

Ausnutzung eines kompensatorischen Proteinansatzes in der ökologischen Schweinemast

A study on compensatory body protein synthesis in organic pig fattening

FKZ: 06OE060

Projektnehmer:

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Institut für Ökologischen Landbau
Trenthorst 32, 23847 Westerau
Tel.: +49 4539 8880-0
Fax: +49 4539 8880-120
E-Mail: oel@vti.bund.de
Internet: <http://www.vti.bund.de>

Autoren:

Weißmann, Friedrich; Berk, Andreas; Joost-Meyer zu Bakum, Rudolf

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (BÖL)

ENDBERICHT

BÖL-Projekt 06 OE 060

Ausnutzung eines kompensatorischen Proteinansatzes in der ökologischen Schweinemast

Dr. Friedrich Weißmann (Gesamtkoordination)
Institut für ökologischen Landbau
Johann Heinrich von Thünen-Institut – Bundesforschungsinstitut für
Ländliche Räume, Wald und Fischerei (vTI)
(vormals: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, FAL)
Trenthorst
23847 Westerau

Dr. Andreas Berk
Institut für Tierernährung
Friedrich-Loeffler-Institut – Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit (FLI)
(vormals: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, FAL)
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

Dipl.-Ing. agr. Rudolf Joost-Meyer zu Bakum
Futtermühle Meyerhof zu Bakum
Bakumer Str. 80
49324 Melle

Laufzeit: 1. Juli 2008 – 30. September 2009

INHALTSVERZEICHNIS

1	Zielsetzung des Projektes	3
2	Ablaufplan des Projektes	3
3	Soll-Ist-Vergleich des Projektablaufes	4
4	Ergebnisse	5
4.1	Material und Methoden	5
4.2	Mastleistung	13
4.3	Schlachtkörperqualität	15
4.4	Fleischqualität	17
4.5	Wirtschaftlichkeit	18
4.6	Zusammenfassende Diskussion	21
4.7	Schlussfolgerung	23
5	Anhang	23

1 Zielsetzung des Projektes

Bei der Vermarktung bzw. Wertschöpfung von Schlachtschweinen spielt die Schlachtkörperqualität in Form des Muskelfleischanteils der Schlachthälfte eine wesentliche Rolle. Dies gilt gleichermaßen für die konventionelle wie auch die ökologische Schweinemast. Die Höhe der erreichbaren Muskelfleischprozentage hängt neben der Wahl der Genetik im Wesentlichen vom Lysin-Energie-Verhältnis in der Futtermischung ab, welches seinerseits wiederum entscheidend durch die zur Verfügung stehenden Eiweißfuttermittel eingestellt wird.

Durch die begrenzte Verfügbarkeit von Eiweißfuttermitteln mit hochwertigem Aminosäuremuster, der sog. Proteinlücke in der ökologischen Tierfütterung, fällt es v. a. in der wichtigen Phase der Anfangsmast besonders schwer, den sich an den DLG-Fütterungsempfehlungen (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft) orientierenden Lysin-Energie-Quotienten in der Ration herzustellen. In der Regel wird annäherungsweise die notwendige Lysinmenge in der ökologischen Schweinemast wie folgt in die Ration eingebracht:

- Einsatz hoher Anteile von Proteinträgern in der Ration, die ihrerseits allerdings zu einem umweltrelevanten, deutlich erhöhten Rohproteingehalt in der Ration führen
- Einsatz von Proteinträgern nicht ökologischer Herkunft (üblicherweise Kartoffeleiweiß) auf der Grundlage der z. Zt. noch zulässigen aber eben zeitlich befristeten Ausnahmegenehmigungen
- Kombination beider Strategien als gängiges Verfahren

Diese Vorgehensweise mit ihren inhärenten Mängeln ist vor dem Hintergrund einer nachhaltigen Profilierung der ökologischen Fütterung als kritisch zu bewerten und aus ökonomischer Sicht als ungünstig zu bezeichnen. Daher sollte mit dem vorliegenden Versuch überprüft werden, ob ein fütterungsbedingt geringerer Proteinansatz in der Anfangsmast, der durch den Verzicht auf erhöhte Rohproteingehalte bzw. auf Proteinträger nicht ökologischer Herkunft und einer damit einhergehenden Absenkung des Lysin-Energie-Verhältnisses entsteht, durch eine entsprechende Rationsgestaltung in der Endmast in Form eines geringfügig über den DLG-Empfehlungen angesiedelten Lysin-Energie-Verhältnisses unter ökologischen Fütterungsbedingungen zu kompensieren ist.

Von den Ergebnissen wird erwartet, dass sie einen Beitrag zu einer ökologisch und ökonomisch optimierten 100%-Bio-Schweinefütterung leisten und damit die Prozess- und Produktqualität in der ökologischen Schweinefleischherzeugung fördern.

2 Ablaufplan des Projektes

Laut Zuwendungsbescheid vom 16. Juni 2008 sollte das Projekt am 1. Juli 2008 beginnen.

Das Inkrafttreten des Zuwendungsbescheides wurde vom positiven Ergebnis einer vorgeschalteten Literaturrecherche zum grundsätzlichen Bestehen eines kompensatorischen

torischen Wachstums bzw. Proteinansatzes beim Schwein abhängig gemacht. Mit Schreiben vom 3. Juli 2008 wurde dies erfüllt.

Mit Schreiben vom 7. Juli 2008 wurde eine Mittelaufstockung wegen der im Genehmigungszeitraum drastisch gestiegenen Futtermittelkosten beantragt und mit Schreiben vom 14. Juli 2008 durch die GS BÖL entsprochen.

Mit Schreiben vom 26. August 2008 wurde beantragt, den Projektstart auf den 1. Oktober 2008 zu legen, wobei der eigentliche Fütterungsversuch auf Grund von Stallplatz- und Ferkelverfügbarkeiten nicht vor Mitte/Ende November 2008 begonnen werden konnte. Diesem Antrag stimmte die GS BÖL mit Schreiben vom 29. August 2008 zu.

Am 24. November 2008 begann die experimentelle Phase mit der Aufstallung einer ersten von zwei Ferkelpartien im Versuchsstall des Instituts für Tierernährung im Friedrich-Loeffler-Institut (FLI) in Braunschweig, die zweite Tranche folgte am 7. Januar 2009. Die Schlachtungen starteten am 2. März 2009 und endeten am 4. Mai 2009.

Auf Grund von Engpässen bei den Laborkapazitäten und somit letztlich Verzögerungen bei der statistischen Auswertung wurde mit Email vom 12. Juni 2008 eine Verschiebung des Abgabetermins des Endberichtes auf Ende August beantragt. Mit Schreiben vom 15. Juni 2009 teilte die GS BÖL eine kostenneutrale Verlängerung des Projektes bis zum 30. September 2009 mit.

Zur Kommunikation der Ergebnisse sind Veröffentlichungen in Wissenschafts- und Fachjournalen vorgesehen. Am 29. Januar 2010 erfolgt eine erste Präsentation auf der 9. Internationalen Schweinetagung veranstaltet von Bioland, Naturland, Die Öko-Berater, Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen (KÖN) und Institut für Ökologischen Landbau im Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI). Weitere Präsentationen bei entsprechenden Tagungen sind beabsichtigt.

3 Soll-Ist-Vergleich des Projektablaufes

Zeitraum	SOLL-Projektschritte	IST-Status
Juni 2008	Literaturrecherche vorab	erfüllt
November 2008	Herstellung der Versuchsmischungen	erfüllt
November 2008	Aufstallung der ersten 54 von 96 Ferkeln, Verteilung auf die 4 Fütterungsregime (26.11.08), Versuchsbeginn: 02.12.09 Datenerfassung zur Mastleistung	erfüllt
Januar 2009	Aufstallung der restlichen 42 Ferkel, Verteilung auf die 4 Fütterungsregime (07.01.09), Versuchsbeginn: 14.01.09 Datenerfassung zur Mastleistung	erfüllt
Januar – März 2009	Durchführung der Bilanzversuche	erfüllt
März 2009	Schlachtung der Tiere aus der ersten Anlieferung,	

Ausnutzung eines kompensatorischen Proteinansatzes in der ökologischen Schweinemast

Zeitraum	SOLL-Projektschritte	IST-Status
	Erfassung der Schlachtdaten	erfüllt
April – Mai 2009	Schlachtung der Tiere aus der zweiten Anlieferung, Erfassung der Schlachtdaten	erfüllt
Juni – Juli 2009	Laboruntersuchungen von Kot, Harn und Fleisch	erfüllt
Juli – August 2009	Datenauswertung, Projektgruppentreffen	erfüllt
August 2009	Erstellung des Endberichtes	erfüllt

4 Ergebnisse

4.1 Material und Methoden

Versuchsdesign

Der Fütterungsversuch gliedert sich in den eigentlichen Mastversuch und einen darin eingebetteten Bilanzversuch mit einer begrenzten Anzahl von Tieren, die aus dem Mastversuch stammen.

Zur Bearbeitung der Fragestellung wurden 4 Fütterungsgruppen gebildet, die sich im Lysin-Energie-Verhältnis der Futterrationen in der Anfangs- und Endmast unterschieden, wobei Gruppe 1 als eigentliche Versuchsgruppe, die Gruppe 2 als eine Negativkontrolle, die Gruppe 3 als eine Positivkontrolle und die Gruppe 4 als die eigentliche Kontrolle fungiert (Tabelle 1). Dabei stellt die Gruppe 1 eine sog. „Universalmastr“ dar, ist aber auch gleichzeitig die Gruppe, die den Nachweis für den kompensatorischen Proteinansatz gegenüber der Standardfütterung (Gruppe 4) erbringen soll. Die Gruppe 2 ist eine „Negativkontrolle“ in Form einer Unterversorgung, und die Gruppe 3 soll verdeutlichen, dass die Gruppe 4 ausreichend versorgt ist, und das Mehr an Aminosäuren im Abschnitt der Endmast keinen weiteren Proteinansatz bewirken kann.

Tabelle 1: Versuchsdesign

Gruppe	1	2	3	4
	Versuchsgruppe	Negativkontrolle	Positivkontrolle	Normalkontrolle
Lysin : ME (g/MJ) in ...				
... Anfangsmast	0,69	0,69	0,89	0,89
... Endmast	0,69	0,59	0,69	0,59
Futter in ...				
... Anfangsmast	Futter 2	Futter 2	Futter 1	Futter 1
... Endmast	Futter 2	Futter 3	Futter 2	Futter 3

Im zusätzlichen Bilanzversuch sollten aus jeder Gruppe jeweils dieselben 6 Kastraten in Anfangs- und Endmast in Stoffwechsellkäfigen einer N-Bilanz über Kot und Harn gemäß den GfE-Richtlinien (Gesellschaft für Ernährung) zur Ableitung des N-Ansatzes unterzogen werden.

Ausnutzung eines kompensatorischen Proteinansatzes in der ökologischen Schweinemast

Futter

Der Tabelle 1 ist zu entnehmen, dass die Einstellung der 3 unterschiedlichen Lysin-Energie-Quotienten von 0,59, 0,69 und 0,89 in der Anfangs- bzw. Endmast über 3 unterschiedliche Futter erfolgte. Die Tabelle 2 zeigt die Zusammensetzung der drei Futtermischungen und Tabelle 3 gibt die Analysedaten sowohl der Einzelkomponenten als auch der Rationen wieder.

Tabelle 2: Zusammensetzung der 3 Futtermischungen (alle Komponenten außer Kartoffeleiweiß sind „ökozertifiziert“)

	Futter 1	Futter 2	Futter 3
Gerste (%)	36,2	38,2	41,6
Triticale (%)	15,0	21,0	24,0
Erbsen/Ackerbohnen (%)	20,0	20,0	18,5
Sojakuchen (%)	8,0	9,0	5,0
Rapskuchen (%)	7,5	5,0	4,0
Weizenkleie (%)	5,5	4,0	4,0
Kartoffeleiweiß (%)	5,0	--	--
Vormischung (%)	2,0	2,0	2,0
CaCO ₃ (%)	0,8	0,8	0,9
Soll-ME-Gehalt (MJ/kg)	12,80	12,70	12,60
Soll-Lysin-ME-Verh. (g/MJ)	0,89	0,69	0,59

Tabelle 3: Ergebnisse der Futteranalysen (g/kg T bzw. MJ/kg T)

	T	OS	XP	XL	XF	XX	XS	XZ	Lys	M+C	Thr	ME
Gerste	874	978	107	31	52	788	631	19	4,00	4,61	3,44	14,44
Triticale	865	980	85	24	25	846	719	24	3,24	3,74	3,01	15,45
Erbsen / Bohnen	887	965	272	28	71	593	408	50	19,13	6,44	11,03	14,84
Rapskuchen	911	936	306	176	154	300	55	100	18,39	13,95	9,31	15,90
Sojakuchen	933	893	445	91	55	302	47	99	29,00	15,01	19,96	15,99
Lupinen	902	960	343	67	161	390	90	69	16,18	5,65	9,74	15,59
Kleie	889	955	128	38	75	714	400	47	5,11	5,69	4,76	10,67
Futter 1	902	942	212	44	54	632	447	41	12,66	6,57	7,23	14,24
Futter 2	900	941	168	40	52	681	503	43	9,54	5,50	6,56	14,21
Futter 3	897	944	148	37	51	709	512	41	8,44	4,89	5,25	14,16

Aus den Werten der Tabelle 3 ergeben sich die in Tabelle 4 dargestellten Verhältnisse an Lysin zur Futterenergie (MJ ME) sowie der Aminosäuregruppe Methionin + Cystin und der Aminosäure Threonin zu Lysin im Vergleich zur Versuchsplanung.

Tabelle 4: ME- und AS-Verhältnisse im Vergleich zu den Sollwerten

	g Lys / MJ ME		g Met + Cys / g Lys		g Thr / g Lys	
	Soll	Ist	Soll	Ist	Soll	Ist
Futter 1	0,89	0,89	0,59	0,52	0,68	0,57
Futter 2	0,69	0,67	0,62	0,58	0,68	0,69
Futter 3	0,59	0,60	0,66	0,58	0,69	0,62

Die Tabelle 4 zeigt, dass die Übereinstimmung von Soll- und Istwerten beim Verhältnis von Lysin zu ME sehr gut ausfällt, was bezüglich der Zielstellung des Projektes extrem wichtig ist. Die Summe der schwefelhaltigen AS wird in den Mischungen gegenüber der Kalkulation aus den Werten der Rohstoffe nicht wieder gefunden, was nicht erklärt werden kann. Allerdings sind bei allen 3 Futtermischungen die Verhältnisse zum Lysin so in Übereinstimmung mit den DLG-Empfehlungen, dass keine gravierenden Einflüsse auf das Versuchsergebnis zu erwarten sind. Beim Threonin-Lysin-Verhältnis gibt es beim Futter 2 eine gute Übereinstimmung, die beiden anderen Futter haben gegenüber dem Sollwert ein Defizit an Threonin, was aber auch in diesem Fall in etwa die von der DLG empfohlenen Verhältnisse zur AS-Versorgung trifft.

Tiere

Der Versuch umfasste 96 Mastschweine (48 kastrierte männliche und 48 weibliche Tiere), die gleichmäßig auf die vier Futtergruppen aufgeteilt wurden. Davon schieden vier weibliche Tiere wegen gesundheitlicher Probleme aus, so dass 92 Tiere für die Auswertung verblieben. Die Masttiere stammten aus der Versuchsherde des Instituts für Ökologischen Landbau des vTI; deren Grundlage ist die Hülsenberger Schumann-Sau (DE x DL) inkl. eigen-remontierter Jungsaugen aus der Wechselkreuzung mit DE und DL. Jedes einzelne Versuchstier ist in seiner Abstammung individuell auf Vater (2 Piétrain-Duroc-Kreuzungseber) und Mutter rückverfolgbar.

Versuchsdurchführung

Mastversuch

Die 96 Versuchstiere verteilten sich auf zwei Durchgänge im Abstand von 6 Wochen mit 54 bzw. 42 Ferkeln.

Die Tiere standen in einer strohlosen dänischen Aufstallung in Einzeltierhaltung mit individueller Trogfütterung. Die strohlose Einzeltieraufstallung war aus versuchstechnischen Gründen zur Bestimmung der Futteraufnahme und zur Kalkulation des Proteinansatzes notwendig. Die fehlende Übereinstimmung mit entsprechenden Öko-Richtlinien hat keinerlei Auswirkungen auf die Umsetzbarkeit der Ergebnisse.

Die Mastperiode unterteilte sich in eine Anfangs- und Endmastperiode. Die Mast sollte mit rund 30 kg Lebendmasse (LM) beginnen und mit einer LM von rund 115 kg enden. Der Wechsel von Anfangs- auf Endmast war bei einer LM zwischen 75 kg bis 80 kg geplant. Die Schlachtung erfolgte i.d.R. montags, wenn die Tiere bei der wö-

Ausnutzung eines kompensatorischen Proteinansatzes in der ökologischen Schweinemast

chentlichen Wiegung am Mittwoch der Vorwoche 109,5 kg Lebendmasse überschritten hatten. Tabelle 5 zeigt die entsprechenden mittleren Lebendmassen und Schlachtgewichte, die sich zwischen den Gruppen nicht signifikant unterscheiden.

Tabelle 5: Lebendmassen (LM) und Schlachtgewichte (kg) (Mittelwert ± Streuung)

	Gruppe 1 Versuch n = 22	Gruppe 2 Neg.-Kontr. n = 23	Gruppe 3 Pos.-Kontr. n = 24	Gruppe 4 Kontrolle n = 23	Signifi- kanz *
LM zu Versuchsbeginn	28 ± 2	29 ± 2	28 ± 1	29 ± 3	n.s.
LM zur Umstellung	77 ± 6	76 ± 5	77 ± 5	81 ± 7	n.s.
LM zum Versuchsende	116 ± 3	117 ± 4	117 ± 4	117 ± 7	n.s.
Schlachtgewicht	91,0 ± 2,8	91,5 ± 2,6	91,6 ± 2,9	91,3 ± 2,9	n.s.

* Tukey $p < 0,05$, n.s.: nicht signifikant

Das Futter wurde ad libitum entsprechend der Futteraufnahme des jeweiligen Tieres verabreicht. Wöchentlich zum Wiegetag der Tiere wurde die verbliebene Futtermenge zurück gewogen. Aus der Futteraufnahme (Tabelle 6) und den analysierten Aminosäuregehalten der 3 Futtermischungen (Tabelle 3) leitet sich die für die Versuchsfragestellung relevante Gesamtaufnahme der Aminosäuren Lysin, Methionin und Cystin sowie Threonin in der gesamten Mastperiode ab (Tabelle 6).

Tabelle 6: Futter- und Aminosäureaufnahme (Mittelwert ± Streuung)

	Gruppe 1 Versuch n = 22	Gruppe 2 Neg.-Kontr. n = 23	Gruppe 3 Pos.-Kontr. n = 24	Gruppe 4 Kontrolle n = 23
Mittlere Futteraufnahme (kg / Tier und Tag) in der				
... Anfangsmast	2,86 ± 0,28	2,80 ± 0,35	2,80 ± 0,29	2,85 ± 0,33
... Endmast	3,35 ± 0,37	3,22 ± 0,32	3,09 ± 0,43	3,04 ± 0,44
... Gesamtmast	3,06 ± 0,24	2,98 ± 0,25	2,92 ± 0,27	2,92 ± 0,30
Mittlere Aminosäureaufnahme (g / Tier) in der gesamten Mastperiode				
Lysin	2458 ± 130	2305 ± 200	2853 ± 251	2691 ± 236
Methionin + Cystin	1416 ± 75	1331 ± 115	1546 ± 136	1451 ± 124
Threonin	1690 ± 89	1517 ± 134	1762 ± 155	1583 ± 136

Bilanzversuch

Entsprechend der Vorhabensbeschreibung sollte an einer Stichprobe von je 6 Kast-raten einer jeden Futtergruppe jeweils mit denselben Tieren in Anfangs- und Endmast Bilanzversuche (N-Bilanz über Kot und Harn) gemäß den Vorschriften der Gesellschaft für Ernährung durchgeführt werden. In der Anfangsmast wurden die Tiere mit ca. 40 kg LM, in der Endmast mit ca. 80 kg LM bilanziert. Dabei wurden über 7 Tage Kot und Harn quantitativ gesammelt und entsprechend analysiert. Vor der Sammelperiode lag eine mindestens viertägige Vorperiode, in der die Tiere von der

ad libitum-Fütterung entwöhnt und an eine zweimal tägliche Portionsfütterung gewöhnt wurden. Entsprechend der Anlieferung der Tiere in zwei Partien (November 2008 und Januar 2009) wurden 2 mal 12 Kastraten (3 Tiere je Futtergruppe) für diese Versuche ausgewählt. Bei der ersten Partie fiel das Tier Nr. 19 (Futtergruppe 4) in der Anfangsmastperiode aus dem Bilanzversuch, da sich das Tier nicht an den Stoffwechselläufig gewöhnen ließ, was zur Folge hatte, dass dieses Tier auch in der Endmastperiode nicht geprüft wurde. Bei den Tieren der zweiten Partie schied in der Endmastperiode das Tier Nr. 72 ebenfalls der Futtergruppe 4 wegen Verweigerung der Futteraufnahme aus dem Bilanzversuch aus; bei der Auswertung wurden die Daten aus der Anfangsmastperiode dieses Tieres dann auch nicht berücksichtigt. So gingen in die Auswertung bei der Futtergruppe 4 nur 4 Datensätze ein, während die anderen Futtergruppen wie geplant mit jeweils 6 Tieren ausgewertet wurden. Die mittlere Lebendmasse aller 22 Tiere zu Beginn der Bilanzversuche betrug in der Anfangsmast-Periode $42,5 \pm 2,7$ kg, in der Endmast-Periode $83,6 \pm 5,5$ kg.

Datenerfassung

Sämtliche Daten wurden auf das Einzeltier bezogen erfasst.

Im Rahmen der Mastleistung wurde die Lebendmasseentwicklung durch wöchentliche Wiegeungen erfasst, die mittlere Futteraufnahme aus der Differenz der wöchentlichen Ein- und Rückwaage des Futters errechnet. Die entsprechenden Kriterien der Mastleistung sind dem Ergebniskapitel zu entnehmen.

Die Erfassung der Schlachtkörperqualität folgte den Richtlinien des ALZ (Ausschuss für Leistungsprüfungen und Zuchtwertfeststellung beim Schwein für die Stationsprüfung auf Mastleistung, Schlachtkörperwert und Fleischbeschaffenheit). Die entsprechenden Kriterien der Schlachtkörperqualität sind dem Ergebniskapitel zu entnehmen.

Die Erfassung der Fleischqualität erfolgte ebenfalls nach den Richtlinien des ALZ. Die entsprechenden Kriterien sind dem Ergebniskapitel zu entnehmen. Der zusätzlich erfasste intramuskuläre Fettgehalt wurde an einer Zufallsstichprobe von 50 % der Tiere (symmetrisch verteilt auf die Aufstallungswellen, die Fütterungsgruppen und das Geschlecht) über NIRS geschätzt, bei Absicherung der Kalibrierung durch nass-chemische Analysen bei der Hälfte der Stichprobe.

Die Erfassung und Analytik der N-Bilanzen sowie die Kalkulation des N- bzw. Proteinansatzes an den 22 Tieren des Bilanzversuches folgte der Methodik der Gesellschaft für Ernährung und der VDLUFA. Die errechneten Mittelwerte aus den Bilanzversuchen dienten als Grundlage zur Kalkulation des Proteinansatzes sämtlicher Tiere aus dem Mastversuch.

Die Wirtschaftlichkeit wurde als Überschuss des Erlöses über die Futter- und Ferkelkosten errechnet. Diese einfache Kennzahl reicht zur Bewertung aus, da die Futter- und Ferkelkosten weit über 90 % der variablen Kosten des Mastverfahrens ausmachen und weitere Kostenblöcke keiner versuchsbedingten Varianz unterliegen. Die Kalkulation erfolgte auf Basis der Gruppenmittelwerte.

Statistische Auswertung

Zur Klärung der Frage, ob die erhobenen Merkmale der Mastleistung sowie der Schlachtkörper- und Fleischqualität von den unterschiedlichen Fütterungsvarianten beeinflusst wurden bzw. ob ein kompensatorisches Wachstum stattgefunden hat, wurde mit der GLM Procedure von SAS (Version 9.1) folgendes varianzanalytische Modell angewendet:

$$Y_{ijklmn} = \mu + FG_i + SEX_j + EE_k + MG_l + DG_m + e_{ijklmn}$$

wobei

Y_{ijklmn}	=	Merkmal
μ	=	Populationsmittel
FG_i	=	Fixer Effekt der Fütterungsgruppe
SEX_j	=	Fixer Effekt des Geschlechtes der Masttiere
EE_k	=	Fixer Effekt der Endstufen-Ebergenetik
MG_l	=	Fixer Effekt der Muttergenetik
DG_m	=	Fixer Effekt des Durchgangs
e_{ijklmn}	=	Restfehler

Berücksichtigte Kovariablen im Grundmodell waren bei der Auswertung der Mastleistung die Lebendmasse zum Mastanfang (LMA), zum Umstellungszeitpunkt von der Anfangs- auf die Endmast (LMU) sowie zum Mastende (LME) und bei der Auswertung der Schlachtkörperqualität das Schlachtgewicht (SG). Der Tabelle 7 kann entnommen werden, welche fixen Effekte bzw. Kovariablen bei welchen Merkmalen zur Anwendung kamen und wie die entsprechenden Signifikanzen ausgefallen sind. Die weitere Überprüfung ergab, dass die Interaktionen zwischen den fixen Effekten keine statistische Relevanz besitzen. Die Signifikanzprüfung der LSQ-Mittelwerte erfolgte mit Hilfe des Tukey-Kramer-Tests.

Tabelle 7: Einfluss der fixen Effekte bzw. Kovariablen auf die erfassten Merkmale

ITEM	FG	Sex	EE	MG	DG	LMA	LMU	LME	SG
Tägliche Zunahme Anfangsmast, g	ns	*	ns	ns	*	***	***	--	--
Tägliche Zunahme Endmast, g	*	ns	ns	ns	*	--	ns	***	--
Tägliche Zunahme Gesamtmast, g	ns	ns	ns	ns	ns	ns	--	***	--
Futterverwertung Anfangsmast, kg-Basis	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	--	--
Futterverwertung Endmast, kg-Basis	ns	ns	ns	ns	***	--	ns	ns	--
Futterverwertung Gesamtmast, kg-Basis	ns	ns	ns	ns	***	ns	--	ns	--
Futterverwertung Anfangsmast, ME-Basis	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	--	--
Futterverwertung Endmast, ME-Basis	ns	ns	ns	ns	***	--	ns	ns	--
Futterverwertung Gesamtmast, ME-Basis	ns	ns	ns	ns	***	ns	--	ns	--
Lysin-Verwertung, g/kg Zuwachs	***	ns	ns	ns	***	ns	--	ns	--
Methionin-Cystin-Verwertung, g/kg Zuwachs	***	ns	ns	ns	***	ns	--	ns	--
Threonin-Verwertung, g/kg Zuwachs	***	ns	ns	ns	***	ns	--	ns	--
Ausschlachtung, %	ns	ns	*	*	*	--	--	--	ns
Protein-Ansatz Anfangsmast, g	***	**	ns	ns	*	ns	***	--	--
Protein-Ansatz Endmast, g	**	ns	ns	ns	*	--	***	**	--
Protein-Ansatz Gesamtmast, g	***	ns	ns	ns	ns	ns	--	ns	--
Anteil des Endmast-Proteinansatzes am Gesamt-Proteinansatz, %	***	ns	ns	ns	ns	--	--	--	--
Rückenspeckdicke Lende, cm	ns	ns	ns	ns	ns	--	--	--	ns
Rückenspeckdicke Mitte, cm	ns	ns	ns	ns	ns	--	--	--	ns
Rückenspeckdicke Widerrist, cm	ns	ns	ns	ns	ns	--	--	--	ns
Seitenspeckdicke, cm	ns	**	ns	ns	ns	--	--	--	*
Speckmaß B, cm	ns	*	ns	ns	ns	--	--	--	ns
Fleischfläche, cm ²	**	**	ns	*	**	--	--	--	*
Fettfläche, cm ²	ns	*	ns	ns	ns	--	--	--	ns

Ausnutzung eines kompensatorischen Proteinansatzes in der ökologischen Schweinemast

ITEM	FG	Sex	EE	MG	DG	LMA	LMU	LME	SG
Fleisch-Fett-Verhältnis	ns	**	ns	ns	ns	--	--	--	ns
Muskelfleischanteil (Bonner Formel), %	*	*	ns	*	ns	--	--	--	ns
Muskelfleischanteil (Zwei-Punkte-Verfahren), %	**	**	ns	ns	ns	--	--	--	ns
Fleischanteil Bauch (Gruber Formel), %	ns	**	ns	ns	ns	--	--	--	ns
pH_1	ns	ns	*	ns	ns	--	--	--	--
pH_24	ns	ns	ns	ns	ns	--	--	--	--
Leitfähigkeit	ns	ns	ns	ns	ns	--	--	--	--
Fleischhelligkeit	ns	ns	ns	ns	ns	--	--	--	--
Intramuskulärer Fettgehalt (13. Rippe, M.I.d.)	ns	*	ns	ns	ns	--	--	--	ns

*signifikant (P<0.05), **hoch signifikant (P<0.01), ***höchst signifikant (P<0.001), ns: nicht signifikant, - - nicht berücksichtigt

4.2 Mastleistung

Mastversuch

Die Tabelle 8 gibt die Ergebnisse der Mastleistung wieder. Das Zunahmenniveau ist ausgesprochen hoch und zeigt, dass die Energieversorgung über ökologische Futterrationen problemlos ist. Die Futter- bzw. Energieverwertung ist für ökologische Mastverhältnisse als gut zu bezeichnen. In der konventionellen Mast fallen diese deutlich besser aus (DLG-Fütterungsempfehlungen bei 900 g täglicher Zunahme: Futterverwertung: 2,74; Energieverwertung: 36,06 ME). Für das im Versuch erreichte Niveau der Futter- bzw. Energieverwertung ist nicht zuletzt die ad-lib.-Fütterung, vor allem bei den Börgen, verantwortlich.

Tabelle 8: Kriterien der Mastleistung (LSQ ± SE)

	Gruppe 1 Versuch n = 22	Gruppe 2 Neg.-Kontr. n = 23	Gruppe 3 Pos.-Kontr. n = 24	Gruppe 4 Kontrolle n = 23
Tägliche Zunahme (g/Tag) in der				
... Anfangsmast	905 ± 7	914 ± 7	912 ± 7	901 ± 7
... Endmast	1010 ± 24	976 ± 23	926 ± 23	916 ± 24
... Gesamtmast	946 ± 14	926 ± 13	912 ± 13	927 ± 13
Futterverwertung (kg Futter/kg Zuwachs) in der				
... Anfangsmast	3,15 ± 0,05	3,11 ± 0,05	3,04 ± 0,05	3,09 ± 0,05
... Endmast	3,35 ± 0,05	3,32 ± 0,05	3,30 ± 0,05	3,31 ± 0,05
... Gesamtmast	3,23 ± 0,04	3,21 ± 0,04	3,16 ± 0,04	3,19 ± 0,04
Energieverwertung (MJ ME/kg Zuwachs) in der				
... Anfangsmast	40,30 ± 0,66	39,82 ± 0,65	39,09 ± 0,65	39,79 ± 0,66
... Endmast	42,87 ± 0,59	42,19 ± 0,58	42,21 ± 0,58	42,01 ± 0,60
... Gesamtmast	41,34 ± 0,56	40,90 ± 0,53	40,48 ± 0,54	40,72 ± 0,54
Aminosäurenverwertung (g .../kg Zuwachs) für				
... Lysin	27,8 ^b ± 0,4	26,0 ^c ± 0,4	31,9 ^a ± 0,4	31,1 ^a ± 0,4
... Methionin + Cystin	16,0 ^b ± 0,2	15,0 ^c ± 0,2	17,3 ^a ± 0,2	16,8 ^{ab} ± 0,2
... Threonin	19,1 ^{ab} ± 0,3	17,1 ^c ± 0,3	19,7 ^a ± 0,3	18,3 ^b ± 0,3

Unterschiedliche Hochbuchstaben bei Werten einer Zeile zeigen signifikante ($p < 0,05$) Unterschiede an

Der Tabelle 8 kann entnommen werden, dass die unterschiedlich gestalteten Energie-Lysin-Verhältnisse in Anfangs- und Endmast zu keinen statistisch gesicherten Unterschieden bei den Zunahmen und der Futterverwertung auf kg-Basis sowie auf ME-Basis führten. Für die Ausprägung dieser Merkmale ist in erster Linie die Energieversorgung über das Futter verantwortlich. Daher verwundern die Ergebnisse nicht, da der Energiegehalt der Ration (vergl. Tabelle 2) eine bedarfsgerechte Versorgung sichert. Für die körpereigene Protein- bzw. Fettsynthese ist dagegen das

Ausnutzung eines kompensatorischen Proteinansatzes in der ökologischen Schweinemast

Verhältnis der essentiellen Aminosäuren zum Energiegehalt der Ration, in Sonderheit die erstlimitierende Aminosäure Lysin, verantwortlich. Die gewählten Lysin-Energie-Quotienten in den 4 Futtergruppen, zusammen mit den optimierten Verhältnissen der weiteren limitierenden Aminosäuren zueinander (vergl. Tabellen 3 und 4), haben offensichtlich nicht zu einer übermäßigen Verfettung der Tiere geführt, da sich das in den Tagezunahmen und der Futtermittelverwertung sonst negativ niedergeschlagen hätte. Die Aminosäurenverwertung folgt der Aminosäuren-Zufuhr durch die entsprechenden Gehalte der Futtermittelrationen synchron.

Bei der Betrachtung des statistischen Modells fällt auf, dass bei den Kriterien der Mastleistung in nahezu allen Fällen ein höchst signifikanter Effekt des Durchgangs festzustellen ist. Bei dessen Vergleich zeigt sich, dass die Mastleistungen der Tiere des zweiten Durchganges schlechter ausfielen als die Leistungen der Tiere aus der ersten Aufstallungswelle (Daten nicht dargestellt). Eine Erklärung kann nicht geliefert werden.

Bilanzversuch

Die Ergebnisse des Bilanzversuches sind in der Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9: Lebendmassezunahme (LMZ) und N-Retention im Bilanzversuch

Gruppe / Mastabschnitt	LMZ	N - Retention	
	g / Tier und Tag	g / Tag	g / kg LMZ
Gruppe 1: Anfangsmast	757 ± 188 ^{abc}	17,03 ± 2,65 ^{bc}	23,54 ± 5,81 ^{ab}
Gruppe 1: Endmast	876 ± 275 ^{abc}	21,83 ± 1,54 ^a	27,07 ± 8,60 ^{ab}
Gruppe 2: Anfangsmast	544 ± 163 ^c	15,05 ± 2,23 ^c	28,58 ± 4,31 ^{ab}
Gruppe 2: Endmast	1123 ± 154 ^a	18,56 ± 1,44 ^{abc}	16,77 ± 2,45 ^b
Gruppe 3: Anfangsmast	635 ± 142 ^{bc}	19,20 ± 1,86 ^{ab}	31,75 ± 8,25 ^a
Gruppe 3: Endmast	962 ± 232 ^{ab}	19,67 ± 0,95 ^{ab}	21,47 ± 5,14 ^{ab}
Gruppe 4: Anfangsmast	763 ± 166 ^{abc}	17,80 ± 3,55 ^{abc}	24,43 ± 8,18 ^{ab}
Gruppe 4: Endmast	747 ± 244 ^{abc}	17,54 ± 1,86 ^{bc}	25,05 ± 6,50 ^{ab}

Unterschiedliche Hochbuchstaben bei Werten einer Spalte zeigen signifikante ($p < 0,05$) Unterschiede an

Allein die Streuung des Merkmals LMZ (Lebendmassezunahme) weist auf die Problematik hin, mit der dieses Merkmal bei der Durchführung von Bilanzversuchen behaftet ist. Betrachtet man das Merkmal N-Retention pro Tier und Tag zeigt sich bei den Gruppen 1 und 2 ein kompensatorischer Proteinansatz, der offensichtlich auf eine Unterversorgung mit Protein/Aminosäuren im ersten Mastabschnitt zurück zu führen ist. Dass dies bei der Gruppe 2 nicht beim Merkmal N-Retention pro kg LMZ zu sehen ist, ist auf die geringe LMZ (544 g/Tier und Tag) während der Bilanzperiode im ersten Mastabschnitt zurück zu führen. Trotzdem ist aus den Daten zur N-Retention der Tabelle 9 zu sehen, dass kein kompensatorischer Proteinansatz im zweiten Mastabschnitt stattfindet, wenn die Proteinversorgung im ersten Mastabschnitt ausreichend ist (Gruppen 3 und 4).

Diese Aussage wird unterstützt, wenn man nur die Wirkung des Futters 2 auf die N-Retention betrachtet (Tabelle 10).

Tabelle 10: N-Retentionswirkung der Futtermischung 2

Gruppe / Mastabschnitt	N - R e t e n t i o n		
	n	g / Tier und Tag	g / kg LMZ*
Gruppe 1 und 2: Anfangsmast	12	16,04 ± 2,55 ^b	26,06 ± 5,54
Gruppe 2: Endmast	6	21,83 ± 1,54 ^a	27,07 ± 8,60
Gruppe 3: Endmast	6	19,67 ± 0,95 ^a	21,47 ± 5,14

* LMZ = Lebendmassezunahme

Unterschiedliche Hochbuchstaben bei Werten einer Spalte zeigen signifikante ($p < 0,05$) Unterschiede an

Dass die N-Retention im Bilanzversuch des zweiten Mastabschnitts bezogen auf Tier und Tag höher ist als im Bilanzversuch des ersten Mastabschnitts, ist, zumindest zum großen Teil, auf die höhere Futteraufnahme zurück zu führen (1200 bzw. 1400 g/Tier und Tag gegenüber 2000 g/Tier und Tag; Daten nicht dargestellt). Bezogen auf die Lebendmassezunahme ist allerdings interessant, dass die N-Retention der Gruppe 2 im zweiten Mastabschnitt nicht signifikant aber deutlich höher ist als die der Gruppe 3, die im ersten Mastabschnitt das protein- (und aminosäuren-) reichere Futter erhalten hat, als die Tiere der Gruppe 2. Dies ist nur durch eine Kompensation des in der Anfangsmast-Periode unvollständigen Proteinansatzes im zweiten Mastabschnitt zu erklären.

4.3 Schlachtkörperqualität

Der Tabelle 11 können die Ergebnisse der Schlachtkörperqualität entnommen werden.

Legt man die mittleren N-Retentionsdaten aus den beiden Perioden und die mittleren Tage der Tiere aus dem Mastversuch, die in den beiden Perioden ermittelt wurden und an denen das entsprechende Futter verabreicht wurde, zu Grunde, erhält man den mittleren Proteinansatz während der gesamten Mastperiode (Tabelle 11). Dabei zeigt sich, dass über die gesamte Mastperiode die Tiere der Positivkontrolle am meisten und die der Negativkontrolle am wenigsten ansetzten. Dies korrespondiert unmittelbar mit deren Aminosäureaufnahme durch das Futter (vergl. Tabelle 6). Der zumindest tendenziell höhere Proteinansatz der Tiere der Versuchsgruppe gegenüber denen der Kontrollgruppe deutet auf ein kompensatorisches Wachstum hin. Dieser Befund wird untermauert durch den signifikant höheren Anteil des Endmast-Proteinansatzes im Vergleich zum Gesamtmast-Proteinansatz bei den Tieren der Versuchsgruppe. Dagegen fiel die Unterversorgung bei den Tieren der Negativkontrolle offensichtlich so stark aus, dass zwar ein kompensatorischer Proteinansatz stattfand (tendenziell höchster prozentualer Anteil der Endmast am Proteinansatz), der aber nicht den niedrigsten Gesamtproteinansatz verhindern konnte (Tabelle 11).

Tabelle 11: Kriterien der Schlachtkörperqualität (LSQ ± SE)

	Gruppe 1 Versuch n = 22	Gruppe 2 Neg.-Kontr. n = 23	Gruppe 3 Pos.-Kontr. n = 24	Gruppe 4 Kontrolle n = 23
Ausschlachtung (%)	78,0 ± 0,3	78,4 ± 0,3	78,2 ± 0,3	78,3 ± 0,3
Proteinansatz (g/Tier) in der				
... Anfangsmast	5.793 ^c ± 47	5.072 ^d ± 46	6.471 ^a ± 46	6.072 ^b ± 47
... Endmast	5.294 ^a ± 13	4.637 ^b ± 13	5.231 ^a ± 13	4.756 ^b ± 13
... Gesamtmast	11.113 ^b ± 18	9.902 ^c ± 17	11.754 ^a ± 17	10.556 ^b ± 17
Anteil Endmast an Gesamtmast (%)	48,4 ^{ab} ± 1,1	49,4 ^a ± 1,1	45,2 ^b ± 1,1	41,2 ^c ± 1,1
Speckdicke (cm) am				
... Rückenspeck Lende	1,7 ± 0,1	1,8 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,6 ± 0,1
... Rückenspeck Mitte	2,1 ± 0,1	2,1 ± 0,1	2,0 ± 0,1	2,0 ± 0,1
... Rückenspeck Widerrist	3,8 ± 0,1	3,9 ± 0,1	3,7 ± 0,1	3,8 ± 0,1
... Seitenspeck (13. Rippe, <i>M.I.d.</i>)	3,2 ± 0,1	3,2 ± 0,1	3,1 ± 0,1	3,1 ± 0,1
... Speckmaß B (13. Rippe, <i>M.I.d.</i>)	1,4 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1,2 ± 0,1
Fleisch- und Fettmaße (13. Rippe, <i>M.I.d.</i>)				
Fleischfläche (cm ²)	46,1 ^b ± 0,8	45,9 ^b ± 0,7	48,9 ^a ± 0,7	48,4 ^{ab} ± 0,8
Fettfläche (cm ²)	17,9 ± 0,7	17,6 ± 0,7	17,0 ± 0,7	16,4 ± 0,7
Fleisch-Fett-Verhältnis (1:)	0,39 ± 0,02	0,39 ± 0,02	0,35 ± 0,02	0,34 ± 0,02
Muskelfleischanteil des Schlachtkörpers (%) gemäß				
... Bonner Formel	55,1 ± 0,6	55,1 ± 0,6	56,7 ± 0,6	56,5 ± 0,6
... Zwei-Punkte-Verfahren	56,2 ^{ab} ± 0,8	54,5 ^b ± 0,8	57,3 ^a ± 0,7	58,3 ^a ± 0,9
Fleischanteil im Bauch, Gruber Formel (%)	55,0 ± 0,7	54,9 ± 0,6	56,2 ± 0,7	56,4 ± 0,7

Unterschiedliche Hochbuchstaben bei Werten einer Zeile zeigen signifikante ($p < 0,05$) Unterschiede an

Sämtliche Speckdicken, die am Schlachtkörper erfasst wurden, zeigen sich von den unterschiedlichen Fütterungsvarianten statistisch unbeeinflusst. Damit hat die unterschiedliche Aminosäurezufuhr keinen Einfluss auf die Fettsynthese der Masttiere. Allerdings fällt auf, dass die mit Aminosäuren bedarfsgerecht bzw. überversorgten Tiere aus der Kontroll- bzw. Positivkontrollgruppe tendenziell die geringeren Speckdicken aufweisen (Tabelle 11).

Bei den Fleisch- und Fettmaßen beeinflussen die unterschiedlichen Futtergruppen die Fleischfläche signifikant, während die Fettfläche (genau wie auch die o. g. Speckdicken) ohne statistisch gesicherte Reaktion bleibt. Die statistisch gesicherten

Größenunterschiede der Fleischfläche bei den Tieren aus der Positiv- bzw. Negativkontrolle bilden synchron deren unterschiedliche Aminosäurezufuhr (vergl. Tabelle 6) und unterschiedlichen Proteinansatz (Tabelle 11) ab. Die Fleischflächen bei den Tieren aus der Versuchsgruppe und der Negativkontrolle fallen niedriger aus im Vergleich zu den normgerecht bzw. überversorgten Tieren aus Kontrolle und Positivkontrolle. Diese Tendenzen schlagen sich auch im Fleisch-Fett-Verhältnis nieder. Zwar bestehen zwischen den Fütterungsvarianten keine statistisch gesicherten Unterschiede, aber die mangelhaft versorgten Tiere aus der Versuchs- und Negativkontrolle verfügen doch über schlechtere Werte als die ausreichend bzw. überversorgten Tiere. Bei den Fleisch- und Fettmaßen konnte somit kein Kompensationseffekt festgestellt werden (Tabelle 11).

Der Muskelfleischanteil des Schlachtkörpers wurde nach der Bonner Formel (BF) und dem Zwei-Punkte-Verfahren (ZP-Verfahren) geschätzt. Hinsichtlich der Ergebnisse anhand der Bonner Formel zeigen die ausreichend bzw. überversorgten Tiere tendenziell höhere Muskelfleischprozentanteile als die schlechter versorgten Tiere der Kontrollgruppe und Negativkontrolle, wobei die jeweils beiden Gruppen das gleiche Niveau aufweisen. Die Ergebnisse anhand des ZP-Verfahrens zeigen ein etwas differenzierteres Bild, wobei der Unterschied zwischen der Negativkontrolle und der Positivkontrolle bzw. der Kontrolle signifikant abgesichert ist, und die Tiere der Versuchsgruppe eine mittlere Stellung einnehmen. Auch beim Muskelfleischanteil konnte kein kompensatorischer Wachstumseffekt beobachtet werden (Tabelle 11).

Der Fleischanteil im Bauch wird von den Fütterungsvarianten nur tendenziell beeinflusst. Die bessere Proteinversorgung der Tiere aus der Positivkontrolle und Kontrolle im Vergleich zu denen aus der Versuchsgruppe und Negativkontrolle führt zu einem gut 1 %-Punkt höheren Muskelfleischanteil im Teilstück Bauch. Auch hier ist kein Kompensationseffekt zu verzeichnen (Tabelle 11).

4.4 Fleischqualität

Die erfassten Kriterien der Fleischqualität sind in der Tabelle 12 dargestellt. Es zeigt sich, dass die unterschiedlich gestalteten Lysin-Energie-Quotienten in Anfangs- und Endmast keine signifikant abzusichernde Wirkung auf die Fleischqualität ausüben.

Erwartungsgemäß bleiben die Merkmale zum Ausschluss der Fleischmängel PSE (pH_1 sowie LF_24) und DFD (pH_24) von den unterschiedlichen Fütterungsvarianten unbeeinflusst. Dies gilt auch für die Fleischhelligkeit, die mit den PSE-Konditionen eng korreliert. Alle Werte bewegen sich im Normalbereich und deuten auf keine Fleischmängel hin. Allerdings fällt auf, dass der pH_1 Wert recht niedrig ausfällt, was bei der verwendeten Genetik (Vater: Pi_{NN}*Du; Mutter: Schaumann-Sau) verwundert (Tabelle 12).

Auch der intramuskuläre Fettgehalt (IMF) unterscheidet sich nicht signifikant zwischen den Fütterungsgruppen (Tabelle 12). Der Bereich des IMF von 1,5 bis 2 % entspricht in etwa den Erwartungen, die aus der Höhe des Muskelfleischanteils (auf Grundlage der Bonner Formel) resultieren. Der tendenziell höchste IMF bei den Tieren der Negativkontrolle korrespondiert mit dem niedrigsten Proteinansatz sowie den

Fleischansatz und Fettansatz assoziierten Schlachtkörpermaßen bei diesen Tieren (vergl. Tabelle 11).

Tabelle 12: Kriterien der Fleischqualität (LSQ ± SE)

	Gruppe 1 Versuch n = 22	Gruppe 2 Neg.-Kontr. n = 23	Gruppe 3 Pos.-Kontr. n = 24	Gruppe 4 Kontrolle n = 23
pH_1, 40 min <i>p.m.</i> , 13./14. Rippe, <i>M.I.d.</i>	6,1 ± 0,1	6,2 ± 0,1	6,2 ± 0,1	6,3 ± 0,1
Leitfähigkeit, LF_24, 24 h <i>p.m.</i> , 13./14. Rippe, <i>M.I.d.</i> (mS/cm)	5,2 ± 0,5	4,6 ± 0,5	4,8 ± 0,5	4,1 ± 0,5
pH_24, 24 h <i>p.m.</i> , 13. Rippe, <i>M.I.d.</i>	5,7 ± 0,03	5,7 ± 0,03	5,7 ± 0,03	5,7 ± 0,03
Fleischhelligkeit, L*, 24 h <i>p.m.</i> , 13. Rippe, <i>M.I.d.</i>	50,3 ± 0,8	49,6 ± 0,7	49,8 ± 0,7	49,2 ± 0,7
Intramuskulärer Fettgehalt ¹ , 14.-16. Rippe, <i>M.I.d.</i> (%)	1,5 ± 0,2	2,0 ± 0,2	1,8 ± 0,2	1,5 ± 0,2

Unterschiedliche Hochbuchstaben bei Werten einer Zeile zeigen signifikante ($p < 0,05$) Unterschiede an
¹ Stichprobe von jeweils 12 Tieren (6 weibliche, 6 männliche kastrierte) einer jeden Gruppe

4.5 Wirtschaftlichkeit

Systematische Erläuterung

Neben den Aspekten von Prozessqualität und Produktqualität spielt die Wirtschaftlichkeit die wesentliche Rolle bei der Bewertung der unterschiedlichen Fütterungsstrategien. Diese erfolgt im vorliegenden Fall mit Hilfe einer einfachen, aber doch aussagekräftigen Kennzahl in Form des Überschusses des Erlöses über die Ferkel- und Futterkosten.

Bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit im ökologischen Landbau bleibt immer entscheidend, welche Restriktionen zugrunde gelegt werden. Ab dem Jahr 2010 sind nach EU-Öko-VO noch 5% konventionelle Komponenten im Biofutter erlaubt, ab 2012 ist eine 100%-Biofütterung geplant. Im vorliegenden Versuch wurden die Restriktionen des Bioland-Verbandes angelegt, welche eine Kombination aus den EU-Regelungen ab 2010 und 2012 darstellen. Hier wird zunächst die Wirtschaftlichkeit der verwendeten Mischungen dargestellt werden, anschließend die Wirtschaftlichkeit unter den Restriktionen der EU-VO ab den Jahren 2010 und 2012.

Folgende Annahmen liegen den Berechnungen der Tabelle 13 zu Grunde: Die vom Versuchsdesign bzw. von den Versuchsergebnissen unabhängigen Rahmengrößen wie Zuwachs in Anfangs- und Endmast, Ferkelkosten sowie Schlachtgewicht wurden für alle vier Gruppen auf gleichem Niveau standardisiert; auf Grund nicht signifikant unterschiedlicher Mastleistungen wurde von einem einheitlichen Zuwachs in der Mast über alle Gruppen von 88,1 kg ausgegangen, der sich – entgegen dem Ver-

Ausnutzung eines kompensatorischen Proteinansatzes in der ökologischen Schweinemast

suchsdesign und in Anpassung an Praxisbedingungen – im Verhältnis 40:60 auf Anfangs- und Endmast verteilt. Ebenso wurde das Schlachtgewicht über alle Gruppen auf 91,3 kg gemittelt. Dagegen wurden die beiden wirtschaftlich bedeutenden, vom Versuchsaufbau generierten, sich unterscheidenden Kenngrößen der Futtermittelnutzung und des Muskelfleischanteils direkt aus den Versuchsergebnissen übernommen. Die Preise für die drei zum Einsatz gelangten Rationen entsprechen realen Kalkulationen der Futtermühle Meyerhof zu Bakum von April 2009, die klassifizierungsabhängigen Auszahlungspreise entsprechen der EDEKA-Preismaske für Öko-Schlachtschweine von Juli/August 2009.

Wirtschaftlichkeit der Fütterungsstrategien im Versuch

Die Tabelle 13 zeigt die entsprechenden Werte sowie die dazugehörigen Rechenschritte. Ihr kann entnommen werden, dass die Kontrollgruppe am besten und die Versuchsgruppe am schlechtesten abschneidet. Überraschender Weise stellt sich die Negativ-Kontrolle mit 80 Cent weniger nur minimal schlechter als die am besten abschneidende Kontrolle. Dieses gute Ergebnis ist auf das im Vergleich zu den anderen Fütterungsgruppen günstigste Abschneiden bei den Futterkosten zurück zu führen, das seinerseits durch die gute Futtermittelnutzung und die geringsten Rationskosten in der Anfangsmast verursacht wird (Tabelle 13).

Tabelle 13: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (Einzeltier bezogen)

Gruppe	1	2	3	4
	Versuch	Neg.-Kontr.	Pos.-Kontr.	Kontrolle
Anfangsmast (AM)				
Zuwachs, kg	35,2	35,2	35,2	35,2
Futtermittelnutzung	3,15	3,11	3,04	3,09
Futteraufwand, dt	1,11	1,10	1,07	1,09
<u>Futterpreis, €/dt</u>	<u>41,72</u>	<u>41,72</u>	<u>44,80</u>	<u>44,80</u>
Futterkosten, €	46,31	45,72	47,99	48,78
Endmast (EM)				
Zuwachs, kg	52,9	52,9	52,9	52,9
Futtermittelnutzung	3,35	3,32	3,30	3,31
Futteraufwand, dt	1,77	1,75	1,74	1,75
<u>Futterpreis, €/dt</u>	<u>41,72</u>	<u>39,45</u>	<u>41,72</u>	<u>39,45</u>
Futterkosten, €	73,88	69,23	72,78	69,02
Gesamtmast				
Futterkosten, €	120,19	114,96	120,77	117,81
Futteraufwand, dt	2,88	2,85	2,82	2,84
Ferkelkosten, €	93	93	93	93
Futter-Ferkel-Kosten, €	213,19	207,96	213,77	210,81
Muskelfleischanteil, %	55,1	55,1	56,7	56,5
Schlachtgewicht (SG), kg	91,30	91,30	91,30	91,30
Preis, €/kg SG	2,81	2,81	2,85	2,85
Erlös, €	256,55	256,55	260,21	260,21
Überschuss, €	43,36	48,60	46,44	49,40
Überschussdiff, €	-6,03	-0,80	-2,96	0,00

Wirtschaftlichkeit bei unterschiedlichen Restriktionen

Die Versuchsdaten werden hinsichtlich der Futterkosten unter drei verschiedenen Restriktionen der Rahmenbedingungen bewertet:

- Bioland (Versuch): 5% konventionelle Komponenten nur in der Vormast
- EU-Öko-VO ab 2010: 5% konventionelle Komponenten über die ganze Mast
- EU-Öko-VO ab 2012: 100%-Biofütterung über die ganze Mast

Daraus errechnen sich auf Preisbasis April 2009 die in der Tabelle 14 aufgeführten Futtermittelpreise.

Tabelle 14: Futterkosten in Abhängigkeit unterschiedlicher Lysingehalte und Rahmenbedingungen (€ / dt)

	Versuch (Bioland)	EU-Öko-VO (ab 2010)	EU-Öko-VO (ab 2012)
Futter mit 0,89 g Lysin / MJ ME	44,80	44,80	47,82
Futter mit 0,69 g Lysin / MJ ME	41,72	39,49	41,72
Futter mit 0,59 g Lysin / MJ ME	39,45	38,16	39,45

Werden mit diesen Futtermittelpreisen die gleichen Rechenschritte vollzogen wie in Tabelle 13, ergeben sich die in Tabelle 15 dargestellten Überschussdifferenzen zum Basiswert der Kontrollgruppe mit den Versuchsmischungen.

Tabelle 15: Überschussdifferenzen (€ / Schwein) des Erlöses über die Ferkel-Futterkosten in Abhängigkeit unterschiedlicher Systemvoraussetzungen durch die EU-Öko-VO (Basis: Kontrolle unter Versuchsbedingung)

	Gruppe 1 Versuch	Gruppe 2 Neg.-Kontr.	Gruppe 3 Pos.-Kontr.	Gruppe 4 Kontrolle
Bioland (Versuchsbedingung)	-6,03	-0,80	-2,96	0,00
EU-Öko-VO ab 2010	+0,51	+3,99	+0,99	+2,26
EU-Öko-VO ab 2012	-6,03	-0,80	-6,19	-3,29

Es verwundert nicht, dass die Fütterungsvarianten in der mittleren Zeile (Tabelle 15) mit der geringsten Restriktion (nach EU-Öko-VO ab 2010 mit 5% konventionellen Anteilen in Anfangs- und Endmast) durchweg besser abschneiden als die Varianten der oberen und unteren Zeile mit mehr oder minder starken Restriktionen. Es wird evident, dass die geringsten Restriktionen zu den geringsten Kosten per dt Futter auf jeweils gleichem Ernährungsniveau führen. Weiterhin wird untermauert, dass abgestufte Fütterungsstrategien – wie in der Kontrolle und in der Negativ-Kontrolle – wirtschaftlich besser abschneiden, als das nicht abgestufte Konzept der Versuchsvariante. Die Positivkontrolle schneidet ebenfalls schlecht ab, weil die Überversorgung in der Endmast (Lysin-Energie-Quotient: 0,69) offensichtlich die Absenkung von 0,2 g Lysin / MJ ME vom Anfangs- auf das Endmastfutter neutralisiert.

Das gute Abschneiden der Negativkontrolle (Tabelle 13 & 15) leitet zu dem Ergebnis, dass aus wirtschaftlicher Sicht die DLG-Bedarfswerte (0,89) zu hoch angesetzt worden sind. Dies gilt insbesondere in der Anfangsmast bei 100%-Biofütterung. Damit wird die Grundregel der Agrarökonomie bestätigt, dass das Optimum der speziellen Intensität eines Produktionsverfahrens jeweils neu bestimmt werden muss, wenn sich Erlös- oder Kostenrelationen wesentlich ändern. Das Verbot der konventionellen Komponenten stellt eine solche wesentliche Änderung dar und führt nach den Auswertungen dieses Versuches zu abgesenkten Bedarfsnormen für die Aminosäurenversorgung in der Anfangsmast. Das exakte Optimum ist aus diesem Versuch nicht herauszuarbeiten, weil die Fragestellung (und damit das Versuchsdesign) zu Beginn eine andere war.

4.6 Zusammenfassende Diskussion

Die sog. Proteinlücke in der ökologischen Tierfütterung ist definiert als Mangel an Eiweißfuttermitteln mit einem Aminosäuremuster, das geeignet wäre, den Bedarf von Monogastriern, in unserem Fall von modernen, schnell wachsenden Schweinemasthybriden, an essentiellen Aminosäuren ohne weiteres zu decken. Daher sollte mit dem vorliegenden Versuch überprüft werden, ob ein fütterungsbedingt geringerer Proteinansatz in der Anfangsmast, der durch den Verzicht auf erhöhte Rohprotein-gehalte bzw. auf Proteinträger nicht ökologischer Herkunft und einer damit einhergehenden Absenkung des Lysin-Energie-Verhältnisses entsteht, durch eine entsprechende Rationsgestaltung in der Endmast in Form eines geringfügig über den DLG-Empfehlungen angesiedelten Lysin-Energie-Verhältnisses unter ökologischen Fütterungsbedingungen zu kompensieren ist.

Der Energieüberhang in der Anfangsmastration der Versuchsgruppe wie auch der Negativkontrolle ergab einen verminderten Proteinansatz in der Anfangsmast im Vergleich zu den Tieren aus der bedarfsgerecht versorgten Kontrollgruppe und Positivkontrolle (Tabelle 11). Die dann geringfügig über dem Bedarf liegende Lysin-zufuhr in der Realimentation der Endmast führte in der Versuchsgruppe tatsächlich zu einem kompensatorischen Proteinansatz ebenso wie bei den Tieren der Negativkontrolle, die in der Endmast bedarfsgerecht mit Lysin versorgt wurden. Dies ist an dem signifikant erhöhten prozentualen Anteil des Proteinansatzes aus der Endmast am gesamten Proteinansatz abzulesen (Tabelle 11). In toto führte das bei der Versuchsgruppe zu einem im Bereich der Kontrollgruppe liegenden Gesamt-Proteinansatz, während die bedarfsgerechte Lysinversorgung in der Endmast der Negativkontrolle den geringsten Gesamt-Proteinansatz und die über Bedarf liegende Versorgung der Positivkontrolle den höchsten Gesamt-Proteinansatz generierten (Tabelle 11).

Allerdings spiegelt die Schlachtkörper-Klassifizierung auf der Grundlage der Bonner Formel, die bei Mastprüfungen das Standardverfahren darstellt, dies nicht wider (Tabelle 11). Hier liegen die Kontrollgruppe und Positivkontrolle sowie die Versuchsgruppe und die Negativkontrolle auf dem jeweils gleichen Niveau. (Auf die Ergebnisse des in Deutschland unüblichen ZP-Verfahrens soll hier nicht näher eingegangen werden.) Es muss davon ausgegangen werden, dass das Klassifizierungsinstrumentarium nicht über die ausreichende Sensibilität verfügt, den aus Bilanzversuchen ab-

geleiteten Proteinansatz präzise abzubilden. Dies liegt vor allem daran, dass die Bonner Formel hauptsächlich auf Speckdicken und der Fettfläche basiert, deren Ausprägungen aber im vorliegenden Versuch unabhängig von den Fütterungsgruppen waren (Tabelle 11). Dagegen demonstriert die signifikant unterschiedliche Hierarchie der Ausprägung der Fleischflächen, die dem Proteinangebot bzw. dem Angebot der erst-limitierenden Aminosäure Lysin synchron folgen, sehr eindrucksvoll die Rolle der Aminosäurenversorgung bei der Körperproteinsynthese (Tabelle 11).

Die moderaten Verfettungsunterschiede zwischen den Gruppen (Tabelle 11) werden durch die Ergebnisse der Mastleistung gestützt (Tabelle 8). Die jeweils auf gleichem Niveau liegenden Tageszunahmen und Futterverwertungen sind ein Beleg für ähnliche Verfettungsgrade der Tiere zwischen den Fütterungsgruppen. Deren absolute Höhe wird auch eher direkt vom Energieangebot als indirekt über das Verhältnis von Energie zu Rohprotein in der Ration bestimmt. Letzteres würde nur dann zur Geltung kommen, wenn solche Rationen zu extremen Werten der tiereigenen Fett- bzw. Proteinsynthese führen würden, die dann wiederum das Zunahme- und Futterverwertungs-niveau beeinflussen können.

Die Kriterien der Fleischqualität, die für eine Beschreibung von Fleischmängeln stehen, wie pH₁, LF₂₄ und Fleischhelligkeit (L*) im Falle von PSE und pH₂₄ im Falle von DFD-Fleisch, bleiben erwartungsgemäß von den unterschiedlichen Fütterungsvarianten unbeeinflusst (Tabelle 12). Auch der IMF-Gehalt folgt nicht unmittelbar der unterschiedlichen Energie- bzw. Aminosäurenversorgung der Futtergruppen (Tabelle 12). Dies könnte eine Folge der optimalen Versorgung der Tiere mit den weiteren essentiellen Aminosäuren sein (Tabellen 3, 4), die dazu führte, dass die Lysin-Spreizung zwischen den Futtergruppen abgefedert wurde.

Die auf Basis der Empfehlungen der DLG angelegten Bedarfsnormen für die Anfangsmast lassen sich ökonomisch für den ökologischen Landbau nicht begründen. Vielmehr zeigt die zunächst als Negativkontrolle angelegte Gruppe mit deutlich reduzierter Aminosäurenversorgung in der Anfangsmast (0,69 g Lysin / MJ ME) und bedarfsgerechter Versorgung in der Endmast (0,59 g Lysin / MJ ME) die wirtschaftlich besten Ergebnisse¹. Dies gilt insbesondere bei dem Szenario „100 %-Biofütterung“, welches die EU-Öko-VO ab 2012 vorsieht.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten:

Durch die Absenkung des Lysin-Energie-Quotienten in der Anfangsmast unter eine bedarfsgerechte Größenordnung und die anschließende Realimentation durch ein geringfügig über Bedarf formuliertes Lysin-Energie-Verhältnis in der Endmast wurden im Vergleich zu einer in beiden Mastphasen bedarfsgerecht versorgten Gruppe von Tieren bei der Mastleistung (Tageszunahmen, Futterverwertung) gleiche Ergebnisse (Tabelle 8), bei der Schlachtkörperqualität (v. a. Muskelfleischanteil) nicht signifikant

¹ Dieser Befund deckt sich in der Tendenz gut mit Ergebnissen von Bellof und Anderson (mündliche Mitteilungen), die gleiches bei 100%-Biofütterung bei Hühnergeflügel ermittelten. Auch die Biofuttermittelhersteller haben sich in der Anfangsmast schon auf diesen Pfad begeben und liefern für die Vormast üblicherweise Futtermittel mit nur 0,8 g Lysin / MJ ME aus, welches bereits 10% unter dem hier angelegten Bedarf liegt.

schlechtere Ergebnisse (Tabelle 11), bei der Fleischqualität (pH-Wert, LF-Wert, IMF-Gehalt) ähnliche Ergebnisse (Tabelle 12) und bei der Wirtschaftlichkeit (Erlös-Überschuss über die Ferkel-Futter-Kosten) schlechtere Ergebnisse (Tabelle 13) erzielt. Allerdings zeigt sich, dass die ökonomische Bewertung entscheidend von Kosten bzw. Erlös relevanten Restriktionen im ökologischen Landbau abhängt.

4.7 Schlussfolgerung

Obwohl in der Versuchsgruppe (Lysin-Energie-Quotient in Anfangs- und Endmast jeweils 0,69) im Vergleich zur Kontrollgruppe (DLG-Fütterungsempfehlung für Lysin-Energie-Quotient in Anfangs- bzw. Endmast von 0,89 bzw. 0,59) beim Proteinansatz ein signifikant gesicherter kompensatorischer Wachstumseffekt auftrat (Anteil Endmast-N-Ansatz am Gesamt-N-Ansatz), konnte dieser in der absoluten Höhe des Gesamt-N-Ansatzes nur noch tendenziell nachgewiesen werden, während in dem wirtschaftlich bedeutenden Merkmal des Muskelfleischanteils die Versuchsgruppe sogar tendenziell schlechter abschnitt. Somit kann auf Grund der Ergebnisse nicht auf ein ökonomisch relevantes Kompensationsvermögen beim Mastschwein geschlossen werden. Daher wird für die ökologische Schweinemast die Einstellung eines abgestuften Fütterungskonzeptes mit in der Anfangsmast höherer Aminosäureversorgung empfohlen. Die Empfehlungen der DLG für die Anfangsmast scheinen dabei tendenziell zu hoch angesetzt zu sein, insbesondere unter der Restriktion einer 100%-Biofütterung. Um exakte Bedarfsempfehlungen für die Anfangsmast unter zukünftigen ökologischen Fütterungsrestriktionen abzuleiten, bedarf es weiterer Untersuchungen.

5 Anhang

Es fielen im Versuchs- bzw. Berichtszeitraum keine Veröffentlichungen und Vorträge oder ähnliches an.

Online-Literaturrecherche

Auf Grund des enormen züchterischen Fortschritts in der Schweinezucht wurden nur Veröffentlichungen ab 1985 berücksichtigt!

Ref.-Nr., Erstautor	Jahr	Tierzahl	Ergebnis	Bemerkung
1, Crister	1995	120	Nach Futter- und Proteinrestriktion wurde das Leistungsdefizit ausgeglichen; Schlachtkörper war nicht beeinflusst.	
2, Fabian	2002	64	Die LMZ war zwar negativ beeinflusst, aber die Effizienz des Futters für diese schlechtere LMZ war höher, die Schlacht- und Fleischqualität war gleich.	
3, Fabian	2004	16	Die Tiere mit der niedrig-Lysin-Mischung hatten in der Kompensationsphase das höhere, effizientere Wachstum und eine bessere N-Verwertung.	

Ausnutzung eines kompensatorischen Proteinansatzes in der ökologischen Schweinemast

Ref.-Nr., Erstautor	Jahr	Tierzahl	Ergebnis	Bemerkung
4, Heyer	2007	126	Die LMZ war in der Kompensationsphase um 13% erhöht, der Anteil an intramuskulärem Fett war reduziert.	
5, Kristensen	2002	10 Würfe	Das Wachstum war in der Kompensationsphase erhöht, ebenso das proteolytische Potenzial.	
6, Kristensen	2004	9 Würfe	Die Wachstumsrate in der Kompensationsphase war um 9,7% erhöht.	
7, Lametsch	2006	16	Die „Kompensationstiere“ hatten das zartere Fleisch.	Nur Fleischqualität untersucht
8, Lovatto	2006	10	Die LMZ war in der Kompensationsphase erhöht und die Harn-N-Verluste reduziert.	
9, Mahan	1991	210	Es wurden Unterschiede während der Säugeperiode untersucht. Hier gab es keinen kompensatorischen Effekt.	Die Gruppen wurden nach Absetzgewicht aufgeteilt.
10, Mahan	1998	468	Es wurden Unterschiede während der Säugeperiode untersucht. Hier gab es keinen kompensatorischen Effekt.	Die Gruppen wurden nach Absetzgewicht aufgeteilt.
11, Martinez-Ramirez	2008	58	Der Kompensationseffekt war vollständig. Die Proteineinlagerung stieg nach Aufhebung der Aminosäurenrestriktion an.	Nur weibliche Tiere
12, Martinez-Ramirez	2008	40	Es konnte kein Kompensationseffekt gemessen werden, es gab aber auch keine Unterschiede im Schlachtkörper.	Nur Kastraten
13, Millet	2005	??	Die Aminosäuren-/Proteinrestriktion der ersten Phase wurde nicht vollständig kompensiert, die freiwillige Futtermittelaufnahme stieg allerdings mit dem Proteingehalt des Futters in der zweiten Phase an.	Ökologische Schweinemast
14, Pond	1990	72	Kein Kompensationseffekt außer bei einigen Organen.	Nur Kastraten
15, Ritacco	1997	20	Geringeres Wachstum bei höherer Effizienz.	Nur weibliche Tiere
16, Smith	1999	80	Ein hohes Lysin:Energie-Verhältnis steigerte das Wachstum und die Futtermittelaufnahme. Insgesamt hatten die vorher schlechter versorgten Tiere ein kompensatorisches Wachstum.	Nur Kastraten
17, Whang	2003	48	Tendenziell hatten die Tiere, die proteinarm gefüttert wurden später bessere Leistungen und einen erhöhten Proteinbedarf.	Nur Kastraten
In der Online-Recherche nicht erschienen:				
18, de Greef	1992	44	Nach Proteinrestriktion (bis 65 kg LM) war das Proteinwachstum um 13% höher, als bei den Kontrolltieren.	
19, Therkildsen	2004	9 Würfe	Nach der Restriktion hatten die Tiere ein um 7% erhöhtes Wachstum, konnten den Vorsprung der Kontrolle jedoch nicht aufholen.	

Ausnutzung eines kompensatorischen Proteinansatzes in der ökologischen Schweinemast

1. **Critser DJ, Miller PS and Lewis AJ** . The effects of dietary protein concentration on compensatory growth in barrows and gilts. *J Anim Sci* 73: 3376-3383, 1995.
2. **Fabian J, Chiba LI, Kuhlert DL, Frobish LT, Nadarajah K, Kerth CR, McElhenney WH and Lewis AJ**. Degree of amino acid restrictions during the grower phase and compensatory growth in pigs selected for lean growth efficiency. *J Anim Sci* 80: 2610-2618, 2002.
3. **Fabian J, Chiba LI, Frobish LT, McElhenney WH, Kuhlert DL and Nadarajah K**. Compensatory growth and nitrogen balance in grower-finisher pigs. *J Anim Sci* 82: 2579-2587, 2004.
4. **Heyer A and Lebret B**. Compensatory growth response in pigs: effects on growth performance, composition of weight gain at carcass and muscle levels, and meat quality. *J Anim Sci* 85: 769-778, 2007.
5. **Kristensen L, Therkildsen M, Riis B, Sorensen MT, Oksbjerg N, Purslow PP and Ertbjerg P**. Dietary-induced changes of muscle growth rate in pigs: effects on in vivo and postmortem muscle proteolysis and meat quality. *J Anim Sci* 80: 2862-2871, 2002.
6. **Kristensen L, Therkildsen M, Aaslyng MD, Oksbjerg N and Ertbjerg P**. Compensatory growth improves meat tenderness in gilts but not in barrows. *J Anim Sci* 82: 3617-3624, 2004.
7. **Lametsch R, Kristensen L, Larsen MR, Therkildsen M, Oksbjerg N and Ertbjerg P**. Changes in the muscle proteome after compensatory growth in pigs. *J Anim Sci* 84: 918-924, 2006.
8. **Lovatto PA, Sauvant D, Noblet J, Dubois S and van MJ**. Effects of feed restriction and subsequent refeeding on energy utilization in growing pigs. *J Anim Sci* 84: 3329-3336, 2006.
9. **Mahan DC and Lepine AJ**. Effect of pig weaning weight and associated nursery feeding programs on subsequent performance to 105 kilograms body weight. *J Anim Sci* 69: 1370-1378, 1991.
10. **Mahan DC, Cromwell GL, Ewan RC, Hamilton CR and Yen JT**. Evaluation of the feeding duration of a phase 1 nursery diet to three-week-old pigs of two weaning weights. NCR-42 Committee on Swine Nutrition. *J Anim Sci* 76: 578-583, 1998.
11. **Martinez-Ramirez HR, Jeaurond EA and de Lange CF**. Dynamics of body protein deposition and changes in body composition following sudden changes in amino acid intake: II. Entire male pigs. *J Anim Sci* 2008.
12. **Martinez-Ramirez HR, Jeaurond EA and de Lange CF**. Dynamics of body protein deposition and changes in body composition following sudden changes in amino acid intake: I. Barrows. *J Anim Sci* 2008.
13. **S. Millet E, Ongenaes M, Hesta M, Seynaeve S, De Smet and G P J Janssens**. The feeding of ad libitum dietary protein to organic growing-finishing pigs. *The Veterinary Journal* 171. 483-490, 2006
14. **Pond WG and Mersmann HJ**. Differential compensatory growth in swine following control of feed intake by a high-alfalfa diet fed ad libitum or by limited feed. *J Anim Sci* 68: 352-362, 1990.
15. **Ritacco G, Radecki SV and Schoknecht PA**. Compensatory growth in runt pigs is not mediated by insulin-like growth factor I. *J Anim Sci* 75: 1237-1243, 1997.
16. **Smith JW, Tokach MD, O'Quinn PR, Nelssen JL and Goodband RD**. Effects of dietary energy density and lysine:calorie ratio on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *J Anim Sci* 77: 3007-3015, 1999.
17. **Whang KY, Kim SW, Donovan SM, McKeith FK and Easter RA**. Effects of protein deprivation on subsequent growth performance, gain of body components, and protein requirements in growing pigs. *J Anim Sci* 81: 705-716, 2003.

Ausnutzung eines kompensatorischen Proteinansatzes in der ökologischen Schweinemast

- 18: **de Greef KH, Kemp B, Verstegen MWA.** Performance and body composition of fattening pigs of two strains during protein deficiency and subsequent realimentation. *Livest Prod Sci* 30: 141-153, 1992
- 19: **Therkildsen M, Vestergaard M, Busk H, Jensen MT, Riis B, Karlsson AH, Kristensen L, Ertbjerg P, Oksbjerg N.** Compensatory growth in slaughter pigs – in vivo muscle protein turnover at slaughter, circulating IGF-I, performance and carcass quality. *Livest Prod Sci* 88: 63-75, 2004