflusst. Vor dem Hintergrund, dass die sensorische Wahrnehmung des Ebergeruchs auf das Alter zurückgeführt wird, ist hier ein klarer Widerspruch erkennbar. Die Untersuchung von HÜHN (2013) kommt zu dem Schluss, dass bei Ebern ab einem Alter von dreieinhalb bis vier Monaten mit dem Beginn der Pubertät zu rechnen ist. Eine zielgerichtete Forschung müsste nicht ausschließlich das Alter der Tiere erfassen, sondern vielmehr den erfolgten Eintritt in die Pubertät. Eine allgemeingültige zeitliche Einschätzung bezüglich des Eintritts ist nicht möglich. Den Eintritt der Geschlechtsreife zu verzögern ist das Ziel der Immunokastration. Seit 2009 ist Improvac®, ein Impfstoff, der die Entstehung von Ebergeruch verhindern soll, europaweit zugelassen (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2009). Die sogenannte Immunokastration bewirkt eine Immunisierung der männlichen Tiere. Die Immunreaktion richtet sich gegen den Gonadotropin-Releasing-Faktor (GnRF). Dieser nimmt Einfluss auf die Hodenfunktion der Tiere und steuert so die Testosteronausschüttung (BONNEAU ET AL., 1994; DUNSHEA ET AL. 2001). Dem Testosteron kommt eine zentrale Rolle in der Androstenonsynthese zu, da es auch in den Leydigischen Zwischenzellen im Hoden unter Einwirkung des Luteinisierenden Hormons (LH) entsteht. Zweimalig muss die Applikation des Impfstoffes erfolgen, um einen Einfluss zu nehmen. Nach der ersten Injektion, die im Ferkelalter zu Mastbeginn stattfindet, bleibt die Hodenfunktion zunächst gänzlich erhalten. Erst die zweite Applikation, frühestens vier Wochen nach der Ersten, ruft, mit einer zeitlichen Verzögerung von zwei bis drei Wochen, die Immunoreaktion gegen GnRF hervor (HÜGEL, 2010: 7). Die Immunokastration ist reversibel. Die Wirkung lässt zehn Wochen nach der zweiten Impfung nach.

Die Immunokastration wird als ein Weg diskutiert, um mit dem Verbot der betäubungslosen Kastration umzugehen. Die Akzeptanz auf Verbraucherseite ist nicht unproblematisch. Verbraucher vermuten zum Beispiel Rückstände der Impfstoffe im Fleisch (FREDRIKSEN ET AL., 2011). Außerdem ist die Wirksamkeit der Impfung nicht perfekt. Die Erfolgsquote beträgt 98 - 99 % (BRACHER-JAKOB, 2000: 65). Die Vorteilhaftigkeit der Ebermast, bezogen auf höhere Tageszunahmen, bleibt bei der Immunokast-

ration im Vergleich zur chirurgischen Kastration tendenziell erhalten (GÖTZ ET AL., 2008; MÜLLER ET AL., 2010; ZANKL ET AL., 2011; DUNSHEA ET AL., 2001).

7.5. Zusammensetzung des Schlachtkörpers

In der Literatur wird nicht immer zwischen dem Gewicht und dem Alter der Tiere im Hinblick auf die Produktion und Speicherung von Androstenon und Skatol unterschieden. Die Zusammensetzung des Schlachtkörpers umfasst neben dem Gewicht auch den Muskelfleischanteil als Indikator. Die relevanten Hypothesen sind in Tabelle 49 zusammengetragen.

TABELLE 49: BEWERTUNG DER HYPOTHESEN ANHAND DER ERGEBNISSE DER STURKTURGLEICHUNGSANALYSE BEZOGEN AUF DIE ZUSAMMENSETZUNG DES SCHLACHTKÖRPERS

Variablen	Ergebnisse des Modells	Fazit
Die Zusammensetzung des Schlachtkörpers ist negativ mit der Speicherung (-0,479) verbunden. Der Pfad ist nicht signifikant (1,207)		
Hypothese 14: Schlachtgewicht: Das Schlachtgewicht hat nur geringfügig Einfluss auf das Auftreten von Ebergeruch.	Schlachtgewicht (SGE) -0,964 (0,208)	✓
Hypothese 15: Lebendgewicht: Das Lebendgewicht der Tiere hat keinen Einfluss auf die Entstehung von Ebergeruch. (Keine Empfehlung von Seiten der QS GMBH (2013)).	Lebendgewicht (LGE) 0,381 (0,464)	✗
Hypothese 16: Muskelfleischanteil: Der Muskelfleischanteil der Tiere hat keinen Einfluss auf die Entstehung von Ebergeruch. (Keine Empfehlung von Seiten der QS GMBH (2013)).	Muskelfleischanteil (MFAE) 0,622 (0,273)	✗

✓ Hypothese annehmen; ✗ Hypothese ablehnen

Die QS GMBH (2013) sieht einen geringen Einfluss des Schlachtgewichts auf die Entwicklung von Ebergeruch. Die Hypothese wird durch das Strukturgleichungsmodell bestätigt. Mit zunehmendem Alter der Tiere steigen die Konzentrationen von Androstenon im Fett sowie die negative sensorische Bewertung (Hypothese 14). Anders verhält es sich bei der Betrachtung des Lebendgewichts und des Muskelfleischanteils. Im Rahmen der Empfehlungen der QS GMBH (2013) findet sich hierzu keine Passagen. Die Analyse ergibt jedoch, dass mit steigendem Lebendgewicht bzw. steigendem Muskelfleischanteil eine geringere Einlagerung der beiden Stoffe im Tier vorzufinden ist (Hypothese 15 und 16).

Die Schlachtkörperzusammensetzung hat einen mittleren Effekt (0,171) auf die Einlagerung von Skatol und Androstenon im Fettgewebe der Eber (vgl. Tabelle 50).

TABELLE 50: IMPLIKATIONEN FÜR DIE SCHLACHTKÖRPERZUSAMMENSETZUNG VON EBERN MIT DEM ZIEL EINER MÖGLICHT GERINGEN...

	Effektstärke f^2 (t-Wert)	Pfadkoeffizient (t-Wert)
...Speicherung von Skatol und Androstenon sowie Geruchsauffälligkeit.		
Schlachtkörper:	0,171** (1,481)	-0,382 (1,207)
Geringes Schlachtgewicht		
Hohes Lebendgewicht		
Hoher Muskelfleischanteil		

* kleiner Effekt (>0,02); ** mittlerer Effekt (>0,15); *** starker Effekt (>0,35) nach RINGLE ET AL., 2006: 87

Das Ergebnis der Strukturgleichungsanalyse erscheint paradox. Ein geringes Schlacht-, aber ein hohes Lebendgewicht sind demnach förderlich für eine geringe Wahrscheinlichkeit der Entwicklung von Ebergeruch. Die multiplikative Verknüpfung der beiden Indikatoren über den Ausschlachtungsgrad lässt keine logische Erklärung zu. Da mit steigendem Lebendgewicht auch der Ausschachtungsgrad und somit das Schlachtgewicht steigt (CONTE ET AL., 2011), ist es nicht möglich, eine sinnvolle Erklärung des hier vorliegenden Ergebnisses zu tätigen.

Ein hoher Muskelfleischanteil ist gemäß der Analyse vorteilhaft für die Vermeidung von Ebergeruch. Androstenon und Skatol werden in das Fett der Tiere eingelagert. Ein erhöhter Fleischanteil führt daher zwangsläufig zu weniger Speichermöglichkeit für die beiden Stoffe. Die allgemeine Schlachtkörperzusammensetzung wird auch von DOBROWOLSKI ET AL. (1995) betrachtet. Er kommt zu dem in der folgenden Abbildung dargestellten Ergebnis.

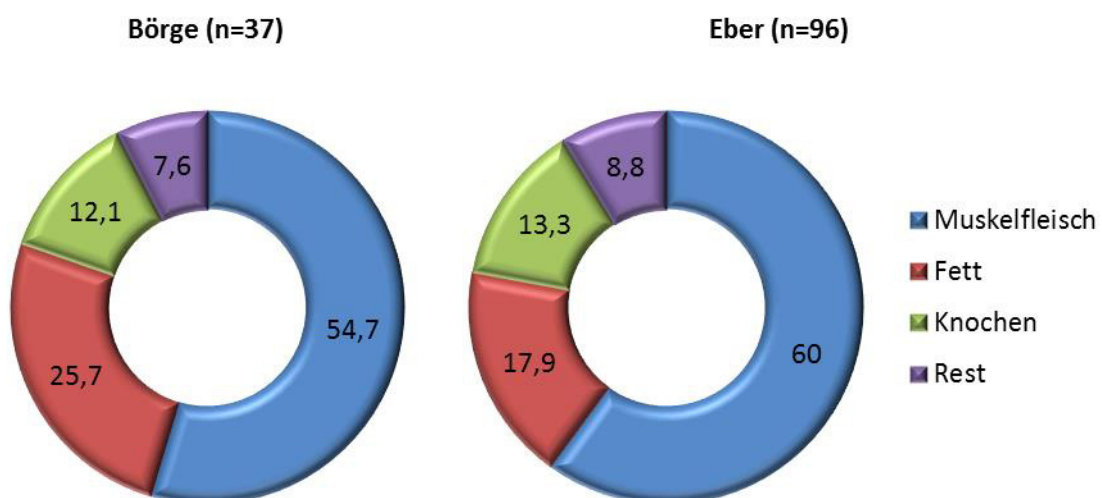


ABBILDUNG 29: GEWEBEANTEILE IN SCHLACHTKÖRPERN VON KASTRATEN UND EBERN [IN %] (DOBROWOLSKI ET AL., 1995)

Eber sind Kastraten hinsichtlich des relativen Muskelfleischanteils überlegen. Die Schlachtkörper der Eber enthalten dafür mehr Reste und Knochen.

TABELLE 51: GEWEBEANTEILE [IN %] INNERHALB DER TEILSTÜCKE NACH DLG-ZUSCHNITT VON KASTRATEN (N=37) UND EBERN (N=96) NACH DOBROWOLSKI ET AL. (1995)

Teilstück	Börge			Eber		
	Muskel- fleischanteil	Fettge- webe	Knochen- gewebe	Muskel- fleischanteil	Fettge- webe	Knochen- gewebe
Schinken	68,7	18,6	7,2	73,0	12,9	7,8
Kotelett	74,9	8,2	12,9	77,4	4,8	13,6
Kamm	70,3	14,2	11,9	74,4	9,3	12,5
Bug	62,3	22,4	8,7	66,8	16,5	9,2
Bauch	49,9	37,2	5,8	58,8	25,6	6,6

Die in der Tabelle dargestellten Gewebeanteile bei Ebern und Börgen zeigen, wie auch von BABOL ET AL. (1995) beobachtet, dass Eber höhere Knochen- sowie Muskelfleischanteile und dafür geringere Fettanteile aufweisen.

7.6. Zucht

Die Genetik der Eber wird häufig als dominierende Komponente gehandelt. In Tabelle 60 sind die Hypothesen gemäß QS GMBH (2013) zu sehen.

TABELLE 52: BEWERTUNG DER HYPOTHESEN ANHAND DER ERGEBNISSE DER STURKTURGLEICHUNGSANALYSE BEZOGEN AUF DIE ZUCHT

Variablen	Ergebnisse des Modells		Fazit
Die Zuchtwahl hat einen negativen Einfluss auf die Leistung (-0,208) sowie die Produktion von Skatol und Androstenon (-0,213). Beide Pfade sind nicht signifikant (1,094 und 1,169). Der Einfluss auf den Speicher (-0,069) ist nicht relevant und demnach auch nicht signifikant (0,425).			
Hypothese 17: Vaterlinie: Die Zuchtausrichtung der Vatertiere hat keinen Einfluss auf die Entstehung von Ebergeruch. (Keine Empfehlung von Seiten der QS GMBH (2013)).	Gesamtzuchtziel (GZZHV)	Vaterlinie 1,254 (0,216)	✘
Hypothese 18: Mutterlinie: Die Zuchtausrichtung der Muttertiere hat keinen Einfluss auf die Entstehung von Ebergeruch. (Keine Empfehlung von Seiten der QS GMBH (2013)).	Gesamtzuchtziel (GZZHM)	Mutterlinie -0,851 (0,264)	✘

✓ Hypothese annehmen; ✘ Hypothese ablehnen

Hypothese 17 konzentriert sich auf die Ausrichtung der Zucht auf Seiten der Vatertiere. Entsprechend der Ergebnisse ist es in Hinblick auf eine geringe körpereigene Produktion von Skatol vorteilhaft, die Genetik der Vatertiere auf Fett auszurichte bzw. keine konkrete Ausrichtung auf Fett oder Fleisch vorzunehmen. In Bezug auf das Androstenon verhält es sich gegensätzlich. Auf Seiten der Muttertiere muss gemäß Hypothese 18 genau das Gegenteil angestrebt werden. Muttertiere sollten auf Fleischproduktion ausgerichtet sein, um geringe Skatolkonzentrationen aufzuweisen. Um geringe Androstenonkonzentrationen zu erreichen, ist es erstrebenswert, die Genetik auf Fettansatz auszurichten oder keine konkrete Ausrichtung auf Fett oder Fleisch vorzunehmen. Die Zucht hat lediglich einen geringen Effekt auf die körpereigene Produktion (0,060) (vgl. Tabelle 53).

TABELLE 53: IMPLIKATIONEN FÜR DIE ZUCHT VON EBERN MIT DEM ZIEL EINER MÖGLICHT GERINGEN...

	Effektstärke f^2 (t-Wert)	Pfadkoeffizient (t-Wert)
...körpereigenen Produktion von Skatol und Androstenon.		
Zucht:	0,060* (1,707)	-0,213 (1,169)
Zuchtziel Vaterzuchtlinie: Fett- bzw. Fett und Fleischschwein		
Zuchtziel Mutterzuchtlinie: Fleischschwein		
...Speicherung von Skatol und Androstenon sowie Geruchsauffälligkeit.		
Zucht hat keinen relevanten Einfluss auf die Speicherung.	0,006 (0,115)	-0,069 (0,425)

* kleiner Effekt ($>0,02$); ** mittlerer Effekt ($>0,15$); *** starker Effekt ($>0,35$) nach RINGLE ET AL., 2006: 87

Die Produktion von Skatol und Androstenon wird von der Zucht auf Mutter- und Vaterseite der Eber beeinflusst. Eber, die mütterlicherseits auf Edelschwein, Landrasse, Large White, Pietrain, Yorkshire oder Hampshire zurückgehen, weisen eine geringere Skatolproduktion und eine erhöhte Androstenonkonzentration auf.

Eber, die väterlicherseits auf Duroc- oder Meishan-Tiere zurückgehen bzw. deren Abstammung väterlicherseits keine klare Ausrichtung auf Fett- oder Fleischproduktion erkennen lassen, weil Kombinationen verschiedener Zuchtrassen vorkommen, weisen außerdem geringere Konzentration an Skatol und eine erhöhte Konzentration an Androstenon im Blut auf.

Im Rahmen der bisherigen Forschung wurde generell die Abstammung der Tiere auf Seiten der männlichen Elterngeneration betrachtet. Die Genetik der Muttertiere wurde dabei außer Acht gelassen, da die genetische Selektion der Muttertiere die Fruchtbarkeit negativ beeinflusst, wenn die Tiere genetisch bedingt geringe Androstenongehalte aufweisen (ENGELSMA ET AL., 2007a).

7.7. Weitere mögliche Einflussfaktoren auf die Entstehung von Ebergeruch : Produktion und Leistung

Da es sich bei den folgenden, möglicherweise bestehenden Zusammenhängen um Überlegungen handelt, die bislang nicht Gegenstand von Forschungsvorhaben waren, wurden zu ihnen in den vorangegangenen Kapiteln keine Forschungsfragen formuliert. In der Strukturgleichungsanalyse wurde aus diesem Grund auch ein Zusammenhang zwischen der Produktion und der (Mast-)Leistung der Tiere untersucht.

Der Produktion von Skatol und Androstenon, gemessen im Blut, wird kein Einfluss auf die Speicherung zuteil (vgl. Tabelle 54). Der Zusammenhang der Skatol- und Androstenonkonzentration und der nachfolgenden Einlagerung ins Fettgewebe sowie der damit verbundenen Entwicklung von Geruchsauffälligkeiten ist in Studien über den Ebergeruch noch nicht untersucht worden. Gemäß der physiologischen Vorgänge der Synthese wurde stets angenommen, dass die beiden Prozesse nicht unabhängig voneinander geschehen. Dass die Produktion keinen relevanten Einfluss auf die Speicherung hat, wie es das Modell zeigt, scheint unwahrscheinlich.

Die Einlagerung von Androstenon ins Fettgewebe, ab einer Konzentration von 15 ng Androstenon / ml Blut (ANDRESEN ET AL., 1976), stellt einen Erklärungsansatz dar. Die Reduktion der Produktionsindikatoren auf das ordinale Skalenniveau (> bzw. < 15 ng Androstenon/ml Blut) wäre wenig ratsam, weil die Nachteile des Informationsverlustes überwiegen würden. Dennoch kann ein nicht vorhandener Einfluss auf das Skalenniveau zurückgeführt werden.

TABELLE 54: IMPLIKATIONEN FÜR DIE PRODUKTION VON EBERN MIT DEM ZIEL EINER MÖGLICHTST GERINGEN...

	Effektstärke f^2 (t-Wert)	Pfadkoeffizient (t-Wert)
...Speicherung von Skatol und Androstenon sowie Geruchsauffälligkeit.		
Produktion hat keinen relevanten Einfluss auf die Speicherung	0,000 (0,004)	-0,005 (0,082)

* kleiner Effekt (>0,02); ** mittlerer Effekt (>0,15); *** starker Effekt (>0,35) nach RINGLE ET AL., 2006: 87

Auch die Mastleistung der Eber erfährt bislang keine Aufmerksamkeit, wenn es um die Produktion geruchsunauffälliger Eber geht. Die Empfehlungen gehen stets in die Richtung, dass hohe Tageszunahmen erstrebenswert sind, weil damit die Mastdauer reduziert und der Pubertätseintritt vor der Schlachtung verhindert werden kann. Das Strukturgleichungsmodell zeigt das Gegenteil an: Eine geringe Tageszunahmen und eine hohe Futterverwertung führen zu geringen Geruchsauffälligkeiten. Indirekt besteht der Zusammenhang auch über die Zusammensetzung des Schlachtkörpers, die ebenfalls von der Leistung beeinflusst wird (vgl. Tabelle 55).

TABELLE 55: IMPLIKATIONEN FÜR DIE MASTLEISTUNG VON EBERN MIT DEM ZIEL EINER MÖGLICHST GERINGEN...

	Effektstärke f^2 (t-Wert)	Pfadkoeffizient (t-Wert)
...Speicherung von Androstenon sowie Geruchsauffälligkeit.		
Leistung:	0,061* (1,020)	-0,262 (1,206)
Futtermittelnutzung: hoch		
Tageszunahme: gering		
...Speicherung - über den indirekten Einfluss der Zusammensetzung des Schlachtkörpers.		
Leistung	0,020*	-
Futtermittelnutzung: hoch		
Tageszunahme: gering		

* kleiner Effekt (>0,02); ** mittlerer Effekt (>0,15); *** starker Effekt (>0,35) nach RINGLE ET AL., 2006: 87

7.8. Zusammenfassung der Implikationen

Die folgende Tabelle 56 fasst alle empfehlenswerten Tendenzen, die von den einzelnen Indikatoren bzw. Variablen ausgehen, zusammen.

Demnach ist die Wahrscheinlichkeit, Tiere mit möglichst geringer

- körpereigener Produktion von Androstenon und Skatol, gemessen im Blut,
- Einlagerung der beiden Stoffe im Fett bzw. möglichst guter sensorische Beurteilung

zu mästen, gegeben, wenn die Tiere unter den folgenden Bedingungen gemästet werden:

TABELLE 56: ZUSAMMENFASSUNG DER IMPLIKATIONEN FÜR EINE GERUCHSREDUZIERTE EBERMAST UND –ZUCHT

Die beschriebenen Ausprägungen geben an, unter welchen Bedingungen die Produktion bzw. Speicherung von Androstenon und Skatol am geringsten ist.																								
Haltungsbedingungen			Alter		Futterzusammensetzung				Futterbed.		Leistung		Zucht		Schlachtkörper		Prod.							
Indikator	EvsGH	Sai-son	HB	HG	IMDE	FP	Lysin	KH	EG	CP	Ration	FA	FVE	TZE	GZZHM	GZZHV	LGE	SGE	MF	AE	AB	SB		
Produktion von...																								
Androstenon	Gruppenhaltung	Sommer	Teilspalten	-	älter	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Skatol	Einzelhaltung	Winter	Vollspalten	-	jünger	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Speicherung von ...																								
Androstenon bzw. die Geruchsauffälligkeit ⁹	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	hoch	niedrig	-	-	hoch	gering	hoch	-	-	-	-	
indirekt über Schlachtkörper	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	hoch	niedrig	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
indirekt über Leistung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- = nicht relevant; grau hinterlegt = kein im Strukturmodell untersuchter Zusammenhang

⁹ Skatol kann nicht bewertet werden, weil der Pfadkoeffizient gemäß CHIN (1998) und LOHMÖLLER (1989) nicht ausreichend hoch ist.

Die Empfehlungen hinsichtlich der Zucht und Mast sind nicht ohne Widersprüche. Die untersuchten Variablen hängen in unterschiedlichem Maße voneinander ab. Tabelle 57 stellt die Zusammenfassung der Effekte auf die körpereigene Produktion von Skatol und Androstenon dar. Es zeigt sich, dass lediglich drei der fünf latenten Variablen einen Effekt haben. Der größte Effekt (0,165) entfällt auf das Alter, gefolgt von den Haltungsbedingungen (0,127). Die Produktion von Skatol und Androstenon wird dabei lediglich geringfügig durch die Genetik der Tiere beeinflusst.

TABELLE 57: IMPLIKATIONEN FÜR DIE ZUCHT UND MAST VON EBERN MIT DEM ZIEL EINER MÖGLICHST GERINGEN KÖRPEREIGENEN PRODUKTION VON SKATOL UND ANDROSTENON

	Effektstärke f^2 (t-Wert)	Pfadkoeffizient (t-Wert)
Haltungsbedingungen	0,127* (0,768)	-0,320 (1,031)
Futterzusammensetzung hat keinen relevanten Einfluss auf die Produktion	0,001 (0,010)	-0,020 (0,172)
Futterbedingungen hat keinen relevanten Einfluss auf die Produktion	0,000 (0,019)	-0,015 (0,180)
Alter	0,165** (1,315)	0,343 (1,336)
Zucht	0,060* (1,707)	-0,213 (1,169)

* kleiner Effekt (>0,02); ** mittlerer Effekt (>0,15); *** starker Effekt (>0,35) nach RINGLE ET AL., 2006: 87

Neben der körpereigenen Produktion von Skatol und Androstenon sind maßgeblich die Speicherung der beiden Stoffe im Fettgewebe der Tiere sowie die sensorische Beurteilung von Fett/Fleischproben der Tiere von Interesse.

Den größten direkten Effekt auf die Geruchsauffälligkeit hat die Zusammensetzung des Schlachtkörpers (0,171) (s. Tabelle 58). Diese wird wiederum überwiegend durch die Leistung (0,118 bzw. Gesamteffekt auf die Speicherung in Höhe von 0,020) (Tabelle 59) bedingt. Der Mastleistung wird ebenfalls ein Effekt, wenn auch deutlich geringer (0,061) auf die Speicherung der beiden Stoffe im Körper der Eber zuteil.

TABELLE 58: IMPLIKATIONEN FÜR DIE ZUCHT UND MAST VON EBERN MIT DEM ZIEL EINER MÖGLICHST GERINGEN SPEICHERUNG VON SKATOL UND ANDROSTENON SOWIE GERUCHSAUFFÄLLIGKEIT

	Effektstärke f ² (t-Wert)	Pfadkoeffizient (t-Wert)
Haltungsbedingungen hat keinen relevanten Einfluss auf die Speicherung	0,010 (0,082)	-0,099 (0,419)
Futterzusammensetzung hat keinen relevanten Einfluss auf die Speicherung	0,000 (0,012)	0,021 (0,139)
Leistung	0,061 (1,020)	-0,262 (1,206)
Alter hat keinen relevanten Einfluss auf die Speicherung	0,002 (0,070)	-0,044 (0,340)
Schlachtkörper	0,171 (1,481)	-0,382 (1,207)
Zucht hat keinen relevanten Einfluss auf die Speicherung	0,006 (0,115)	-0,069 (0,425)
Produktion hat keinen relevanten Einfluss auf die Speicherung	0,000 (0,004)	-0,005 (0,082)

* kleiner Effekt (>0,02); ** mittlerer Effekt (>0,15); *** starker Effekt (>0,35) nach RINGLE ET AL., 2006: 87

TABELLE 59: IMPLIKATIONEN FÜR DIE ZUCHT UND MAST VON EBERN MIT DEM ZIEL EINER MÖGLICHST GERINGEN SPEICHERUNG VON SKATOL UND ANDROSTENON SOWIE GERUCHSAUFFÄLLIGKEIT (INDIREKTER EINFLUSS)

Indirekter Einfluss über den Schlachtkörper				
	Effektstärke f ² (t-Wert)			
	Auf den Schlachtkörper	...und auf den Speicher	Gesamteffekt	Bewertung des Effekts
Futterzusammensetzung	0,035* (0,253)	0,171** (1,481)	0,006	Nicht relevant
Leistung	0,118* (1,155)	0,171** (1,481)	0,020*	Schwacher Effekt
Alter	0,004 (0,024)	0,171** (1,481)	0,0007	Nicht relevant
Indirekter Einfluss über die Leistung				
	Auf die Leistung	...und auf den Speicher	Gesamteffekt	Bewertung des Effekts
Futterzusammensetzung	0,247** (1,274)	0,061* (1,020)	0,015	Nicht relevant
Zucht	0,055* (1,270)	0,061* (1,020)	0,003	Nicht relevant
Futterbedingungen	0,040* (1,040)	0,061* (1,020)	0,002	Nicht relevant

* kleiner Effekt (>0,02); ** mittlerer Effekt (>0,15); *** starker Effekt (>0,35) nach RINGLE ET AL., 2006: 87

Einen sehr interessanten Punkt bei der Vermeidung des Ebergeruchs stellt die nicht vorhandene Verknüpfung von körpereigener Produktion von Androstenon und Skatol und deren Einlagerung im Fett-

gewebe dar. Wie in Kapitel 3 beschrieben, wird bislang davon ausgegangen, dass ab einer Konzentration von 15 ng Androstenon / ml Blut (ANDRESEN ET AL., 1976) eine Einlagerung im Fettgewebe erfolgt. Eine Aussage bezüglich des Zusammenhangs zwischen Androstenonkonzentration im Blut und im Fett kann nicht getätigt werden, da keines der betrachteten Fütterungsexperimente beide Angaben veröffentlicht. Für den Zusammenhang der körpereigenen Produktion von Skatol und dessen Einlagerung kann eine signifikante lineare Korrelation in Höhe von 0,58 gefunden werden (vgl. Tabelle 60). Die relativ geringe Stichprobengröße von 19 Experimenten limitiert jedoch die Aussage.

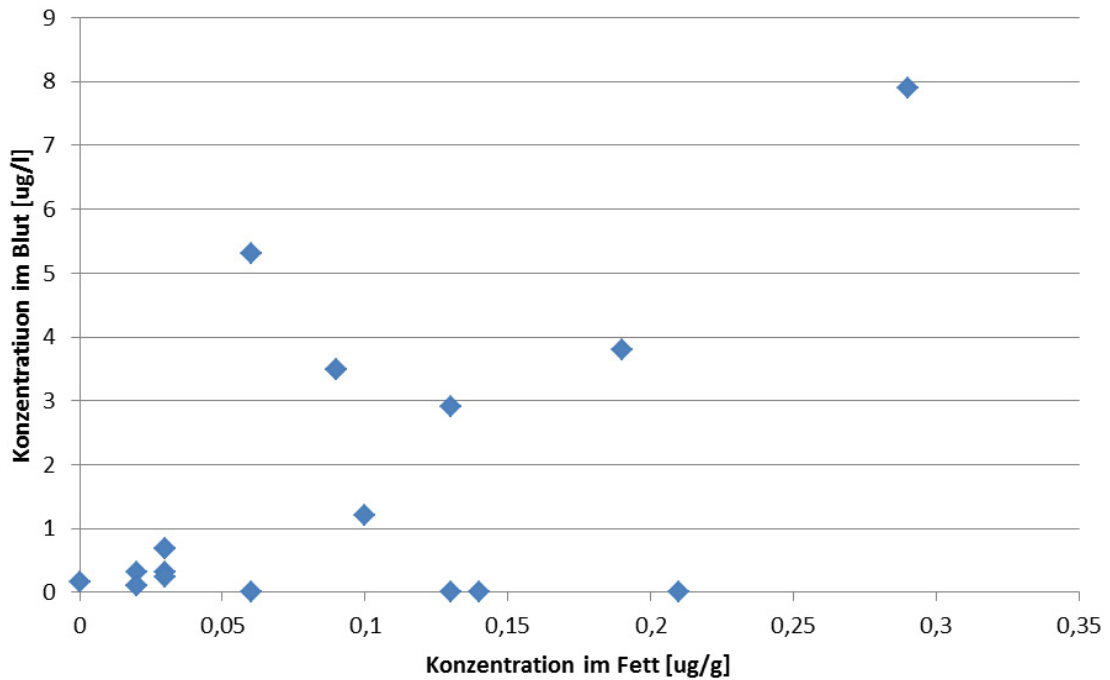


ABBILDUNG 30: SCATTERPLOT DER SKATOLKONZENTRATION IM FETT SOWIE IM BLUT VON EBERN (N= 19 BETRACHTETE EXPERIMENTE)

TABELLE 60: KORRELATIONSKOEFFIZIENT NACH PEARSON ZWISCHEN DEN PLASMAKONZENTRATIONEN UND DER KONZENTRATION IM FETT DER GERUCHSRELEVANTEN STOFFE

	Androstenon im Blut	Androstenon im Fett	Skatol im Blut	Skatol im Fett
Androstenon im Blut	1,00	NaN	-0,2	-0,08
Sig. (2-seitig)		NaN	0,432	0,763
N	22	0	18	16
Androstenon im Fett	NaN	1,00	-0,99**	0,29
Sig. (2-seitig)	NaN		0,009	0,011
N	0	76	4	75
Skatol im Blut	-0,2	-0,99	1,00	0,58**
Sig. (2-seitig)	0,432	0,009		0,009
N	18	4	36	19
Skatol im Fett	-0,08	0,29	0,58**	1,00
Sig. (2-seitig)	0,763	0,011	0,009	
N	16	75	19	132

Grau: weist eine zu geringe Stichprobengröße auf, ** signifikant auf dem 0,1 %-Niveau

Weitere Experimente zur Zucht und anschließenden Mast sind erforderlich. Für robuste Ergebnisse müssen weitere relevante Faktoren identifiziert werden. Die in der Metaanalyse erfassten Studien geben beispielsweise keine Informationen hinsichtlich der Bodenbeschaffenheit, die über die Beschreibung des Voll- oder Teilspaltenbodens hinausgehen. Unterschiede hinsichtlich ggfs. vorhandenen Einstreus sind ebenso wenig erfasst, wie der Zugang der Tiere zum Außenklima. Beschäftigungsmaterial, Temperaturschwankungen und die generelle Temperatur finden außerdem keine Erwähnung in den Sekundärdaten. Ein Einfluss der Temperatur kann hingegen nicht ausgeschlossen werden. Vor dem Hintergrund, dass die Androstenonkonzentration in männlichen Tieren jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen (vgl. Abbildung 9) ist ein Zusammenhang mit der Temperatur nicht auszuschließen. Die bisherigen Forschungen fokussieren hingegen ausschließlich auf die Unterschiede in der Tageszeitenlänge.

Ob einzelne Futterbestandteile, wie rohe Kartoffelstärke oder Molke einen Einfluss haben, wird im Rahmen der Metaanalyse nicht erfasst. Diese Faktoren gilt es in weiteren Untersuchungen zu betrachten und zu bewerten.

8. Diskussion der Implikationen

Die durchgeführte Metaanalyse mit anschließender Strukturgleichungsanalyse stellt einen Versuch dar, die bislang vorliegenden Forschungsergebnisse zur Vermeidung des Ebergeruchs zu strukturieren. Die Vielzahl der möglichen Einflussfaktoren erschwert die Auswertung erheblich. Auch die sehr unterschiedlichen Ausrichtungen der Forschungsarbeiten beeinflussen die Aussagekraft nachteilig. Feststeht, dass die bisherige Forschung zum Thema Ebergeruch viele, teils widersprüchliche Aussagen offenbart. Die Produktion von Ebern ohne geruchliche Abweichungen stellt die Züchter und Mäster bis heute vor große Herausforderungen, da die verschiedenen Forschungsarbeiten eine Vielzahl von Stellschrauben aufzeigen, die Möglichkeit zur Optimierung der Zucht und Mast geben können.

Die Strukturgleichungsanalyse unterscheidet zwischen der Produktion und der Speicherung von Androstenon und Skatol. Dies erscheint vor dem Hintergrund der physiologischen Vorgänge sinnvoll. Dennoch birgt die Messungen eine gewisse Ungenauigkeit. Skatol besitzt neben seiner Eigenschaft der Fettlöslichkeit auch ein Maß an Wasserlöslichkeit. Demnach ergibt sich bei der Untersuchung von Fleischproben, Fleisch mit Fettauflage oder auch reinem Fett eine sehr unterschiedliche Beurteilung. Eine generell als objektiv anzusehende Stoffbestimmung in einem der beiden Medien kann so zu einer Herausforderung werden. Unklar ist außerdem, ob die Bestimmung von Skatol im Fett von der Entnahmestelle abhängt. Gleiches gilt für Androstenon. Die allgemein als Einlagerung ins Fettgewebe beschriebene Speicherung könnte zwischen einzelnen Körperteilen variieren. GÖTZ ET AL. (2009: 44) beschreiben als einzige Autoren eine Einlagerung des Skatols in Muskelgewebe. Auch wenn dieser Mechanismus nicht weiter erforscht ist, resultiert daraus ein weiterer Schwachpunkt der Strukturgleichungsanalyse.

Außerdem bleibt die sensorische Beurteilung des Eberfleisches zu diskutieren. Bei jeder sensorischen Beurteilung ist der Mensch als unbekannter Faktor nicht zu unterschätzen. Die Speicherung von Androstenon und Skatol wird in der Analyse auch anhand der sensorischen Bewertung von Fleischproben erfasst.

Die Produktion des Stoffes Skatol hängt neben anderen Faktoren auch vom mikrobiellen Ökosystem im Darm der Tiere ab. Dieses lässt sich nicht standardisieren. Lediglich die Gabe von Antibiotika oder die Fütterung von organischen Säuren können einen solchen Einfluss nehmen (WESOLY, WEILER, 2012). Demnach erschwert auch dieser Einflussfaktor der Skatolproduktion die Forschung.

Die Gabe von Futterzusätzen wurde im Rahmen der Strukturgleichungsanalyse nicht bewertet. Ihren Nutzen gilt es in weiteren Untersuchungen zu klären. Nicht nur die Gabe einzelner Stoffe sollte erfasst werden. Kreuzwirkungen, die zwischen verschiedenen Stoffen vorliegen könnten, müssen au-

Diskussion der Implikationen

ßerdem beachtet werden. Zu diesem Schwerpunkt liegen bislang keine wissenschaftlich fundierten Erkenntnisse vor.

Die ökonomische Machbarkeit wird in zahlreichen Publikationen bewertet. Höhere Tageszunahme sowie bessere Futtermittelverwertung als bei (Immuno-)Kastraten, führen auf Seiten der Mäster in den meisten Berechnungen zu einer positiven Evaluation. Die Optimierung der Haltung und Zucht der Tiere in Bezug auf den Ebergeruch bewerteten keine Forschungsgruppen.

Eine weitere Unbekannte in der Optimierung stellt der Umgang mit den Schlachttieren ab Verlassen des Hofes dar. In Deutschland ist es üblich, dass Tiertransporte von Viehhändlern übernommen werden. Stress, dem die Tiere ggf. auf dem Weg ausgesetzt sind, Ruhezeiten der Tiere nach Erreichen des Schlachthofes, Zugang zu Wasser oder Futter, all diese Faktoren können einen Einfluss haben, sind aber nicht dem Halter bekannt oder von ihm zu beeinflussen.

Die multifaktoriell bedingte Entstehung des Ebergeruchs erschwert die Umsetzungen in der Praxis. Die Forderung von Züchtern, Mästern, Schlachtern und Verarbeitern, nach dem berühmten „vierten Weg“, neben Kastration unter Betäubung, Immunokastration und Ebermast wird lauter. In der „Herriedener Erklärung“ vom 27. März 2017 fordern die Beteiligten eine tierschutzkonforme, aber trotzdem praxistaugliche Alternative. Die Lokalanästhesie wird in diesem Zusammenhang ins Spiel gebracht (HERRIEDENER ERKLÄRUNG, 2017).

Die Ebermast wurde vielfach als der gangbarste Weg nach dem Verbot der betäubungslosen Kastration beschrieben. Hierfür ist nicht nur eine Umstellung der bisherigen Schweinemast erforderlich, es müssen auch weitere Schritte auf Seiten der vor- und nachgelagerten Industrie erfolgen. Die Züchter müssen, auch wenn sie nur eine Stellschraube bedienen können, weiter an Zuchtlinien arbeiten, die keine Geruchsauffälligkeiten aufweisen. Die Schlachtunternehmen müssen sicherstellen, dass kein geruchsauffälliges Fleisch zum Konsumenten gelangt, ob unter Zuhilfenahme einer noch zu entwickelnden elektronischen Nase oder geschulten Personals, wie es zum aktuellen Zeitpunkt üblich ist. Auch in der Weiterverarbeitung können Maßnahmen ergriffen werden. Durch gezielten Einsatz von Marinaden konnten erste Erfolge hinsichtlich der Kaschierung des geschlechtsspezifischen Geruchs erreicht werden.

Die Etablierung der Ebermast als Weg, mit dem Verbot der betäubungslosen Kastration umzugehen, wäre für große Schlacht- und Weiterverarbeitungsbetriebe mit einer gewissen Verarbeitungstiefe eher möglich als für kleine Betriebe. Es droht, dass das Verbot der betäubungslosen Kastration den Strukturwandel in der Schweinebranche verstärken könnte.

9. Fazit

Mit dem Verbot der betäubungslosen Kastration ab 2019 stehen den deutschen Schweinemästern große Veränderungen bevor. Immunokastration, Kastration unter Betäubung sowie die Mast von Ebern stellen die möglichen Handlungsweisen für die Mäster dar. Vor- und Nachteile der Alternativen führen zu weitreichenden Diskussionen. Die Ebermast wird als eine aussichtsreiche Variante angesehen.

Die geschlechtsspezifische Geruchsbelastung des Fleisches männlicher unkastrierter Tiere stellt daher einen nicht unerheblichen Nachteil der Ebermast dar. Die Forschung befasst sich mit verschiedenen Komponenten, die einen Einfluss auf die Entwicklung des sogenannten Ebergeruchs haben. Schlachtzeitpunkt, Haltung, Fütterung und Zucht sind die häufig genannten Variablen, die einen Einfluss haben. Im Rahmen der durchgeführten Metaanalyse wurden 165 Fütterungs- und Haltungsexperimente erfasst, die sich mit der Produktion bzw. Speicherung von Androstenon und Skatol befassen.

Die Strukturgleichungsanalyse liefert Empfehlungen, die nicht statistisch abgesichert sind und demnach nur Tendenzen abbilden.

10. Zusammenfassung

Das Verbot der betäubungslosen Kastration im Jahr 2019 macht Veränderungen für die Schweinemast in Deutschland erforderlich. Als Alternativen werden in der Praxis neben der Kastration mit vorangegangener Betäubung, die Immunokastration sowie die Ebermast diskutiert. Diese Arbeit betrachtet die Ebermast detailliert, führt die übrigen Alternativen jedoch nicht weiter aus.

Der dominierende Nachteil der Ebermast ist der möglicherweise auftretende, fäkal- und urinartige Ebergeruch des Fleisches. Nicht allen Menschen ist es möglich, diese Geruchsauffälligkeit wahrzunehmen. Das erschwert die Detektion am Schlachtband, die zum Ziel hat, einwandfreie Ware für den Kunden zu gewährleisten. Die Forschung der letzten Jahrzehnte hat ergeben, dass Skatol und Androstenon als verursachende Stoffe für den geschlechtsspezifischen Geruch anzusehen sind. Die Produktion und Einlagerung der beiden Stoffe im Körper der Eber ist gemäß der Forschung von zahlreichen Parametern abhängig.

Um die Faktoren hinsichtlich ihres Einflusses einordnen zu können, wird eine Strukturgleichungsanalyse durchgeführt. 165 Experimente, die Angaben zur sensorischen Bewertung von Fleisch- und Fettproben oder zu Skatol- und Androstenonkonzentration im Fett bzw. Blut machen, werden integriert. Die Messwerte der einzelnen Indikatoren weisen eine große Streuung auf. Der Androstenongehalt im Fett variiert zwischen 0,002 und 4,5 µg/l, der Skatolgehalt zwischen 0,0004 und 0,85 µg/l. Die sensorische Beurteilung der Fleischproben ergibt Bewertungen zwischen 0 % und 100 %. Durchschnittlich umfasst jedes Experiment 73 männliche, unkastrierte Tiere, die unter unterschiedlichen Bedingungen gehalten werden. Im Rahmen der durchgeführten Strukturgleichungsanalyse werden die Variablen der Futterzusammensetzung, des Alters, der Fütterungs- und Haltungsbedingungen, der Schlachtkörperzusammensetzung, der Mastleistung sowie der Zuchtausrichtung erfasst.

Die Analyse zeigt, dass die körpereigene Produktion von Skatol und Androstenon, gemessen im Blut, durch die Haltungsbedingungen (Einzel- oder Gruppenhaltung, Saison und Bodenbeschaffenheit), das Alter der Tiere sowie die Zuchtwahl (auf Seite der Mutter-/ Vatertiere) beeinflusst wird. Die Einlagerung der beiden Stoffe ins Fett bzw. Fleisch erfährt Einwirkung durch die Mastleistung (Futterverwertung und Tageszunahme) und die Schlachtkörperzusammensetzung (Lebend- bzw. Schlachtgewicht sowie Muskelfleischanteil).

Die Empfehlungen für eine geruchsoptimierte Zucht und Mast von Ebern sind nicht statistisch belegt, da die Ergebnisse nicht signifikant sind. Es handelt sich vielmehr um Tendenzen, auf die das Modell hinweist. Demnach ist weitere Forschung erforderlich, die diese hinsichtlich ihrer Wirkung überprüft.

11. Summary

Starting with 2019, castration without anaesthesia will be forbidden in Germany, inducing changes in pork fattening. The castration of boars with anaesthesia, the immunocastration and the fattening of boars are possible alternatives, each marked with specific advantages and disadvantages.

The dominating disadvantage of boar fattening is the possible incidence of boar taint, a urine- and fecal-like odour. As the olfactory and gustatory perception varies strongly between individuals, not all individuals are able to recognize this odour. Detection at time of slaughter is difficult but necessary to assure a high-quality product to the customer. According to the literature, androstenone and skatole are the substances responsible for boar taint and their production and deposit influenced by several factors.

This thesis estimates a structural equation model in order to sort these factors regarding their importance. 165 experiments examining either the sensory evaluation of meat and fat or the concentration of skatole and androstenone in fat or blood are included in the analysis. On average, 73 male and uncastrated pigs are examined per experiment. The animals are fattened under different conditions. The measured values of the single indicators show a large degree of variation. Androstenone concentration in fat differs between 0,002 and 4,5 $\mu\text{g/l}$, skatole concentration between 0,0004 and 0,85 $\mu\text{g/l}$. 0 to 100 % of the boars are described to have boar taint by sensory evaluation. The structural equation model includes the following variables: feed composition, age, feeding and fattening circumstances, carcass composition, fattening performance and the breeding focus.

The results suggest that the fattening conditions (individual or group panning and ground conditions), the age as well as the breeding focus (of mother and father) influence the production of androstenone and skatole in boars. The deposit of this two substances in fat and meat is affected by fattening performance (feed conversion and daily weight gain) and the composition of carcass (live- and slaughter weight as well as the lean meat content). However, none of the estimated coefficients are statistically significant, leading to no specific advice for improvements in the breeding and fattening of boars. Nonetheless, the model shows tendencies and suggests a need for further research.

12. Literaturverzeichnis

ADAM, F. (2009): Ebermast oder Schmerzlinderung, in: Herausforderungen für Schweinehalter; LfL-Jahrestagung am 28. Oktober 2009 in Mamming, Tagungsband, Schriftenreihe. Im Internet unter: http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/schriftenreihe/p_37263.pdf. Abgerufen am: 1.2.2017.

ADAM, F., SCHULZE-LANGENHORST, C., BÜTFERING, L. (2009): Düsser Ergebnisse zur Ebermast. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. Im Internet unter: <http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/tierproduktion/schweinehaltung/management/ebermast-duesse.htm>. Abgerufen am: 13.7.2011.

AGERGAARD, N., LAUE, A. (1998): Absorption of skatole to portal vein blood and liver turnover in entire male pigs using an in vivo animal model. In: JENSEN, W. K. (Hrsg.): Skatole and boar taint: 77-95. Danish Meat Research Institute, Roskilde.

AGRARHEUTE (2012): Ebermast: Alternative zur Kastration? Im Internet unter: <http://www.agrarheute.com/ebermast-515162>. Abgerufen am: 6.6.2013.

ALDAL, I., ANDRESEN, Ø., EGELI, A. K., HAUGEN, J. E., GRODØDUM, A., FJETLAND, O., EIKAAAS, J. L. H. (2005): Levels of androstenone and skatole and the occurrence of boar taint in fat from young boars. *Livestock Production Science* 95 (1-2): 121-129.

ALLRICH, R. D., CHRISTENSON, R. K., FORD, J. J., ZIMMERMANN, D. R. (1982): Pubertal development of the boar: testosterone, estradiol-17 beta, cortisol and LH concentrations before and after castration at various ages. *Journal of Animal Science* 55 (5): 1139-1146.

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

ALUWÉ, M., TUYTTENS, F. A. M., MILLET, S. (2014): Field experience with surgical castration with anaesthesia, analgesia, immunocastration and production of entire male pigs: performance, carcass traits and boar taint prevalence. *Animal* 9 (3): 500-508.

Literaturverzeichnis

ALUWÉ, M., LANGENDRIES, K. C. M., BEKAERT, K. M., TUYTTENS, F. A. M., DE BRABANDER, D. L., DE SMET, S., MILLET, S. (2013): Effect of surgical castration, immunocastration and chicory-diet on the meat quality and palatability of boars. *Meat Science* 94 (3): 402-407.

ALUWÉ M., MILLET, S., NIJS, G., TUYTTENS, F. A., VERHEYDEN, K., DE BRABANDER, H. F., DE BRABANDER, D. L., OECKEL, M. J. (2009): Absence of an effect of dietary fibre or clinoptilolite on boar taint in entire male pigs fed practical diets. *Meat Science* 82 (3):346-352.

ANDERSSON, K., HULLBERG, A., MALMGREN, L., LUNDSTRÖM, K., SQUIRES, J., RYDHMER, L. (1997a): Relations between boar taint and puberty in entire males. In: BONNEAU, M., LUNDSTRÖM, K., MALMFORS, B. (Hrsg.): *Boar Taint in Entire Male Pigs*. EAAP Publication No.92. Wageningen Press, Wageningen: 70-73.

ANDERSSON, H., RYDHMER, J., LUNDSTRÖM, K., WALLGREN, M., ANDERSSON, K., FORSBERG, M. (1998b): Influence of artificial light regimes on sexual maturation and boar taint in entire male pigs. *Animal Reproduction Science* 51 (1): 31-43.

ANDERSSON, K., SCHAUB, A., ANDERSSON, K., LUNDSTRÖM, K., THOMKE, S., HANSSIN, I. (1997b): The effects of feeding system, lysine level and gilt contact on performance, skatole levels and economy of entire male pigs. *Livestock Production Science* 51 (1-3): 131-140.

ANDERSSON, H., WALLGREN, M., RYDHMER, L., LUNDSTRÖM, K., ANDERSSON, K., FORSBERG, M. (1998a): Photoperiodic effects on pubertal maturation of spermatogenesis, pituitary responsiveness to exogenous GnRH, and expression of boar taint in crossbred boars. *Animal Reproduction Science* 54 (2): 121-137.

ANDRESEN, Ø. (2006): Boar taint related compounds: Androstenone/skatole/other substances. *Acta Veterinaria Scandinavica* 48 (Suppl 1): S1-S5.

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 maturity and after mating. *Journal of Reproduction and Fertility* 48 (1): 51-59.

ANDRESEN, Ø., FRØYSTEIN, T., RØDBOTTEN, M., MORTENSEN, H. P., EIK-NES, O., LEA, P. (1993): Sensoric evaluation of boar meat with different levels of androstenone and skatole. In: BONNEAU, M. (Hrsg.): *Measurement and Prevention of Boar Taint in Entire Male Pigs*. INRA, Paris: 69-74. Les Colloques No. 60.

Literaturverzeichnis

ANNOR-FREMPONG, I. E., NUTE, G. R., WHITTINGTON, F. W., WOOD, J. D. (1997): The problem of taint in pork. III. Odour profile of pork fat and the interrelationships between androstenone, skatole and indole concentrations. *Meat Science* 47 (1-2): 63-76.

ASSE, M. (2009): Kurzbericht zur Schweinefachtagung Bad Mergentheim – aktuelle Themen der Schweinehaltung. Im Internet unter: http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1291409_l1/LSZ_Schweinefachtagung%20Bad%20Mergentheim.pdf. Abgerufen am: 15.4.2013.

AZEVEDO, C. F.; SILVA, F. F., RESENDE, M. D. V. DE; LOPES, M. S., DUIJVESTIJN, N., GUIMARÃES, S. E. F., LOPES, P. S., KELLY, M. J., VIANA, J. M. S., KNOL, E. F. (2014): Supervised independent component analysis as an alternative method for genomic selection in pigs. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 131 (6): 452-461.

BABOL J., SQUIRES E. J. (1995): Quality of meat from entire male pigs. *Food Research International* 28 (3): 201-212.

BABOL, J., SQUIRES, E.J., BONNEAU, M. (1996): Factors regulating the concentrations of 16-androstene steroids in submaxillary salivary glands of pigs. *Journal of Animal Science* 74 (2): 413-419.

BABOL, J., SQUIRES, E. J., GULLETT, E. A. (2002): Factors affecting the level of boar taint in entire male pigs as assessed by consumer sensory panel. *Meat Science* 61 (1): 33-40.

BABOL, J., SQUIRES, E. J., GULLETT, E. A. (1996): Investigation of factors responsible for boar taint. *Food Research International* 28 (6): 573-581.

BABOL, J., SQUIRES, E. J., LUNDSTRÖM, K. (1997): Relationship between metabolism of androstenone and skatole. In: BONNEAU, M., LUNDSTRÖM, K., MALMFORS, B. (Hrsg): *Boar Taint in Entire Male Pigs*. Wageningen Pers, Wageningen. EAAP Publication No. 92: 62-65.

BABOL, J., ZAMARATSKAIA, G., JUNEJA, R. K., LUNDSTRÖM, K. (2004): The effect of age on distribution of skatole and indole levels in entire male pigs in four breeds: Yorkshire, Landrace, Hampshire and Duroc. *Meat Science* 67 (2): 351-358.

BACKHAUS, K., ERICHSON, B., PLINKE, W., WEIBER, R. (2006): *Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung*. 11. überarbeitete Auflage. Springer, Berlin.

Literaturverzeichnis

BACKHAUS, K., WEIBER, R. (2007): Forschungsmethoden der Datenauswertung. In: KÖHLET, R., KÜPPER, H.-U., PFINGSTEN, A. (Hrsg.): Handwörterbuch der Betriebswirtschaft: 524-535. 6. Auflage. Schäffer-Poeschel, Stuttgart.

BAES, C., LUTHER, H., AMPUERO, S., MATTEI, S., BEE, G., SIDLER, X., SPRING, P., WEINGARTNER, U., HOFER, A. (2012): Estimating parameters for boar taint using small tissue samples. Presentation from 22nd International Pig Veterinary Society Congress (IPVS); 10.-13. Juni 2012, Jeju, Süd Korea.

BAGOZZI, R. (1994): Structural Equation Models in Marketing Research – Basic Principles. In: BAGOZZI, R. (Hrsg.): Principles of Marketing Research. Cambridge: 317-386.

BALTIC, M., RAICEVIC, S., TADIC, I., DRLJACIC, A. (1997): Influence of zeolite on skatole content of swine fat tissue. In: BONNEAU, M., LUNDSTÖM, K., MALMFORS, B. (Hrsg.): Boar taint in entire male pigs. EAAP Publication No. 92: 97-99.

BANON, S., COSTA, E., GIL, M. D., GARRIDO, M. D. (2003): A comparative study of boar taint in cooked and dry-cured meat. Meat Science 63 (3): 381-388.

BARCLAY, D., HIGGINS, C., THOMPSON, R. (1995): The Partial Least Squares (PLS) Approach to Causal Modeling. Personal Computer Adoption and Use as an Illustration. Technology Studies 2 (2): 285-314.

BARTON-GADE, P.A. (1987): Meat and fat quality in boars, castrates and gilts. Livestock Production Science 16 (2): 187-196.

BAUMGARTNER, J., BINDER, R., HAGMÜLLER, W. (2004): Aktuelle Aspekte der Kastration männlicher Ferkel. 2. Mitteilung: Alternativmethoden zur chirurgischen Kastration und zusammenfassende Bewertung. Wiener Tierärztliche Monatsschrift 91 (8): 198-209.

BEE, G., PURSEL, V. G., MITCHELL, A. D., MARUYAMA, K., WELLS, K. D., SOLOMON, M. B., WALL, R. J., COLEMAN, M. E., SCHWARTZ, R. J. (2007): Carcass composition and skeletal muscle morphology of swine expressing an insulin-like growth factor I transgene. Archiv für Tierzucht 50 (5): 501-519.

BEJERHOLM, C., BARTON-GADE, P. (1992): The relationship between skatol / androstenone on odour / flavor of meat from entire male pigs. In: BONNEAU, M. (Hrsg.): Measurement and prevention of boar taint in entire male pigs. INRA, Paris, Les Colloques 60: 151-157.

Literaturverzeichnis

BERGSMA, R., KNOL, E. F., FEITSMA, H. (2007): Parameters of AI boars and predicted correlated responses of selection against boar taint. In: Book of Abstracts of the 58th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. 26.-29. August 1997, Dublin Irland. Wageningen Academic Publishers, Wageningen: 64.

BETSCHER, S. J. (2010): Untersuchungen zum Einfluss der Vermahlungsintensität und Konfektionierung des Mischfutters auf morphologische, histologische und immunologische Parameter im Magen-Darm-Trakt von jungen Schweinen. Dissertation an der Tierärztlichen Hochschule Hannover.

BONNEAU, M. (2006): Factors affecting the level of androstenone. *Acta Veterinaria Scandinavia* 48 (Suppl. 1): S1-S7.

BONNEAU, M., DUFOUR, R., CHOUVET, V., ROULET, C., MEADUS, W., SQUIRES, E. J. (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. *Journal of Animal Science* 72 (1): 14-20.

BONNEAU, M., LEDENMAT, M., VAUDELET, J. C., VELOSUNES, J. R., MORTENSEN, A. B., MORTENSEN, H. P. (1992): Contributions of fat androstenone and skatole to boar taint: I. Sensory attributes of fat and pork meat. *Livestock Production Science* 32 (1): 63-80.

BONNEAU, M., MEUSY-DESSOLLE, N., LÉGLISE, P. C., CLAUS, R. (1982): Relationships between fat and plasma androstenone and plasma testosterone in fatty and lean young boars following castration. *Acta Endocrinologica* 101 (1): 129-133.

BONNEAU, M., OLIVER, M. A., FREDERIKSEN, B., EDWARDS, S. A. (2008): Attitudes, practices and state of the art regarding piglet castration in Europe: the pigcas project. 14. Präsentation des 59. Annual Meetings of the European Association for Animal Production (EAAP), Vilnius.

BOOTH, W. D. (1975): Changes with age in the occurrence of C19 steroids in the testes and submaxillary gland of the boar. *Journal of Reproduction and Fertility* 42 (3): 459-472.

BORRISSE-PAIRÓ, F., PANELLA-RIERA, N., ZAMMERINI, D., OLIVARES, A., GARRIDO, M. D., MARTINEZ, B., GIL, M., GARCÍA-REGUEIRO, J. A., OLIVER, M. A. (2016): Prevalence of boar taint in commercial pigs in Spanish farms. *Meat Science* 111: 177-182.

Literaturverzeichnis

BOYD, W. L., LICHSTEIN, H. C. (1955): The effect of carbohydrates on the tryptophanase activity of bacteria. *Journal of Bacteriology* 69 (5): 584-598.

BRACHER-JAKOB, A. (2000): Jungebermast in Forschung und Praxis: Literaturstudie und Standortbestimmung. Arbeit im Auftrag der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Nutztiere Posieux.

BREMNER, E. A., MAINLAND, J. D., KAHN, R. M., SOBEL, N. (2003): The Prevalence of Androstenone Anosmia. *Chemical Senses* 28 (5): 423-432.

BROOKS, R. I., PEARSON, A. M. (1986): Steroid hormone pathways in the pig, with special emphasis on boar odour: a review. *Journal of Animal Science* 62 (3): 632-645.

BUCHER, B. (2005): Die Hemmung der Androstenonsynthese als seine Alternative zur Ferkelkastration. Dissertation an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich.

BUNDESINSTITUT FÜR RISIKOBEWERTUNG (BfR) (2013): Fragen und Antworten zu den Auswirkungen des Antibiotika-Einsatzes in der Tierproduktion. Im Internet unter: http://www.bfr.bund.de/de/fragen_und_antworten_zu_den_auswirkungen_des_antibiotika_einsatzes_in_der_tierproduktion-128153.html. Abgerufen am: 7.4.2014.

BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (BMELV) (2012a): Zahl der Betriebe des Produzierenden Ernährungsgewerbes. Im Internet unter: <http://berichte.bmelv-statistik.de/DFT-9100100-0000.pdf>. Abgerufen am: 27.3.2014.

BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (BMELV) (2012b): Gesetzentwurf der Bundesregierung. Entwurf eines Dritten Gesetzes zur Änderung des Tierschutzgesetzes. Drucksache 17/10572. Im Internet unter: http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Tier/Tierschutz/BT-Drucks17_10572EntwurfTierschutzgesetz.pdf?__blob=publicationFile. Abgerufen am: 28.03.2013.

BUNDESRAT (2012): Tierschutznovelle passiert den Bundesrat. Im Internet unter: http://www.bundesrat.de/nn_8396/DE/service/thema-aktuell/13/20130201-Tierschutznovelle.html. Abgerufen: 6.6.2013.

Literaturverzeichnis

BYRNE D. V., THAMSBORG, S. M., HANSEN, L. L. (2008): 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 Science* 79 (2): 252-269.

CHEN, G. (2007): *Physiological and Biochemical Factors Responsible for Boar Taint*. Doktorarbeit an der Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.

CHEN, G., ZAMARATSKAIA, G., ANDERSSON, H. K., LUNDSTRÖM, K. (2007): Effects of raw potato starch and live weight on fat and plasma skatole, indole and androstenone levels measured by different methods in entire male pigs. *Food Chemistry* 101 (2): 439-448.

CHIN, W. (1998): The Partial Least Squares Approach to Structural Equation Modeling". In: MARCOULIDES, G. A. (Hrsg.): *Modern Business Research Methods*. Lawrence Erlbaum, Mahwah, N.J: 295-336.

CHOI, I., KIM, K.Y., LEE, E.J., KIM, Y.Y., CHUNG, C.S., CHANG, J., CHOI, N.J., CHUNG H.J., LEE, K.H. (2009): Ontogeny of expression and localization of steroidogenic enzymes in the neonatal and prepubertal pig testes. *Journal of Andrology* 30 (1): 57-74.

CHRISTOPHERSEN, T., GRAPE, C. (2007): Die Erfassung latenter Konstrukte mit Hilfe formativer und reflektiver Messmodelle. In: SÖNKE, A., KLAPPER, D., KONRADT, U., WALTER, A., WOLF, J. (Hrsg.): *Methodik der empirischen Forschung*. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden: 104-118.

CHUZEL, F., CLARK, A. M., AVALLETAND, O., SAEZ, J. M. (1996): Transcriptional regulation of the lutropin/human choriogonadotropin receptor and three enzymes of steroidogenesis by growth factors in cultured pig Leydig cells. *European Journal of Biochemistry* 239 (1): 8-16.

CLAUS, R. (1993): Die unendliche Geschichte der Ebermast. *Fleischwirtschaft* 73 (4): 449-453.

CLAUS, R. (1979): *Pheromone bei Säugetieren unter besonderer Berücksichtigung des Ebergeruchsstoffes und seiner Beziehung zu anderen Hodensteroiden*. Habilitationsschrift an der Technischen Universität München. Verlag Paul Parey.

Literaturverzeichnis

CLAUS, R. (1979b): Pheromones in mammals with special reference to boar taint and its relation to other testicular steroids. Fortschritte in der Tierphysiologie und Tierernährung. Beihefte zur Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde 10: 136.

CLAUS, R. (1975): Messung des Ebergeruchsstoffes im Fett von Schweinen mittels eines Radioimmunotests. 1. Mitteilung: Geruchsdepotbildung in Abhängigkeit vom Alter. Journal of Animal Breeding and Genetics 92 (1-4):118-126.

CLAUS, R., ALSING, G. (1976): Einfluss von Choriongonadotropin, Haltungsänderungen sowie des Ebergeruchsstoffes im Plasma und Fett eines Ebers. Berlin München Tierärztliches Wochenschriften 89 (18): 354-358.

CLAUS, R., HOFFMANN, B. (1980): Oestrogens, compared to other steroids of testicular origin, in blood plasma of boars. Acta Endocrinologica 94 (3): 404-411.

CLAUS, R., LÖSEL, D., LACORN, M., MENTSCHER, J., SCHENKEL, H. (2003): Effects of butyrate on apoptosis in the pig colon and its consequences for skatole formation and tissue accumulation. Journal of Animal Science 81 (1): 239-248.

CLAUS, R., RAAB, S. (1999): Influences on skatole formation from tryptophan in the pig colon. In: HUETHER, G., KOCHEN, W., SIMAT, T. J., STEINHART, H. (Hrsg): Tryptophan, Serotonin, and Melatonin. Advances in Experimental Medicine and Biology 467: 679-684.

CLAUS, R., WEILER, U. (1985): Influence of light and photoperiodicity on pig prolificacy. Journal of Reproduction Fertilization 33 (Suppl.): 185-197.

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

COHEN, J. (1988): Statistical Power Analysis for the Behavioral Science. 2. Auflage. Psychology Press, New York.

CONTE, S., BOYLE, L. A., O'CONNELL, N. E., LYNCH, P. B., LAWLOR, P. G. (2011): Effect of target slaughter weight on production efficiency, carcass traits and behaviour of restrictively fed gilts and intact male finisher pigs. Livestock Science 136 (2-3): 169-174.

Literaturverzeichnis

CZERKAWSKI, J.W., BRECKENRIDGE, G. (1977): Design and development of a long-term rumen simulation technique (Rusitec). *British Journal of Nutrition* 38 (3): 371-384.

DE CAMPOS, C. F., SOARES LOPES, M., FONSECAE SILVA, F., VERONEZE, R., KNOL, E. F., SÁVIO LOPES, P., GUIMARÃES, S. E. F. (2015): Genomic selection for boar taint compounds and carcass traits in a commercial pig population. *Livestock Science* 174: 10-17.

DE KOCK, H. L., HEINZE, P. H., POTGIETER, C. M., DIJKSTERHUIS, G. B. (2000): Temporal aspects related to perception of skatole and androstenone, the major boar odour compounds. *Meat Science* 57 (1): 61-70.

DEHNHARD, M., CLAUS, R., HERBERT, E., HILLENBRAND, M. (1995): Skatol- und Androstenonkonzentration in Fleischerzeugnissen aus Eberschlachtkörpern. In: Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten: Die Ebermast. Heft 449. Landwirtschaftsverlag, Münster: 55-71.

DEHNHARD, M., CLAUS, R., HILLENBRAND, M., HERZOG, A. (1993): High-performance liquid chromatographic method for the determination of 3-methylindole (skatole) and indole in adipose tissue of pigs. *Journal of Chromatography* 616 (2): 205-209.

DEMOSS, R. D., MOSER, K. (1969): Tryptophanase in diverse bacterial species. *Journal of Bacteriology* 98 (1): 167-171.

DIAMANTOPOULOS, A., WINKLHOFFER, H. M. (2001): Index Construction with Formative Indicators: An Alternative to Scale Development. *Journal of Marketing Research* 38 (2): 269-277.

DIEKMANN-LENARTZ, C., GREUNER, B. (2012): Ebermast – eine sinnvolle Alternative. Im Internet unter: <http://www.agrarheute.com/ebervermarktung?suchbegriff2=Ebermast>. Abgerufen am: 27.3.2014

DIJKSTERHUIS, G. B., ENGEL, B., WALSTRA, P., FONT I FURNOLS, M., AGERHEM, H., FISCHER, K., OLIVER, M. A., CLAUDI-MAGNUSSEN, C., SIRET, F., BÉAGUE, M. P., HOMER, D. B., BONNEAU, M. (2000): An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: II. Sensory evaluation by trained panels in seven European countries. *Meat Science* 54 (3): 261-269.

Literaturverzeichnis

DOBROWOLSKI, A., HÖRETH, R., BRANSCHIED, W. (1995): Der Schlachtkörperwert von Ebern und Börgen und Probleme der Klassifizierung. In: BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (Hrsg.): Die Ebermast - Fragen und Konsequenzen bei der Produktion von Schweinefleisch. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Reihe A: Angewandte Wissenschaft Heft 449. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster: 6-13.

DORAN, E., WHITTINGTON, F.M., WOOD, J.D., MCGIVAN, J.D. (2004): Characterisation of androstenone metabolism in pig liver microsomes. *Chemico-Biological Interactions* 147 (2): 141-149.

DORRIES, K. M., ADKINS-REGAN, E., HALPERN, B. P. (1997): Sensitivity and behavioural responses to the pheromone and 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 Animal Nutrition* 43 (2): 95-116.

DUCRO-STEVERINK, D. (2006): Selection against boar taint: a simulation study. *Acta Veterinaria Scandinavica* 48 (Suppl. 1): P6.

DUIJVESTEIJN, N., KNOL, E.F., BIJMA, P. (2012): Direct and associative effects for androstenone and genetic correlations with backfat and growth in entire male pigs. *Journal of Animal Science* 90 (8): 2465-2475.

DUIJVESTEIJN, N., KNOL, E., MERKS, J., CROOIJMANS, R., GROENEN, M., BOVENHUIS, H., HARLIZIUS, B., (2010): A genome-wide association study on androstenone Levels in pigs reveals a cluster of candidate genes on chromosome 6. *BMC Genetics*. 20: 11-42.

DUNSHEA, F. R., COLANTONI, C., HOWARD, K., MCCAULEY, I., JACKSON, P., LONG, K. A., LOPATICKI, S., NUGENT, E. A., SIMONS, J. A., WALKER, J., HENNESSY, D. P. (2001): Vaccination of boars with GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. *Journal of Animal Science* 79 (10): 2524-2535.

ENDER, K., KUHN, G., NÜRNBERG, K. (1993): Reducing boar taint by Yucca-extract (De-Odorase). 44th Annual Meeting of the EAAP, Aarhus, Dänemark, 16.-19. August 1993.

Literaturverzeichnis

ENGELSMA, K. A., BERGSMAN, R., HARLIZIUS, B., DUCRO-STEVERINK, D. W. B., KNOL, E. F. (2007a): Genetic parameters for components of boar taint and their relation with carcass quality and female fertility. EAAP 58th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. 26.-29. August 1997, Dublin Irland. Im Internet unter: http://www.eaap.org/Previous_Annual_Meetings/2007Dublin/Papers/S10_27_Engelsma.pdf. Abgerufen am: 5.5.2017.

ENGELSMA, K. A., BERGSMAN, R., KNOL, E. F. (2007b): Genetic parameters for components of boar taint and female fertility. In: Book of Abstracts of the 58th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. 26.-29. August 1997, Dublin Irland. Wageningen Academic Publishers, Wageningen: 64.

EUROPÄISCHE KOMMISSION (2009): Entscheidung der Kommission vom 11.5.2009 über die Erteilung einer Zulassung für das Tierarzneimittel "Improvac" gemäß der Verordnung (EG) Nr. 726/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates. Im Internet unter: http://ec.europa.eu/health/documents/communityregister/2009/2009051157528/dec_57528_de.pdf. Abgerufen am: 23.8.2014.

EUROPEAN FOOD AND SAFETY AUTHORITY (EFSA) (2004a): Welfare aspects of the castration of piglets: The EFSA Journal 91: 1-18.

EUROPEAN FOOD AND SAFETY AUTHORITY (EFSA) (2004b): Opinion of the Scientific Panel on Animal Health and Welfare on a request from the Commission related to welfare aspects of the castration of piglets 91: 1-18. Question number: EFSA-Q-2003-091.

FALKENBERG, H., BLÖDOW, G. (1981): Untersuchungen zum 5α -androst-16-en-3-on Gehalt von Jungebern und dessen Beziehungen zu Mast- und Schlachtleistungen. Archive für Tierzucht 24: 521-532.

FASSOTT, G., EGGERT, A. (2005): Zur Verwendung formativer und reflektiver Indikatoren in Strukturgleichungsmodellen: Bestandsaufnahme und Anwendungsempfehlungen. In: BLIEMEL, F., EGGERT, A., FASSOTT, G., HENSELER, J. (Hrsg.): Handbuch PLS Pfadmodellierungen. Schäffer-Poeschel, Stuttgart: 31-47.

Literaturverzeichnis

FEULGEN, R. (2013): Chemie der Eiweißkörper. In: BETHE, A., BERGMANN, A. V., EMBDEN, G., ELLINGER, A. (Hrsg.): Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie. Verdauung und Verdauungsapparat. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg: 214-294.

FISCHER, K. (1999): Eberfleisch – Was sagt der Verbraucher? Lohmann Information 1: 1-6.

FLACHOWSKY, G., BERK, A., SCHULZ, E. (2006): Ernährung und Fütterung der Schweine. In: BRADE, W., FLACHOWSKY, G. (Hrsg.): Schweinezucht und Schweineerzeugung - Empfehlungen für die Praxis. Braunschweig. Sonderheft 269: 123-155.

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

FORD, J.J. (1990): Differentiation of sexual behaviour in pigs. Journal of Reproduction and Fertility 40 (Suppl.): 311-321.

FOUILLOUX, M. N., LE ROY, P., GRUAND, J., RENARD, C., SELIER, P., BONNEAU, M. (1997): Support for single major genes influencing fat androstenone level and development of bulbo-urethral glands in young boars. Genetics Selection Evolution 29 (3): 357-366.

FRANCA, L.R., SILVA, V. A., CHIARINI-GARCIA, H., GARCIA, S. K., DEBELJUK, L. (2000): Cellproliferation and hormonal changes during postnatal development of the testis in the pig. Biology of Reproduction 63 (6): 1629-1636.

FREDRIKSEN, B., JOHNSEN, A. M. S., SKUTERUD, E. (2011): Consumer attitudes towards castration of piglets and alternatives to surgical castration. Research in Veterinary Science 90 (2): 352-357.

FREDRIKSEN, B., LIUM, B. M., HEXEBERG MARKA, C., MOSVEEN, B., NAFSTAD, O. (2008): Entire male pigs in farrow-to-finish pens-Effects on animal welfare. Applied Animal Behaviour Science 110: 258-268.

FREDRIKSEN, B., NAFSTAD, O., LIUM, B., MARKA, C., DAHL, E., CHOINSKI, J. (2006a): Artificial light programmes in entire male pig production - effects on androstenone, skatole and animal welfare. Acta Veterinaria Scandinavica, 48 (Suppl. 1): P3.

Literaturverzeichnis

FREDRIKSEN, B., NAFSTAD, O., MARKA, C.H., DAHL, E., CHOINSKI, J.U., LIUM, B.M. (2006b): Artificial light programmes in entire male pig production – effects on androstenone, skatole and animal welfare. Proc. 19th IPVS Congress, Kopenhagen, Dänemark 2: 598.

FRIEDEN, L., LOOFT, C., THOLEN, E. (2011): Breeding for reduced boar taint. Lohmann Information 46 (1): 21-27.

FRIIS, C. (1995): Is boar taint related to sex differences or polymorphism of skatole metabolism. Proceedings of a meeting of the EAAP working group Production and utilisation of meat from entire male pigs. Milton Keynes. 27-29. September 1995.

FUCHS, A. (2011): Methodische Aspekte linearer Strukturgleichungsmodelle. Ein Vergleich von kovarianz- und varianzbasierten Kausalanalyseverfahren. In: MEYER, M. (Hrsg.): Research Papers on Marketing Strategy No.2.

FUCHS, T. (2009): Beurteilung der Wirksamkeit und wirtschaftlichen Auswirkungen der Behandlung von Ebern mit Improvac® unter konventionellen Haltungsbedingungen. Dissertation an der Tierärztlichen Hochschule Hannover.

GIBIS, M., HILMES, C., FISCHER, A. (1998): Skatolbedingte Geruchs- und Geschmacksabweichungen bei Schweinefleisch. Fleischwirtschaft 78 (6): 727-730.

GIERSING, M., LUNDSTRÖM, K., ANDERSSON, A. (2000): Social effects and boar taint: significance for production of slaughter boars (*Sus scrofa*). Journal of Animal Science 78 (2): 296-305.

GILL, B.P., BAKER, M., SCHULZE, H. (1995): A pilot study to evaluate the effect of feed processing on skatole concentrations in subcutaneous fat of finishing pigs (Short communication). EAAP Working Group, Production and utilization of meat from entire male pigs, Milton Keynes, 27-29. September 1995.

GILL, B. P., HARDY, B., PERROT, J. G., WOOD, J. D., MAMILTON, M. (1993): The effect of dietary fiber on the meat eating and fat quality of finishing pigs fed ad libitum. Animal Production 56 (3): 421-422.

GÖTZ, K.-U., LITTMANN, E., WITTMANN, W., DODENHOFF, J. (2009): Impfung gegen Ebergeruch oder züchterische Maßnahmen. In: BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.):

Literaturverzeichnis

Herausforderungen für Schweinehalter. LfL-Jahrestagung 2009. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft. Tagungsband: 43-52.

GOWAN, V. R., NARENDHAN, R., ETCHERS, R. J. (1980): Effect of different levels of dietary protein on plasma 5 α -androstene concentration in young boars. *Canadian Journal of Animal Science* 60 (4): 1019-1022.

GRINDFLEK, E., MEUWISSEN, T. H. E., AASMUNDSTAD, T., HAMLAND, H., HANSEN, M. H. S., NOME, T., KENT, M., TORJESEN, P., LIEN, S. (2011): Revealing genetic relationships between compounds affecting boar taint and reproduction in pigs. *Journal of Animal Science* 89 (3): 680-692.

HANSEN, L. L., LARSEN, A. E. (1994): Effect of antibiotic feed additives on the level of skatole in fat of male pigs. *Livestock Production Science* 39 (3): 269-274.

HANSEN, L. L., LARSEN, A. E., JENSEN, B. B. (1997): Short time effect of zinc bacitracin and heavy fouling with faeces plus urine on boar taint in male pigs. *Animal Science* 64 (2): 351-363.

HANSEN, L. L., LARSEN, E. E., JENSEN, B. B., HANSEN-MØLLER, J., BARTON-GADE, P. (1994): Influence of stocking rate and faeces deposition in the pen at different temperatures on skatole concentration (boar taint) in subcutaneous fat. *Animal Production* 59 (1): 99-110.

HANSSON, K., LUNDSTRÖM, K., FJELKNER-MODING, S., PERSSON, J. (1980): The importance of androstene and skatole for boar taint. *Swedish Journal of Agricultural Research* 10 (4): 167-173.

HANSEN, L.L., LUNDSTRÖM, K., LAUE, A., JENSEN, M.T., AGERGAARD, N., BAEK, C., HANSEN-MØLLER, J. (1997): Skatole and androstene pattern during the growth period from 90 to 120 kg live weight in pigs with high or low skatole levels in back fat at slaughter. In: *Boar taint in entire male pigs*, EAAP Publication No. 92, Wageningen Press: 131-134.

HANSEN, L. L., MEJER, H., THAMSBORG, S. M., BYRNE, D. V., ROEPSTORFF, A., KARLSSON, A. H., HANSEN-MØLLER, J., JENSEN, M. T., TUOMOLA, M. (2006): Influence of chicory roots (*Cichorium Intybus* L.) on boar taint in entire male and female pigs. *Animal Science* 82 (3): 359-368.

Literaturverzeichnis

HANSEN, L. L.; STOLZENBACH, S.; JENSEN, J. A.; HENCKEL, P.; HANSEN-MØLLER, J.; SYRIOPOULOS, K.; BYRNE, D. V. (2008): 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 Science* 80 (4): 1165-1173.

HANSEN-MØLLER, J. (1994): Rapid high-performance liquid chromatographic method for simultaneous determination of androstenone, skatole and indole in back fat from pigs. *Journal of Chromatography* 661 (2): 219-230.

HARRÉ, R., SECORD, P. F. (1972): *The Explanation of Social behavior*. Blackwell, Oxford.

HAWE, S. M., WALKER, N., MOSS, B. W. (1992): The effect of dietary fibre, lactose and antibiotic on the levels of skatole and indole in faeces and subcutaneous fat in growing pigs. *Animal production* 54 (3): 413-419.

HENESSY, D. P. (2006): Global control of boar taint. Part 4. Immunological castration in action. *Pig Progress* 22 (6): 14-16.

HENNESSY, D., SALVATORE, L., SALI, L. (1995): Incidence and nature of boar taint in Australian pigs. Proceeding Meeting EAAP Working Group Production and Utilisation of Meat from Entire Male Pigs. Milton Keynes UK. Session III.

HENSELER, J., RINGLE, C. M., SINKOVICS, R. (2009): The Use of Partial Least Squares Path Modeling. *Advances in International Marketing*. In: SINKOVICS, R. R., GHOURI, P. R. (Hrsg.): *New Challenges to International Marketing*. *Advances in International Marketing* 20: 277-320.

HERRIEDENER ERKLÄRUNG (2017): Herriedener Erklärung. Im Internet unter: https://www.topagrar.com/dl/1/9/7/8/4/6/5/Herriedener_Erklaerung.pdf. Abgerufen am: 2.6.2017.

HERZOG, A., HERBERT, E., DEHNHARD, M., CLAUS, R. (1993): Vergleichende Messungen von Androstenon und Skatol in verschiedenen Geweben. In: BUNDESANSTALT FÜR FLEISCHFORSCHUNG: *Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach* 120: 116-124.

HESSE, D., GOLLNISCH, K. (2001): Böden in der Mastschweinehaltung. *Landtechnik* 56 (3): 162-163.

Literaturverzeichnis

HOMBURG, C. (1989): Exploratorische Ansätze der Kausalanalyse als Instrument der Marketingplanung. Verlag Peter Lange, Frankfurt, Main.

HUBER, F.; HERRMANN, A.; MEYER, F.; VOGEL, J.; VOLLHARDT, K. (Hrsg.) (2007): Kausalmodellierung mit Partial Least Squares - eine anwendungsorientierte Einführung, Wiesbaden.

HÜGEL, T. (2010): Überprüfung der Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit der Impfung gegen Ebergeruch im Feldversuch. Dissertation an der Universität München.

HÜHN, U. (2013): Sexualeigenschaften von Jungebern im Pubertätsalter. Nutztierpraxis aktuell 44: 4-9.

HÜHN, U. (2012): Keine Hormone. Bauernzeitung Nr.1: 41.

HUMMEL, T., WELGE-LÜSSEN, A. (2002): Geruchssinn. In: BUSCH-STOCKFISCH, M. (Hrsg.): Praxishandbuch. Sensorik. In der Produktentwicklung und Qualitätssicherung. Behr's Verlag, Hamburg: 5-12.

INITIATIVE TIERWOHL (2014): Kriterienkatalog Schweinemast.

INTERESSENGEMEINSCHAFT SCHWEINEHALTER DEUTSCHLAND E.V. (ISN) (2009): „Top Ten“ schlachten 70 Prozent aller deutschen Schweine. Im Internet unter: http://www.schweine.net/top_ten_schlachten_70_prozent_aller_deutschen_1.html. Abgerufen am: 28.3.2013.

JENSEN, B. B. (2006): Prevention of boar taint in pig production. Factors affecting the level of skatole. Acta Veterinaria Scandinavia 48 (Suppl. 1): S6.

JENSEN, B.B., AGERGAARD, N., HANSEN, L.L., MIKKELSEN, L.L., JENSEN, M.T., LAUE, A. (1998): Effect of liquid feed on microbial production of skatole in the hind gut, skatole absorption to portal vein blood and skatole deposition in back fat. In: JENSEN, W. K. (Hrsg.): Skatole and boar taint: 165-178. Danish Meat Research Institute, Roskilde.

JENSEN, M. T., COX, R. P., JENSEN, B. B. (1995a): 3-methylindole (skatole) and indole production by mixed population of pig fecal bacteria. Applied and Environmental Microbiology 61 (8): 3180-3184.

JENSEN, M. T., COX, R. P., JENSEN, B. B. (1995b): Microbial production of skatole in the hindgut of pigs given different diets and its relation to skatole deposition in back fat. Animal Science 61 (2): 293-304.

Literaturverzeichnis

JENSEN M. T., HANSEN, L. L. (2006): Feeding with chicory roots reduces the amount of odorous compounds in colon and rectal contents of pigs. *Animal Science* 82 (3): 369-376.

JENSEN, B. B., JENSEN, M. T. (1998): Microbial production of skatole in the digestive tract of entire male pigs. In: JENSEN, W. (Hrsg.): *Skatole and Boar Taint*. Danish Meat Research Institute, Roskilde: 41-75.

JONSSON, P. (1985): Gene action and maternal effects on social ranking and its relationship with production traits in pigs. *Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie* 102 (1-5): 208-220.

JONSSON, P., WISMER-PEDERSEN, J. (1974): Genetics of sex odour in boars. *Livestock Production Science* 1 (1): 53-66.

JONSSON, P., ANDRESEN, Ø. (1979): Experience during two generations of within lines boar performance testing, using 5 α -androst-16-ene-3-one (5 α -androstenone) and an olfactory judgement of boar taint. *Annales de Génétique et de Sélection Animale* 11 (3): 241-250.

KAMPHUES, J., BETSCHER, S. (2010): Expertenworkshop – Verzicht auf Ferkelkastration. Stand und Perspektiven. Geruchsabweichungen – Was kann die Fütterung erreichen? Im Internet unter: http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Tier/Tierschutz/Ferkelkastration-Kamphues-Betscher.pdf?__blob=publicationFile. Abgerufen am: 28.4.2017.

KARACAÖREN, B., DE KONING, D. J., VELANDER, I., PETERSEN, S., HALY, C. S., ARCHIBALD, A. L. (2010): Alternative Association Analyses on Boar Taint using Discordant Sib Pairs Experimental Design. Abstract from 9th World Congress on Genetics applied to Livestock Production. 1.-6. August 2010. Leipzig. Paper 743.

KELLER, K., WICKE, M., VON LENGERKEN, G. (1997): Influencing the androstenoen concentration of entire male pigs by mating AI boars with known fat androstenone level. In: BONNEAU, M., LUNDSTRÖM, K., MALMFORS, B. (Hrsg.): *Boar Taint in Entire Male Pigs*. Wageningen Pers, Wageningen: 119-122. EAAP Publication No. 92.

KJELDTSEN, N. J. (1993): Practical experience with production and slaughter of entire male pigs. In: BONNEAU, M (Hrsg.): *Measurement and Prevention of Boar Taint in Entire Male Pigs*: 137-144. INRA Edition, Paris.

Literaturverzeichnis

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

KNARREBORG, A., BECK, J., JENSEN, M.T., LAUE, A., AGERGAARD N., JENSEN B. B. (2002): Effect of non-starch polysaccharides on production and absorption of indolic compounds in entire male pigs. *Animal Science* 74 (3): 445-453.

KNECHT, M., LUNDSTRÖM, J. N., WITT, M., HÜTTENBRINK, K-B., HEILMANN, S., HUMMEL, T. (2003): Assessment of olfactory function and androstenone odour thresholds in humans with or without functional covering the vomeronasal duct. *Behavioral Neuroscience* 117(6): 1135-1141.

KNOL, E. F., BLOEMHOF, S., HERES, L., TACKEN, G. (2010): Selection against boar taint: Slaughter line panel and consumer perception. In: WCGALP 2010 - 9th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. 1.-6. August 2010; Leipzig, Germany: 1-4.

KOTULA-BALAK, M., HEJMEJ, A., KOPERA, I., LYDKAAND, M., BILINSKA, B. (2012): Prenatal and neonatal exposure to flutamide affects function of Leydig cells in adult boar. *Domestic Animal Endocrinology* 42 (3): 142-154.

KOUBA, M., ENSER, M., WHITTINGTON, F. M., NUTE, G. R., WOOD, J. D. (2003): Effect of a high linoleic acid diet on lipogenic enzyme activities, fatty acid composition, and meat quality in the growing pig. *Journal of Animal Science* 81 (8): 1967-1979.

KRAFFT, M., GÖTZ, O., LIEHER-GOBBER, K. (2005): „Die Validierung von Strukturgleichungsmodellen mit Hilfe des Partial-Least-Squares (PLS)-Ansatzes“ in: BLIEMEL, F., EGGERT A., FASSOTT, G., HENSELER, J. (Hrsg.): *Handbuch PLS - Pfadmodellierung, Methode, Anwendung, Praxisbeispiele*. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart: 71-86.

KRUSE, A. (2014): Untersuchungen zu spezifischen Mischfutterkonzepten für die Endmast von Ebern zur Minimierung der Skatols- bzw. Androstenon-bedingten Geruchsabweichungen am Schlachtkörper. Dissertation an der Tierärztlichen Hochschule Hannover.

KUPPER, T.; SPRING, P. (2008): Alternative Methoden zur konventionellen Ferkelkastration ohne Schmerzausschaltung - Projekt ProSchwein - Synthesebericht. Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft. Im Internet unter: <http://www.shl.bfh.ch/index.php?id=299>. Abgerufen am: 6.1.2011.

Literaturverzeichnis

LANTHIER, F., LOU, Y., TERNER, M. A., SQUIRES, E. J. (2006): Characterizing developmental changes in plasma and tissue skatole concentrations in the prepubescent intact male pig. *Journal of Animal Science* 84 (7): 1699-1708.

LEDENMAT, M., HERVO, N., VAUDELET, J. C., NONNEAU, M. (1993): The effect of slaughter weight on fat androstenone and skatole levels and on the assessment of boar taint in entire male pigs. In: BONNEAU, M. (Hrsg.): *Measurement and Prevention of Boar Taint in Entire Male Pigs*. INRA, Paris: 167-171. Les Colloques No. 60.

LEE, G. J., ARCHIBALD, A. L., LAW, A. S., LLOYD, S., WOOD, J. D., HALEY, C. S. (2005): Detection of quantitative trait loci for androstenone, skatole and boar taint in a cross between Large White and Meishan pigs. *Animal Genetics* 36 (1): 14-22.

LE ROY, P., FOUILLOUX, M. N., BONNEAU, M., GRUAND, J., RENARD, C., SELLIER, P. (1997): Evidence for single major genes influencing fat androstenone level and development of bulbo-urethral glands in young boars. In: BONNEAU, M., LUNDSTRÖM, K., MALMFORS, B. (Hrsg.): *Boar taint in entire male pigs: Proceedings of a meeting of the EAAP working group "Production and Utilisation of Meat from Entire Male Pigs"*; EAAP Publication No. 92. Stockholm 1.-3. Oktober 1997. Wageningen Press: 127-130.

LERVIK, S., OSKAM, I., KROGENÆS, A., ANDRESEN, Ø., DAHL, E., HAGA, H. A., TAJET, H., OLSAKER, I., ROPSTAD, E. (2013): Androstenone and testosterone levels and testicular morphology of Duroc boars related to estimated breeding value for androstenone. *Theriogenology* 79 (6): 986-994.

LINDERMAYER, H., PREIßINGER, W., PROPSTMEIER, G., SCHEDLE, K. (2012): Ebermast – Fütterungsversuch mit Lysinanhebung und Inulingaben zur Reduzierung des Ebergeruchs (Skatol). *Versuchsbericht VPS 28*. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft.

LOHMÖLLER, J. B. (1989): *Latent Variable Path Modeling with Partial Least Squares*. Physica Verlag, Heidelberg.

LÖSEL, D. (2006): *Versuche zur Verbesserung der sensorischen Fleischqualität beim Schwein durch nutritive Hemmung der Skatolbildung*. Dissertation an der Universität Hohenheim.

LÖSEL, D., CLAUS, R. (2005): Dose-dependent effects of resistant potato starch in the diet on intestinal skatole formation and adipose tissue accumulation in the pig. *Journal of veterinary medicine. A, Physiology, pathology, clinical medicine* 52 (2): 209-212.

Literaturverzeichnis

LÖSEL, D., LACORN, M., BÜTTNER, D., CLAUS, R. (2006): Flavor improvement in pork from barrows and gilts via inhibition of intestinal skatole formation with resistant potato starch. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54 (16): 5990-5995.

LUNDE, K., EGELANDSDAL, B., CHOINSKI, J., MIELNIK, M., FLÄTTEN, A., KUBBERØD, E. (2008): Marinating as a technology to shift sensory thresholds in ready-to-eat entire male pork meat. *Meat Science* 80 (4): 1264-1272.

LUNDSTRÖM, K., MALMFORS, B., MALMFORS, G., PETERSSON, H., STERN, S., MORTENSEN, A. B., SØRENSEN, S. E. (1984): Boar taint and bitter taste as affected by androstenone and skatole. *Proceedings of the 30th European Meeting of Meat Research Workers*. Bristol, 9.-14. September 1984: 397-398.

LUNDSTRÖM, K., MALMFORS, B., MALMFORS, G., STERN, S., PETERSSON, H., MORTENSEN, A. B., SØRENSEN, S. E. (1988): Skatole, androstenone and boar taint in boars fed two different diets. *Livestock Production Science* 18(1): 55-67.

LUNDSTRÖM, K., MALMFORS, B., STERN, S., RYDHMER, L., ELIASSON-SELLING, L., MORTENSEN, A. B. (1994): Skatole levels in pigs selected for high lean tissue growth rate on different dietary protein levels. *Livestock Production Science* 38 (2): 125-132.

LUNDSTRÖM, K., MATTHEWS, K. R., HAUGEN, J. E. (2009): Pig meat quality from entire males. *Animal* 3 (11): 1497-1507.

LUNDSTRÖM, K., ZAMARATSKAIA, G. (2006): Moving towards taint-free pork – alternatives to surgical castration. *Acta Veterinaria Scandinavia* 48 (Suppl. 1): S1.

MARIBO, H. (1992): Time from last feed to slaughter in relation to skatole level in entire male pigs. *38th International Congress of Meat Science and Technology*: 201-204. Clermont-Ferrand, Frankreich.

MATTHEWS, K. R., HOMER, D. B., PUNTER, P., BÉAGUE, M.-P., GISPERT, M., KEMPSTER, A. J., AGERHEM, H., CLAUDI-MAGNUSSEN, C., FISCHER, K., SIRET, F., LEASK, H., FONT I FURNOLS, M., BONNEAU, M. (2000a): An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: III. Consumer survey in seven European countries. *Meat Science* 54 (3): 271-283.

Literaturverzeichnis

MATTHEWS, K. R., HOMER, D. B., THIES, F., CALDER, P. C. (2000b): Effect of whole linseed (*linum usitatissimum*) in the diet of finishing pigs on growth performance and on the quality and fatty acid composition of various tissues. *British Journal of Nutrition* 83 (6): 637-643.

MEINECKE, B. (2000): Reproduktion beim Säugetier. In: ENGELHARDT, W.V., BREVES, G. (Hrsg.): *Physiologie der Haustiere*: 514-554. Enke im Hippokrates Verlag, Stuttgart.

MENTSCHEL, J., CLAUS, R. (2003): Increased butyrate formation in the pig colon by feeding raw potato starch leads to a reduction of colonocyte apoptosis and a shift to the stem cell compartment. *Metabolism* 52: 1400-1405.

MEREDITH, M. (2001): Human Vomeronasal Organ Function: A Critical Review of Best and Worst Cases. *Chemical Senses* 26 (4): 433-445.

MERKS, J., BERGSMAS, R., BLOEMHOF, S., ROELOFS-PRINS, D. T., KNOL, E. F. (2010a): Quantitative genetic opportunities to ban castration. In: *Book of Abstracts of the 61th Annual Meeting of the European Association for Animal Production*; 23.-27. August 2010; Heraklion, Griechenland. Wageningen Academic Publishers, Wageningen (Book of abstracts No 16): 135.

MERKS, J., HANENBERG, E., BLOEMHOF, S., KNOL, E. F. (2009): Genetic opportunities for pork production without castration. *Animal Welfare* 18 (4): 539-544.

MEYER, E., ALERT, H-J., BÖHM, A. (2013): *Verfahrenstechnik für eine wirtschaftliche Ebermast. Fütterungs- und Haltungsanforderungen an eine wirtschaftliche Ebermast. Schriftenreihe des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Heft 22.*

MÖRLEIN, D. (2012): Ebergeruch – (k)ein Problem? Chancen und Risiken der Ebermast aus sensorischer Sicht. *Züchtungskunde* 84 (5): 427-438.

MÖRLEIN, D. (2009): Kastrationsverzicht in der Schweinehaltung: Sensorische Aspekte. Im Internet unter: <http://www.zds-bonn.de/services/files/fachtagung09032009/M%C3%B6rleinII090309.pdf>. Abgerufen am: 27.3.2014.

MORTENSEN, H.P. (1989): The influence of breed, energy and protein in the feed on skatole content in female pigs, castrates and entire male pigs. Manuscript No. 837E, Danish Meat Research Institute.

Literaturverzeichnis

MÜLLER, S. (2012): Wie viel Lysin brauchen die Eber? SUS 4: 40-43.

MÜLLER, S., LESCH, B., SCHAD, W., SCHELIGA, M. (2012): Sind Eber während der Mast aggressiver? Ergebnisse aus Verhaltensbeobachtungen unter Praxisbedingungen. Schweinezucht aktuell 40: 13-15.

MÜLLER, S., OTTO, M., REIMANN, G., WEILER, U. (2010): Eber auf Herz und Nieren geprüft. DLZ-Primus Schwein 12: 40-45.

NEUPERT, B., CLAUS, R., HERBERT, E., WEILER, U. (1995): Einfluss von Geschlecht, Fütterung und Lichtprogramm auf Mastleistung und Schlachtkörperwert sowie die Androstenon- und Skatolbildung beim Schwein. Züchtungskunde 67 (4): 317-331.

o.V. (2011): Schlachtgewicht hat keinen Einfluss auf Ebergeruch. Topagrar online. Im Internet unter: <http://www.topagrar.com/news/Schwein-News-Schlachtgewicht-hat-keinen-Einfluss-auf-Ebergeruch-93808.html>. Abgerufen am: 1.2.2017.

o.V. (2009): Improvac® - Zusammenfassung für die Öffentlichkeit. Europäischer öffentlicher Beurteilungsbericht (EPAR). Im Internet unter: http://www.emea.europa.eu/docs/de_DE/document_library/EPAR_-_Summary_for_the_public/veterinary/000136/WC500064055.pdf. Abgerufen am: 10.6.2013.

ØVERLAND, M., BERG J., MATRE, T. (1995): The effect of feed and feeding regime on skatole and androstenone levels and on sensory attributes of entire male and female pigs. Proceedings of the Meeting EAAP Working Group, Production and Utilisation of Meat from Entire Male Pigs. Milton Keynes, UK.

PATTERSON, R. L. (1968): 5-alpha-androst-16-en-3-one: Compound responsible for taint in boar fat. Journal of the Science of Food and Agriculture 19 (1): 31-38.

PATTERSON, R. L., LIGHTFOOT, A. L. (1984): Effect of sex grouping during growth on 5 α -androstenone development in boars at three commercial slaughter weights. Meat Science 10 (4): 253-263.

PAULY, C., KUPPER, T., SPRING, P. (2009): Jungebermast - eine Möglichkeit in der Schweiz? Agrarforschung 16 (1): 22-27.

Literaturverzeichnis

PAULY, C., SPRING, P., O'DOHERTY, J.V., AMPUERO KRAGTEN, S., BEE, G. (2008): Performances, meat quality and boar taint of castrates and entire male pigs fed a standard and a raw potato starch-enriched diet. *Animal Science*, 2 (11): 1707-1715.

PEDERSEN, B. (1998): Heritability of skatole in back fat. In: JENSEN, W. K. (Hrsg.): Skatole and boar taint. Danish meat research Institute, Roskilde, Dänemark: 129-136.

PETRI, W. (1980): Untersuchungen zu Rassenabhängigkeit des Eintritts der Geschlechtsreife während der Mastperiode. Versuchs- und Erfahrungsbericht der Landesanstalt für Schweinezucht Forchheim.

PRANGE, H. (2004): Schutz vor Haltungsschäden. In: PRANGE, H.: Gesundheitsmanagement Schweinehaltung: 241-243. Verlag Ulmer, Stuttgart.

PREINERSTORFER A., LEITHOLD, A., HUBER, G., KRIMBERGER, B., MÖSENBACHER-MOLTERER, I. (2010): Erfahrungen zur Ebermast. Nutztierschutztagung Raumberg-Gumpenstein 2010: 47-54.

PRIEBNITZ, J-L. (2006) Die Adaption des Pansenepithels im zeitlichen Verlauf in Abhängigkeit von der Fütterung am Modell des Schafes. Dissertation an der Freien Universität Berlin.

PRITZEL, M., BRAND, M., MARKOWITSCH, H. J. (2009): Gehirn und Verhalten. Ein Grundkurs der physiologischen Psychologie. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

QS QUALITÄT UND SICHERHEIT GMBH (QS GMBH) (Hrsg.) (2013): Kompass Jungebermast. Bonn.

QUINTANILLA, R., DEMEURE, O., BIDANIEL, J. P., MILAN, D., IANNUCELLI, N., AMIGUES, Y., GRUAND, J., RENARD, C., CHEVALET, C., BONNEAU, M. (2003): Detection of quantitative trait loci for fat androstenone levels in pigs. *Journal of Animal Science* 81 (2): 385-394.

RAAB, S., LEISER, R., KEMMER, H., CLAUS, R. (1998): Effects of energy and purines in the diet on proliferation, differentiation, and apoptosis in the small intestine of the pig. *Metabolism Clinical and Experimental* 47 (9): 1105-1111.

RASMUSSEN, M.K., BRUNIUS, C., ZAMARATSKAIA, G., EKSTRAND, B. (2012): Feeding dried chicory root to pigs decrease androstenone accumulation in fat by increasing hepatic 3 β hydroxysteroid dehydrogenase expression. *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology* 130 (1-2): 90-95.

Literaturverzeichnis

REINARTZ, W., HAENLEIN, M., HENSELER, J. (2009): An empirical comparison of the efficacy of covariance-based and variance-based SEM. *International Journal of Research in Marketing* 26 (4): 332-344.

RIDEOUT, T. C., FAN, M. Z., CANT, J. P., WAGNER-RIDDLE, C., STONEHOUSE, P. (2004): Excretion of major odour-causing and acidifying compounds in response to dietary supplementation of chicory inulin in growing pigs. *Journal of Animal Science* 82 (6): 1678-1684.

RINGLE, C. M. (2004): Kooperationen in virtuellen Unternehmungen: Auswirkungen auf die strategischen Erfolgsfaktoren der Partnerunternehmen. Dissertation an der Universität Hamburg. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden.

RINGLE, C., BOYSEN, N., WENDE, S., WILL, A. (2006): Messung von Kausalmodellen mit dem Partial-Least-Squares-Verfahren. *Das Wirtschaftsstudium* 35 (1): 81-89.

RINGLE, C., SPREEN, F. (2007): Beurteilung der Ergebnisse von PLS-Pfadanalysen. *Das Wirtschaftsstudium* 35 (2): 211-216.

ROBERFROID, M. B.; VAN LOO, J. A.; GIBSON, G. R. (1998): The bifidogenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products. *The Journal of Nutrition* 128 (1): 11-19.

ROTHSCHILD, M. F., RUVINSKY, A. (1998): *The genetics of the pig*. CAB International, Wallingford Oxon.

ROWE, S. J., KARACAÖREN, B., KONING, D-J. DE, LUKIC, B., HASTINGS-CLARK, N., VELANDER, I., HALEY, C. S., ARCHIBALD, A. L. (2014): Analysis of the genetics of boar taint reveals both single SNPs and regional effects. *BMC Genomics* 15 (1): 424.

SALMON, L., EDWARDS, S. A. (2015): The effects of dietary fructo-oligosaccharide addition on boar taint compounds and performance in heavy slaughter weight boars and gilts. *Animal Feed Science and Technology* 207: 130-139.

SAUTER, J. (2012): Inodorus - Der German Piétrain-Eber für die Ebermast. 2012. Im Internet unter: www.german-genetic.de/aktuelles/news/69-pressemitteilungen/133-inodorus-der-german-pietrain-eber-fuer-die-ebermast.html. Abgerufen am: 1.2.2017.

SCHRADE, H. (2012): Praxisorientierte Alternativen zur betäubungslosen Ferkelkastration. Vortrag am 10.-11.7.2012 in Hohenheim. Im Internet unter: <http://www.landwirtschaft-mlr.baden->

wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1376899_l1/ltz_Tierische%20Produktion%20und%20Vermarktung%20-%20Schrade%20-%20Praxisorientierte%20Alternativen%20zur%20bet%C3%A4ubungslosen%20Ferkelkastration.pdf. Abgerufen am: 10.6.2013.

SCHÜTZ, L.-M. (2014): Einsatz von polyphenolhaltigen Pflanzenextrakten und Präbiotika im Futter von Jungebern zur Verminderung von Ebergeruch. Dissertation an der Universität Gießen.

SELLIER, P. (1998): Genetics of meat and carcass traits. In: ROTHSCHILD, M., RUVINSKI, A. (Hrsg.): The genetics of the pig. Wallingford, CAB International: 463-510.

SELLIER, P., BONNEAU, M. (1998): Genetic relationships between fat androstenone level in males and development of male and female genital tract in pigs. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 105 (1-6): 11-20.

SELLIER, P., LE ROY, P., FOUILLOUX, M. N., GRUAND, J., BONNEAU, M. (2000): Responses to restricted index selection and genetic parameters for fat androstenone level and sexual maturity status of young boars. *Livestock Production Science* 63 (3): 265-274.

SINCLAIR, P.A., HANCOCK, S., GILMORE, W.J., SQUIRES, E.J. (2005): Metabolism of the 16-androstene steroids in primary cultured porcine hepatocytes. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology* 96 (1): 79-87.

ŠKRLEP, M., BATOREK LUKAČ, N., PREVOLNIK POVŠE, M., TOMAŽIN, U., LABUSSIÈRE, E., ČANDEK-POTOKAR, M. (2015): The effect of dietary fibre content on skatole and indole production in faeces of immunocastrated male pigs. *Poljoprivreda* 21 (Suppl. 1): 182-185.

SOMMER, T. (2007): Die Regulation der Futteraufnahme beim Schwein. Untersuchung der Wirkung eines Serotonin Noradrenalin Wiederaufnahmehemmers (Sibutramin) und eines MCH-R1 Antagonisten (Compound B4). Dissertation an der Universität Hohenheim.

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

SQUIRES, E. J. (1999): Genetics of boar taint: implications for the future use of intact males. Proceedings from the 1999 Annual Conference and Meeting of the National Swine Improvement Federation (NSIF) 24. Des Moines, Iowa.

Literaturverzeichnis

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

SQUIRES, E. J., LUNDSTRÖM, K. (1997): Relationship between cytochrome P450IIE1 in liver and levels of skatole and its metabolites in entire male pigs. *Journal of Animal Science* 75 (9): 2506-2511.

STAMER, S., NÜRNBERG, K., KANITZ, W., KALM, E. (1993): Assessment of boar taint by androstenone and skatole levels and organoleptic tests. In: BONNEAU, M. (Hrsg.): *Measurement and Prevention of Boar Taint in Entire Male Pigs*. INRA, Paris: 87-92. Les Colloques No. 60.

STATISTISCHES BUNDESAMT (2017): *Produzierendes Gewerbe. Beschäftigung und Umsatz der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden. Fachserie 4 Reihe 4.1.1.*

STATISTISCHES BUNDESAMT (2016a): *Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Viehbestand. Fachserie 3 Reihe 4.1.*

STATISTISCHES BUNDESAMT (2016b): *Tiere und tierische Erzeugung. Im Internet unter: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/TiereundtierischeErzeugung/Tabellen/GewerbSchlachtungJahr.html>. Abgerufen am: 11.07.2016.*

STATISTISCHES BUNDESAMT (2013a): *Tierische Erzeugung. Im Internet unter: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaft/TierischeErzeugung/Tabellen/GewerbSchlachtungHJ.html>. Abgerufen am: 28.03.2013.*

STATISTISCHES BUNDESAMT (2013b): *Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Schlachtungen und Fleischerzeugung. Fachserie 3 Reihe 4.2.1. Im Internet unter: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/LandForstwirtschaft/ViehbestandTierischeErzeugung/SchlachtungFleischerzeugung2030421123244.pdf?__blob=publicationFile. Abgerufen am: 05.09.2017.*

STATISTISCHES BUNDESAMT (2012): *Statistisches Jahrbuch 2011. Wiesbaden.*

STATISTISCHES BUNDESAMT (2008): *Vom Erzeuger zum Verbraucher. Fleischversorgung in Deutschland. Ausgabe 2008. Wiesbaden.*

STATISTISCHES BUNDESAMT (2007): Statistisches Jahrbuch 2007. Wiesbaden.

STEINMANN, M., SCHULZE-GEISTHÖVEL, S., TILLKORN, T., BRINGS, A. D., TRENKEL, H., BERG, E. (2012): Ökonomische Bewertung alternativer Verfahren zur betäubungslosen Ferkelkastration unter Berücksichtigung ethischer und gesellschaftlicher Anforderungen. In: Schriftenreihe der Rentenbank: Veredlungsstandort Deutschland. Herausforderungen von Gesellschaft, Politik und Märkten. Band 28. Frankfurt am Main: 139-173.

STØIER, S. (1994): Deviating smell in Danish entire male pigs - relative to skatole and androstenone contents. 40th International Congress of Meat Science and Technology, 28.8.-2.9.1994 in Hague, Netherlands.

STOLL, P. (2003): Jungebermast – Fleischproduktion mit unkastrierten männlichen Schweinen. Informationsgespräch „Alternativen zur Ferkelkastration ohne Schmerzausschaltung“. 29. Januar 2003, Olten.

STRATHE, A. B., VELANDER, I. H., MARK, T., OSTERSEN, T., HANSEN, C., KADARMIDEEN, H. N. (2013): Genetic parameters for male fertility and its relationship to skatole and androstenone in Danish Landrace boars. *Journal of Animal Science* 91 (10): 4659-4668.

TAJET, H., ANDRESEN, Ø., MEUWISSEN, T. H. E. (2006): Estimation of genetic parameters of boar taint, skatole and androstenone and their correlations with sexual maturation. *Acta Veterinaria Scandinavica* 48 (Suppl. 1): S1-S9.

THIERFELD, K. (2011): Der Einfluss genetischer Variationen in NRG1, G72, DAO und PPP3CC auf Schizophrenie. Eine Replikations- und Endophänotypenstudie. Dissertation an der Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität zu München.

THOLEN, E., FRIEDEN, L. (2010): Züchterische Möglichkeiten zur Reduktion von "Ebergeruch"; Bonn 11.3.2010. Im Internet unter: http://www.uni-kassel.de/fb11/alm/documents/Workshop%20Bonn_Frieden_Zuechtung.pdf. Abgerufen am: 1.2.2017.

THÜRINGER MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, NATURSCHUTZ UND UMWELT (o. J.): Was ist Schweinefleischqualität? Erfasste Merkmale und ihre Bedeutung. Im Internet unter: <http://www.tll.de/ainfo/pdf/pigq0906.pdf>. Abgerufen am: 1.2.2017.

Literaturverzeichnis

TIERSCHUTZGESETZ §5, Absatz 3 Nr. 1a

TREYER, D., LINDEROTH, P., LIEBL, T., PEGEL, M., WEILER, U., CLAUS, R. (2012): Influence of sex, age and season on body weight, energy intake and endocrine parameter in wild living wild boars in South Germany. *European Journal of Wildlife Research* 58 (1): 373-378.

TUOMOLA, M., VAHRA, M., KALLIO, H. (1996): High-performance liquid chromatography determination of skatole and indole levels in pig serum, subcutaneous fat, and submaxillary salivary glands. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44 (5): 1265-1270.

URBANOVÁ, D., STUPKA, R., OKROUHLA, M., ČÍTEK, J., VEHOVSKÝ, K., ZADINOVÁ, K. (2016): Nutritional Effects on Boar Taint in entire male Pigs: a Review. *Scientia Agriculturae Bohemica* 47 (4): 154-163.

VAN OECKEL, M. J., CASTEELS, M., WARNANTS, N., BOEVER, J. L. DE, RENTERGHEM, R. VAN, BOUCQUÉ, C. V. (1996): Production of entire males with Belgian Landrace and hybrid pigs: the incidence of sensory aberrations. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 76 (1-5): 111-121.

VAN OECKEL, M. J., WARNANTS, N., DE PAEPE, M., CASTEELS, M., BOUCQUÉ, C. V. (1998): Effect of fibre-rich diets on the backfat skatole content of entire male pigs. *Livestock Production Science* 56 (2): 173-180.

VARONA, L., VIDAL, O., QUINTANILLA, R., GIL, M., SÁNCHEZ, A., FOLCH, J. M., HORTOS, M., RIUS, M. A., AMILLS, M., NOQUERA, J. L. (2005): Bayesian analysis of quantitative trait loci for boar taint in a Landrace outbred population. *Journal of Animal Science* 83 (2): 301-307.

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.

VHILE, S. G.; KJOS, N. P.; SORUM, H.; OVERLAND, M. (2012): Feeding Jerusalem artichoke reduced skatole level and changed intestinal microbiota in the gut of entire male pigs. *Animal* 6 (5): 807-814.

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

Literaturverzeichnis

Voss, B. (2012): Chancen und Risiken der Ebermast. Vortrag im Rahmen des VLF-Bundesseminars 2012. Im Internet unter: [http://www.dlr-eifel.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/a92d4c0e5edbe6edc1256ec10032714e/17e649f2fcfd875fc12579a40028e17d/\\$FILE/14_201201_Ebermast-printout.pdf](http://www.dlr-eifel.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/a92d4c0e5edbe6edc1256ec10032714e/17e649f2fcfd875fc12579a40028e17d/$FILE/14_201201_Ebermast-printout.pdf). Abgerufen am: 27.3.2014.

WÄHNER, M. (2013): Schweinezucht. Im Internet unter: <http://www.kolleg.loel.hs-anhalt.de/cmsloel/fileadmin/Dateien/Professor/MartinWaehner/Downloads/SpezielleTP/Schweinezucht/Schweinerassen.pdf>. Abgerufen am 27.10.2016.

WÄHNER, M. (2006): Fortpflanzung und Biotechnik. In: BRADE, W., FLACHOWSKY, G. (Hrsg.): Schweinezucht und Schweinefleischerzeugung. Empfehlungen für die Praxis: 65-93. Sonderheft 296. Landbauforschung Völkenrode. FAL Agricultural Research.

PRINZ ZU WALDECK, C., FRINGS, S. (2005): Die molekularen Grundlagen der Geruchswahrnehmung. Wie wir riechen, was wir riechen. *Biologie unserer Zeit* 35 (5): 302-310.

WALSTRA, P. (1985): To catch the boar taint. CEC Seminar "Consumer's perception of quality versus laboratory panel and instrument assessment", Brüssel. Mimeograph: 7ff.

WALSTRA, P., CLAUDI-MAGNUSSEN, C., CHEVILLON, P., VON SETH, G., DIESTRE, A., MATTHEWS, K. R., HOMER, D. B., BONNEAU, M. (1999): An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: levels of androstenone and skatole by country and season. *Livestock Production Science* 62 (1): 15-28.

WALSTRA, P., GARSSEN, G. J. (1995): Influence of quality of the pigs and season on androstenone level. In: *Proceeding Meeting EAAP Working Group on Production and Utilisation of Meat from Entire Male Pigs*. Milton Keynes, United Kingdom: 6. Session III.

WALSTRA, P., MAARSE, G. (1970): Onderzoek gestachlengen van mannelijke mestvarkens. Researchgroep voor Vlees en Vleeswaren TNO, IVO-rapport C-147, Rapport 2: 30.

WANG, Y., MCALLISTER, T.A., CHEEKE, P.R., HILEY, P., CHENG, K.-J. (1999): Assessment of inhibitory effects of ruminal fluid on biological activity of saponins using hemolytic assay. *Canadian Journal of Animal Science* 79 (4): 561-564.

Literaturverzeichnis

WANG, Y., MCALLISTER, T.A., NEWBOLD, C.J., RODE, L.M., CHEEKE, P.R., CHENG, K.-J. (1998): Effect of Yucca schidigera extract on fermentation and degradation of steroidal saponins in the rumen simulation technique (RUSITEC). *Animal Feed Science and Technology* 74 (2): 143-153.

WANG, J. F., ZHU, Y. H., LI, D. F., WANG, M., JENSEN, B. B. (2004): Effect of type and level dietary fibre and starch on ileal and faecal microbial activity and short-chain fatty acid concentrations in growing pigs. *Animal Science* 78 (1): 109-117.

WARZECHA, A. C. (2006): Untersuchungen zu Fütterungseinflüssen (Einsatz von Trockenschnitzeln bzw. Lignocellulose sowie unterschiedliche Vermahlungsgrade der Mischfutterkomponenten) auf die Kotbeschaffenheit und -zusammensetzung bei Sauen. Dissertation an der Tierärztlichen Hochschule Hannover.

WEIBER, R., MÜHLHAUS, D. (2010): Strukturgleichungsmodellierung: Eine anwendungsorientierte Einführung in die Kausalanalyse mit Hilfe von AMOS, SmartPLS und SPSS. Berlin et al..

WEILER, U., CLAUS, R., HOFÄCKER, S. (1992): Ebermast und Geschlechtsgeruch: Eine physiologische Analyse. *Lohmann Information* (7/8): 1-10.

WEILER, U., DEHNHARD, M., HERBERT, E., CLAUS, R. (1995): Einfluss von Geschlecht, Genotyp und Mastendgewicht auf die Androstenon- und Skatolkonzentration im Fett von Mastschweinen. In: Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten: Die Ebermast. Heft 449. Landwirtschaftsverlag, Münster: 14-32.

WEILER, U., DEHNHARD, M., HOFÄCKER, S., CLAUS, R. (1996): Influence of a light programme on metabolically active hormones and food intake in domestic pigs compared to a wild boar. *Canadian Journal of Animal Science* 76 (4): 531-539.

WEILER, U., FISCHER, K., KEMMER, H., DOBROWOLSKI, A., CLAUS, R. (1997): Influence of androstenone sensitivity on consumer reactions to boar meat. In: BONNEAU, M., LUNDSTRÖM, K., MALMFORS, B. (Hrsg.): Boar taint in entire male pigs: 147-151. EAAP Publication No. 92.

WEILER, U., FONT I FURNOLS, M., FISCHER, H., KEMMER, H., OLIVER, M. A., GISPERT, M., DOBROWOLSKI, A., CLAUS, R. (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 Science* 54 (3): 297-304.

Literaturverzeichnis

WEILER, U., WESOLY, R. (2012): Physiologische Aspekte der Androstenon- und Skatolbildung beim Eber. *Züchtungskunde* 84 (5): 365-393.

WESOLY, R., JUNGLUTH, I., STEFANSKI, V., WEILER, U. (2015): Pre-slaughter conditions influence skatole and androstenone in adipose tissue of boars. *Meat Science* 99: 60-67.

WESOLY, R., STEFANSKI, V., WEILER, U. (2016): Influence of Sampling procedure, sampling location and skin contamination on skatole and indole concentrations in adipose tissue of pigs. *Meat Science* 111: 85-91.

WESOLY, R., WEILER, U. (2012): Wirkung von Fütterungsmaßnahmen auf die Skatolbildung und die Skatoleinlagerung beim Schwein. *Züchtungskunde* 84 (5): 412-426.

WESTFLEISCH (o. J.): Aktion Tierwohl. Im Internet unter: <http://www.aktion-tierwohl.de/>. Abgerufen am: 7.4.2014.

WHITTINGTON F. M., NUTE, G. R., HUGHES, S. I., MCGIVAN, J. D., LEAN, I. J., WOOD, J. D., DORAN E. (2004): Relationships between skatole and androstenone accumulation, and cytochrome P4502E1 expression in Meishan and Large White pigs. *Meat Science* 67 (4): 569-576.

WILLEKE, H. (1993): Possibilities of breeding for low 5 α -androstenone content in pigs. *Pig News and Information* 14 (1): 31N-33N.

WILLEKE, H., CLAUS, R., MÜLLER, E., PIRCHNER, F., KARG, H. (1987): Selection for high and low level of 5 α -androst-16-en-3-one in boars. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 104 (1-5): 64-73.

WILLEKE, H., CLAUS, R., PIRCHNER, F., ALSING, W. (1980): A selection experiment against 5- α -androst-16-en-3-one, the boar taint steroid, in adipose tissue of boars. *Zeitschrift für Tierzucht und Züchtungsbiologie* (97): 86-94.

WINDIG, J. J., MULDER, H. A., TEN NAPEL, J., KNOL, E. F., MATHUR, P. K., CRUMP, R. E. (2011): Genetic parameters for androstenone, skatole, indole, and human nose scores as measures of boar taint and their relationship with finishing traits. *Journal of Animal Science* 90 (7): 2120-2129.

Literaturverzeichnis

WISEMAN, J., REDSHAW, M.S., JAGGER, S., NUTE, G.R., WHITTINGTON, F.W., WOOD, J.D. (1999): Influence of type and dietary rate of inclusion of non-starch polysaccharides on skatole content and meat quality of finishing pigs. *Animal Science* 69 (1): 123-133.

WISMER-PEDERSEN, J. (1968): Boars as meat producers. *World Review of Animal Production* 4: 100-109.

WOOD, D. J., NUTE, G. R., WHITTINGTON, F. M., KAY, R. M., PERROTT, J. G. (1994): Effects of molassed sugar-beet feed on pigmeat quality. *Animal Production* 58 (3): 471-472.

WYSOCKI, C. J., BEAUCHAMP, G. K. (1984): Ability to smell androstenone is genetically determined. *Proceedings of the national Academy of Science* 81 (15): 4899-4902.

WYSOCKI, C. J., DORRIES, K. M., BEAUCHAMP, G. K. (1989): Ability to perceive androstenone can be acquired by ostensibly anosmic people. *Proceedings of the national Academy of Science* 86 (20): 7976-7978.

XUE, J. L., DIAL, G. D. (1997): Raising intact male pigs for meat. Detecting and preventing boar taint. *Swine Health Production* 5 (4): 151-158.

XUE, J. L., DIAL, G. D., HOLTON, E. E., VICKERS, Z., SQUIRES, E. J., LOU, Y., GODBOUT, D., MOREL, N. (1996): Breed differences in boar taint: Relationship between tissue levels of boar taint compounds and sensory analyses of taint. *Journal of Animal Science* 74 (9): 2170-2177.

ZAMARATSKAIA, G. (2004): Factors involved in the development of boar taint. Influence of breed, age, diet and raising conditions. Dissertation an der Universität Uppsala, Schweden.

ZAMARATSKAIA G., BABOL, J., ANDERSSON, H. K., ANDERSSON, K., LUNDSTRÖM, K. (2005): 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. *Livestock Production Science* 93 (3): 235-243.

ZAMARATSKAIA, G., BABOL, J., ANDERSSON, H., LUNDSTRÖM, K. (2004): 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* 87 (2-3): 91-98.

Literaturverzeichnis

ZAMARATSKAIA, G., CHEN, G., LUNDSTRÖM, K. (2006): Effects of sex, weight, diet and hCG administration on levels of skatole and indole in the liver and hepatic activities of cytochromes P4502E1 and P4502A6 in pigs. *Meat Science* 72 (2): 331-338.

ZAMARATSKAIA, G., SQUIRES, E. J. (2009): Biochemical, nutritional and genetic effects on boar taint in entire male pigs. *Animal* 3 (11): 1508-1521.

ZAMMERINI, D., WOOD, J. D., WHITTINGTON, F. M., NUTE, G. R., HUGHES, S. I., HAZZLEDINE, M., MATTHEWS, K. (2012): Effect of dietary chicory on boar taint. *Meat Science* 91 (4): 396-401.

ZANKL, A., GÖTZ, R., PAUSENBERGER, A., DODENHOFF, J., WITTMANN, W. (2011): Impfung gegen Ebergeruch - Erfahrungen und Ergebnisse einer Feldstudie in Bayern. *Praktischer Tierarzt* 92 (2): 148-154.

ZENG, X. Y., TURKSTRA, J. A., JONBLOED, A. W., DIEPEN, VAN J. T. M., MELOEN, R. H., OONK, H. B., GUO, D. Z., WEIL, VAN DE D. F. M. (2002): Performance and hormone levels of immuocastrated, surgically castrated and intact male pigs fed ad libitum high- and low-energy diets. *Livestock Production Science* 77 (1): 1-11.

Erklärung gemäß der Promotionsordnung des Fachbereichs 09 vom 07. Juli 2004 § 17 (2)

„Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe.

Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht.

Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.“