Züchtungskunde, **86**, (5/6) S. 400–419, 2014, ISSN 0044-5401
© Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

Original Article

# Wirkung von Aminosäurenzulagen im Mastfutter auf die Mast- und Schlachtleistung sowie die Fleisch- und Fettqualität von Masthybridebern

Simone Müller[1], Luise Hagemann[2], M. Weber[3], A. Berk[4], Annette Zeyner[5] und Kirsten Büsing[6]

## Zusammenfassung

An 426 Masthybridebern zweier Vaterrassen (320 Pietrain und 106 Duroc) wurde in zweiphasigen Fütterungsversuchen an drei Standorten die Wirkung von drei isoenergetischen Alleinfuttermitteln (Anfangsmast [AM] 13,4 MJ ME/kg; Endmast [EM] ab 70 kg 13,0 MJ ME/kg), die sich jeweils nur im Gehalt an praecaecal verdaulichen (pcv) essenziellen Aminosäuren (EAS) unterschieden, auf Mast- und Schlachtleistung sowie Fleisch- und Fettqualität geprüft. In der Kontrollgruppe (KG100) betrug der Gehalt an pcv Lysin 1,01% (AM) bzw. 0,78% (EM). In den Versuchsgruppen (VG115) bzw. (VG130) wurde der Gehalt an pcv Lysin in der AM bzw. EM gegenüber der KG100 um 15% auf 1,18% bzw. 0,91% und um 30% auf 1,34% bzw. 1,04% durch entsprechende Zulagen an kristallinen AS erhöht, während das Verhältnis der erstlimitierenden Aminosäuren unverändert blieb. Bei den Masthybridebern der Vaterrasse Pietrain hatten die Zulagestufen über die gesamte Mastdauer betrachtet keinen signifikanten Einfluss. Die Prüftagszunahmen (PTZ) lagen bei 961 (KG100), 966 (VG115) und 958 g/d (VG130), der Futteraufwand bei 2,33 (KG100), 2,30 (VG115) und 2,32 (VG130) kg Futter/kg Zuwachs. Der Muskelfleischanteil (MFA) betrug 59,7 (KG100), 60,0 (VG115) und 60,0% (VG130). Die Hybrideber von Duroc-Vätern wiesen bei den beiden Versuchsgruppen mit PTZ von 1.133 (VG115) und 1.123 g/d (VG130) eine niedrigere Wachstumsleistung auf als die

[1] Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Außenstelle Bad Salzungen, August-Bebel-Straße 2, 36433 Bad Salzungen, E-Mail: simone.mueller@tll.thueringen.de

[2] Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg, Abt. Landwirtschaft, Dorfstr. 1, 14513 Teltow/Ruhlsdorf, E-Mail: luise.hagemann@lelf.brandenburg.de

[3] Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Zentrum für Technik und Tierhaltung, Lindenstraße 18, 39606 Iden, E-Mail: manfred.weber@llfg.mlu.sachsen-anhalt.de

[4] Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Institut für Tierernährung, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, E-Mail: andreas.berk@fli.bund.de

[5] Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Naturwissenschaftliche Fakultät III, Professur für Tierernährung, Theodor-Lieser-Str. 11, 06120 Halle (Saale), E-Mail: annette.zeyner@landw.uni-halle.de

[6] Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Professur für Ernährungsphysiologie und Tierernährung, Justus-v.-Liebig-Weg 8, 18059 Rostock, E-Mail: kirsten.buesing@uni-rostock.de

Tiere der KG100 mit 1.189 g/d (p = 0,002). In der KG100 war der Futterverbrauch mit 2,48 kg/d im Vergleich zur VG115 und VG130 mit 2,36 und 2,32 kg/d am höchsten (p = 0,008). Der MFA betrug 57,7 (KG100), 58,6 (VG115) und 58,4 (VG130) % (p = 0,002). Die Versorgungshöhe mit EAS beeinflusst weder den Gehalt an geruchsaktiven Substanzen noch den Anteil von Eberschlachtkörpern mit Geruchsabweichungen. Die Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass die Mast- und Schlachtleistung von Masthybridebern nicht von einer über den Empfehlungen (GfE, 2006; DLG, 2010) liegenden Versorgung profitiert.

**Schlüsselwörter:** Masthybrideber, Aminosäuren, Mastleistung, Schlachtleistung, Fleisch- und Fettqualität

## Summary

### Impact of different amino acid levels in diets of fattening boars on growth and slaughter performance as well as on meat and fat quality

A total of 426 hybrid boars of two different sire-lines (320 Pietrain and 106 Duroc) were allocated on three locations and fed with three diets, only differing in the content of prececal digestible (pcd) amino acids (AA) in a two phase feeding experiment (growing phase [GP] 13.4 MJ ME/kg, finishing phase [FP] 13.0 MJ ME/kg). Growth rate, slaughter performance as well as meat and fat quality were examined. The lysin content in the control group (CG100) was 1.01% pcd lysine (GP) and 0.78 pcd lysine (FP), respectively. In verum groups (VG115 and VG130) lysin was supplemented and the content of pcd lysine was 1.18% and 0.91% (VG115), and 1.34% and 1.04% (VG130), respectively, whereas the ratio of first limiting AA remained unchanged. During the entire experimental period growth performance of Pietrain sired boars was not affected. Daily weight gain (DWG) during the experimental period was 961 g/d (CG100), 966 g/d (VG115) and 958 g/d (VG130), respectively. Feed conversion ratio (feed to weight gain, FCR) amounted to 2.33 (CG100), 2.30 (VG115), and 2.32 (VG130) kg/kg, respectively. Lean meat content (LMC) was 59.7 (CG100), 60.0 (VG115), and 60.0% (VG130), respectively. Growth performance of Duroc sired boars was reduced in VG115 and VG130 (1133 g/d vs. 1123 g/d) compared to control (1189 g/d, p = 0.002). Daily feed intake (DFI) was increased in CG100 (2.48 kg/d, p = 0.008) compared to VG115 (2.36 kg/d) and VG130 (2.32 kg/d). LMC of Duroc sired boars was 57.7 (CG100), 58.6 (VG115) and 58.4% (VG130), respectively. However, neither the content of odour-active substances nor the number of carcasses with boar taint was affected by an increased content of AA. From the results it can be speculated that a supplementation of AA above the actual German recommendations (GfE, 2006; DLG, 2010) has no beneficial effect on growth- or slaughter performance of fattening boars.

**Keywords:** Fattening boars, amino acids, growth performance, slaughter performance, meat- and fat quality

## 1 Einleitung

Mit der Novelle des Tierschutzgesetzes (Bundesregierung, 2013) ist die betäubungslose Kastration männlicher Ferkel ab 1.1.2019 verboten. Als eine Alternative bietet sich die Ebermast an. Aus dem Bundesebermastversuch 1995 ist bekannt, dass Eber 5% mehr Muskelfleisch und 8% weniger Fettgewebe aufweisen (Dobrowolski et al., 1995). Weiterhin nehmen sie im Vergleich zu Kastraten täglich 300–500 g Futter weniger auf und

haben bei einem um 0,3–0,4 kg/kg Zuwachs niedrigeren Futteraufwand eine um 1–2%-Punkte geringere Ausschlachtung (Schulze-Langenhorst et al., 2010, Müller et al., 2010, Hecht et al., 2011, Matthes et al., 2013). Daraus wurden höhere Anforderungen an die Proteinversorgung postuliert und z.T. auch quantifiziert (Meyer, 2013: 15% Mehrbedarf). Als Beitrag zur Schaffung einer Basis für die Ableitung von Versorgungsempfehlungen für Eber wurden seit März 2011 vier Teilprojekte innerhalb des vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft geförderten Verbundprojektes „Eberfütterung“ bearbeitet (BMEL, 2011). Das Ziel der hier vorgestellten Fütterungsversuche war, die Wirkung verschiedener Zulagestufen essenzieller Aminosäuren auf die Mast- und Schlachtleistung sowie die Fleisch- und Fettqualität typischer, in Deutschland vertretener Hybridherkünfte zu prüfen. Es wurde erwartet, dass erhöhte Gehalte an essenziellen Aminosäuren (EAS) im Futter, unter Beibehaltung der Verhältnisse untereinander, zu verbesserten Mast- und Schlachtleistungen führen.

## 2 Material und Methode

### *2.1 Tiere und Haltung*

Die geprüften Masthybrideber stammten aus projektspezifischen Verpaarungen von Hybridsauen mit Ebern der Rassegruppen Pietrain (PI) und Duroc (DU) in drei Ferkelproduktionsanlagen mit definiertem Gesundheitsstatus („PRRS-unverdächtig“, „Salmonellen Kategorie I“, „Rhinitis atrophicans-unverdächtig“). Innerhalb der Rassegruppe PI wurden 38 Vatertiere aus drei genetisch differenzierten Herkünften (12–13 Vatertiere je Herkunft) bzw. in der Rassegruppe DU neun Vatertiere einer Herkunft an kommerzielle Hybridsauen (Edelschwein/Large White/Yorkshire × Landrasse, 5–6 Sauen je Vatertier) je Gruppe angepaart. Eine Gruppe setzte sich betriebsspezifisch aus 1 bis 3 aufeinander folgenden Anpaarungswochen zusammen. Die PI-Vatertiere waren Reinzuchtprodukte aus drei deutschen Zuchtorganisationen, die ihre Zuchtarbeit voneinander unabhängig organisieren. Sie unterscheiden sich in der Zuchtzielausrichtung (Schwerpunkt Muskelfleischanteil bzw. Bemuskelung der wertbestimmenden Partien, Stressstabilität, Fleischqualität) und den zugrundeliegenden Genealogien. Die Zuchtwahl/Zuchtwertschätzung erfolgt innerhalb der Zuchtpopulationen, wobei die Konstruktion der populationsspezifischen Gesamtzuchtwerte mit organisationsspezifischen Wichtungsfaktoren vorgenommen wurde. Bei den DU-Vatertieren handelt es sich um Fleisch-Duroc. Die Hybridsauen definieren sich genetisch über die Zuchtarbeit innerhalb der betreuenden Zuchtorganisation.

Zur Einstallung in die Leistungsprüfanstalten (LPA) wurden 39 Ferkel pro väterliche Herkunft und LPA ausgewählt. In den drei LPA wurden jeweils väterliche Halbgeschwister eingestallt und innerhalb einer LPA überwiegend Vollgeschwister auf die drei Versorgungsstufen verteilt.

Die Prüfung beendeten 426 Masthybrideber von 47 Vätern, davon 320 Probanden von 38 PI-Vätern bzw. 106 Nachkommen von DU-Vätern (Tab. 1).

Die drei LPA unterschieden sich leicht in den spezifischen Haltungsbedingungen, in allen LPA wurden die Versuchstiere in Gruppen gehalten (Tab. 2).

### *2.2 Fütterung und Haltung*

Die Fütterung erfolgte zweiphasig. Die pelletierten Alleinfuttermittel für die Anfangs- (AM) und Endmast (EM) unterschieden sich in drei Stufen jeweils nur im Gehalt an praecaecal verdaulichen (pcv) EAS (Tab. 3, 4). Das Futter der Kontrollgruppe (KG100; „100% Lysin“) orientierte sich hinsichtlich des Gehaltes an Lysin (Lys) neben den Ergeb-

Tab. 1. Anzahl geprüfter männlicher Nachkommen und Anzahl Väter innerhalb der LPA, Vaterrassen und Zulagestufe
*Number of investigated male offspring and number of sires within the experimental stations, sire lines and content of amino acids (AA)*

| Zulagestufe | | KG100 | | VG115 | | VG130 | | ges. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Vater-rasse | LPA | n Tiere | n Väter | n Tiere | n Väter | n Tiere | n Väter | n Tiere | n Väter |
| Pietrain | 1 | 36 | 29 | 34 | 27 | 37 | 30 | 107 | 38 |
| | 2 | 37 | 34 | 37 | 34 | 36 | 34 | 110 | 37 |
| | 3 | 35 | 29 | 35 | 30 | 33 | 27 | 103 | 37 |
| | ges. | 108 | 37 | 106 | 37 | 106 | 37 | 320 | 38 |
| Duroc | 1 | 16 | 7 | 13 | 7 | 11 | 7 | 40 | 9 |
| | 2 | 12 | 8 | 11 | 7 | 10 | 7 | 33 | 9 |
| | 3 | 10 | 6 | 12 | 7 | 11 | 7 | 33 | 9 |
| | ges. | 38 | 9 | 36 | 9 | 32 | 9 | 106 | 9 |
| Gesamt | | 146 | 46 | 142 | 46 | 138 | 46 | 426 | 47 |

KG100: Kontrollgruppe, „100% EAS“; VG115: Versuchgruppe1, „115% EAS“;
VG130: Versuchgruppe2, „130% EAS“; LPA: Leistungsprüfanstalt

Tab. 2. Haltungsbedingungen in den beteiligten Prüfstationen
*Housing conditions of included experimental stations*

| Kriterium | LPA 1 | LPA 2 | LPA 3 |
|---|---|---|---|
| Tiere/Bucht | 13 | 13 | 12 |
| $m^2$/Tier | 1,10 | 1,03 | 0,92 |
| Fußbodengestaltung | Beton, Teilspalten-boden (50:50) | Beton, Teilspalten-boden (75:25) | Beton, Vollspalten-boden |
| Abruffütterungs-system | FIRE-Stationen OSBORNE Ind. | IVOG-Stationen INSENTEC B. V. | IVOG-Stationen INSENTEC B. V. |
| Lüftungssystem | Zuluft Rieseldecke, Oberflurentlüftung | Zuluft Rieseldecke, Oberflurentlüftung | Zuluft Rieseldecke, Unterflurentlüftung |
| Temperaturregime | von 24°C auf 19° absenkend | von 22°C auf 18° absenkend | von 24°C auf 19° absenkend |
| Tränken/Bucht | 2 höhenverstellbare Nippeltränken | 4 Nippeltränken in abgestufter Höhe | 2 Nippeltränken |

nissen eines vorgeschalteten N-Bilanzversuches (Otten et al., 2012) auch an den DLG-Empfehlungen für die „Jungebermast“ (DLG, 2010), welche wiederum auf Versorgungsempfehlungen der GfE (2006) basieren. Im Vergleich zur KG100 erfolgte in der 115%-Variante (VG115) eine Zulage von 15% Lys, während die 130%-Variante (VG130) auf

Tab. 3. Zusammensetzung, Energie- und Nährstoffgehalt des Alleinfutters für die Anfangsmast
*Composition, energy and nutrient content of the grower diet*

| Futtercharakteristika | | Zulagestufe | | |
|---|---|---|---|---|
| | Einheit | KG100 | VG115 | VG130 |
| **Zusammensetzung** | | | | |
| Weizen | % | 45,30 | 44,70 | 44,10 |
| Gerste | % | 30,00 | 30,00 | 30,00 |
| Sojaextraktionsschrot | % | 15,00 | 15,00 | 15,00 |
| Rapsextraktionsschrot | % | 4,50 | 4,50 | 4,50 |
| Sojaöl | % | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| Vitamine u. Mineralstoffe | % | 2,63 | 2,82 | 3,00 |
| Lysin-HCL | % | 0,34 | 0,51 | 0,68 |
| DL-Methionin | % | 0,09 | 0,19 | 0,30 |
| L-Threonin | % | 0,14 | 0,26 | 0,37 |
| L-Tryptophan | % | – | 0,02 | 0,05 |
| **Gehalt (kalkuliert/analysiert)** | | | | |
| ME[1] | MJ/kg | 13,40/13,20 | 13,40/13,60 | 13,40/13,40 |
| Trockensubstanz | % | 88,00/88,00 | 88,00/88,50 | 88,00/88,00 |
| Rohprotein | % | 17,7/16,90 | 18,00/18,00 | 18,31/18,00 |
| Lysin (brutto) | % | 1,15/1,10 | 1,32/1,29 | 1,49/1,43 |
| pcv Lysin | % | 1,01 | 1,18 | 1,34 |
| pcv Lysin/MJ ME | g/MJ | 0,75 | 0,88 | 1,00 |

[1] Mischfutterformel (GfE, 2006)

einen um 30% höheren Lys-Gehalt eingestellt wurde. Das Verhältnis der erstlimitierenden Aminosäuren Lysin, Methionin + Cystin (M + C), Threonin (Thr), Tryptophan (Trp) und Valin (Val) orientierte sich an den Empfehlungen der GfE (2006) mit Lys: M + C: Thr: Trp: Val = 1: 0,60: 0,65: 0,18: 0,75.

Die Anfangs- und Endmastfutter wurden von je einem Futtermittelhersteller an einem Tag unter Verwendung gleicher Rohstoffchargen produziert und an die beteiligten LPA ausgeliefert. Die Futterumstellung erfolgte buchtenweise in einem Lebendmassebereich zwischen 70 und 75 kg. Das Trockenfutter wurde ad libitum über Abruffütterungsstationen verabreicht.

### *2.3 Mast- und Schlachtleistungsprüfung*

Die Prüfung auf Fleischleistung erfolgte gemäß der bundeseinheitlichen Richtlinie für die Stationsprüfung beim Schwein (ZDS, 2007) ab 30 kg Lebendmasse (LM). Für die Schlachtung bzw. das Prüfende wurde das Erreichen einer einheitlichen Schlachtmasse von 94 kg angestrebt. Die Mastleistung (Prüftagszunahme, täglicher Futterverbrauch, Futteraufwand) wurde getrennt für die AM und EM ermittelt. Zur Charakterisierung des Schlachtkörperwertes erfolgte der Kotelettanschnitt in Höhe des 13./14. Brustwirbel-

Tab. 4. Zusammensetzung, Energie- und Nährstoffgehalt des Alleinfutters für die Endmast
*Composition, energy and nutrient content of the finisher diet*

| Futtercharakteristika | | Zulagestufe | | |
|---|---|---|---|---|
| | Einheit | KG100 | VG115 | VG130 |
| **Zusammensetzung** | | | | |
| Weizen | % | 50,00 | 49,88 | 50,09 |
| Gerste | % | 30,90 | 30,00 | 29,00 |
| Sojaextraktionsschrot | % | 8,30 | 9,10 | 9,90 |
| Rapsextraktionsschrot | % | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| Pflanzenfettsäuren[2] | % | 0,55 | 0,40 | 0,20 |
| Vitamine u. Mineralstoffe | % | 2,01 | 2,01 | 1,96 |
| Lysin-HCL | % | 0,30 | 0,45 | 0,59 |
| DL-Methionin | % | – | 0,05 | 0,08 |
| L-Threonin | % | 0,03 | 0,11 | 0,18 |
| L-Tryptophan | % | – | – | – |
| **Gehalt (kalkuliert/analysiert)** | | | | |
| ME[1] | MJ/kg | 13,00/13,15 | 13,00/13,16 | 13,00/13,14 |
| Trockensubstanz | % | 88,00/88,10 | 88,00/87,96 | 88,00/88,06 |
| Rohprotein | % | 16,50/16,78 | 17,00/17,23 | 17,50/17,35 |
| Lysin (brutto) | % | 0,90/0,91 | 1,04/1,05 | 1,17/1,17 |
| pcv Lysin | % | 0,78 | 0,91 | 1,04 |
| pcv Lysin/MJ ME | g/MJ | 0,60 | 0,70 | 0,80 |

[1] Mischfutterformel (GfE, 2006)
[2] Palm-, Palmkern-, Raps-, Kokos-, Sonnenblumenöl

körpers, um die Kotelett- und Fettfläche sowie das Speckmaß B und die Seitenspeckdicke erfassen zu können. Aus diesen Merkmalen wurde unter Verwendung der Rückenspeckdicken über Widerrist, Rückenmitte und Lende der Muskelfleischanteil nach Bonner Formel berechnet (ZDS, 2007). Tierbehandlungen und -verluste wurden täglich dokumentiert.

### *2.4 Untersuchung der Fleisch- und Fettqualität*

Als Merkmale der Fleischqualität wurden der pH-Wert 45 min post mortem im Kotelett und Schinken (ZDS, 2007) sowie der Tropfsaftverlust über die EU-Standardmethode „Bag method“ (Honikel, 1998) erfasst. Zusätzlich wurde in der LPA 1 auch der intramuskuläre Fettgehalt (IMF) im Kotelettanschnitt mittels Petroletherextraktion nach Säureaufschluss ermittelt (ZDS, 2007).

Für die Bestimmung der sensorischen Fettqualität wurde ein 10 × 15 cm großes Stück aus dem Nacken entnommen. Die Bewertung erfolgte durch ein Prüfpanel der Universität Göttingen (Leitung unter Dr. Mörlein, Dr. Lisa Meier-Dinkel) anhand von vier Skalen in einem Sensoriklabor. Von jedem Tier ermittelten fünf geschulte Prüfer von jeweils 3 g entschwartetem, erwärmten Fett analytisch die „Geruchsabweichungen vom Standard“,

Tab. 5. Bewertungsskala für die analytische Sensorikprüfung
*Scores in sensory analysis*

| Note für | Geruchsabweichung vom Standard | Androstenon- bzw. Skatolintensität | Fremdaroma |
|---|---|---|---|
| 0 | keine | nicht wahrnehmbar | kein |
| 1 | sehr leichte | sehr leicht | sehr leicht |
| 2 | leichte | leicht | leicht |
| 3 | mittelstarke | mittelstark | mittelstarke |
| 4 | starke | stark | stark |
| 5 | sehr starke | sehr stark | sehr stark |

„Androstenonintensität“ und „Skatolintensität“ sowie „Fremdaroma“ (Meier-Dinkel et al., 2013). Die verwendete Bewertungsskala umfasste 6 Noten (Tab. 5). Für die statistische Auswertung wurde im Weiteren jeweils der Mittelwert der fünf Prüferurteile verwendet.

Parallel dazu erfolgte die Bewertung des Ebergeruchs durch LPA-spezifische Schnellverfahren am Schlachttag (LPA1 und LPA2: Erwärmung der Nackenspinne mittels Heißluftpistole nach Eynck, 2011; LPA3: Kochprobe nach AVV Lebensmittelhygiene, 2009). Dafür wurde ein dreistufige Bewertungsskala genutzt (0: kein Ebergeruch; 1 = leichter Ebergeruch; 2 = starker Ebergeruch).

Von den unmittelbar neben den Sensorikproben liegenden Fettproben (2 × 10 cm) wurde der Gehalt der geruchsaktiven Substanzen Androstenon mittels ELISA (Claus et al., 1997) sowie Skatol und Indol mittels HPLC (Dehnhard et al., 1993) in ng/g ausgeschmolzenes Fett von der Universität Hohenheim (Labor Dr. Ulrike Weiler) bestimmt.

### *2.5 Datenmaterial und statistische Methoden*

Für die Auswertung standen 426 Datensätze aus drei LPA zur Verfügung (Tab. 1).

Die varianzanalytische Auswertung erfolgte mit dem Programmpaket IBM SPSS Statistics Version 19.0 mit nachfolgend dargestellten gemischten Modellen nach dem REML-Verfahren:

Vaterrasse Pietrain,

Mastleistung

$y_{ijkln} = \mu + EAS_i + LPA_j + HK_k + EAS \times LPA \times HK_l + vater_n + e_{ijkln}$

Schlachtleistung

$y_{ijkn} = \mu + EAS_i + LPA_j + HK_k + COV_{SG} + vater_n + e_{ijkn}$

Fleischqualität:

$y_{ijkmn} = \mu + EAS_i + LPA_j + LPA_j \times SDAT_m \times EAS + vater_n + e_{ijkmn}$

Fettqualität:

$y_{ijkln} = \mu + EAS_i + LPA_j + HK_k + EAS_i \times LPA_j \times HK_l + COV_{APE} + vater_n + e_{ijkln}$

Vaterrasse Duroc,

Mastleistung

$y_{ijln} = \mu + EAS_i + LPA_j + EAS_i \times LPA_l + vater_n + e_{ijln}$

Schlachtleistung

$y_{ijn} = \mu + EAS_i + LPA_j + COV_{SG} + vater_n + e_{ijn}$

Fleischqualität:
$y_{ijmn} = \mu + EAS_i + LPA_j + LPA_j \times SDAT_m \times EAS_i + vater_n + e_{ijmn}$
Fettqualität:
$y_{ijln} = \mu + EAS_i + LPA_j + EAS_i \times LPA_l + COV_{APE} + vater_n + e_{ijln}$

| | | |
|---|---|---|
| wobei: | $y$ | = Beobachtungswert |
| | $\mu$ | = Gesamtmittelwert |
| | $EAS_i$ | = fixer Effekt der Zulagestufe |
| | $LPA_j$ | = fixer Effekt der Leistungsprüfanstalt |
| | $HK_k$ | = fixer Effekt der Herkunft des Vaters |
| | $EAS_i \times LPA_j \times HK_k$ | = Interaktion aus EAS, LPA, HK |
| | $LPA_j \times SDAT_m$ | = Interaktion aus LP und Schlachttag |
| | $COV_{SG}$ | = Covariable Schlachtmasse |
| | $COV_{APE}$ | = Covariable Alter bei Prüfende |
| | $vater_n$ | = zufälliger Effekt des Vaters n |
| | $e_{ijkln}, e_{ijkn}, e_{ijkmn},$ | = zufälliger Restfehler |

Für die geruchsaktiven Substanzen Androstenon, Skatol und Indol erfolgte die Prüfung auf signifikante Unterschiede zwischen den EAS-Zulagestufen mit logarithmisch transformierten Daten.

Die Prüfung auf signifikante Mittelwertunterschiede ($p < 0{,}05$) erfolgte mit dem Bonferroni-Test.

## 3 Ergebnisse

### *3.1 Mast- und Schlachtleistung*

Die Ergebnisse der varianzanalytischen Prüfung der Mastleistungsmerkmale sind in den Tabellen 6 (PI) und 7 (DU) dargestellt.

Bei den PI-Tieren wurden Prüftagszunahme, täglicher Futterverbrauch und Futteraufwand sowohl getrennt nach Mastabschnitt als auch für den gesamten Prüfzeitraum nicht durch die EAS-Zulagestufe beeinflusst ($p > 0{,}05$), es gab aber sehr häufig einen signifikanten Einfluss der Prüfumwelt (LPA) und der väterlichen Herkunft (HK). Mit Ausnahme der Prüftagszunahme und des täglichen Futterverbrauchs in der AM bestanden Wechselwirkungen zwischen LPA, EAS und HK ($p < 0{,}05$).

Die DU-Tiere der VG130 nahmen in der AM weniger Futter auf als die Masthybrideber der KG100 und realisierten so auch eine schlechtere Prüftagszunahme ($p < 0{,}05$). Der Futteraufwand war bei der höchsten Versorgung mit EAS im ersten Mastabschnitt signifikant höher als in den beiden anderen Gruppen ($p < 0{,}05$). Die in der AM gemessenen Unterschiede bewirkten auch für den gesamten Prüfabschnitt zwischen KG100 und VG130 Unterschiede hinsichtlich Prüftagszunahme und Futterverbrauch ($p < 0{,}05$). In der VG115 war die Wachstumsintensität im gesamten Prüfabschnitt niedriger als in der KG100 ($p < 0{,}05$).

Die Prüfumwelt hatte auf alle Mastleistungsmerkmale einen Einfluss ($p < 0{,}05$). Zwischen LPA und EAS-Zulagestufe lagen z.T. signifikante Interaktionen vor.

Tab. 6. Least Square Means (LSM) und Standardfehler (SE) für die Mastleistungsmerkmale von Masthybridebern sowie Irrtumswahrscheinlichkeit (p) der geprüften fixen Effekte; Vaterrasse Pietrain
*Least Square Means (LSM) and standard error of LSM (SE) for fattening performance of fattening boars as well as significance level (p) of fixed effects; sire line Pietrain*

| Zulagestufe | KG100 | VG115 | VG130 | | Signifikanz für fixen Effekt (p = ) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Merkmal | LSM | LSM | LSM | SE | EAS | LPA | HK | EAS* LPA * HK |
| PTZ_AM | 909 | 906 | 904 | 10 | 0,937 | 0,004 | 0,337 | < 0,001 |
| PTZ_EM | 1010 | 1022 | 1012 | 12 | 0,710 | 0,117 | < 0,001 | < 0,001 |
| PTZ_G | 961 | 966 | 958 | 9 | 0,744 | 0,116 | < 0,001 | 0,111 |
| TFUV_AM | 1,81 | 1,77 | 1,79 | 0,02 | 0,389 | 0,189 | 0,888 | 0,073 |
| TFUV_EM | 2,62 | 2,63 | 2,60 | 0,03 | 0,606 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 |
| TFUV_G | 2,24 | 2,22 | 2,22 | 0,02 | 0,678 | < 0,001 | < 0,001 | 0,003 |
| FUA_AM | 1,99 | 1,96 | 1,98 | 0,01 | 0,356 | 0,076 | 0,006 | < 0,001 |
| FUA_EM | 2,61 | 2,60 | 2,60 | 0,02 | 0,817 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 |
| FUA_G | 2,32 | 2,30 | 2,32 | 0,01 | 0,339 | < 0,001 | < 0,001 | 0,036 |

FUA_AM: Futteraufwand [kg/kg Zuwachs] in der Anfangsmast; FUA_EM: Futteraufwand [kg/kg Zuwachs] in der Endmast; FUA_G: Futteraufwand [kg/kg Zuwachs] im Prüfabschnitt; PTZ_AM: Prüftagszunahme [g/d] in der Anfangsmast; PTZ_EM: Prüftagszunahme [g/d] in der Endmast; PTZ_G: Prüftagszunahme [g/d] im Prüfabschnitt; TFUV_AM: täglicher Futterverbrauch [kg/d] in der Anfangsmast; TFUV_EM: täglicher Futterverbrauch [kg/d] in der Endmast; TFUV_G: täglicher Futterverbrauch [kg/d] im Prüfabschnitt

Die Ergebnisse der varianzanalytischen Prüfung der Schlachtleistungsmerkmale sind in den Tabellen 8 (PI) und 9 (DU) dargestellt. Mit Ausnahme der Schlachtmasse bei PI-Hybriden, die als Covariable in das Auswertungsmodell einging, wurde kein Kriterium des Schlachtkörperwertes durch die Höhe der EAS-Versorgung beeinflusst ($p > 0{,}05$), während LPA und HK auf mehrere Schlachtmerkmale einen signifikanten Effekt ausübten. Auch bei den Jungmastebern der Vaterrasse DU wurden keine Effekte der EAS-Zulagestufen auf die Mast- und Schlachtleistung ermittelt ($p > 0{,}05$). Die Prüfumwelt (LPA) hatte einen Effekt auf Schlachtmasse, Ausschlachtung, Muskelfleischanteil und Fleischanteil im Bauch ($p < 0{,}05$).

### *3.2 Fleisch- und Fettqualität*

Aus den Tabellen 10 (PI) und 11 (DU) sind die Ergebnisse der varianzanalytischen Prüfung bezüglich der Merkmale der Fleisch- und der sensorischen Fettqualität zu entnehmen.

Es wird deutlich, dass eine gestaffelte Zulage von EAS während der AM und EM unabhängig von der Vaterrasse keinen Einfluss auf die technologische Fleischqualität, den IMF-Gehalt und den Tropfsaftverlust ausübt ($p > 0{,}05$).

Auch die sensorische Bewertung des Nackenfettes wurde sowohl hinsichtlich Geruchsabweichungen vom Standard als auch bezüglich der Androstenon- und Skatolintensität sowie der Wahrnehmung von Fremdaromen nicht durch die Zulage von EAS beeinflusst ($p > 0{,}05$).

Tab. 7. Least Square Means (LSM) und Standardfehler (SE) für die Mastleistungsmerkmale von Masthybridebern sowie Irrtumswahrscheinlichkeit (p) der geprüften fixen Effekte; Vaterrasse Duroc
*Least Square Means (LSM) and standard error of LSM (SE) for fattening performance of fattening boars as well as significance level (p) of fixed effects; sire line Duroc*

| Zulagestufe | KG100 | VG115 | VG130 | | Signifikanz für fixen Effekt (p = ) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Merkmal | LSM | LSM | LSM | PSEM | EAS | LPA | EAS * LPA |
| PTZ_AM | 1030[a] | 973[a,b] | 938[b] | 26 | 0,001 | < 0,001 | < 0,001 |
| PTZ_EM | 1334 | 1305 | 1329 | 27 | 0,609 | < 0,001 | 0,478 |
| PTZ_G | 1189[a] | 1133[b] | 1123[b] | 19 | 0,002 | 0,004 | 0,001 |
| TFUV_AM | 1,84[a] | 1,77[a,b] | 1,71[b] | 0,06 | 0,038 | < 0,001 | 0,305 |
| TFUV_EM | 3,06 | 2,94 | 2,93 | 0,08 | 0,213 | < 0,001 | 0,307 |
| TFUV_G | 2,48[a] | 2,36[a,b] | 2,32[b] | 0,05 | 0,008 | < 0,001 | 0,026 |
| FUA_AM | 1,79[a] | 1,83[a] | 1,91[b] | 0,02 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 |
| FUA_EM | 2,30 | 2,27 | 2,25 | 0,03 | 0,474 | < 0,001 | 0,005 |
| FUA_G | 2,08 | 2,08 | 2,07 | 0,02 | 0,839 | < 0,001 | 0,001 |

[a,b] Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen.
FUA_AM: Futteraufwand [kg/kg Zuwachs] in der Anfangsmast; FUA_EM: Futteraufwand [kg/kg Zuwachs] in der Endmast; FUA_G: Futteraufwand [kg/kg Zuwachs] im Prüfabschnitt; PTZ_AM: Prüftagszunahme [g/d] in der Anfangsmast; PTZ_EM: Prüftagszunahme [g/d] in der Endmast; PTZ_G: Prüftagszunahme [g/d] im Prüfabschnitt; TFUV_AM: täglicher Futterverbrauch [kg/d] in der Anfangsmast; TFUV_EM: täglicher Futterverbrauch [kg/d] in der Endmast; TFUV_G: täglicher Futterverbrauch [kg/d] im Prüfabschnitt

Während auch bei den für den Ebergeruch hauptverantwortlichen Substanzen Androstenon und Skatol bei PI-Masthybridebern kein Einfluss der Höhe der Versorgung mit EAS gefunden wurde, wiesen DU-Eber der VG115 erhöhte Indolgehaltswerte auf ($p < 0,05$). In der VG130 lagen die Indolkonzentrationen wieder in der Höhe der in KG100 gemessenen.

## 3 Diskussion

Aus dem Ergebnis der N-Bilanzversuche von Otten et al. (2012) wurde erwartet, dass sich bei isoenergetischer Rationsgestaltung bereits die Zulage von 15% EAS gegenüber den Versorgungsempfehlungen (DLG, 2010, nach GfE, 2006) die Proteinsynthese erhöht und so die Mast- und Schlachtleistung verbessert. Zusätzlich wurde erwartet, dass mit einer etwa doppelt so hohen Zulage, d.h. 30% mehr EAS, das genetisch bedingte Proteinansatzvermögens sicher ausgeschöpft wird und so keine weitere Verbesserung des Schlachtkörperwertes festzustellen sein sollte. Um zusätzlich belastbare Informationen zum Protein- und Fettgehalt der Leerkörpermasse und dem Nährstoffansatz von Masthybridebern für die faktorielle Ableitung des Energie- und Aminosäurenbedarfs von Masthybridebern zu liefern, wurden Tiere aus den EAS-Zulagestufen Ganzkörperanalysen unterzogen (Otten et al., 2013).

Tab. 8. Least Square Means (LSM) und Standardfehler (SE) für die Schlachtleistungsmerkmale von Masthybridebern sowie Irrtumswahrscheinlichkeit (p) der geprüften fixen Effekte; Vaterrasse Pietrain
*Least Square Means (LSM) and standard error of LSM (SE) for slaughtering performance of fattening boars as well as significance level (p) of fixed effects; sire line Pietrain*

| Zulagestufe | KG100 | VG115 | VG130 | | Signifikanz für fixen Effekt (p = ) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Merkmal | LSM | LSM | LSM | SE | EAS | LPA | HK |
| SG | 95,1 | 95,6 | 96,3 | 0,4 | 0,039 | < 0,001 | < 0,001 |
| AUSS | 78,4 | 78,2 | 78,3 | 0,1 | 0,464 | < 0,001 | < 0,001 |
| MFA | 59,6 | 59,9 | 59,4 | 0,3 | 0,421 | 0,187 | 0,013 |
| MFB | 59,7 | 60,0 | 60,0 | 0,2 | 0,543 | 0,004 | 0,188 |
| FLF | 53,7 | 53,4 | 53,2 | 0,5 | 0,732 | < 0,001 | 0,007 |
| FEF | 15,6 | 15,2 | 15,2 | 0,2 | 0,341 | 0,002 | 0,014 |
| RSD | 2,08 | 2,03 | 2,04 | 0,03 | 0,314 | < 0,001 | 0,245 |
| FA_B | 59,0 | 59,3 | 59,2 | 0,3 | 0,576 | < 0,001 | 0,210 |

AUSS: Ausschlachtung [%]; FA_B: Fleischanteil im Bauch [%]; FEF: Fettfläche [$cm^2$]; FLF: Fläche des *M. longissimus d.* [$cm^2$]; MFA: Muskelfleischanteil nach Sonde [%]; MFB: Muskelfleischanteil nach Bonner Formel [%]; RSD: mittlere Rückenspeckdicke [cm]; SG: Schlachtmasse [kg]

Tab. 9. Least Square Means (LSM) und Standardfehler (SE) für die Schlachtleistungsmerkmale von Masthybridebern sowie Irrtumswahrscheinlichkeit (p) der geprüften fixen Effekte; Vaterrasse Duroc
*Least Square Means (LSM) and standard error of LSM (SE) for slaughtering performance of fattening boars as well as significance level (p) of fixed effects; sire line Duroc*

| Zulagestufe | KG100 | VG115 | VG130 | | Signifikanz für fixen Effekt (p = ) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Merkmal | LSM | LSM | LSM | SE | EAS | LPA |
| SG | 97,3 | 96,7 | 98,4 | 0,7 | 0,201 | < 0,001 |
| AUSS | 76,7 | 77,0 | 76,6 | 0,3 | 0,519 | < 0,001 |
| MFA | 59,3 | 59,5 | 59,2 | 0,4 | 0,854 | < 0,001 |
| MFB | 57,8 | 58,6 | 58,54 | 0,4 | 0,212 | 0,982 |
| FLF | 48,2 | 49,8 | 49,3 | 0,7 | 0,141 | 0,156 |
| FEF | 15,5 | 15,3 | 15,8 | 0,4 | 0,659 | 0,073 |
| RSD | 2,26 | 2,16 | 2,15 | 0,06 | 0,281 | 0,163 |
| FA_B | 57,7 | 58,6 | 58,4 | 0,4 | 0,496 | < 0,001 |

AUSS: Ausschlachtung [%]; FA_B: Fleischanteil im Bauch [%]; FEF: Fettfläche [$cm^2$]; FLF: Fläche des *M. longissimus d.* [$cm^2$]; MFA: Muskelfleischanteil nach Sonde [%]; MFB: Muskelfleischanteil nach Bonner Formel [%]; RSD: mittlere Rückenspeckdicke [cm]; SG: Schlachtmasse [kg]

Tab. 10. Least Square Means (LSM) und Standardfehler (SE) für die Merkmale der Fleisch- und Fettqualität von Masthybridebern sowie Irrtumswahrscheinlichkeit (p) der geprüften fixen Effekte; Vaterrasse Pietrain
*Least Square Means (LSM) and standard error of LSM (SE) for meat- and fat quality features of fattening boars as well as significance level (p) of fixed effects; sire line Pietrain*

| Zulagestufe | KG100 | VG115 | VG130 | | Signifikanz für fixen Effekt (p = ) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Merkmal | LSM | LSM | LSM | SE | EAS | LPA | | EAS * LPA * SDAT |
| pH45K | 6,21 | 6,24 | 6,26 | 0,03 | 0,407 | < 0,001 | | 0,002 |
| pH45S | 6,39 | 6,32 | 6,29 | 0,03 | 0,188 | < 0,001 | | 0,161 |
| TSV | 2,81 | 2,78 | 3,01 | 0,13 | 0,401 | < 0,001 | | < 0,001 |
| IMF | 1,14 | 1,14 | 1,08 | 0,05 | 0,626 | | | |
| | | | | | EAS | LPA | HK | EAS * LPA * HK |
| NOTE_G | 2,11 | 1,98 | 1,81 | 0,13 | 0,112 | 0,062 | 0,055 | 0,822 |
| NOTE_S | 1,20 | 1,16 | 1,01 | 0,09 | 0,260 | 0,081 | 0,151 | 0,758 |
| NOTE_A | 1,18 | 1,03 | 0,96 | 0,11 | 0,208 | 0,460 | 0,257 | 0,750 |
| NOTE_F | 0,32 | 0,33 | 0,33 | 0,04 | 0,947 | 0,227 | 0,864 | 0,218 |
| NOTE_E | 0,66 | 0,58 | 0,64 | 0,06 | 0,568 | < 0,001 | 0,207 | < 0,001 |
| ANDRO | 1234 | 1142 | 972 | 82 | 0,184 | < 0,001 | 0,001 | 0,264 |
| SKAT | 182,1 | 128,7 | 127,1 | 24,4 | 0,409 | 0,025 | < 0,001 | 0,944 |
| IND | 39,0 | 31,5 | 33,7 | 5,4 | 0,973 | 0,001 | 0,163 | 0,333 |

ANDRO: Androstenon [ng/g Fett]; IMF: Intramuskulärer Fettgehalt im *M. longissimus d.* [%]; IND: Indol[ng/g Fett]; NOTE_A Sensoriknote „Androstenonintensität"; NOTE_F Sensoriknote „Fremdaroma"; NOTE_G: Sensoriknote „Geruchsabweichung"; NOTE_S: Sensoriknote „Skatolintensität"; NOTE_E: Note „Ebergeruch" am Schlachttag; pH45K: ph-Wert im Kotelett 45 min p.m.; pH45S: pH-Wert im Schinken 45 min p.m.; SKAT: Skatol [ng/g Fett]; TSV: Tropfsaftverlust [%]

Die Untersuchung der sensorischen Fettqualität und der geruchsaktiven Substanzen in den hier vorgestellten Exaktfütterungsversuchen erfolgte mit der Zielstellung quantifizieren zu können, wie sich die Versorgung mit EAS auf den Anteil geruchsbelasteter Eberschlachtkörper auswirkt.

Die Zulagen an EAS wirkten weder bei Masthybridebern der Vaterrasse Pietrain noch bei den Duroc-Nachkommen nach Auswertung über die drei Prüfumwelten positiv auf die Mast- und Schlachtleistungen. Die Aussagen zum Schlachtkörperwert werden durch die Ergebnisse der Ganzkörperanalysen bestätigt: Eber der VG115 und VG130 unterschieden sich nicht im Rohprotein-, Fett- und Wassergehalt der Leerkörpermasse von den Probanden der KG100 (Otten et al., 2013). Das Aminosäurenangebot in Kombination mit der Energieversorgung reichte bereits in der 100%-Gruppe in beiden Rassegruppen aus, um das Proteinansatzvermögen auszuschöpfen.

Für die Masthybriden der Vaterrasse Pietrain lagen sowohl in den Prüftagszunahmen als auch dem Futterverbrauch und -aufwand z.T. hochsignifikante Effekte der LPA und Interaktionen zwischen der LPA, der EAS-Zulagestufe und der väterlichen Herkunft vor.

Tab. 11. Least Square Means (LSM) und Standardfehler (SE) für die Merkmale der Fleisch- und Fettqualität von Masthybridebern sowie Irrtumswahrscheinlichkeit (p) der geprüften fixen Effekte; Vaterrasse Duroc
*Least Square Means (LSM) and standard error of LSM (SE) for meat- and fat quality features of fattening boars as well as significance level (p) of fixed effects; sire line Duroc*

| Zulagestufe | KG100 | VG115 | VG130 | | Signifikanz für fixen Effekt (p = ) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Merkmal | LSM | LSM | LSM | SE | EAS | LPA | EAS * LPA * SDAT |
| pH45K | 6,31 | 6,35 | 6,35 | 0,05 | 0,803 | < 0,001 | < 0,001 |
| pH45S | 6,37 | 6,41 | 6,35 | 0,04 | 0,897 | < 0,001 | < 0,001 |
| TSV | 3,28 | 2,82 | 2,93 | 0,29 | 0,206 | < 0,001 | 0,001 |
| IMF | 1,43 | 1,32 | 1,49 | 0,10 | 0,354 | | |
| | | | | | EAS | LPA | EAS * LPA |
| NOTE_G | 2,25 | 2,30 | 2,08 | 0,19 | 0,696 | 0,766 | 0,634 |
| NOTE_S | 1,34 | 1,16 | 0,98 | 0,15 | 0,238 | 0,275 | 0,872 |
| NOTE_A | 1,30 | 1,35 | 1,14 | 0,17 | 0,656 | 0,321 | 0,384 |
| NOTE_F | 0,26 | 0,34 | 0,43 | 0,08 | 0,394 | 0,015 | 0,807 |
| NOTE_E | 0,91 | 0,91 | 1,01 | 0,14 | 0,831 | 0,014 | 0,106 |
| ANDRO | 3007 | 3890 | 3095 | 667 | 0,789 | 0,880 | 0,709 |
| SKAT | 140,1 | 154,7 | 107,2 | 26,1 | 0,233 | 0,018 | 0,804 |
| IND | 38,2[a,b] | 54,9[a] | 34,4[b] | 5,6 | 0,024 | 0,007 | 0,048 |

[a,b]: Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen.
ANDRO: Androstenon [ng/g Fett]; IMF: Intramuskulärer Fettgehalt im *M. longissimus d.* [%]; IND: Indol[ng/g Fett]; NOTE_A Sensoriknote „Androstenonintensität"; NOTE_F Sensoriknote „Fremdaroma"; NOTE_G: Sensoriknote „Geruchsabweichung"; NOTE_S: Sensoriknote „Skatolintensität"; NOTE_E: Note „Ebergeruch" am Schlachttag; pH45K: ph-Wert im Kotelett 45 min p.m.; pH45S: pH-Wert im Schinken 45 min p.m.; SKAT: Skatol [ng/g Fett]; TSV: Tropfsaftverlust [%]

Die AS-Zulagen wirkten innerhalb der einzelnen LPA und Herkunft insbesondere in den Merkmalen Prüftagszunahme und Futteraufwand bei den Pietrain-Hybriden nicht gleichgerichtet. Die projektspezifische Erzeugung und Auswahl der Probanden unter Berücksichtigung der väterlichen Abstammung sowie die zeitgleiche Prüfung der EAS-Zulagen in drei LPA lassen dennoch eine verlässliche Aussage zur Wirkung der geprüften EAS-Zulagen unter Gruppenhaltungsbedingungen zu. Nach den dargestellten Ergebnissen können Masthybrideber der Vaterrassen PI und DU bei einer zweiphasigen Fütterung (13,4 MJ ME/kg AM bzw. 13,0 MJ ME/kg EM) bedarfsdeckend versorgt werden, wenn im Anfangsmastfutter 11,5 g Lysin je kg bzw. im Endmastfutter 9,0 g Lysin/kg enthalten sind sowie mindestens 0,75 (AM) bzw. 0,60 (EM) g pcv Lysin pro MJ ME erreicht werden. Diese Schlussfolgerung korrespondiert mit den Untersuchungen von Yen et al. (1986a, b), O'Connell et al. (2006), Moore und Mullan (2010) und Lanferdini et al. (2013), da in allen genannten Untersuchungen sehr ähnliche Futterqualitäten zu keiner verbesser-

ten Mast- und Schlachtleistung bei Mastebern führten. So prüften Yen et al. (1986a, b) 120 Eber (Landrasse × (Landrasse × Large White)) im Vormastabschnitt bis 55 kg und im Endmastabschnitt bis 90 kg Lebendmasse mit isoenergetischen Futterrationen mit acht Abstufungen im Lysingehalt (7,5 bis 14,5 g Lysin je kg Vormastfutter mit 13,65 MJ DE (verdauliche Energie) je kg bzw. 5,6 bis 12,4 g Lysin je kg Endmastfutter mit 13,38 MJ DE je kg) auf ihre Wirkung auf Lebendmassezunahme, Futteraufwand und Schlachtkörperwert. Ab einem Lysingehalt von 11,2 g Lysin/kg Vormastfutter bzw. 9,2 g Lysin/kg Endmastfutter wurde ein Plateau für die Mastleistung erreicht. In den Merkmalen des Schlachtkörperwertes (Fleisch- und Fettgehalt im Schinken, Rückenspeckdicke und Fläche des Musculus longissimus dorsi wurde bereits keine weitere Verbesserung festgestellt, wenn der Lysingehalt im Futter mehr als 10,4 (Vormast) bzw. 9,3 g/kg Futter (Endmast) betrug. Die Ergebnisse sprechen dafür, dass auch in diesen Untersuchungen ein Lysingehalt von 11,2 g/kg in der Vormast bzw. 9,2 kg/kg in der Endmast bedarfsdeckend für Eber ist. O'Connell et al. (2006) untersuchten Masthybrideber (Hermitage: HiLean-Landrasse × F1-Sau), die im LM-Abschnitt von 60 bis 90 bzw. 80 bis 100 kg ebenfalls isoenergetisch mit Rationen versorgt wurden, die sich nur im Lysingehalt (gestaffelt von 7,0 bis 13,5 g Lysin/kg) unterschieden. Die in den unteren Versorgungsstufen gemessenen positiven Effekte erreichten ab 10,7 g Lysin sowohl für die Lebendmassezunahme und Futterverwertung als auch den Fleischanteil und die Fettauflage ein Leistungsplateau. Bei noch höheren Zulagen waren Leistungseinbußen zu verzeichnen. Dieser leistungsmindernde Effekt konnte in den eigenen Untersuchungen nur für die Mastleistung der Tiere der Rassegruppe DU in der Anfangsmast festgestellt werden. Durch die Absenkung des Lysingehaltes im zweiten Mastabschnitt auf 9,0 g/kg in der KG100 bzw. 11,7 g/kg in der VG130 konnte die hohe Aminosäurenüberversorgung offenbar über die vermutlich über dem Bedarf liegende Energieversorgung genutzt werden, ohne den Protein- und Muskelfleischansatz zu verringern. Moore und Mullan (2010) prüften bei australischen Hybriden (Duroc × F1-Sau) über verschiedene Lebendmasseabschnitte fünf Steigerungsstufungen an pcv Lysin je MJ DE und leiteten für männliche und weibliche Mastschweine merkmalsspezifisch für verschiedene Lebendmassen (20, 35, 50, 65 und 80 kg) Empfehlungen für den Gehalt an pcv Lysin je Megajoule verdauliche Energie ab. Für den Mastbeginn mit 20 kg reichen nach diesen Untersuchungen Diäten mit einem Gehalt von 0,80 g pcv Lysin je MJ DE für Eber bzw. 0,78 g pcv Lysin je MJ DE für weibliche Mastschweine aus, ab 35 kg kann der Lysingehalt auf 0,77 g pcv Lysin/MJ ME (Eber) bzw. 0,76 g pcv Lysin/MJ DE (Sauen) abgesenkt werden. Sie kommen zu der Aussage, dass Sauen und Eber ab einer Lebendmasse von 50 kg unterschiedliche Fütterungsansprüche haben. Eber sollten dann mit 0,65 g pcv Lysin/MJ DE mit einem um 0,05 g/MJ DE höheren Lysingehalt versorgt werden als weibliche Tiere.

Bei Lanferdini et al. (2013) hatte eine Erhöhung des Lysingehaltes in der Ration um 3% gegenüber der dreiphasigen Kontrollration, die altersabhängig verabreicht wurde (63.–84. Lebenstag: 11,4 g Lysin/kg; 85.–112. Lebenstag: 10,7 g Lysin/kg; 112.–165. Lebenstag: 10,6 g Lysin/kg), keine Wirkung auf die Zunahmeleistung und die Futterverwertung im gesamten Prüfzeitraum sowie die Schlachtkörpermerkmale (Länge, Ausschlachtung, Muskel- und Fettdicke zwischen 10. und 11. Rippe).

Aus den eigenen Untersuchungen kann nicht abgeleitet werden, ob eine Versorgung mit EAS, die deutlich unter dem Niveau der KG100 liegt (AM: < 11,5 g Lysin bei 13,4 MJ ME/kg, EM: < 9,0 g Lysin/kg bei 13,0 MJ ME/kg) zu signifikant schlechteren Mast- und Schlachtleistungen führen würde. Die gewählten Zulagestufen verfolgten das Ziel, das Proteinansatzvermögen durch eine optimierte EAS-Zulage auszuschöpfen. Die Untersuchungen von Lindermayer et al. (2012) könnten als Hinweis gewertet werden, dass niedrigere Lysingehalte im Futter, bei entsprechender Relation zu den anderen EAS, nicht ausreichen, um das Proteinansatzvermögen auszuschöpfen. So hatten Eber, die

dreiphasig entsprechend den DLG-Empfehlungen für die Jungebermast (DLG, 2010: 12/9,5/8,5 g Lysin je kg in Anfangs-/Mittel-/Endmast) gefüttert wurden, trotz unveränderter Mastleistungen signifikant verringerte Speckauflagen sowie deutlich höhere Muskelfleischanteile im Schlachtkörper und im Bauch gegenüber Ebern, die entsprechend der Standardempfehlungen für 850 g Masttagszunahmen (11/9,0/7,5 g Lysin je kg in Anfangs-/Mittel-/Endmast; GfE, 2006) versorgt wurden.

Die in den eigenen Untersuchungen bei den besonders wachstumsintensiven Duroc-Masthybriden gemessene Wachstumsdepression wurde auch Campbell et al. (1984) während der Mast von Kreuzungsebern (Large White × Landrasse, LM-Abschnitt 45 bis 90 kg) festgestellt. Diese waren isoenergetisch (14,4 MJ DE/kg) mit ansteigenden Rohprotein- (90 bis 250 g/kg) und Lysingehalten (5 bis 14 g/kg) im Futter versorgt worden. Als Ursache werden gesteigerte Energieverluste durch die Umwandlung bzw. Ausscheidung N-haltiger Verbindung über die Leber bzw. Niere vermutet, was letztlich zu Lasten des Ansatzes geht.

Für die Auslastung des genetisch bedingten Proteinansatzes ist neben der bedarfsgerechten Energieversorgung auch eine ausreichende und ausgewogene Versorgung mit den limitierenden Aminosäuren Lysin, Methionin und Cystin, Threonin, Tryptophan und Valin entscheidend. So empfahl Susenbeth (2002) sich in der Futterzusammensetzung nicht nur auf die Leitaminosäure Lysin zu konzentrieren, da z.B. eine unzureichende Versorgung mit einer anderen EAS dazu führen kann, dass diese erstlimitierend wird. Nach Heger et al. (2002) bestehen für Threonin, Methionin, Cystin und Tryptophan lineare Beziehungen zum Proteinansatz, so dass auf eine ausreichende Versorgung zu achten ist. Nicht immer einheitlich sind die Empfehlungen zum Verhältnis von Threonin zum Lysin. Während nach Susenbeth (2002) erst unter einem Threonin-Lysin-Verhältnis von 0,65:1 eine Zulage von 1 g Threonin eine Steigerung des Proteinansatzes um 11,5–12,5 g bewirkt, empfehlen Babinszky und Tossenberger (1999) aufgrund ihrer Zulageversuche und der signifikant positiven Wirkung auf die Zunahmeleistung und Futteraufnahme für die Mastschweinefütterung ein engeres Verhältnis von 0,67: 1 in der Anfangsmast und 0,75: 1 in der Endmast. Für Tryptophan empfiehlt Htoo (2010) in der Anfangsmast bis 50 kg ein Verhältnis zum Lysin von 0,20: 1 und in der Endmast von 0,18: 1.

In den vorgestellten Fütterungsversuchen wurde das Verhältnis von Lysin, Methionin und Cystin, Threonin, Tryptophan und Valin in allen drei Diäten auf 1: 0,60: 0,65: 0,18: 0,75 eingestellt. Die Analysenwerte der sechs erstlimitierenden Aminosäuren belegen, dass sowohl die angestrebten Gehaltswerte erreicht wurden als auch das Verhältnis der EAS zueinander im Vormast- und Endmastfutter aller drei Diäten mindestens den Zielvorgaben entsprach. Kritische Imbalanzen an EAS sollten damit nicht wesentlich ergebnisbeeinflussend wirksam geworden sein.

In der vorliegenden Untersuchung hatte die Fütterung von Rationen mit unterschiedlich hohen Zulagen an EAS nahezu keine Auswirkung auf die technologische Fleisch- und die sensorische Fettqualität. Auch im Gehalt der geruchsaktiven Substanzen Androstenon und Skatol bestanden keine Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen.

Auffallend ist der z.T. hochsignifikante Einfluss der LPA (Prüfumwelt) auf die Gehaltswerte an geruchsaktiven Substanzen. Bei den Probanden zwischen den LPA handelte es sich nicht nur um Tiere aus den gleichen Ferkelerzeugerbetrieben, sondern auch um väterliche Halbgeschwister. Die eingesetzten Futtermittel wurden am gleichen Tag von jeweils einem Mischfuttermittelhersteller (AM bzw. EM) erzeugt und ausgeliefert. Allein die Unterschiede in der Fußbodengestaltung erklären die beobachteten Unterschiede in den Gehalten geruchsaktiver Substanzen im Fett nicht, zumal bisher nur für das Skatol ein Einfluss des Verschmutzungsgrades auf den Skatolgehalt im Fettgewebe nachgewiesen wurde (Hansen et al., 1994; Aluwé et al., 2011).

Die stationsspezifischen Differenzen im Skatolgehalt könnten durch Unterschiede des mikrobiellen Ökosystems im Darm der Tiere begründet sein, die sich nicht standardisieren ließen und ihre Ursachen in der Prüfumwelt haben. Bekanntlich sind nur bestimmte Mikroorganismen, z.B. *Clostridium sp.*, *Bacteroides sp.* sowie der Lactobazillenstamm 11201, in der Lage, Tryptophan aus Futter und Zelldebris über Indolessigsäure in Skatol umzuwandeln (Jensen und Jensen, 1998; Cook et al., 2007; Whithehead et al., 2008). Eine Beeinflussung des Darmmikrobioms ist u. a. auch durch die Verabreichung von Antibiotika oder den Zusatz organischer Säuren möglich. Insofern ist eine haltungsbedingt indirekte Einflussnahme (unterschiedliche Futtermittel und Behandlungen während der Aufzucht-/Vorprüfphase) als Ursache in Betracht zu ziehen (Wesoly und Weiler, 2012).

Es gibt wenige Untersuchungen, die sich gezielt mit dem Einfluss der Aminosäurenversorgung auf die Merkmale der Fleisch- und Fettqualität von Masthybridebern beschäftigen. Claus et al. (2003) weisen nach, dass eine Zufütterung von Tryptophan, welches als Ausgangsprodukt für die Skatolproduktion gilt, keine vermehrte Skatolbildung bewirkt. Nach Wesoly und Weiler (2012) werden hohe Skatolkonzentrationen im Fett durch multifaktorielle Prozesse verursacht. Hohe Tryptophanmengen im Colon können dabei sowohl durch niedrige praecaecale Verdaulichkeiten oder aber aus abgestoßenen Darmzellen verfügbar werden. Entscheidend ist jedoch, dass spezifisch Skatol synthetisierende Bakterien vorhanden sind.

Lindermayer et al. (2012) stellten in dreiphasigen Mastversuchen (Pietrain × DL/DE) mit Futtermitteln, die sich im Lysingehalt unterschieden (Kontrolle: 11,3/9,2/7,9; Versuch 12,5/9,6/8,2 g Lysin/kg im Anfangs-, Mittel- bzw. Endmastfutter) keine Unterschiede im Androstenon- und Skatolgehalt des Fettgewebes fest. Tendenziell wurden bei diesem Versuchsansatz weniger Eberschlachtkörper in der Fütterungsgruppe mit dem höheren Lysingehalt im Futter beanstandet. Eine nachhaltig Skatol-reduzierende Wirkung und damit auch eine Verminderung der Geruchsbelastung wurde durch 3 bzw. 10% Inulin im Futter bewirkt, welches über 6 Wochen vor dem angestrebten Schlachttermin dem Futter beigemischt worden war. Ursächlich kommen für diesen Effekt eine durch die prebiotische Substanz per se bewirkte Veränderung der Zusammensetzung der Mikrobengemeinschaft sowie eine durch verstärkte mikrobielle Butyratbildung reduzierte Zelldebris in Frage.

Bei Neupert et al. (1995) erhielten männliche Schaumann-Hybriden in einem Praxisversuch Rationen unterschiedlicher Energiedichte (13,8 vs. 12,6 MJ ME/kg) bis zu einer Schlachtmasse von 85 kg. Die energiereicher vs. energieärmer gefütterten Eber wiesen tendenziell höhere Androstenongehalte im ausgeschmolzenen Fett auf (1,35 vs. 1,21 µg/g), der Skatolgehalt im Fett war jedoch etwa doppelt so hoch (0,251 vs. 0,131 µg Skatol/g).

Adam (2009) fand bei Ebern, die bis zu einer Schlachtmasse von 85 kg bei einer protein- und lysinreduzierten Ration gefüttert und in Gruppen gehalten wurden, mit 126 ng/g im Vergleich zur bedarfsgerecht versorgten Kontrollgruppe (78 ng/g) fast doppelt so hohe Skatolgehalte im Fettgewebe. Der Androstenongehalt beider Gruppen lag auf dem gleichen Niveau. Allerdings war dieser Effekt bei der Mast bis zu einer Schlachtmasse von 95 kg bzw. auch bei Einzelhaltung der Eber nicht reproduzierbar.

Für den Androstenongehalt scheint der Fütterungseinfluss nur indirekt über die Beeinflussung des Pubertätseintrittes zu wirken, da nach Weiler und Wesoly (2012) die Syntheseleistung des Hodens die primäre Einflussgröße auf die Androstenoneinlagerung im Fettgewebe ist. Nach Roth (1969) ist die Pubertät bei Ebern bereits mit 17 Wochen abgeschlossen, denn bereits in diesem Alter können erste reife Spermatozoen im Nebenhoden des Ebers nachgewiesen werden. Allerdings wird auch darauf hingewiesen, dass die Steroidbildung im Hoden ab diesem Alter erst einsetzt und der Anstieg des Androstenongehaltes bis zum 200. Lebenstag ungebrochen festzustellen war. Ob diese Aussagen auf moderne Genotypen übertragen werden können, bleibt zu untersuchen. Sowohl das

Alter als auch die Lebendmasse spielen für den Pubertätseintritt von Ebern eine entscheidende Rolle, wobei eine eindeutige Trennung zwischen beiden Faktoren nicht möglich ist (Bonneau, 1987; Prunier et al., 1987). Der von Zamaratskaia und Squires (2009) beobachtete pubertätsbedingte Anstieg des Skatolgehaltes im Fett wird als Folge einer ansteigenden Androstenon- und Östrogenkonzentration in der Zirkulation gesehen.

Aus den vorgestellten Untersuchungen wird deutlich, dass Masthybrideber der Vaterrassen PI und DU mit einem Wachstumspotenzial von mehr als 950 und 1100 g/d sowie einem Muskelfleischanteil über 59 und 58% (HKL-VO, 2011) bei einer Aminosäurenversorgung deutlich oberhalb der DLG-Empfehlungen (+15 bzw. +30%) über die gesamte Versuchsdauer keine reproduzierbare Verbesserung der Mast- und Schlachtleistung zeigen. Das Erreichen eines Leistungsplateaus spricht bei den geprüften Herkünften unter den Bedingungen einer zweiphasigen Mast dafür, dass die Tiere der VG115 und VG130 ein Futter erhielten, welches eine über dem Bedarf für den Proteinansatz liegende Aminosäurenversorgung realisierte. Damit können die Ergebnisse der vorgestellten Fütterungsversuche eine geeignete Grundlage für die Ableitung des Energie- und Lysinbedarfes von Mastebern für Erhaltung und Wachstum darstellen.

Die Versorgungshöhe mit EAS in den genannten Grenzen beeinflusst weder den Gehalt an geruchsaktiven Substanzen, noch den Anteil von Eberschlachtkörpern mit Geruchsabweichungen.

## Danksagung

Die Untersuchungen waren Teil des Verbundprojektes „Untersuchungen zur bedarfsgerechten Versorgung von Mastebern zur Ausschöpfung des genetisch vorhandenen Leistungspotenzials“, die mit Mitteln des BMEL unter den Geschäftszeichen 313-06.01-28-1-38.026-10 bis 313-06.01-28-1-38.031-10 gefördert wurden. Allen am Projekt beteiligten Partnern und ihren Mitarbeitern danken wir für ihren Beitrag zum Gelingen des Projektes: Dr. Caroline Otten, ITE Braunschweig des FLI; Dr. Annabell Hardinghaus, Deutsche Vilomix Tierernährung GmbH; K. Krüger und Dr. Meike Rademacher, Evonik Degussa AG; G. Riewenherm, Deutsche Tiernahrung Cremer GmbH & Co. KG; Dr. H. Claus, Hauptgenossenschaft Nord; Prof. W. Matthes, LFA Mecklenburg-Vorpommern.

Besonderer Dank gebührt Manuela Flade für die Organisation der Anpaarungen, das Management der Tiere für die Fütterungsversuche sowie die Probenlogistik. Gedankt wird auch allen Mitarbeitern der drei beteiligten Leistungsprüfanstalten in Dornburg, Iden und Ruhlsdorf für ihre Einsatzbereitschaft, die Zuverlässigkeit bei der Datenerhebung und die Absicherung der anspruchsvollen Probennahmen.

## Literatur

AVV Lebensmittelhygiene, (2009): Bekanntmachung der Neufassung der AVV Lebensmittelhygiene. Bundesanzeiger **61**, Nummer 178a vom 25. November 2009, 57–58.

Adam, F., (2009): Düsser Ergebnisse zur Ebermast. Landwirtschaftszentrum Haus Düsse, Fachbereich Schweinehaltung, Versuchsberichte. http://www.duesse.de/tierhaltung/schweine/versuche/mastschweine/pdf/2009-vg76-vt54-ebermast.pdf.

Aluwé, M., K.M. Bekaert, F.A.M. Tuyttens, L. Vanhaecke, S. De Smet, H.F. De Brabander, D.L. De Brabander und S. Millet, (2011): Influence of soiling on boar taint in boars. Meat Sci., **87**, 175–179.

Babinszky, L. und J. Tossenberger, (1999): Digestible Threonine Requirement of Growing and Finishing Pigs. Facts and Figures. Degussa, Feed Additives Swine No. **10**.

BMEL, (2011): Verbundprojekt: Untersuchungen zur bedarfsgerechten Versorgung von Mastebern zur Ausschöpfung des genetisch vorhandenen Leistungspotenzials. http://www.fisaonline.de/index.php?lang=dt&act=projects&view=details&p_id=4578.

Bonneau, M., (1987): Effects of age and live weight on fat 5 alpha-androstenone levels in young boars fed two planes of nutrition. Reprod. Nutr. Dev. **27**(2A), 413–422.

Bundesregierung, (2013): Tierschutzgesetz; http://www.gesetze-im-internet.de/tierschg/.

Campbell, R.G., M.R. Taverner und D.M. Curic, (1984): Effect of feeding level and dietary protein content on the growth, body composition and rate of protein deposition in pigs growing from 45 to 90 kg. Anim. Prod. **38,** 233–240.

Claus, R., E. Herbert und M. Dehnhard, (1997): Comparative determination of the boar taint steroid androstenone in pig adipose tissue by a rapid enzyme immunoassay and an HPLC-method. Arch. Lebensmittelhygiene **2**, 27–30.

Claus, R., D. Lösel, M. Lacorn, J. Mentschel und H. Schenkel, (2003): Effects of butyrate on apoptosis in the pig colon and its consequences for skatole formation and tissue accumulation. J. Anim. Sci. **81**, 239–248.

Cook, K.L., M.J.JR. Rothrock, J.H. Loughrin und K.C. Doerner, (2007): Characterization of skatole-producing microbial populations in enriched swine lagoon slurry. FEMS Microbiol. Ecol. **60**, 329–340, zit. nach: Wesoly und Weiler (2012).

Dehnhard, M., R. Claus, M. Hillenbrand und A. Herzog, (1993): High-performance liquid chromatographic method for the determination of 3-methylindole (skatole) and indole in adipose tissue of pigs. J. Chromatography **616**, 205–209.

DLG, (2010): Erfolgreiche Mastschweinefütterung. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main.

Dobrowolski, A., R. Höreth and und W. Branscheid, (1995): Der Schlachtkörperwert von Ebern und Börgen und Probleme der Klassifizierung. – Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Heft 449; „Die Ebermast“.

Eynck, H.-J., (2011): Schlachtung und Verarbeitung von Ebern – Machbar ohne Risiko? Tagungsband zum „Thüringer Schweinetag 2011“, 1. 12 2011 in Stadtroda. Erschienen als Heft 9/2011 der Schriftenreihe "Landwirtschaft und Landschaftspflege in Thüringen.“, 42–45.

GfE, (2006): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 10. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

HKL-VO, (2011): Erste Verordnung zur Änderung handelsklassenrechtlicher Vorschriften vom 26. September 2011. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2011 Teil I Nr. **49**, 1914–1920.

Hecht, B., T. Paulke und L. Hagemann, (2011): Der Turbo zündet später. BauernZeitung Nr. **10**, 50–51.

Hansen, L., L. Larsen, B. Jensen, J. Hansen-Moller und P. Barton-Gade, (1994): Influence of stocking rate and faeces deposition in the pen at different temperatures on skatole concentration (boar taint) in subcutaneous fat. Anim. Prod. **59**: 99–110.

Heger, J., T. Van Phung und L. Krizova, (2002): Efficiency of amino acid utilization in the growing pig at suboptimal levels of intake: lysine, sulphur amino acids and tryptophan. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. **86**, 153–165.

Honikel, K.O., (1998): Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. Meat Sci. **49**, 447–457.

Htoo, J., (2010): Optimale Verhältnisse von standardisiert ileal verdaulichem Tryptophan zu Lysin. AMINONews **14** (1), 13–36.

Jensen, B.B. und M.T. Jensen, (1998): Microbial production of skatole in the digestive tract of entire male pigs. In: Skatole and Boar Taint. Jensen, W.K., Ed.: Danish Meat Research Institute, Roskilde, Denmark, 41–76, zit. nach: Wesoly und Weiler (2012).

Lanferdini, E.; P.A. Lovatto, R. Melchior, U.A.D. Orlando, M. Ceccantini und E. Poleze, (2013): Feeding surgically castrated, entire male and immunocastrated pigs

with different levels of amino acids and energy at constant protein to energy ratio with or without ractopamine. Livest. Sci. **151**, 246–251.

Lindermayer, H.; W. Preisinger, G. Probstmeier und K. Schedele, (2012): Ebermast – Fütterungsversuch mit Lysinanhebung und Inulingaben zur Reduzierung des Ebergeruchs (Skatol). Versuchsbericht VPS 28. Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft. http://www.lfl.bayern.de/ite/schwein/025518/.

Matthes, W., D. Uetrecht und F. Weber, (2013): Eber sind effizient, aber nicht ohne Risiko. agrarmanager, Januar 2013, 58–60.

Meyer, E., (2013): Was brauchen die Masteber? Fachinfo zur Ebermast, Homepage der LfULG Köllitsch http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/Meyer_Eberbedarf_Fachinfo.pdf.

Meier-Dinkel, L., A.R. Sharifi, E. Tholen, L. Frieden, M. Bücking, M. Wicke und D. Mörlein, (2013): Sensory evaluation of boar loins: Trained assessors' olfactory acuity affects the perception of boar taint compounds. Meat Sci. **94,** 19–26.

Moore, K. und B. Mullan, (2010): Lysin requirements of pigs from 20 to 100 kgs liveweight. Report prepared for the co-operative Research Centre for an Internationally Competitive Pork Industry, Department of Agriculture and Food WA, Bentley Delivery Centre WA 6983, Australia.

Müller, S., M. Otto, G. Reimann and U. Weiler, (2010): Eber auf Herz und Nieren geprüft. dlz primus Schwein, Dezember 2010, 40–45.

Neupert, B., R. Claus, E. Herbert und U. Weiler, (1995): Einfluss von Geschlecht, Fütterung und Lichtprogrammen auf Mastleistung und Schlachtkörperwert sowie die Androstenon- und Skatolbildung beim Schwein. Züchtungskunde **67**, 317–331.

O'Connell, M.K., P.B. Lynch und J.V. O' Doherty, (2006): Determination of the optimary lysine concentration for boars and gilts penned in pairs and groups in the weight range 60 to 100 kg. Anim. Sci. **82**, 65–73.

Otten, C., A. Berk und S. Müller, (2012): Erste Ergebnisse von N-Bilanzversuchen zur bedarfsgerechten Versorgung von Mastebern. Tagungsband Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda, 178–181.

Otten, C., A. Berk, S. Müller, M. Weber und S. Dänicke, (2013): Influence of dietary amino acids on chemical body composition and performance of growing-finishing boars of two sire lines. Arch. Anim. Nutr. **67**, 6, 477–491.

Prunier, A., J.C. Caritez und M. Bonneau, (1987): Dévelopement de l'appereil génital des porcs males et femelles et évolution de la teneur en androsténone du tissu adipeux des verrats de races européenne ou chinoise. Ann. Zootechn. **36**, 49–58.

Roth, E., (1969): Die geschlechtliche Entwicklung bei Ebern unter besonderer Berücksichtigung der Möglichkeit frühzeitiger Spermagewinnung. Diss. agr. Göttingen.

Schulze-Langenhorst, C., L. Bütjefering und F. Adam, (2010): Haus Düsse teilt mit: In einem Fütterungsversuch im LWZ Haus Düsse ist die Frage der bedarfsgerechten Aminosäurenversorgung geprüft worden. Versuchsbericht LWK NRW über: http://www.duesse.de/tierhaltung/schweine/versuche/mastschweine/pdf/2010-vg81_ebermast.pdf.

Susenbeth, A., (2002): Ein Diskussionsbeitrag zur Proteinbewertung und Aminosäurenversorgung beim Schwein. Übers. Tierernährg. **30**, 163–181.

Weiler, U. und R. Wesoly, (2012): Physiologische Aspekte der Androstenon- und Skatolbildung beim Eber. Züchtungskunde, **84**, 365–393.

Wesoly, R. und U. Weiler, (2012): Wirkung von Fütterungsmaßnahmen auf die Skatolbildung und die Skatoleinlagerung beim Schwein. Züchtungskunde, **84**, 412–426.

Whithehead, T.R., N.P. Price, H.L. Drake und M.A. Cotta, (2008): Catabolic pathway for the production of skatole and indoleacetic acid by the acetogen clostridium drakei,

clostridium scatologenes, and swine manure. Appl. Environ. Microbiol. **74**, 1950–1953, zit. nach: Wesoly und Weiler (2012).

Yen, H.T., D.J.A. Cole und D. Leweis, (1986a): Amino acid requirements of growing pigs. 7. The response of pigs from 25 to 55 kg live weight to dietary ideal protein. Anim. Prod. **43**, 141–154.

Yen, H.T., D.J.A. Cole und D. Leweis, (1986b): Amino acid requirements of growing pigs. 8. The response of pigs from 50 to 90 kg live weight to dietary ideal protein. Anim. Prod. **43**, 155–165.

Zamaratskaia, G. und E.J. Squires, (2009): Biochemical, nutritional and genetic effects on boar taint in entire male pigs. Animal **3**, 1508–1521.

ZDS, (2007): Richtlinie für die Stationsprüfung auf Mastleistung, Schlachtkörperwert und Fleischbeschaffenheit beim Schwein des Ausschusses für Leistungsprüfungen und Zuchtwertfeststellung beim Schwein (ALZ) des Zentralverbandes der Deutschen Schweineproduktion (ZDS) vom 04.09.2007. http://www.zds-bonn.de/lpa_rassencodes.html?highlight=stationspruefung&.