

Qualitätssicherung für Eiweißfuttermittel in der ökologischen Tierernährung: Sojabohnen und -kuchen

Quality assurance for protein feed in animal nutrition of organic farming: soybeans and soybean cake

FKZ: 06OE233

Projektnehmer:

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Fakultät Land- und Ernährungswirtschaft
Am Hofgarten 1, 85350 Freising
Tel.: +49 8161 71-5065
Fax: +49 8161 71-4496
E-Mail: le@hswt.de
Internet: <http://www.hswt.de>

Autoren:

Steiner, Thomas; Bellof, Gerhard

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

Schlussbericht

Zuwendungsempfänger und ausführende Stelle

Fachhochschule Weihenstephan
Fakultät Land- und Ernährungswirtschaft
Am Hofgarten 3
85350 Freising-Weihenstephan

Dipl. Ing. (FH) Thomas Steiner
Fachgebiet Tierernährung
Prof. Dr. Gerhard Bellof
Fachgebiet Tierernährung

Thema:

Qualitätssicherung für Eiweißfuttermittel
in der ökologischen Tierernährung:
Sojabohnen und -kuchen

Förderkennzeichen: 06OE233

Projektlaufzeit: 01.11.2007 – 31.07.2009

Inhaltsverzeichnis

1	Ziele, Planung und Ablauf des Projektes.....	3
1.1	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	3
1.2	Ziele und Aufgabenstellung des Projektes.....	3
1.3	Planung und Ablauf des Projekts.....	4
2	Wissenschaftlich-technische Ausgangssituation	4
2.1	Stellenwert von Sojaprodukten in der ökologischen Fütterung	4
2.2	Behandlungsverfahren für Sojaprodukte.....	5
3	Material und Methoden.....	11
3.1	Beschaffung der Sojabohne und Bearbeitung der Sojaprodukte	11
3.2	Fütterungsversuch Masthähnchen.....	12
3.3	Fütterungsversuch Legehennen	13
3.4	Fütterungsversuch Ferkel	14
4	Ergebnisse und Diskussion.....	16
4.1	Bearbeitung der Sojaprodukte	16
4.2	Fütterungsversuch Masthähnchen.....	17
4.3	Fütterungsversuch Legehennen	19
4.4	Fütterungsversuch Ferkel	21
4.5	Tierartübergreifende Diskussion	23
5	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse.....	25
6	Zusammenfassung	27
7	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen	29
8	Literatur	30
9	Übersicht zu allen bisher realisierten Veröffentlichungen zum Projekt.....	33
	Anhang	

1 Ziele, Planung und Ablauf des Projektes

1.1 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

- Asamhof, 86438 Kissing
- Fachhochschule Osnabrück, Fachgebiet Ökologische Tierhaltung (Prof. R. Andersson), 49009 Osnabrück
- GS Agri eG, 49685 Schneiderkrug
- Meika Tierernährung GmbH, 85241 Großaitingen
- Meyerhof zu Bakum GmbH, 49324 Melle
- Sedlmayr Ölsaatenverarbeitungs-GmbH, 86567 Hilgertshausen / Tandern
- Witzmann Mühle GmbH & Co KG, A-5252 Aspach

1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projektes

Die bedarfsgerechte Versorgung der monogastrischen Nutztiere mit Proteinen – speziell mit essentiellen Aminosäuren – hat in der ökologischen Tierernährung eine zentrale Bedeutung. Sojaprodukte aus ökologischer Erzeugung in Form von vollfetten Sojabohnen oder Sojakuchen können aufgrund ihrer hohen Proteinlieferung und –qualität entscheidend zur Eiweißversorgung dieser Tiere beitragen. Eine wesentliche Voraussetzung für den erfolgreichen Einsatz der Sojaprodukte ist eine Inaktivierung der antinutritiv wirksamen Faktoren mittels Erhitzungsverfahren. Erfahrungen aus der Praxis belegen, dass die bislang angewandten Behandlungsverfahren oft nicht den erforderlichen Erfolg aufweisen (Überhitzung oder unzureichende Erhitzung). Zudem kann aus den üblichen Labormethoden zur Messung des Behandlungseffektes nicht immer eine eindeutige Aussage zur Fütterungseignung abgeleitet werden.

Mit dem vorliegenden Arbeitsvorhaben sollte insbesondere für den in der Fütterungspraxis potentiell universell einsetzbaren Sojakuchen der Kenntnisstand über die sachgerechte Hitzebehandlung entscheidend verbessert werden und damit ein Beitrag zum zielgerichteten Einsatz dieses Eiweißfuttermittels in der ökologischen Tierernährung geliefert werden.

1.3 Planung und Ablauf des Projekts

1. Verarbeitung der Sojabohnen	Verarbeitung der Sojabohnen zu Sojakuchen und thermische bzw. druckthermische Behandlung (4 Verfahren)
2. Fütterungsversuch Masthähnchen	Mast von Eintagsküken mit den vier unterschiedlich behandelten Sojakuchen in Alleinfuttermitteln (konstante Mischungsanteile) Mastdauer 8 Wochen Ermittlung des Schlachtkörperwertes
3. Fütterungsversuch Legehennen	Fütterung der Legehennen mit den unterschiedlich behandelten Sojakuchen in Alleinfuttermitteln (konstante Mischungsanteile) Versuchsdauer: 22 Wochen
4. Fütterungsversuch Ferkel	Fütterung von abgesetzten Ferkel (Fütterungsphase 13 kg - 30 kg LM) Einsatz unterschiedlicher behandelter Sojakuchen mit verschiedenen Mischungsanteilen

2 Wissenschaftlich-technische Ausgangssituation

2.1 Stellenwert von Sojaprodukten in der ökologischen Fütterung

Für ökologisch wirtschaftende Betriebe sind Ölsaaten (z. B. Sojabohnen) sowie Kuchen aus deren Verarbeitung als Futtermittel interessant (z. B. Rapskuchen, Sonnenblumenkuchen, Leinkuchen, Sojakuchen). Insbesondere das aus dem ökologischen Sojabohnenanbau gewonnene Nebenprodukt Sojakuchen hat als Eiweißfuttermittel eine hohe Bedeutung erlangt.

Als Vorteile sind zu nennen:

- hoher Proteingehalt (42 - 48 % RP, je nach Pressverfahren);
- günstiges Aminosäuremuster;
- hohe Eiweißverdaulichkeit (bei entsprechender Wärmebehandlung);

- hohe Akzeptanz (geringer Gehalt an sekundären Inhaltsstoffen)
- geringe Gehalte an ungesättigten Fettsäuren (im Vergleich zu anderen Ölkuchen (in Relation zum Proteingehalt)).

Ein Überschuss an ungesättigten Fettsäuren beeinträchtigt in vielen Rationen die Fettqualität der gewonnenen tierischen Produkte. Weiterhin zeigen sich ungünstige Auswirkungen auf die Kotkonsistenz, Einstreuqualität sowie die Eigröße (ANDERSSON 2006).

Aufgrund der aufgeführten Vorteile kann Sojakuchen die Rolle eines universell einsetzbaren Eiweißfuttermittels in der ökologischen Tierernährung einnehmen. Vor der Verfütterung von Sojabohnen und deren Verarbeitungsprodukte an Monogastrier (Schweine, Geflügel) ist eine thermische Inaktivierung der enthaltenen Proteaseinhibitoren und Hämagglutine notwendig (KLING und WÖHLBIER 1983). Eine thermische Behandlung birgt jedoch auch die Gefahr einer Proteinschädigung in sich. Somit muss ein Kompromiss zwischen den positiven Auswirkungen (Ausschaltung von wachstumshemmenden Inhaltsstoffen (ANF) und die Lagerfähigkeit beeinträchtigenden Enzymen, schonende Denaturierung der nativen Proteinkörper) und dem Beginn der Protein schädigenden Reaktionen angestrebt werden (MENKE und HUSS 1987). Schon eine geringe Überschreitung der Temperatur kann zu Schädigungen und Gehaltsminderungen der schwefelhaltigen Aminosäuren Cystin und Methionin führen (KLING und WÖHLBIER 1983). Hingegen berichtet PARSONS (2000), dass insbesondere die Aminosäure Lysin von einer Schädigung und Verdaulichkeitsminderung betroffen ist.

2.2 Behandlungsverfahren für Sojaprodukte

Zur Behandlung von Sojabohnen stehen unterschiedliche thermische, hydrothermische bzw. druckthermische Verfahren zur Verfügung. Nachfolgend sollen die wichtigsten Verfahren dargestellt werden.

Thermische Behandlungsverfahren

Zu den thermischen Behandlungsverfahren werden die Heißluftbehandlung (Jet-Sploder), die Infrarotbestrahlung (Micronisation), das Rösten und die Mikrowel-

lebehandlung gezählt (PEISKER, 1990). Diese Behandlungsverfahren erfolgen ohne zusätzliche Druckzugabe und zusätzlichen Wasserzusatz.

Heißluftbehandlung

Bei der Heißluftbehandlung werden die zu behandelnden Futtermittel bei hohen Temperaturen (ca. 115 °C) erhitzt. Die Prozessluft wird von einem Modulationsbrenner auf ca. 300 °C erwärmt. Während des Behandlungsprozesses wird die Feuchtigkeit, die in den einzelnen Partikeln vorhanden ist, zum Verdampfen gebracht, anschließend wird das Produkt mit dem Flockierstuhl gequetscht.

WISEMAN (1984) verglich die Effektivität der Heißluftbehandlung mit Extrusion und Micronisation bei der umsetzbaren Energie von Vollfettojabohnen. Der Autor ermittelte dabei eine niedrigere umsetzbare Energie von 15,5 MJ/kg, während die umsetzbare Energie der extrudierten und mikronisierten Sojabohnen bei 17,9 bzw. 17,3 MJ/kg lag. Somit kommt bei der Heißluftbehandlung dem Stärke- und Fettaufschluss offenbar nur eine untergeordnete Bedeutung zu.

Hydrothermische Behandlungsverfahren

Bei den hydrothermischen Behandlungsverfahren sind die Aufenthaltsdauer, Materialtemperatur und Feuchtigkeit die entscheidenden Faktoren, um den gewünschten Effekt zu erzielen. Die Behandlung des Futters kann bei Außendruck oder Überdruck erfolgen. Zu diesem Verfahren wird die Autoklavierung, Extrusion, das Expandieren und Kochen (Pressure-Cooking) sowie die Konditionierung im Hydroreaktor gezählt. Die Wirkung der hydrothermischen Verfahren beruht nicht nur auf der Zufuhr von Wärme mittels Dampf, sondern auch im Zusammenwirken mit der Produktfeuchtigkeit, die zu einer Strukturänderung der Stärke führen können. Eine spezielle hydrothermische Behandlung des Futters kann auch im sogenannten Hydroreaktor erfolgen.

QIN et al. (1996) untersuchten die Effekte der Dampferhitzung unter Verwendung von Dampfdrucktoastern bei unterschiedlicher Temperatur und Zeit auf die Inaktivierung der ANF und die ileale Verdaulichkeit der Sojabohnen beim Schwein. Dabei konnte eine maximale Minimierung der ANF bei 100 °C für 40 min. und 134 °C für

1,5 Minuten erzielt werden. Hinsichtlich der Nährstoffverdaulichkeit zeigten beide Temperatur-Zeit-Kombinationen ähnliche Resultate.

Druckthermische Behandlungsverfahren

Expandieren

Expandieren bedeutet, dass das zu behandelnde Futter sich durch Erhitzung ausdehnt. Das Futter gelangt dabei in das Gehäuse des Expanders, wo Schnecken eingebaut sind. Durch die mechanische Bewegung der Schnecken wird das Futter zusammengedrückt und durch die Reibung erhöht sich die Temperatur im Futter. Außerdem wird am vorderen Teil des Expanders ein so genannter Konus eingebaut, der sich hydraulisch bewegt und im Expander Überdruck erzeugt. Dieses führt zur Temperaturerhöhung im Expander. Während der Wirkungszeit im Expandergehäuse kann auch Dampf unter hohem Druck für kurze Zeit zugeführt werden. Anschließend wird das Futter plötzlich entlastet, wobei sich das Volumen des Originalmaterials auf das achtfache vergrößern kann. Das Endprodukt wird dabei als Expandat bezeichnet. Die Behandlung des Futtermittels mit einem Expander (druckthermische Behandlung) kann mit einer Vorkonditionierung verknüpft werden. Nach HEIDENREICH (1996) können die folgenden Haupteffekte als Ergebnis einer Behandlung mit dem Expander erwartet werden:

- Keimreduzierung und Hygienisierung
- Modifikation und Hydrolisierung der Stärke
- Abbau antinutritiver Substanzen
- Verringerung der Schüttdichte
- Erniedrigung der Proteinlöslichkeit in Wasser
- Änderung der sensorischen Eigenschaften.

Diese druckthermische Behandlung kann durch druck- und temperatursteigernde Elemente des Expanders erweitert werden. Dabei handelt es sich um die Änderung der Anzahl der Stoppbolzen, die geometrische Anordnung der Schnecken und des Konus sowie die Futterstruktur des zu behandelnden Materials. Durch die Erhöhung der Anzahl der Stoppbolzen oder der Schneckenelemente ist es möglich, einen höheren Druck und eine höhere Temperatur im Expander zu erzeugen, die dementsprechend auf die Modifizierung der Stärke und Zerstörung der unerwünschten Stoffe im Futter Einfluss nehmen. Hinsichtlich der Futterstruktur ist zu vermuten, dass ein fein strukturiertes Futter für die Temperatur- und Druckerhöhung im Expander besser

als ein grob strukturiertes Futter sein kann. Im Allgemeinen können durch die Erweiterungsmöglichkeiten des Expanders ein besserer Stärkeaufschluss und eine weitere Ausschaltung der antinutritiven Substanzen und damit eine höhere Proteinverdaulichkeit sowie eine ausreichende Verringerung der Keimzahl im Futter erzielt werden.

TRAYLOR et al. (1997) prüften beim Schwein die Effektivität der Expanderbehandlung auf die Nährstoffverdaulichkeit von Sojabohnen, die bei unterschiedlichem Druckeinsatz (0, 14, 28 kg/cm²) erfolgte. Die Autoren fanden infolge der Druckerhöhung über den Konus eine kontinuierliche, lineare Steigerung der N-Verdaulichkeit in Höhe von 76, 77 bzw. 78 %. JOHNSTON et al. (1997) prüften die Effekte der hydrothermischen (Standardverfahren) und druckthermischen Behandlungsverfahren (Expander) auf Sojabohnen beim Schwein. Dabei führte das hydrothermische Behandlungsverfahren im Vergleich zur Expandierung zu einem verbesserten Wachstum der Tiere.

Methoden zur Überprüfung der thermischen Behandlung

Zur Überprüfung der sachgemäßen Vorbehandlung von Sojabohnen wurde eine Reihe einfacher analytischer Methoden ausgearbeitet, wie die Bestimmung der Ureaseaktivität, die Kresolrotabsorption und die Eiweißlöslichkeit. Die Bestimmung der Ureaseaktivität dient zur indirekten Erfassung der Inhibitorwirkung, da die unmittelbare Messung sehr aufwändig ist. Man misst daher als Ersatzgröße die Restaktivität eines anderen für die Sojabohne charakteristischen Inhaltsstoffs, des Enzyms Urease. Die Ureaseaktivität, d. h. die aus einer definierten Harnstofflösung je Minute in Form von Ammoniak bei 30 °C freigesetzte Stickstoffmenge darf bei getoasteten Sojabohnen und -produkten 0,4 mg/g Trockenmasse nicht überschreiten (MENKE und HUSS 1987). BOLLMANN und BASSLER (1959) fordern für optimal getoastetes Sojaextraktionsschrot eine Ureaseaktivität zwischen 0,5 mg N/g/min. und der Nachweisgrenze. Die Ureaseaktivität sinkt nach Erreichen von 100 °C sehr rasch auf niedrige Werte, deren Veränderungen ohne Aussagekraft sind. Somit lassen sich nur nicht erhitzte Partien identifizieren (MENKE und HUSS 1987).

Überhitzungsschäden können mit Hilfe der Messung der Kresolrotabsorption erfasst werden. Die Fähigkeit des Sojaproteins, Farbstoffe mit einer Phtaleingruppe zu binden, steigt mit zunehmender Hitzeeinwirkung nahezu linear an (MENKE und HUSS

1987). Die optimale Verwertung des Proteins liegt nach Untersuchungen von ZELTER und DELORT-LAVAL (1971) bei Sojaschroten mit einer Absorption von 5,4 - 6,6 mg Kresolrot/g. Die VDLUFA (NAUMANN und BASSLER 1988) gibt als Optimalbereich für Sojaprodukte 5 - 6 mg Kresolrot/g an.

Die Eiweißlöslichkeit ist ein weiteres gebräuchliches Kriterium zur Prüfung des Toasteffektes. Nach BOLLMANN und BASSLER (1959) sollte die Eiweißlöslichkeit für Sojaextraktionsschrot zwischen 20 und 40 % liegen. MENKE und HUSS (1987) geben für den in Wasser dispergierbaren Anteil des Gesamtproteins einen Bereich von 25 - 40 % an. Der Mindestanteil sollte 15 % betragen. Nach NAUMANN und BASSLER (1988) ist dagegen für Sojaprodukte ein Optimalbereich von 10 - 35 % anzunehmen. Somit ist festzuhalten, dass, insbesondere für den Bereich der eine Überhitzung charakterisiert, keine eindeutige Grenze definiert ist.

Im Rahmen eigener Fütterungsversuche in jüngerer Zeit zur ökologischen Geflügelmast wurden Sojabohnen und Sojakuchen eingesetzt (z. B. BELLOF u. a. 2005, SCHMIDT u. a. 2007). Hierbei erfolgte auch die Überprüfung der thermischen Behandlung. In Tabelle S1 sind diese Ergebnisse zusammengefasst. Für die Ureaseaktivität ergibt sich ein zufriedenstellendes Bild. Von 20 untersuchten Futterproben liegen 18 in dem Sollbereich von < 0,4 mg N/g/min. bis zur Nachweisgrenze. Für das Merkmal Eiweißlöslichkeit ist die Beurteilung schwieriger, da - wie oben dargestellt - in der Literatur divergierende Grenzwerte angegeben werden. Bei Unterstellung des von BOLLMANN und BASSLER (1959) postulierten Optimalbereichs von 20 - 40 % liegen nur 5 von 20 Proben innerhalb dieses Bereichs. Unterstellt man den von NAUMANN und BASSLER (1988) angegebenen Optimalbereich (10 - 35 %), erfüllen 16 von 20 Proben diese Anforderungen. Es fällt auf, dass die Mehrzahl der Proben (n=11) in dem fraglichen Bereich, der bereits auf eine Überhitzung hinweisen könnte (10 bis 20 %), liegt. Hinsichtlich der Eiweißlöslichkeit unterscheiden sich die Futtermittel Sojabohnen und Sojakuchen kaum voneinander (Tabelle S1). Beide Futtermittel liegen im Mittelwert und in der Streuung auf ähnlichem Niveau. Die Streuung ist erheblich (Variationskoeffizient jeweils > 50 %).

In einem von BELLOF (2002) durchgeführten Fütterungsversuch zur ökologischen Putenaufzucht wurden in den Alleinfuttermischungen Sojakuchen eingesetzt. Die Pu-

ten, die mit hohen Mischungsanteilen Sojakuchen (> 25 %) versorgt wurden, zeigten eine extrem schlechte Gewichtsentwicklung und eine ungünstige Futtermittelverwertung. Die Untersuchung des eingesetzten Sojakuchens ergab eine Eiweißlöslichkeit von nur 6,3 %. SCHMIDT u. a. (2007) setzten in einem Putenmastversuch hohe Mischungsanteile an Sojakuchen und Sojabohnen (zusammen bis zu 34 %) ein, ohne eine Beeinträchtigung der Mastleistung festzustellen. Die für diesen Versuch ebenfalls überprüften Eiweißlöslichkeiten lagen mit 12,1 % (Sojakuchen) bzw. 22,9 % (Sojabohnen) in einem offenbar unbedenklichen Bereich.

Für Legehennen liegen keine entsprechenden Versuchsergebnisse vor. Es kann allerdings die These aufgestellt werden, dass unter den Bedingungen einer ökologischen Legehennenfütterung die Versorgung mit schwefelhaltigen Aminosäuren marginal ist. Sollen Sojabohnen und/oder Sojakuchen die Eiweißversorgung der Hennen sicherstellen, dürfte sich - bereits bei geringer Überhitzung - das Defizit für diese Aminosäuren verstärken (siehe oben) und somit zu Leistungsdepressionen führen. Hinweise aus der Praxis deuten an, dass für die sichere Beurteilung einer Hitzeschädigung von Sojaprodukten eine differenzierte Betrachtung nach Nutzungsrichtungen angebracht ist. Für Legehennen sind möglicherweise strengere Grenzwerte zu fordern als für Mastgeflügel.

Für das Schwein stellt Lysin die erstlimitierende Aminosäure dar. Somit ist eine bedarfsgerechte Eiweißversorgung auf der Basis von Sojabohnen und/oder Sojakuchen leichter zu realisieren als in der Geflügelfütterung. Für das konventionelle Futtermittel Sojaextraktionsschrot liegen widersprüchliche Ergebnisse zur Notwendigkeit einer Hitzebehandlung vor (KLING und WÖHLBIER 1983). Für die in der ökologischen Schweinehaltung zum Einsatz kommenden Sojabohnen und -kuchen sind keine neueren, systematischen Untersuchungen vorhanden.

3 Material und Methoden

3.1 Beschaffung der Sojabohnen und Bearbeitung der Sojaprodukte

Die Sojabohnen wurden vom Projektpartner Meika Tierernährung GmbH angekauft und eingelagert. Dabei handelte es sich um eine sortenreine Partie der Sorte „PR91M10“ (Firma Pioneer) aus Italien. Leider war es nicht möglich, eine ausreichend homogene Partie Sojabohnen aus Deutschland zu bekommen. Im Vergleich zu den von BELLOF (2006) erfassten Daten, enthält diese Sojabohne (Tabelle S 2) weniger Rohfett (18,8 %) aber mehr Rohprotein (38,6 %).

Die Verarbeitung der Sojabohnen zu Sojakuchen erfolgte mit einer Schneckenseiherpresse. Dabei konnte am Presskorb eine maximale Temperatur von 85 °C gemessen werden. Die einheitliche Partie Sojabohnen wurde in vier Teilpartien aufgeteilt. Jede Teilpartie wurde einer unterschiedlichen Behandlung unterzogen. Aus technischen Gründen mussten die Teilpartien der Variante A und B zuerst thermisch bzw. hydrothermisch behandelt werden und anschließend zu Sojakuchen verarbeitet werden. Hingegen wurden die Varianten C und D zuerst zu Sojakuchen verarbeitet und anschließend hydrothermisch bzw. hydrothermisch und Expander behandelt.

Die Partie A wurde mit einem sogenannten Jet-Sploder (Fa. Sweet Manufacturing Company, Ohio (USA)) mit trockener Hitze behandelt. Dabei wurden die Sojabohnen für drei Minuten auf eine Korntemperatur von 145 °C erhitzt.

Die Partie B wurde mit einer Dämpf- und Flockieranlage (Fa. Streckel & Schrader, 22041 Hamburg-Wandsbek) einer hydrothermischen Behandlung unterzogen. Dabei wird im Reaktor 100°C heißer Dampf zugegeben. Die theoretische Verweilzeit lag bei 35 Minuten. Anschließend wurden die Sojabohnen noch über den so genannten Jet-Sploder bei 200°C getrocknet.

Ebenso wurde die Partie C hydrothermisch mit einem Hydrothermischer Reaktor (Fa. Kahl, 21465 Rheinbek) behandelt. Es wurde ebenfalls wieder Dampf mit 100 °C zugegeben. Die theoretische Verweilzeit im Reaktor betrug 15 Minuten.

Die Partie D wurde ebenfalls im Hydrothermischen Reaktor (Fa. Kahl, 21465 Rheinbek) behandelt. Zusätzlich wurde eine Expanderbehandlung zugeschaltet. Die theoretische Verweilzeit des Sojakuchens im Reaktor bei 100 °C heißem Dampf wurde auf 8 Minuten begrenzt. Dafür wurde aber zusätzlich der Expander mit 26 kWh/to eingesetzt.

Nach erfolgter Behandlung wurden die vier Teilpartien wieder bei dem Projektpartner Meika Tierernährung GmbH gesammelt und bis zur Verfütterung eingelagert.

3.2 Fütterungsversuch Masthähnchen

Es wurden 720 Tiere (männlich, aus ökologisch geführter Elterntierherde, Genotyp ISA J957) aufgestellt (24 Buchten) und in 4 Fütterungsgruppen eingeteilt (jeweils 6 Wiederholungen). Die Tiere erhielten Alleinfuttermischungen (isoenergetisch, isonitrogen). In Anlehnung an die Ergebnisse von BELLOF u. a. (2005) erfüllten diese Mischungen die Anforderungen hinsichtlich der 100%-Biofütterung. Die wesentlichen Eiweißträger waren die unterschiedlich behandelten Sojakuchen. Jede der vier ausgewählten Partien (Sojakuchen A, B, C, D) wurde in einer Fütterungsgruppe geprüft. In der zweigeteilten Mast (Start- und Mastphase, jeweils vier Wochen, Gruppenfütterung) wurden die jeweiligen Sojakuchenanteile auf 20 % (Startermischungen) bzw. 15 % (Mastmischungen) festgelegt. Sowohl die Einzelfuttermittel als auch die Futtermischungen wurden nach konventionellen Analysemethoden (BASSLER 1988, 1997) auf ihren Nährstoffgehalt sowie die wichtigsten essentiellen Aminosäuren untersucht.

Es wurden die Futteraufnahme, die wesentlichen Mast- und Schlachtleistungsmerkmale sowie relevante Gesundheitsparameter erhoben und ausgewertet. Die Produktqualität (Fettsäuremuster im Brustfleisch) wurde stichprobenartig kontrolliert.

Die Futtermischungen wurden beim Projektpartner Meika Tierernährung GmbH gemischt und in pelletierter Form (Aufzuchtmischung mit 2 mm-Pellets, Mastmischungen mit 3 mm-Pellets) vorgelegt. Die Tiere konnten sowohl in der Aufzucht als auch in der Mastphase das Futter ad libitum aufnehmen. Alle Tiere wurden im 14-tägigen Abstand gewogen. In diesem Turnus erfolgte auch die Erfassung des Futtermittels. Die erhobenen Daten wurden für die 24 Abteile getrennt ausgewiesen. Der Ge-

wichtszuwachs pro Abteil für die Aufzucht, die Mastphasen und den Gesamtdurchgang unter Berücksichtigung der Gewichte, der Tierverluste und die in den jeweiligen Abschnitten verbrauchten Futtermengen pro Bucht dienten als Berechnungsgrundlage für das Merkmal Futteraufwand/kg Zuwachs.

Es erfolgte eine kontinuierliche Erfassung des Gesundheitszustandes und der Verluste. Die Futtermischungen wurden im Wiegeintervall beprobt und auf relevante Inhaltsstoffe untersucht. Für die Erfassung der Schlachtkörpermerkmale wurden 48 Tiere ausgewählt (zwei Tiere pro Bucht, die in ihrem Ausstallgewicht dem durchschnittlichen Endgewicht der Bucht am nächsten kamen).

Als Merkmale des Schlachtkörperwertes wurden die Teilstücke sowie die grobgeweblich zerlegten Teilstücke von der Brust untersucht und ausgewiesen. Die Durchführung der genannten Untersuchungen für die Merkmale des Schlachtkörperwertes erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Institut für Fleischerzeugung und Vermarktung der Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel, Kulmbach. Die Teilstückanteile, einschließlich der Haut, wurden auf das Schlachtgewicht bezogen. Das Schlachtgewicht schloss den Hals sowie das Abdominalfett mit ein.

Die erhobenen Daten wurden mit dem Programm SAS nach dem „General Linear Model“ statistisch ausgewertet (SAS/STAT 1988). Es wurde für die Mastleistungsmerkmale und die Schlachtkörperqualitäten ein lineares Modell mit dem Einflussfaktor 'Sojabehandlung' verwendet.

3.3 Fütterungsversuch Legehennen

Der Fütterungsversuch mit Legehennen wurde im Versuchsbetrieb der Fachhochschule Osnabrück (ökologisch bewirtschafteter Betrieb, massives, isoliertes Stallgebäude mit Wintergarten) durchgeführt. Die Herde (508 Junghennen, Genotyp Genetik LB (Lohmann Brown), Aufzucht in einem Biolandbetrieb) wurde in vier Gruppen (jeweils zwei Wiederholungen) unterteilt. Die Haltung erfolgte in 8 Buchten (4 x 63 Tiere und 4 x 64 Tiere; jeweils Aufstallung nach Big Dutchman-System (Ein-Etagensystem in Bodenhaltung)).

In den Alleinfuttermischungen (isoenergetisch, isonitrogen) wurden jeweils 15 % Sojakuchen (Sojakuchen A, B, C, D) eingesetzt. Die Mischungen erfüllten die Anforderungen hinsichtlich der 100-%-Biofütterung. Es wurde eine Fütterungsphase betrachtet (Gruppenfütterung). Der Energiegehalt betrug 10 MJ ME pro kg Futter. Die Zusammensetzung der Futtermischungen sind im Anhang in der Tabelle H 2 dargestellt.

Hierbei wurden die Futteraufnahme, die Legeleistung sowie relevante Gesundheitsparameter erhoben (und ausgewertet. Die Produktqualität (Fettsäuremuster im Vollei) wurde stichprobenartig kontrolliert.

Die Futtermischungen wurden beim Projektpartner Meyerhof zu Bakum GmbH gemischt und in mehliger Form ad libitum vorgelegt. Die Erfassung des Futtermittels erfolgte während des Versuches dreimal durch Rückwiegen der Futterreste. Der Futtermittelverzehr wurde pro Bucht erfasst.

Die Leistungsparameter Legeleistung, Eigewicht und Legehennengewicht wurde mit dem Statistikprogramm SAS nach dem "General Linear Model" (SAS/STAT 1988) mit den drei Einflussgrößen 'Behandlungsvariante Sojakuchen', 'Legewoche' und 'Wiederholung' statistisch ausgewertet.

3.4 Fütterungsversuch Ferkel

Es wurden 96 abgesetzte Ferkel (männliche Kastraten, aus einem ökologisch geführtem Ferkelerzeugerbetrieb, Genotyp: Mutterrasse: Englische Landrasse x (Englische Duroc x Large White), Vaterasse: Pietrain) im Versuchsstall der TU München (Wissenschaftszentrum Weihenstephan; massives, isoliertes Stallgebäude, kein Auslauf) in 48 Buchten (jeweils 2 Tiere/Bucht) aufgestellt.

Die Tiere erhielten freien Zugang zum Futter und Wasser. Heu wurde zur freien Aufnahme als Raufutter angeboten. In den Ferkelaufzuchtmischungen wurden jeweils 20 % Sojakuchenanteil (aus unterschiedlicher Wärmebehandlung) eingesetzt. Zusätzlich wurde für die beiden erfolgreich getesteten Sojakuchen-Varianten (Masthähnchenversuch) Dosis-Response-Versuche (mit jeweils 15, 20 und 25 %) durchgeführt.

Die Futtermischungen wurden in Anlehnung an die Gruber Futterwerttabelle kalkuliert. Der Energiegehalt nach der neuen GfE-Formel (GfE 2006) beträgt 12,5 MJ ME pro kg Futter. Daran wurden die Gehalte an essentiellen Aminosäuren angepasst.

Ebenso wie beim Hähnchenmastversuch mussten auch in den Versuchsmischungen die Anteile der Futtermittel variiert werden, um die variierenden Inhaltsstoffgehalte der verschiedenen Sojakuchen (Tabelle F 3) auszugleichen. Damit konnte das Ziel, isoenergetische und isonitrogene Mischungen herzustellen, realisiert werden. Ebenso wurde eine 100%-Biofütterung erreicht.

Das Futter wurde im Mischfutterwerk der Meika Tierernährung GmbH hergestellt und in pelletierter Form den Ferkeln vorgelegt. Die Tiere wurden wöchentlich gewogen. Im gleichen Zeitintervall erfolgte auch die Rückwiegung der Futterreste zur Erfassung des Futtermittelfressens. Dieser wurde pro Bucht (zwei Tiere) erfasst und ausgewertet.

Für die Auswertungen wurden die Daten einer Bucht (2 Tiere) herangezogen (Mittelwert) und statistisch ausgewertet. Für den Effekt 'Stallplatz' (Anordnung der Bucht im Stall) waren keine gesicherten Effekte auf die Merkmale Futteraufnahme, Tageszunahmen und Futteraufwand festzustellen und blieb somit unberücksichtigt. Betrachtet wurde der Gewichtsbereich von 13,7 kg bis 30,1 kg LM. Die erhobenen Daten wurden mit dem Programm SAS nach dem „General Linear Model“ statistisch ausgewertet (SAS/STAT 1988). Es wurde für die Mastleistungsmerkmale ein lineares Modell mit den Einflussfaktoren 'Sojabehandlung' und 'Sojaanteil' verwendet.

Es erfolgte eine kontinuierliche Erfassung des Gesundheitszustandes und der Verluste. Die Futtermischungen wurden im Wiegeintervall beprobt und auf relevante Inhaltsstoffe untersucht.

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Bearbeitung der Sojaprodukte

Die Forderung nach Restfettgehalten von weniger als 10 % konnte – mit Ausnahme der Partie A – erfüllt werden.

Bei der thermischen Behandlung (A) ist der Behandlungserfolg der Sojabohne ausreichend (0,016 mgN/g/min Ureaseaktivität) (MENKE und HUSS 1987), bzw. es könnte schon eine leichte Überhitzung eingetreten sein (Tabelle S 4). Darauf deutet der Kresolrot-Wert von 7,04 mg/g hin (Optimalbereich für Sojaprodukte: 5-6 mg Kresolrot/g (NAUMANN und BASSLER 1988)).

Für eine weitere Partie Sojabohnen wurde eine hydrothermische Behandlung (B) durchgeführt. Dem Anlagenbetreiber war es nicht möglich die Anlage so auf die Charge einstellen, dass eine optimale Behandlung stattfinden konnte (Tabelle S 3). Daher liegt die Ureaseaktivität mit (0,894 mgN/g/min) deutlich über dem empfohlenen Wert von 0,4 mgN/g/min (MENKE und HUSS 1987).

Ebenso wurde eine hydrothermische Behandlung (C) bei einem weiteren Projektpartner durchgeführt. Für diese Partie wurde zuerst der Sojakuchen erstellt und anschließend die hydrothermische Behandlung durchgeführt. Wie aus Tabelle S 3 ersichtlich, war der Behandlungserfolg laut Analysen ausreichend.

Die hydrothermische und zugleich Expander-Behandlung (D) wurde beim selben Projektpartner wie für die Partie C durchgeführt. Diese Analyseergebnisse liegen auf ähnlichem Niveau wie Partie A. Jedoch liegt der Kresolrot-Wert von 6,58 mg Kresolrot/g näher am Optimalbereich, jedoch noch immer über dem angegebenen Grenzwert (NAUMANN und BASSLER 1988).

Für die unbehandelten Sojabohnen, die wärmebehandelten Sojabohnen und die wärmebehandelten Sojakuchen wurden ergänzende Untersuchungen für das die Hitzebehandlung charakterisierende Merkmal "Kresolrot" durchgeführt. Tabelle S 4 zeigt eine Zusammenstellung der Ergebnisse.

Für die Sojabohnenpartien A und B zeigt sich, dass eine Lagerung über neun Monate (tiefgefroren) zu einem Wiederanstieg der Ureaseaktivität führt. Dieser Effekt ist für die vergleichbaren Sojakuchen nur bedingt zu beobachten. Die Ergebnisse der Kresolrotuntersuchungen belegen für die behandelten Sojabohnen sehr niedrige Werte. Die Sojakuchen liegen - mit Ausnahme der Probe A - im Optimalbereich.

In der Tabelle S 5 sind die erhobenen Kosten für die unterschiedlichen Wärmebehandlungen dargestellt. Die Kostenunterschiede liegen bei maximal 1,- €/dt. Die Behandlung A stellt das günstigste Verfahren dar.

4.2 Fütterungsversuch Masthähnchen

Futtermischungen

Die Vorgaben für die Futtermischungen sind in Tabelle H 1 dargestellt. Auf der Basis der analysierten Inhaltsstoffe der Einzelfuttermittel wurden die Futtermischungen errechnet. Tabelle H 2 zeigt die Anteile der Einzelfutterkomponenten. Die unterschiedlich hohen Anteile der Komponenten waren erforderlich, da die Sojakuchen aufgrund der unterschiedlichen Behandlungen auch verschiedene Inhaltsstoffe aufwiesen. Somit wurden Alleinfuttermischungen erzeugt, die isoenergetisch und isonitrogen waren. Bis auf Variante A liegen die ME-Gehalte bei den Aufzuchtmischungen auf gleichem Niveau. Bezogen auf die Größe „g Methionin / 10 MJ ME“ zeigen alle vier Aufzuchtmischungen annähernd gleiche Werte (Tabelle H 4). Bei den Mastmischungen liegt der ME-Gehalt der Variante A höher als in den anderen Mischungen. Bezogen auf die Größe „g Methionin / 10 MJ ME“ liegen wieder alle vier Endmastmischungen auf gleicher Höhe (Tabelle H 5).

Verluste

Die Verluste im gesamten Versuchszeitraum liegen bei 5,8 %, wobei diese hauptsächlich in den ersten 7 Tagen auftraten. Die Anzahl der abgegangenen Tiere verteilt sich wie folgt: Gruppe A: 11 Tiere, Gruppe B: 11 Tiere, Gruppe C: 11 Tiere und Gruppe D: 8 Tiere. Es konnten keine signifikanten Differenzen zwischen den Fütterungsgruppen nachgewiesen werden.

Mastleistungen

Die wichtigsten Mastleistungsergebnisse sind in den Tabellen H 6 bis H 8 zusammengefasst. Die im Versuch durchschnittlich erreichten Mastendgewichte lagen bei 2290 g (Tabelle H 8). Diese Ergebnisse liegen unter dem Niveau von 2463 g, das SCHMIDT und BELLOF (2008) in einem Masthähnchenversuch mit dem Genotyp ISA J957 erreicht hatten. Somit erreichte nur die Beste (Variante A) der hier getesteten vier Varianten das Niveau des Versuches von SCHMIDT und BELLOF (2008). In einem Masthähnchenversuch (Genotyp ISA 257) von BELLOF und SCHMIDT (2005) mit männlichen Broilern, die Sojakuchen (Anteile von 12 % bzw. 10 %) erhielten, wurden Endgewichte von 2277 g bzw. 2215 g erzielt. Die angegebenen Versuche sind sehr gut mit dem vorliegenden Versuch vergleichbar, da diese Versuche unter den gleichen Stallbedingungen durchgeführt wurden. GRASHORN und CLOSTERMANN (2002) erreichten mit dem Genotyp ISA-257 am 56. Lebenstag ein Lebendgewicht von 2164 g.

Bei den Mastendgewichten bestand zwischen allen Fütterungsgruppen ein signifikanter Unterschied. Dabei hatte die Gruppe A die höchsten Werte, gefolgt von der Gruppe D. Die Gruppen B und C fallen gegenüber diesen Gruppen deutlich ab.

Die Futteraufnahme lag bei diesem Versuch mit 98,6 g Futter pro Tag sehr hoch. Bei der Futteraufnahme konnten ebenso signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen erfasst werden. In dem Versuch von SCHMIDT und BELLOF (2008) nahmen die Tiere durchschnittlich 90,5 g pro Tag auf; bei BELLOF und SCHMIDT (2005) waren es nur 90,5 g pro Tag bzw. 91,8 g pro Tag. In Analogie zu den Mastendgewichten ergab sich für das Merkmal Futteraufnahme die gleiche Reihenfolge zwischen den Gruppen.

Der durchschnittliche Futteraufwand pro kg Zuwachs betrug 2,46 kg Futter pro kg Zuwachs. Dabei wurden die Leistungen in dem von SCHMIDT und BELLOF (2008) durchgeführten Versuch (durchschnittlich 2,0 kg Futter pro kg Zuwachs) nicht erreicht. Die Gruppe A zeigte sich mit 2,39 kg Futter pro kg Zuwachs den Gruppen B und D signifikant überlegen. Durch die geringere Futteraufnahme der Gruppe C ergibt sich trotz des geringen Endgewichtes ein vergleichsweise günstiger Futteraufwand pro kg Zuwachs (Tabelle H 6 bis H 8).

In der Tabelle H 9 ist die kalkulierte ME-Aufnahme und –Verwertung – bezogen auf den Zuwachs der metabolischen Lebendmasse – dargestellt. Zwischen den Gruppen lassen sich nur geringe Unterschiede in der ME-Aufnahme (gesamte Versuchsperiode) feststellen, wenn eine Gewichtskorrektur erfolgt.

Schlachtkörperwerte

Die Merkmale des Schlachtkörperwertes sind in Tabelle H 12 dargestellt. Im Vergleich zu SCHMIDT und BELLOF (2008) sind im Schlachtkörperwert keine nennenswerten Unterschiede feststellbar. Bei der Schlachtausbeute konnten lediglich bei der Gruppe B gegenüber den restlichen drei Gruppen signifikante Unterschiede erfasst werden. Für das wirtschaftlich relevante Merkmal Brustanteil waren keine gesicherten Unterschiede zwischen den Gruppen festzustellen.

Die Gruppen A und D zeigten tendenziell den besten Schlachtkörperwert. Sowohl im Brustgewicht als auch bei der Brustfleischmenge waren diese Gruppen den Gruppen B und C überlegen. Diese Überlegenheit ging mit einer günstigen Verwertung der Aminosäuren Lysin und Methionin einher (Tabellen H 10 und H 11)

Bei der Analyse des Fettsäurenmusters im Brustfleisch (Tabelle H 13) wurden ebenfalls keine bedeutsamen Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen festgestellt.

4.3 Fütterungsversuch Legehennen

Futtermischungen

In der Tabelle L 3 sind die wichtigsten Inhaltsstoffe für die Legehennenmischungen dargestellt. Wie dieser Tabelle zu entnehmen ist, liegen die Gehalte für die erstbegrenzende Aminosäure Methionin auf dem angestrebten Niveau (0,27 %) bzw. knapp darunter. Zwischen den vier Mischungen bestehen nur geringfügige Unterschiede im Methioningehalt (0,26 % - 0,27 %).

Futterraufnahme

Die durchschnittliche Futterraufnahme betrug 130,6 g pro Tier und Tag. In einem von ANDERSSON (2004) durchgeführten Legehennenversuch unter ökologischen Bedingungen lag die mittlere Futterraufnahme bei 139 g pro Tag. Die bei ANDERSSON

(2004) eingesetzte Mischung hatte jedoch einen Energiegehalt von 10,9 MJ ME pro kg Futter. Somit brachte der abgesenkte Energiegehalt (10,2 MJ ME pro kg Futter) keine Erhöhung der Futtermittelaufnahme. Die Gruppe A hatte die geringste Futtermittelaufnahme, hingegen die Gruppe C die höchste Futtermittelaufnahme. Ein statistisch gesicherter Unterschied zwischen den Varianten konnte nicht festgestellt werden (Tabelle L 4)

Legeleistung

Die durchschnittliche Legeleistung lag bei 94,5 % und damit geringfügig höher als bei ANDERSSON (2004) (93 %). Die Tiere der Gruppe A waren mit 92,4 % Legeleistung den anderen Gruppen statistisch abgesichert unterlegen. Zwischen den anderen drei Gruppen waren keine gesicherten Unterschiede festzustellen. Die beste Legeleistung zeigte die Gruppe B mit durchschnittlich 95,4 % (Tabelle L 4).

Betrachtet man die Versuchswochen für sich, kann man feststellen, dass die Variante A nach ca. 4 Wochen abfällt und anschließend auf dem niedrigen Niveau verweilt (Abbildung L 1). Für den drastischen Abfall der Legeleistung in den Versuchswochen 10 und 11 kann keine plausible Ursache benannt werden.

Eigewichte

Die Eigewichte der Varianten A und D sind gegenüber den Vergleichsgruppen statistisch gesichert niedriger. Die durchschnittlichen Eigewichte lagen auf ähnlichem Niveau wie bei ANDERSSON (2004). Die Verteilung der Eier auf die Gewichtsklassen ist in Tabelle L 5 dokumentiert. Die Hennen der Fütterungsgruppen A und D zeigen gegenüber den Gruppen B und C signifikant höhere Anteile von Eiern der Gewichtsklasse M. In der Gewichtsklasse XL weisen diese Gruppen hingegen signifikant verringerte Anteile auf. Die Hennen der Gruppe B weisen die höchsten Anteile an überschweren Eiern auf.

Für die Tiere der Gruppe A zeigt sich für das Merkmal Eigewicht ebenfalls für die Versuchswoche 10 und 11 ein Leistungseinbruch (Abbildung L 2) mit anschließender Annäherung auf das Niveau der Vergleichsgruppen.

Bruchfestigkeit der Eier

Es wurden an drei Terminen (zu Beginn, Mitte und Ende des Versuches) die Eier auf Bruchstabilität geprüft. Es konnte jeweils kein Einfluss der Fütterung nachgewiesen werden.

Fettsäuren im Vollei

Die Analyse der Fettsäuren im Vollei zeigte nur in drei Fällen gesicherte Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen (Tabelle L 6). Die signifikant erhöhten Werte an Linolsäure sind auf den erhöhten Mischungsanteil an Grünmehl in diesen Mischungen zurückzuführen.

Legehennengewichte

Bei den Legehennengewichten zeigten sich zwischen den Fütterungsgruppen keine signifikanten Gewichtsunterschiede am Versuchsende. Allerdings zeigten die Hennen der Gruppe A mit 111 g in der Versuchsperiode den geringsten Gewichtszuwachs aller Gruppen (Tabelle L 4)

Bonituren

Bei der Beurteilung der Fußballen konnten ebenfalls zwischen den Fütterungsgruppen keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Die Hennen aller Gruppen wiesen einen sehr niedrigen Verschmutzungsgrad auf (Tabelle L 6). Auch bei der subjektiven Beurteilung des Gefieders wurden alle Gruppen im Durchschnitt mit „Gefieder intakt“ beurteilt (Tabelle L 7).

4.4 Fütterungsversuch Ferkel

Futtermischungen

Die acht Futtermischungen zeigten Energiegehalte, die auf gleichem Niveau lagen (Tabelle F 4). Die Lysingehalte streuten dagegen von 1,03 % bis 1,18 %. Der angestrebte Wert von 1,12 % wurde somit nicht immer erreicht. Allerdings war auch der Methioningehalt (Ziel: 0,31) mit 0,28 % - 0,30 % niedriger als angestrebt.

Die Raufutteraufnahme (Heu) war sehr gering. Aufgrund der hohen Verschmutzungsverluste konnte die Raufutteraufnahme nicht vollständig erfasst werden und blieb daher bei der Kalkulation des Futtermittelsverzehrs unberücksichtigt.

Verluste

Es wurden nur zwei Tiere aus dem Versuch genommen, da diese kein ausreichendes Wachstum zeigten.

Tiergesundheit

Da die Ferkel teils sehr weichen Kot hatten, wurde die Kotkonsistenz aller Gruppen immer wieder bewertet. Es konnten jedoch keine Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen festgestellt werden. Eine durchgeführte Kotanalyse brachte keine ausreichende Erklärung für den weichen Kot. Auch hier wurden zwischen den Fütterungsgruppen keine Unterschiede festgestellt.

Mastleistungen

In einem von LINDERMAYER und PROBSTMEIER (2005) durchgeführten Aufzuchtversuch mit Ferkeln (12,3 – 37 kg LM; Pi x(DEXDL)) wurden ebenfalls Futtermischungen mit Sojakuchen eingesetzt. Die Mischungsanteile betragen 15 % bzw. 27 %. Der Energiegehalt lag mit 13,5 MJ ME pro kg Futtermischung deutlich über dem Niveau des eigenen Versuches. Es wurde ein ähnlicher Gewichtsereich (12,3 – 37 kg LM) betrachtet.

Die durchschnittliche Futteraufnahme lag im vorliegenden Versuch über alle Gruppen hinweg bei 1029 g pro Tag. Es gab weder für die unterschiedlich behandelten Sojakuchen noch für die Mischungsanteile einen statistisch gesicherten Effekt (Tabelle F5). Im Vergleich zu LINDERMAYER und PROBSTMEIER (2005) (746 g/d bzw. 695 g/d) nahmen die Ferkel deutlich mehr Futter auf. Dies könnte mit dem reduzierten Energieniveau im vorliegenden Versuch erklärt werden.

Bei den Tageszunahmen traten keine signifikanten Unterschiede auf (Tabelle F 5). Im Durchschnitt aller Fütterungsgruppen wurden 506,5 g/d erreicht. Diese liegen somit deutlich unter den von LINDERMAYER und PROBSTMEIER (2005) erreichten 589 g/d bzw. 539 g/d. Jedoch muss auch hier das abgesenkte Energieniveau in den Futtermischungen beachtet werden. In der Abbildung F 1 werden die durchschnittlichen Tageszunahmen (arithmetische Mittelwerte) der acht Fütterungsgruppen dargestellt. Die Gruppen mit dem höchsten Sojakuchen-Mischungsanteil fallen gegenüber den anderen Gruppen deutlich ab.

Der Futteraufwand pro kg Zuwachs lag über alle Gruppen hinweg bei 2,052 kg/kg (Abbildung F2). Aufgrund der geringeren Tageszunahmen und der erhöhten Futteraufnahme ist der Futteraufwand beträchtlich schlechter als bei LINDERMAYER und PROBSTMEIER (2005). Zwischen den vier verschiedenen Sojavarianten konnte kein statistisch gesicherter Unterschied festgestellt werden. Ein signifikanter Unterschied ergab sich jedoch beim Anteil des Sojakuchens in der Futtermischung. So war der Futteraufwand mit 2,228 kg/kg Zuwachs bei einem Anteil von 25 % Sojakuchen in der Futtermischung signifikant höher als bei einem Anteil von 20 % (1,942 kg/kg) bzw. 15 % (1,989 kg/kg). Somit sollte der Anteil an Sojakuchen in den Futtermischungen auf 20 % begrenzt werden. Die von LINDERMAYER und PROBSTMEIER (2005) erhobenen Daten könnten diesen Sachverhalt ebenfalls belegen. Bei einem Sojakuchenanteil von 15 % lag die Futtermittelnutzung bei 1,48 kg/kg, bei einem Sojakuchenanteil von 27 % lag die Futtermittelnutzung bei 1,51 kg/kg. Jedoch muss beachtet werden, dass zwischen diesen beiden Mischungen wegen der unterschiedlich hohen Anteile an Sojakuchen auch der Anteil an Magermilchpulver erheblich variierte. In den Tabellen F 6 bis F 8 sind ergänzend die Aufnahme und die Verwertung an ME, Lysin und Methionin dokumentiert.

4.5 Tierartübergreifende Diskussion

Beim Einsatz von hitzebehandelten Sojakuchen in der Tierernährung sollten die tierartspezifischen Anforderungen an den Sojakuchen beachtet werden. So zeigte die Variante A (trockene Hitze) bei den Masthähnchen sehr gute Mastleistungen, hingegen erbrachte sie bei den Legehennen die schlechtesten Legeleistungen.

Auch die Variante D (Behandlung hydrothermisch mit Expander) führte bei den Masthähnchen zu sehr guten Leistungen, während bei den Legehennen nur mittlere Leistungen erreicht werden konnten. Ein Erklärungsansatz könnte in der Eiweißlöslichkeit liegen. Variante A und D liegen mit 11,6 % bzw. mit 11,9 % an der unteren Grenze des Optimalbereiches (NAUMANN und BASSLER (1988)). Wendet man jedoch die Grenzen von BOLLMANN und BASSLER (1959) an, liegen diese beiden Varianten bereits außerhalb des anzustrebenden Bereiches. Die vorliegende Versuchsergebnisse deuten darauf hin, dass für Legehennen und Masthähnchen unterschiedliche Grenzwerte heranzuziehen sind. Die niedrige Eiweißlöslichkeit in Verbin-

dung mit der niedrigen Ureaseaktivität führt bei den Masthähnchen zu hohen Leistungen, hingegen scheint es so, dass diese Sojakuchen für die Legehennen bereits zu stark erhitzt wurden.

Diese Aussagen werden auch durch die Behandlung der Variante B unterstützt. Die mit einer erhöhten Ureaseaktivität einhergehenden Sojakuchenpartie führte bei den Masthähnchen zu den schlechtesten Leistungen, jedoch bei den Legehennen zu den besten Legeleistungen. Bei der Ferkelfütterung konnte zwischen den Fütterungsgruppen kein Unterschied festgestellt werden. Somit ist zu vermuten, dass für diese Tierart andere Parameter wie z. B. Genetik, Stall, Gesundheitsstatus oder Klima einen weitaus höheren Einfluss auf die Mastleistungen haben als die unterschiedliche Behandlung des Sojakuchens.

Da nur bei den Ferkeln ein Dosis-Response-Versuch durchgeführt wurde, kann für die andere beiden Tierarten keine Aussage über die maximale Menge an Sojakuchen in den Futtermischungen gegeben werden.

Allerdings ist festzuhalten, dass sowohl bei Broilern als auch bei Legehennen Sojakuchen als maßgebliches Eiweißfuttermittel eingesetzt werden kann.

5 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Gerade in der ökologischen Tierernährung spielt die Versorgung der Tiere mit essentiellen Aminosäuren eine zentrale Rolle. Daher ist es unbedingt notwendig, die vorhandenen Eiweißfuttermittel zielgerichtet einzusetzen. Gerade die Erfahrungen aus der Praxis zeigen jedoch große Probleme im Zusammenhang mit der Aufbereitung von Sojaprodukten.

Der vorliegende Versuchsansatz sollte dazu dienen, den Kenntnisstand über die fachgerechte Behandlung von Sojakuchen zu erweitern. Erstes Ziel sollte es sein, dass teure und somit wertvolle Einweißfuttermittel Sojakuchen einer optimalen Wärmebehandlung zuzuführen. Der Erfolg der Wärmebehandlung kann mit den Untersuchungsmethoden „Ureaseaktivität“ und „Eiweißlöslichkeit“ hinreichend beurteilt werden. Grundsätzlich sollten nur solche Sojakuchenpartien zum Einsatz kommen, für die die genannten Untersuchungen vorgenommen wurden.

Wie die vorliegenden Ergebnisse zeigen, ist das thermische Verfahren (trockene Hitze (Variante A)) grundsätzlich kritisch zu sehen, da die Sojabohnen hierbei sehr hohen Temperaturen ausgesetzt sind und ein Schutz der Proteine durch eine Hydrathülle nicht gegeben ist. Somit kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass für dieses Behandlungsverfahren eine Überhitzung vorgelegen hat.

Aus den drei Fütterungsversuchen kann eindeutig geschlossen werden, dass Sojakuchen ein gut geeignetes Futtermittel für Monogastrier darstellt. Dies ergibt sich aus dem für die Fütterung sehr wertvollem Aminosäurenmuster. Durch den Entzug des Öles und damit der Reduzierung des Rohfettgehaltes können die negativen Auswirkungen von zu hohen Rohfettgehalten (Polyensäuregehalte) in den Futterrationen vermieden und somit auch die Einsatzmengen gegenüber den vollfetten Sojabohnen erhöht werden. Damit kann die Lieferung von essentiellen Aminosäuren verbessert werden.

Die Ergebnisse des Ferkelfütterungsversuches zeigen, dass bei Sojakuchenanteilen über 20 % Leistungsdepressionen eintreten. Dies sollte in der praktischen Fütterung berücksichtigt werden. Der Sojakuchenanteil ist in Ferkelalleinfuttermischungen auf 20 % zu begrenzen.

Aus den Untersuchungsergebnissen kann abgeleitet werden, dass es zwischen den Tierarten bzw. Nutzungsrichtungen Unterschiede gibt, wie die Sojaprodukte optimal behandelt sind. So sollten Chargen mit leichter Überhitzung eher an Masthähnchen verfüttert werden, während Chargen, die auf eine zu geringe Wärmebehandlung hindeuten, eher an Legehennen verfüttert werden. Somit könnten auch nicht optimal behandelte Partien erfolgreich in der Tierernährung eingesetzt werden.

6 Zusammenfassung

Die EG-Öko-Verordnung schreibt zukünftig die 100 %-Bio-Fütterung vor. Damit wird es zwingend, die vorhandenen Eiweißfuttermittel zielgerichtet einzusetzen, damit eine bedarfsgerechte Versorgung der Monogastrier (Schweine, Geflügel) mit den essentiellen Aminosäuren erfolgen kann.

Da Sojaprodukte ein sehr wertvolles Aminosäurenmuster aufweisen, eignen sich diese sehr gut für die Fütterung. Vor der Verfütterung von Sojabohnen und deren Verarbeitungsprodukte an Monogastrier ist eine thermische Inaktivierung der enthaltenen Proteaseinhibitoren und Hämagglutine notwendig (KLING und WÖHLBIER 1983). Eine thermische Behandlung birgt jedoch auch die Gefahr einer Proteinschädigung in sich. Somit muss ein Kompromiss zwischen den positiven Auswirkungen (Ausschaltung von wachstumshemmenden Inhaltsstoffen (ANF) und die Lagerfähigkeit beeinträchtigenden Enzymen, schonende Denaturierung der nativen Proteinkörper) und dem Beginn der Protein schädigenden Reaktionen angestrebt werden (MENKE und HUSS 1987).

Die Forderung nach Restfettgehalten von weniger als 10 % in den erzeugten Sojakuchen konnte im vorliegenden Versuch erfüllt werden. Die vier verschiedenen Varianten der Hitzebehandlung zeigten unterschiedliche Ergebnisse. So deuten die Eiweißlöslichkeit (11,6 %) und der Kresolrot-Wert ($7,04 \text{ mg N g}^{-1} \text{ min}^{-1}$) für die Partie A (trockene Hitze) auf eine leichte Überhitzung hin. Hingegen belegt die Ureaseaktivität von $0,894 \text{ mgN/g/min}$ für Partie B (hydrothermische Behandlung) einen unzureichenden Behandlungseffekt. Für Partie C (hydrothermische Behandlung) zeigt sich eine noch ausreichende Behandlung, da die Ureaseaktivität mit $0,408 \text{ mgN/g/min}$ am oberen Grenzwert liegt. (MENKE und HUSS 1987). Mit einer Eiweißlöslichkeit von 11,9 % liegt Partie D (hydrothermische und zugleich Expanderbehandlung) ebenfalls im Grenzbereich zwischen der optimalen Behandlung und einer Überhitzung.

Im Fütterungsversuch mit Masthähnchen wurde der Energiegehalt auf 11,0 MJ ME pro kg Alleinfutter abgesenkt und eine 100-%-Bio-Fütterung durchgeführt. Es wurden 720 männliche Tiere (ISA J957) in vier Fütterungsgruppen (A, B, C, D) gemästet.

Beim Mastendgewicht wurden signifikante Gruppenunterschiede ermittelt. Gruppe A erreichte das höchste Endgewicht mit 2435 g, gefolgt von Gruppe D mit 2347 g, Gruppe C mit 2253 g und Gruppe B mit 2124 g. Diese Reihenfolge spiegelte sich auch im Merkmal Futteraufnahme wider. Der Futteraufwand pro kg Zuwachs lag bei Gruppe A mit 2,39 kg/kg am günstigsten. Bei der Schlachtleistung zeigten sich nur geringe Unterschiede. Die Fettsäurenanalyse im Brustfleisch zeigte ebenfalls keine Unterschiede zwischen den Gruppen.

Im durchgeführten Legehennenversuch wurden 508 Junghennen der Genetik Lohmann Braun auf dem Versuchsbetrieb der Fachhochschule Osnabrück in acht Buchten auf vier Fütterungsgruppen verteilt. Es erfolgte ebenso eine 100%-Biofütterung mit einem Energiegehalt von 10 MJ ME pro kg Futtermischung. Die Legeleistung der Gruppe A war mit 92,4 % signifikant niedriger als bei den anderen drei Gruppen. Diese lagen bei 95,4 % (B), 95,2 % (C) und 94,9 % (D). Bei den durchschnittlichen Eigewichten unterschieden sich die Gruppe A (64,2 g) und Gruppe D (64,3 g) signifikant von den Gruppen B (64,7 g) und C (64,8 g). Zwischen den Fütterungsgruppen zeigten sich keine Unterschiede in der Gewichtsentwicklung der Legehennen. Auch im Fettsäurenmuster des Volleis waren zwischen den Fütterungsgruppen keine gesicherten Unterschiede feststellbar.

Zusätzlich wurde ein Ferkelversuch mit 96 abgesetzten Ferkeln in 48 Buchten (jeweils 2 Tiere/Bucht) durchgeführt. Es wurde ebenfalls die 100%-Biofütterung erfüllt. Ergänzend zu den vier Fütterungsvarianten (A, B, C, D) erfolgte ein Dosis-Response-Versuch mit Sojakuchenanteilen von 15 %, 20 % und 25 % in den Gruppen A und D. Im betrachteten Gewichtsbereich von 13,7 kg bis 30,1 kg LM nahmen die Ferkel im Durchschnitt 1029 g Futter pro Tag auf und erreichten Tageszunahmen von 507 g. Zwischen den unterschiedlich behandelten Sojakuchen konnten keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden. Die Varianten mit einem Mischungsanteil von 25 % Sojakuchen wiesen schlechtere Mastleistungsergebnisse als die Vergleichsgruppen auf.

7 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen

Mit diesem Projekt sollten folgende Ziele erreicht werden:

1. Prüfung praxisrelevanter Behandlungsverfahren (thermische, hydrothermische, druckthermische) für Sojabohnen und Sojakuchen aus ökologischer Herkunft zur Beseitigung antinutritiver Inhaltsstoffe und ggf. Steigerung des Futterwertes;
2. Ableitung von Einsatzempfehlungen von unterschiedlich behandelten Sojakuchen für die praktische Fütterung von Masthähnchen, Legehennen und Aufzuchtferkeln unter ökologischen Bedingungen.

Zu 1:

Mit diesem Vorhaben konnte der derzeitige Kenntnisstand über die sachgerechte Erhitzung und Verfütterung von Sojakuchen im ökologischem Landbau erweitert werden. Die erfassten Daten über Sojakuchen belegen, dass ein Restfettgehalt von kleiner 10 % möglich ist. Dieser sollte erreicht werden, damit negative Auswirkungen auf die Produktqualität vermieden werden können. Die vier verschiedenen Varianten der Hitzebehandlung zeigten unterschiedliche Ergebnisse. So deuten die Analyseergebnisse für Partie A (trockene Hitze) und Partie D (hydrothermisch und zugleich Expanderbehandlung) auf den Grenzbereich zwischen optimaler Behandlung und einer Überhitzung hin. Für Partie C (hydrothermische Behandlung) zeigte sich eine ausreichende Hitzebehandlung. Eine unzureichende Hitzebehandlung zeigte sich jedoch bei Partie B (hydrothermische Behandlung).

Zu 2:

Durch den Einsatz von Sojakuchen ist es bei Masthähnchen, Legehennen und Ferkeln möglich, die 100%-Biofütterung ohne große Leistungseinbußen durchzuführen. Da die erzeugten Sojakuchen an verschiedene Tierarten verfüttert wurden, konnte ein direkter Vergleich angestellt werden. So können Masthähnchen mit Sojakuchen, der an der Grenze zur Überhitzung liegt, ohne Leistungseinbußen gefüttert werden. Hingegen sollten Legehennen mit solchen Sojakuchen nicht mehr gefüttert werden. Legehennen zeigen bei unzureichend (lt. Literatur) wärmebehandelten Sojakuchen keine Leistungseinbußen. Bei der Ferkelfütterung zeigte sich zwischen den Behandlungsvarianten kein Unterschied. Jedoch sollte der maximale Anteil an Sojakuchen in Futtermischungen auf 20 % begrenzt werden.

8 Literatur

AHMED, N.O. (2001): Untersuchungen zur ernährungsphysiologischen Bewertung unterschiedlich behandelter Sojabohnen in der Broilerernährung. Dissertation Georg-August-Universität zu Göttingen. Göttingen.

ANDERSSON, R. (2004): Einsatz von 100% Öko-Komponenten im Vergleich zu einer D/L-Methionin ergänzten Ration und einer Standardration in der Legehennenfütterung. In: LWK Hannover (Hrsg.) (2004): Untersuchungsvorhaben in der ökologischen Schweine- und Geflügelhaltung in Niedersachsen. Hannover, S. 89 – 111

ANDERSON, R. (2006): Legehennenversuche zur 100 %-Biofütterung. unveröffentlichte Versuchsergebnisse.

BELLOF, G. (2002): Aufzucht von Bioputen - Welche Eiweißträger sind geeignet? Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion, 54, 34 - 38.

BELLOF, G. (2006): Toasten von Sojabohnen und Sojakuchen aus ökologischer Herkunft. unveröffentlichte Untersuchungsergebnisse.

BELLOF, G. und SCHMIDT, E. (2005): Eine ökologische Hühnermast mit „100%-Bio-Futter“ ist möglich. 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel

BELLOF, G., SCHMIDT, E. und M. RISTIC (2005): Einfluss abgestufter Aminosäuren-Energie-Verhältnisse im Futter auf die Mastleistung und den Schlachtkörperwert einer langsam wachsenden Herkunft in der ökologischen Broilermast. Archiv für Geflügelkunde, 69, 252 - 260.

BOLLMANN, A. und R. BASSLER (1959): Qualitätsprüfung von getoastetem Sojashrot. Krafffutter, 104 - 105.

GfE (Hrsg.) (2006): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

GfE (Hrsg.) (1999): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner (Broiler), DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

GRASHORN, M. A., CLOSTERMANN, G., (2002): Mast- und Schlachtleistung von Broilerherkünften für die Extensivmast. Archiv für Geflügelkunde, 66, 173-181

HEIDENREICH, E. (1996): Problemlösung für die Erfüllung hygienischer Forderungen. Krafftutter 80, 506-510.

JOHNSTON, S.L., TRAYLOR, S. L., HINES, R.H.; HANCOCK, J.D., BEHNKE, K.C., SORELL, S.P. and G.A. KENNEDY (1997): Conditioning (conventional, long-term and expander) effects on pellet quality and growth performance in finishing pigs. J. Anim. Sci. 75 (Suppl. 1), 65.

LINDERMAYER, H., PROBSTMEIER, G. (2005): Ferkelfütterung mit 100% Biofutter. www.lfl.bayern.de

MENKE, K.-H. und W. HUSS (1987): Tierernährung und Futtermittelkunde. 3. Auflage, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.

NAUMANN, C. und R. BASSLER (1988): Die chemische Untersuchung von Futtermitteln mit 1. und 2. Ergänzungslieferung. Methodenbuch Bd. III; VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

PARSONS, C. (2000): Assessment of Nutritional Quality of Soy Products for Animals. Soy in Animal Nutrition, 90-105

PEISKER, M. (1990): Hydrothermische Behandlung und Futterwert. Die Mühle + Mischfüttertechnik. 127, 400-405.

QIN, G. X., TER ELST, E. R., BOSCH, M. W. and A. F. B. VAN DER POEL (1996): Thermal processing of whole soya beans: Studies on the inactivation of antinutritional factors and effects on ileal digestibility in piglets. Anim. Feed. Sci. Technol. 57, 313-324.

SCHMIDT, E., BELLOF, G. und G. HAHN (2007): Einfluss unterschiedlicher Energiegehalte in Alleinfuttermischungen auf die Mastleistung und den Schlachtkörperwert von langsam oder schnell wachsenden Genotypen in der ökologischen Putenmast. Archiv für Geflügelkunde, 71, 207 - 218.

SCHMIDT, E. und BELLOF, G. (2008): Rationsgestaltung und Eignung unterschiedlicher Herkünfte für die ökologische Hähnchenmast, Internet:
<http://orgprints.org/15871/>

TRAYLOR, S. L., JOHNSTON, S.L., BEHNKE, K. C., HANCOCK, J. R., FROETSCHNER, J. R.; SORELL, P., FAIRCHILD, F. J. and R. H. HINES (1997): Conditions during expander processing affect nutrient digestibility in finishing pigs fed soya bean meal and raw soyabeans. J. Anim. Sci., 75 (Suppl. 1), 65.

WISEMAN, J. (1984): Developments in non ruminant nutrition. Feed Int., 14-19.
zitiert nach: KLING, M. und W. WÖHLBIER (1983): Handelsfuttermittel. Band 2, Teil B, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.

ZELTER, S.-Z. und J. DELORT-LAVAL (1971): Traitement thermique et qualite des proteines du soja. II. Preparation des tourteaux en atelier experiment et estimation de leur degre de cuisson au moyen de tests biochimiques des uréases non détruites par le traitement. Ann. Zootechn., 20, 17 - 29.

9 Übersicht zu allen bisher realisierten Veröffentlichungen zum Projekt

BELLOF, G. und STEINER, T. (2008): Qualitätssicherung für Eiweißfuttermittel in der Ökologischen Geflügelfütterung: Hähnchen- und Legehennenversuch.
SÖL-Berater-Tagung Ökologische Geflügelhaltung, 19.06.08, Fulda.

BELLOF, G. (2008): Zeitgemäße Öko-Schweinefütterung – tiergerechte und kostengünstige Lösungen - Einsatz von unterschiedlich wärmebehandelten Sojakuchen in der ökologischen Ferkelfütterung.

Vortrag anlässlich der EuroTier, Forum Schwein, 12.11.08, Hannover.

BELLOF, G., STEINER, T. und ANDERSSON, R. (2009): Wärmebehandlung von Sojakuchen und Einsatz in der Fütterung von Masthähnchen und Legehennen.
13. Internationale Geflügeltagung, 3.-5.2.2009, Fulda.

STEINER, T. und BELLOF, G. (2008): Qualitätssicherung für Eiweißfuttermittel in der Ökologischen Geflügelfütterung: Verarbeitung von Sojabohnen.
SÖL-Berater-Tagung Ökologische Geflügelhaltung, 19.06.08, Fulda.

STEINER, T. und BELLOF, G. (2009): Einsatz von unterschiedlich wärmebehandelten Sojakuchen in der ökologischen Hähnchenmast.
10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 11.-13.2.2009, ETH Zürich.

STEINER, T., BELLOF, G. und ANDERSSON, R. (2009): Sojakuchen – ein geeignetes Eiweißfuttermittel in der ökologischen Schweine- und Geflügelfütterung.
Öko-Landbau-Tag 2009, 28.04.2009, Weihenstephan.

Anhang S – Bearbeitung der Sojaprodukte

Tabelle S 1: Untersuchungsergebnisse für getoastete Sojabohnen und Sojakuchen aus ökologischer Herkunft

Merkmal		Sojabohnen (n=10)			Sojakuchen (n=10)			
		Mittelwert	Stand.-abw.	Min. Max.	- Mittelwert	Stand.-abw.	Min. Max.	-
Trockenmasse	%	90,9	2,3	88,3 94,7	- 92,4	2,4	88,6 95,1	-
Rohprotein	%	34,9	2,8	27,0 39,6	- 41,8	2,5	36,1 45,0	-
Rohfett	%	21,0	1,8	19,0 25,9	- 9,4	3,1	5,4 15,1	-
Ureaseaktivität	mg N/g/min	0,05	0,04	0,00 0,11	- 0,20	0,19	0,00 0,49	-
Eiweißlöslichkeit	%	18,4	9,7	9,5 - 43,3	18,8	10,2	6,3 42,9	-

(BELLOF 2006)

Tabelle S 2: Inhaltsstoffe der eingesetzten Sojabohnen

Merkmal		Sojabohne (PR91M10)	Vergleichswerte (Tabelle S1)
Trockenmasse	%	91,0	90,9
Rohprotein	%	38,6	34,9
Rohfett	%	18,8	21,0

Tabelle S 3: Inhaltsstoffe und Kennwerte für Sojakuchen mit unterschiedlicher Wärmebehandlung

		A	B	C	D
Behandlung		thermisch	hydrothermisch	hydrothermisch	hydrothermisch + Expander
TM	g / kg FM	926	940	871	874
Rohasche	g / kg FM	58	61	56	57
Rohfett	g / kg FM	104	69	73	74
Rohprotein	g / kg FM	437	462	428	429
Lysin : RP	g / 100 g RP	6,1	6,1	6,3	6,2
Methionin : RP	g / 100 g RP	1,4	1,3	1,4	1,3
Eiweißlöslichkeit	%	11,6	31,5	30,8	11,9
Ureaseaktivität	mgN/g/min	0,016	0,894	0,408	0,006
Rohfett	g / kg TM	112	73	84	85
Rohprotein	g / kg TM	472	491	491	491
Energiegehalt	MJ ME _G / kg FM	12,42	11,92	11,27	11,32

anzustrebende Bereiche: Eiweißlöslichkeit: 10 - 35 %; Ureaseaktivität: < 0,4 mg N/g/min

Tabelle S 4: Ureaseaktivitäten und Kresolrotgehalte der Sojaprodukte

Produkt	Behandlung	Urease ¹⁾	Urease ²⁾	Kresolrot ^{2) 3)}
		<i>mg N g⁻¹ min⁻¹</i>	<i>mg N g⁻¹ min⁻¹</i>	<i>mg/g</i>
Sojabohne	unbehandelt		5,28	2,36
	A	0,02	0,06	6,62
	B	0,04	0,10	6,35
	C		0,74	5,01
	D		0,05	6,82
Sojakuchen	A	0,02	0,01	7,04
	B	0,89	0,97	5,58
	C	0,41	0,58	6,07
	D	0,01	0,01	6,58

1) Untersuchungen wurden im Anschluss an die Behandlungen (Jan/Feb 2008) im ZIEL Weihenstephan durchgeführt

2) Untersuchungen wurden am 5.11.2008 durchgeführt (LUFA Speyer). Die Proben waren bis dahin tiefgefroren

3) Optimalbereich Kresolrot für Sojaprodukte: 5 - 6 mg Kresolrot/g (VDLUFA, NAUMANN und BASSLER 1988)

Tabelle S 5: Kosten für die Wärmebehandlung und den Ölentzug von Sojabohnen

Behandlungsschritt		A	B	C	D
Wärmebehandlung	€ / dt	3,50	4,00	4,50	4,50
Ölentzug	€ / dt	6,00	6,00	6,00	6,00
Transportkosten	€ / dt	2,50	4,00	1,00	1,00
Gesamtkosten	€ / dt	12,00	14,00	11,50	11,50

Anhang H – Masthähnchen

Tabelle H 1: Inhaltsstoffausstattung der Futtermischungen für die Hähnchenmast (Aufzucht und Mast, kalkuliert)

Inhaltsstoff		Aufzucht	Mast
ME-Geflügel	MJ	11,0	11,2
Rohprotein	%	20,0	18,0
Rohfaser	%	8,5	7,5
Rohfett	%	6,5	5,5
Lysin	%	0,96	0,81
Methionin	%	0,33	0,30
Tryptophan	%	0,24	0,13
Threonin	%	0,73	0,62
Calcium	%	0,95	0,66
Phosphor	%	0,75	0,53

Tabelle H 2: Zusammensetzung der Futtermischungen (Aufzucht)

Rohstoff		A	B	C	D
Sojakuchen (A,B,C o. D)	%	20	20	20	20
Sonnenblumenkuchen	%	10	10	10	10
Leinkuchen	%	12	10	12	12
Weizen	%	10	10	10	10
Gerste	%	12	12	12	12
Mais	%	22	25	24	24
Apfeltrester	%	10,5	9,5	8,5	8,5
Min. Anfangsmast	%	3,5	3,5	3,5	3,5

Tabelle H 3: Zusammensetzung der Futtermischungen (Mast)

Rohstoff		A	B	C	D
Sojakuchen (A,B,C o. D)	%	15	15	15	15
Sonnenblumen- kuchen	%	10	9,8	11,5	11,5
Leinkuchen	%	9	9	9	9
Weizen	%	15	15	15	15
Gerste	%	18	18	18	18
Mais	%	21	23	23	23
Apfeltrester	%	7,3	6,5	4,8	4,8
Min. Endmast	%	3,7	3,7	3,7	3,7

Tabelle H 4: ME-Gehalte und Inhaltsstoffe für die Aufzuchtmischungen (analysiert)

Inhaltsstoff		Gruppe			
		A	B	C	D
ME	MJ/kg	11,02	11,42	11,43	11,43
Rohfaser	%	8,9	8,8	7,9	8,3
Rohfett	%	7,5	6,9	7,3	7,1
Rohasche	%	6,5	5,5	5,4	5,3
Rohprotein	%	19,3	19,4	20,5	20,2
Lysin	%	0,96	0,99	1,10	1,04
Methionin	%	0,30	0,31	0,34	0,32
Meth.+Cystin	%	0,63	0,66	0,70	0,67
Tryptophan	%	0,22	0,22	0,24	0,22
Threonin	%	0,72	0,75	0,80	0,78
Stärke	%	29,7	32,1	31,0	31,7
Zucker	%	5,5	5,5	5,4	5,5
Calcium	%	1,25	0,93	0,88	0,84
Phosphor	%	0,85	0,75	0,74	0,76
Natrium	%	0,15	0,11	0,10	0,09
g Lysin / 10 MJ ME		0,87	0,87	0,96	0,91
g Methionin / 10 MJ ME		0,27	0,27	0,29	0,28

Tabelle H 5: ME-Gehalte und Inhaltsstoffe für die Mastmischungen (analysiert)

Inhaltsstoff		Gruppe			
		A	B	C	D
ME	MJ/kg	11,42	11,19	11,12	11,06
Rohfaser	%	8,1	7,2	7,7	7,8
Rohfett	%	6,3	5,7	5,6	5,8
Rohasche	%	4,8	4,7	4,7	4,6
Rohprotein	%	18,4	17,9	18,1	17,8
Lysin	%	0,86	0,82	0,84	0,82
Methionin	%	0,29	0,28	0,29	0,29
Meth.+Cystin	%	0,59	0,58	0,59	0,57
Tryptophan	%	0,22	0,20	0,20	0,21
Threonin	%	0,66	0,62	0,63	0,63
Stärke	%	34,7	35,2	34,6	34,8
Zucker	%	4,7	4,5	4,3	4,0
Calcium	%	0,75	0,70	0,69	0,70
Phosphor	%	0,65	0,62	0,62	0,62
Natrium	%	0,08	0,07	0,08	0,07
g Lysin / 10 MJ ME		0,75	0,73	0,76	0,74
g Methionin / 10 MJ ME		0,25	0,25	0,26	0,26

Tabelle H 6: Futteraufnahme und Ergebnisse der Mastleistungen in der Aufzuchtphase (LS-Mittelwerte und Standardfehler)

Merkmal		Gruppe				p ¹⁾
		A	B	C	D	
Einstallgewicht	g	34,7 ± 0,76	34,7 ± 0,76	34,7 ± 0,76	34,7 ± 0,76	0,9436
Futteraufnahme	g/d	47,9 ^{a2)} ± 0,76	43,6 ^{bc} ± 0,76	41,6 ^c ± 0,76	44,6 ^b ± 0,76	< 0,0001
Zwischengewicht	g	787 ^a ± 15,2	711 ^b ± 15,2	664 ^c ± 15,2	743 ^{ab} ± 15,2	< 0,0001
Tageszunahmen	g/d	26,8 ^a ± 0,54	24,0 ^b ± 0,54	22,4 ^c ± 0,54	25,2 ^{ab} ± 0,54	< 0,0001
Futteraufwand pro Zuwachs	kg/kg	1,79 ± 0,02	1,81 ± 0,02	1,85 ± 0,02	1,77 ± 0,02	0,1209

1) Irrtumswahrscheinlichkeit

2) unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Unterklassen (p≤0,05)

Tabelle H 7: Futteraufnahme und Ergebnisse der Mastleistungen in der Mastphase (LS-Mittelwerte und Standardfehler)

Merkmal		Gruppe				p ¹⁾
		A	B	C	D	
Futteraufnahme	g/d	156,8 ^{a2)} ±2,29	144,6 ^b ±2,29	150,2 ^b ±2,29	159,6 ^a ±2,29	0,0006
Tageszunahmen	g/d	58,8 ^a ± 0,56	50,4 ^c ± 0,56	56,8 ^b ± 0,56	57,3 ^{ab} ± 0,56	< 0,0001
Futteraufwand pro Zuwachs	kg/kg	2,67 ^a ± 0,04	2,86 ^b ± 0,04	2,65 ^a ± 0,04	2,79 ^a ± 0,04	0,0072

1) Irrtumswahrscheinlichkeit

2) unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Unterklassen (p≤0,05)

Tabelle H 8: Futteraufnahme und Ergebnisse der Mastleistungen während der gesamten Versuchsdauer (LS-Mittelwerte und Standardfehler)

Merkmal		Gruppe				p ¹⁾
		A	B	C	D	
Futteraufnahme	g/d	102,3 ^a ±1,38	93,9 ^{b2)} ±1,38	95,9 ^b ±1,38	102,1 ^a ±1,38	< 0,0001
Endgewicht	g	2435 ^a ± 20,6	2124 ^d ± 20,6	2253 ^c ± 20,6	2347 ^b ± 20,6	< 0,0001
Futteraufwand pro Zuwachs	kg/kg	2,39 ^a ± 0,03	2,53 ^c ± 0,03	2,42 ^{ab} ± 0,03	2,48 ^{bc} ± 0,03	< 0,0001

1) Irrtumswahrscheinlichkeit

2) unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Unterklassen (p≤0,05)

Tabelle H 9: ME-Aufnahme und –Verwertung (bezogen auf den Zuwachs der metabolischen Lebendmasse)

Merkmal	A	B	C	D
Aufzuchtphase				
ME-Gehalt (MJ/kg)	11,02	11,42	11,43	11,43
Futteraufnahme (g/Tier u. Tag)	47,9	43,6	41,6	44,6
Futteraufnahme (g/Tier)	1341,2	1220,8	1164,8	1248,8
ME-Aufnahme (MJ)	14,8	13,9	13,3	14,3
Zuwachs Aufzucht (g/Tier)	752,0	676,0	629,0	708,0
met.LM ¹⁾ -Zuwachs (g/Tier)	143,6	132,6	125,6	137,3
ME-Aufnahme (MJ)/ kg met.LM-Zuw.	102,9	105,2	106,0	104,0
Mastphase				
ME-Gehalt (MJ/kg)	11,42	11,19	11,12	11,06
Futteraufnahme (g/Tier u. Tag)	156,8	144,6	150,2	159,6
Futteraufnahme (g/Tier)	4390	4049	4206	4469
ME-Aufnahme (MJ)	50,1	45,3	46,8	49,4
Zuwachs Mast (g/Tier)	1718,0	1483,0	1659,0	1674,0
met.LM-Mast (g/Tier)	266,9	239,0	259,9	261,7
ME-Aufnahme (MJ)/ kg met.LM-Zuw.	187,9	189,6	179,9	188,9
Gesamt (56Tage)				
ME-Aufnahme (MJ)	64,9	59,2	60,1	63,7
Zuwachs (g/Tier)	2400,0	2089,0	2218,0	2312,0
metLM-Zuwachs (g/Tier)	342,9	309,0	323,2	333,4
ME-Aufnahme (MJ)/ kg met.LM-Zuw.	189,3	191,7	185,9	191,0

¹⁾ met. LM = metabolische Lebendmasse

Tabelle H 10: Methionin-Aufnahme und –Verwertung (bezogen auf den Zuwachs der metabolischen Lebendmasse)

Merkmal	A	B	C	D
Aufzuchtphase				
Met-Gehalt (g/kg)	3,0	3,1	3,4	3,2
Futteraufnahme (g/Tier u. Tag)	47,9	43,6	41,6	45
Futteraufnahme (g/Tier)	1341,2	1220,8	1164,8	1248,8
Met-Aufnahme (g)	4,0	3,8	4,0	4,0
Zuwachs Aufzucht (g/Tier)	752,0	676,0	629,0	708,0
metLM-Zuwachs (g/Tier)	143,6	132,6	125,6	137,3
Met-Aufnahme (g)/ kg metLM-Zuw.	28,0	28,5	31,5	29,1
Mastphase				
Met-Gehalt (g/kg)	2,9	2,8	2,9	2,9
Futteraufnahme (g/Tier u. Tag)	156,8	144,6	150,2	159,6
Futteraufnahme (g/Tier)	4390	4049	4206	4469
Met-Aufnahme (g)	12,7	11,3	12,2	13,0
Zuwachs Mast (g/Tier)	1718,0	1483,0	1659,0	1674,0
metLM-Mast (g/Tier)	266,9	239,0	259,9	261,7
Met-Aufnahme (g)/ kg metLM-Zuw.	47,7	47,4	46,9	49,5
Gesamt (56Tage)				
Met-Aufnahme (g)	16,8	15,1	16,2	17,0
Zuwachs (g/Tier)	2400,0	2089,0	2218,0	2312,0
metLM-Zuwachs (g/Tier)	342,9	309,0	323,2	333,4
Met-Aufnahme (g/ kg metLM-Zuw.)	7,0	7,2	7,3	7,3

Tabelle H 11: Lysin-Aufnahme und –Verwertung (bezogen auf den Zuwachs der metabolischen Lebendmasse)

Merkmal	A	B	C	D
Aufzuchtphase				
Lys-Gehalt (g/kg)	9,6	9,9	11,0	10,4
Futteraufnahme (g/Tier u. Tag)	47,9	43,6	43,6	43,6
Futteraufnahme (g/Tier)	1341,2	1220,8	1164,8	1248,8
Lys-Aufnahme (g)	12,9	12,1	12,8	13,0
Zuwachs Aufzucht (g/Tier)	752,0	676,0	629,0	708,0
metLM-Zuwachs (g/Tier)	143,6	132,6	125,6	137,3
Lys-Aufnahme (g)/ kg metLM-Zuw.	89,7	91,2	102,0	94,6
Mastphase				
Lys-Gehalt (g/kg)	8,6	8,2	8,4	8,2
Futteraufnahme (g/Tier u. Tag)	157	145	145	145
Futteraufnahme (g/Tier)	4390	4049	4049	4049
Lys-Aufnahme (g)	37,8	33,2	34,0	33,2
Zuwachs Mast (g/Tier)	1718,0	1483,0	1659,0	1674,0
metLM-Mast (g/Tier)	266,9	239,0	259,9	261,7
Lys-Aufnahme (g)/ kg metLM-Zuw.	141,5	138,9	130,8	126,9
Gesamt (56Tage)				
Lys-Aufnahme (g)	50,6	45,3	46,8	46,2
Zuwachs (g/Tier)	2400,0	2089,0	2218,0	2312,0
metLM-Zuwachs (g/Tier)	342,9	309,0	323,2	333,4
Lys-Aufnahme (g)/ kg metLM-Zuw.	21,1	21,7	21,1	20,0

Tabelle H 12: Ergebnisse der Schlachtleistung (n = 48; LS-Mittelwerte und Standardfehler)

Merkmal		Gruppe				p ¹⁾
		A	B	C	D	
Schlachtkörper.-gewicht (kalt)	g	1635 ^{a2)} ± 14	1444 ^c ± 14	1550 ^b ± 14	1607 ^a ± 14	< 0,0001
Schlachtausbeute	%	72,0 ^{a2)} ± 0,27	71,2 ^b ± 0,27	72,3 ^a ± 0,27	72,4 ^a ± 0,27	0,0164
Brust-Anteil	%	29,9 ± 0,38	29,0 ± 0,38	29,9 ± 0,38	29,6 ± 0,38	0,2652
Hals-Anteil	%	4,3 ± 0,12	4,3 ± 0,12	4,1 ± 0,12	4,2 ± 0,12	0,6892
Flügel-Anteil	%	10,9 ± 0,16	11,1 ± 0,16	11,4 ± 0,16	11,0 ± 0,16	0,0905
Keulen-Anteil	%	32,9 ± 0,28	33,6 ± 0,28	33,6 ± 0,28	32,8 ± 0,28	0,0794
Rücken-Anteil	%	20,6 ± 0,26	20,3 ± 0,26	20,7 ± 0,26	20,7 ± 0,26	0,6767
Abdominalfett-Anteil	%	1,3 ^a ± 0,10	0,9 ^b ± 0,10	0,8 ^b ± 0,10	0,9 ^b ± 0,10	0,0308
Brustfleisch Anteil am Brustgewicht	%	22,7 ± 0,36	22,4 ± 0,36	21,9 ± 0,36	22,4 ± 0,36	0,5037

1) Irrtumswahrscheinlichkeit

2) unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Unterklassen (p≤0,05)

**Tabelle H 13: Ausgewählte Fettsäuren im Brustfleisch
(n = 24; LS-Mittelwerte und Standardfehler)**

Merkmal		Gruppe				p ¹⁾
		A	B	C	D	
Palmitinsäure (16:0)	Gew- %	22,88 ± 0,60	21,55 ± 0,60	22,43 ± 0,60	21,03 ± 0,60	0,1640
Palmitoleinsäure (16:1 9c)	Gew- %	0,70 ± 0,12	0,86 ± 0,12	0,86 ± 0,12	0,87 ± 0,12	0,7184
Stearinsäure (18:0)	Gew- %	13,06 ± 0,68	11,86 ± 0,68	12,51 ± 0,68	11,55 ± 0,68	0,4265
Ölsäure (18:1)	Gew- %	24,97 ± 1,15	27,12 ± 1,15	26,94 ± 1,15	27,77 ± 1,15	0,3771
Linolsäure (18:2)	Gew- %	19,57 ± 0,70	19,84 ± 0,70	19,00 ± 0,70	20,25 ± 0,70	0,6832
Linolensäure (18:3)	Gew- %	1,42 ± 0,20	1,93 ± 0,20	1,67 ± 0,20	2,09 ± 0,20	0,1324
Arachidonsäure (20:4)	Gew- %	5,30 ± 0,52	5,10 ± 0,52	4,80 ± 0,52	4,72 ± 0,52	0,8544
SFA	Gew- %	37,29 ± 1,23	34,65 ± 1,23	36,31 ± 1,23	33,84 ± 1,23	0,2260
MUFA	Gew- %	28,58 ± 1,23	30,83 ± 1,23	30,53 ± 1,23	31,47 ± 1,23	0,4039
PUFA	Gew- %	31,64 ± 1,06	32,43 ± 1,06	30,68 ± 1,06	32,25 ± 1,06	0,6878
MUFA:PUFA		0,90 ± 0,06	0,95 ± 0,06	1,01 ± 0,06	0,99 ± 0,06	0,6626
Summe n3	Gew- %	4,06 ± 0,32	4,89 ± 0,32	4,35 ± 0,32	4,86 ± 0,32	0,2243
Summe n6	Gew- %	27,58 ± 0,76	27,54 ± 0,76	26,33 ± 0,76	27,39 ± 0,76	0,6650
n3 : n6		0,15 ^a ± 0,01	0,18 ^b ± 0,01	0,16 ^{ab} ± 0,01	0,18 ^b ± 0,01	0,0494

1) Irrtumswahrscheinlichkeit

2) unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Unterklassen (p≤0,05)

Anhang L – Legehennen

Tabelle L 1: ME- und Inhaltsstoffausstattung für die Futtermischungen im Legehennenversuch (kalkuliert)

Inhaltsstoff		
ME-G	MJ	10,0
Rohprotein	%	17,0
Lysin	%	0.55
Methionin	%	0.27
Tryptophan	%	0.13
Threonin	%	0.39
Rohfaser	%	(7,5)
Rohfett	%	(4,0)
Calcium	%	3.4
Phosphor	%	0.25
Natrium	%	0.17

Tabelle L 2: Zusammensetzung der Futtermischungen für die Legehennen

Rohstoff		A	B	C	D
Sojakuchen	%	15,0	15,0	15,0	15,0
Sonnenblumenkuchen	%	14,5	14,5	15,0	15,0
Weizen	%	52,0	53,5	53,5	53,5
Grünmehl	%	6,0	5,0	4,0	4,0
Bierhefe, getrocknet	%	3,0	2,5	3,0	3,0
Min. Legehennen	%	2,0	2,0	2,0	2,0
Kohlens. Futterkalk	%	7,5	7,5	7,5	7,5

Tabelle L 3: ME-Gehalte und Inhaltsstoffe für die Legehennenmischungen (analysiert)

Inhaltsstoff		A	B	C	D
ME	MJ / kg FM	10,20	10,27	10,09	10,30
Rohfaser	%	8,0	8,0	7,6	7,4
Rohfett	%	4,8	4,6	4,4	4,6
Rohasche	%	12,3	11,5	12,9	12,1
Rohprotein	%	17,3	18,5	18,1	18,0
Lysin	%	0,88	0,88	0,85	0,84
Methionin	%	0,26	0,27	0,27	0,26
Stärke	%	32,5	32,1	31,8	32,8
Zucker	%	3,4	3,6	3,6	3,5

Tabelle L 4: Futteraufnahme, Legeleistung und Gewichte der Legehennen im Versuchszeitraum (22 Wochen; LS-Mittelwerte und Standardfehler)

Merkmal		Gruppe				p ¹⁾
		A	B	C	D	
Futteraufnahme	g / d	129,0 ± 1,44	130,5 ± 1,44	132,5 ± 1,44	130,4 ± 1,44	0,4813
Legeleistung	%	92,4 ^{b2)} ± 0,23	95,4 ^a ± 0,23	95,2 ^a ± 0,23	94,9 ^a ± 0,23	< ,0001
Eigewicht	g	64,2 ^b ± 0,05	64,7 ^a ± 0,05	64,8 ^a ± 0,05	64,3 ^b ± 0,05	< ,0001
Legehennen-Gewicht Versuchsbeginn	g	1914	1926	1923	1921	0,8284
Legehennen-Gewicht Versuchsende	g	2025	2057	2057	2055	0,3290

1) Irrtumswahrscheinlichkeit

2) unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Unterklassen (p<0,05)

Tabelle L 5: Verteilung der Eier auf die Gewichtsklassen (LS-Mittelwerte und Standardfehler)

Merkmal		Gruppe				p ¹⁾
		A	B	C	D	
S-Eier < 53 g	%	0,90 ^b ± 0,08	1,21 ^c ± 0,08	0,60 ^a ± 0,08	0,85 ^b ± 0,08	<0,0001
M-Eier 53 g - 62,9 g	%	39,6 ^c ± 0,43	36,73 ^a ± 0,43	36,20 ^a ± 0,43	38,24 ^b ± 0,43	<0,0001
L-Eier 63 g - 72,9 g	%	55,29 ^a ± 0,45	55,59 ^a ± 0,45	57,67 ^b ± 0,45	56,6 ^b ± 0,45	<0,0001
XL-Eier > 73 g	%	4,23 ^a ± 0,19	6,47 ^c ± 0,19	5,67 ^b ± 0,19	4,30 ^a ± 0,19	<0,0001

**Tabelle L 6: Ausgewählte Fettsäuren im Vollei
(n = 40; LS-Mittelwerte und Standardfehler)**

Merkmal		Gruppe				p ¹⁾
		A	B	C	D	
Palmitinsäure (16:0)	Gew-%	24,34 ± 0,26	24,24 ± 0,26	24,32 ± 0,26	24,61 ± 0,26	0,3250
Palmitoleinsäure (16:1 9c)	Gew-%	2,71 ± 0,15	2,69 ± 0,15	2,88 ± 0,15	3,06 ± 0,15	0,3578
Stearinsäure (18:0)	Gew-%	8,05 ± 0,14	8,09 ± 0,14	7,94 ± 0,14	7,84 ± 0,14	0,7688
Ölsäure (18:1)	Gew-%	36,60 ± 0,53	36,60 ± 0,53	38,07 ± 0,53	36,97 ± 0,53	0,2636
Linolsäure (18:2)	Gew-%	19,45 ± 0,50	19,47 ± 0,50	18,09 ± 0,50	18,64 ± 0,50	0,2697
Linolensäure (18:3)	Gew-%	0,75 ^a ± 0,03	0,74 ^a ± 0,03	0,60 ^b ± 0,03	0,65 ^b ± 0,03	0,0010
Arachidonsäure (20:4)	Gew-%	1,99 ± 0,4	2,01 ± 0,4	2,00 ± 0,4	2,03 ± 0,4	0,7731
SFA	Gew-%	33,40 ± 0,19	33,40 ± 0,19	33,22 ± 0,19	33,45 ± 0,19	0,1806
MUFA	Gew-%	41,43 ± 0,56	41,43 ± 0,56	43,20 ± 0,56	42,31 ± 0,56	0,1629
PUFA	Gew-%	24,22 ± 0,55	24,21 ± 0,55	22,62 ± 0,55	23,29 ± 0,55	0,2151
MUFA:PUFA		1,72 ± 0,07	1,72 ± 0,07	1,92 ± 0,07	1,84 ± 0,07	0,2032
Summe n3	Gew-%	1,94 ^a ± 0,04	1,89 ^a ± 0,04	1,65 ^b ± 0,04	1,75 ^b ± 0,04	< ,0001
Summe n6	Gew-%	22,27 ± 0,52	22,31 ± 0,52	20,97 ± 0,52	21,54 ± 0,52	0,3455
n3 : n6		0,088 ^a ± 0,001	0,085 ^a ± 0,001	0,079 ^b ± 0,001	0,081 ^b ± 0,001	< ,0001

1) Irrtumswahrscheinlichkeit

2) unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Unterklassen (p≤0,05)

Tabelle L 7: Bonituren der Fußballen, der Verschmutzung des Gefieders und des Gefiederzustandes (LS-Mittelwerte)

Merkmal		Gruppe				p ¹⁾
		A	B	C	D	
Fußballenbonitur	Punkte ³⁾	1,33	1,19	1,42	1,29	0,3848
Verschmutzung	Punkte ⁴⁾	1,0	1,0	1,0	1,0	-
Gefieder-Kopf/Hals	Punkte ⁵⁾	1,4	1,0	1,3	1,0	0,0510
Gefieder- Rücken	Punkte ⁵⁾	1,3 ^b	1,0 ^a	1,3 ^b	1,0 ^a	0,0276
Gefieder-Flügel	Punkte ⁵⁾	1,1 ^a	1,1 ^a	1,5 ^b	1,2 ^a	0,0107
Gefieder-Schwanz	Punkte ⁵⁾	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5834
Gefieder-Kloake	Punkte ⁵⁾	1,0	1,0	1,0	1,0	-
Gefieder-Bauch/Brust	Punkte ⁵⁾	1,0 ^a	1,0 ^a	1,1 ^b	1,0 ^a	0,0258

1) Irrtumswahrscheinlichkeit

2) unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Unterklassen ($p \leq 0,05$)

3) Punkte 1 bis 4: 1 keine Veränderungen bis 4 starke Veränderungen

4) Punkte 1 bis 4: 1 wenig Schmutz bis 4 stark verschmutzt

5) Punkte 1 bis 4: 1 Gefieder intakt bis 4 schlechtes Gefieder, rote Hautstellen sichtbar

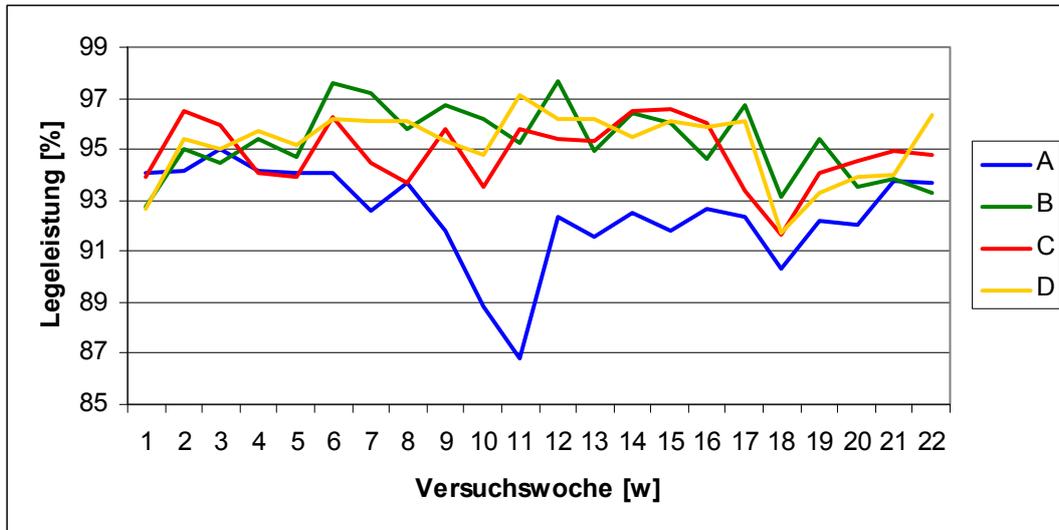


Abbildung L 1: Verlauf der wöchentlichen Legeleistung

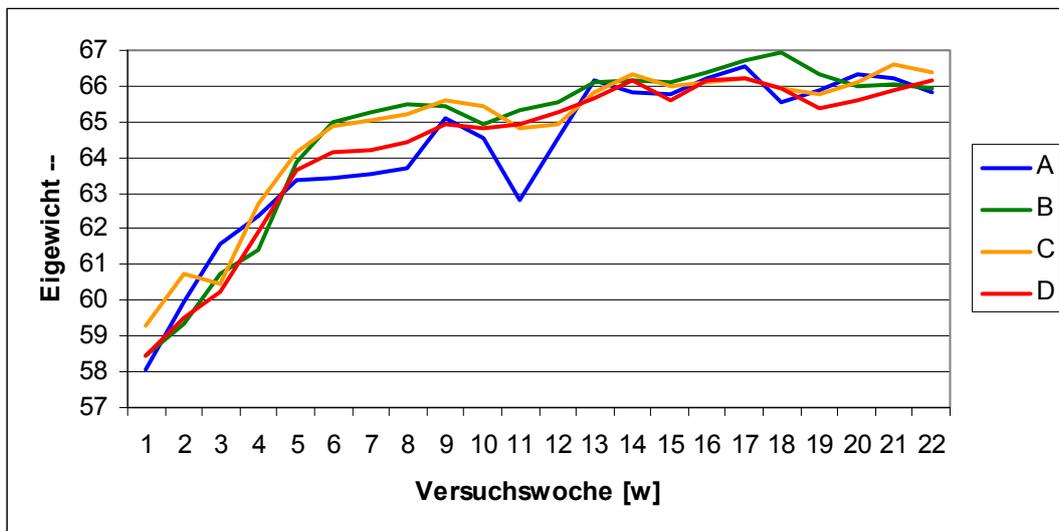


Abbildung L 2: Wöchentlicher Verlauf der Eigewichte

Anhang F- Ferkel

Tabelle F 1: Versuchsordnung im Ferkelfütterungsversuch

Misch.-anteil Sojakuchen (%)	Sojakuchen A	Sojakuchen B	Sojakuchen C	Sojakuchen D
15	6 (x 2) *	-	-	6 (x 2)
20	6 (x 2)	6 (x 2)	6 (x 2)	6 (x 2)
25	6 (x 2)	-	-	6 (x 2)

* 6 Gruppen mit jeweils 2 Tieren

Tabelle F 2: Vorgaben für die Inhaltsstoffausstattung der Futtermischungen im Ferkelfütterungsversuch

Inhaltsstoff	Wert	
ME-Schwein	MJ	12,5
Rohprotein	%	20,0
Rohfaser	%	7,0
Rohfett	%	4,0
Lysin	%	1,12
Methionin	%	0,31
Tryptophan	%	0,26
Threonin	%	0,79
Calcium	%	0,70
Phosphor	%	0,57

Tabelle F 3: Zusammensetzung der Futtermischungen für die Ferkelfütterung

Rohstoff	15 % M.-Anteil		20 % Mischungs-Anteil				25 % M.-Anteil		
	A	D	A	B	C	D	A	D	
Erbsen	%	22,0	22,0	15,0	13,0	13,0	13,0	7,0	10,0
Sojakuchen	%	15,0	15,0	20,0	20,0	20,0	20,0	25,0	25,0
Leinkuchen	%	16,0	16,0	13,0	13,0	13,0	13,0	10,5	10,5
Weizen	%	10,6	17,6	3,0	6,5	10,2	10,2	2,5	9,2
Gerste	%	22,0	22,0	33,0	33,0	33,0	33,0	30,0	33,0
Hafer	%	6,0	2,5	6,1	6,5	2,9	2,9	10,7	5,4
Apfeltrester	%	6,0	2,5	7,5	5,6	3,0	3,0	11,9	4,5
Ferkelmineral	%	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4

Tabelle F 4: ME-Gehalte und Inhaltsstoffe für die Futtermischungen im Ferkelfütterungsversuch (analysiert)

Nährstoff	Einheit	A15	A20	A25	B	C	D15	D20	D25
Trockensubstanz	%	88,4	88,4	88,8	88,3	88,3	88,0	88,5	87,9
ME-Schwein	MJ	12,46	12,53	12,52	12,5	12,49	12,48	12,49	12,53
Rohprotein	%	20,2	21,1	19,8	22,0	22,9	19,8	21,7	21,9
Rohfaser	%	7,4	7,2	7,7	7,1	6,7	6,3	6,4	6,3
Rohfett	%	4,1	4,5	4,9	4,0	4,0	4,4	3,8	4,0
Rohasche	%	4,7	5,3	5,1	5,3	5,3	4,8	5,3	4,8
Stärke	%	32,2	30,3	29,2	29,8	30,7	32,3	31,4	30,9
Zucker	%	4,8	4,9	5,1	5,0	4,8	4,5	4,7	5,0
Calcium	%	0,62	0,75	0,72	0,73	0,68	0,63	0,72	0,62
Phosphor	%	0,61	0,62	0,60	0,65	0,64	0,60	0,66	0,60
Natrium	%	0,11	0,14	0,09	0,16	0,15	0,12	0,16	0,08
Lysin	%	1,03	1,09	1,06	1,14	1,17	1,03	1,14	1,18
Methionin	%	0,29	0,29	0,28	0,30	0,30	0,29	0,30	0,30

Tabelle F 5: Futteraufnahme, Tageszunahmen und Futteraufwand pro kg Zuwachs (13,7 kg - 30,1 kg LM; LS-Mittelwerte und Standardfehler)

Merkmal		Behandlung Sojakuchen					Mischungsanteil Sojakuchen			
		A	B	C	D	P ¹⁾	15	20	25	p ¹⁾
Futteraufnahme	g/d	1035 ±17	1042 ±33	1032 ±33	1007 ±17	0,8307	1,035 ±0,025	1,001 ±0,014	1,051 ±0,025	0,0825
Tageszunahmen	g/d	495 ± 13	508 ± 27	511 ± 27	512 ± 13	0,4253	524 ± 20	520 ± 12	476 ± 20	0,2382
Futteraufwand / kg Zuwachs	kg/kg	2,104 ±0,044	2,072 ±0,089	2,047 ±0,089	1,988 ±0,044	0,3328	1,989 ^{a2} ±0,067	1,942 ^a ±0,038	2,228 ^b ±0,067	0,0012

1) Irrtumswahrscheinlichkeit

2) unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Unterklassen (p≤0,05)

Tabelle F 6: ME-Aufnahme und -Verwertung (bezogen auf den Zuwachs der metabolischen Lebendmasse)

Merkmal	A-15	A-20	A-25	B	C	D-15	D-20	D-25
ME-Gehalt (MJ/kg)	12,46	12,53	12,52	12,5	12,49	12,48	12,49	12,53
Futteraufnahme (g/Tier)	32,21	32,95	36,9	31,15	32,78	29,99	32,78	36,61
ME-Aufnahme (MJ)	401,3	412,9	462,0	389,4	409,4	374,3	409,4	458,7
Zuwachs (kg/Tier)	15,8	16,3	16,1	16,0	16,8	15,5	17,6	17,0
met.LM-Zuwachs (kg/Tier)	7,9	8,1	8,0	8,0	8,3	7,8	8,6	8,4
ME-Aufnahme (MJ)/ kg met.LM-Zuw.	50,7	50,9	57,4	48,8	49,3	47,9	47,7	54,8

Tabelle F 7: Methionin-Aufnahme und -Verwertung (bezogen auf den Zuwachs der metabolischen Lebendmasse)

Merkmal	A-15	A-20	A-25	B	C	D-15	D-20	D-25
Met-Gehalt (g/kg)	2,9	2,9	2,8	3,0	3,0	2,9	3,0	3,0
Futteraufnahme (kg/Tier)	32,21	32,95	36,9	31,15	32,78	29,99	32,78	36,61
Met-Aufnahme (g)	93,4	95,6	103,3	93,5	98,3	87,0	98,3	109,8
Zuwachs (kg/Tier)	15,8	16,3	16,1	16,0	16,8	15,5	17,6	17,0
met.LM-Zuwachs (kg/Tier)	7,9	8,1	8,0	8,0	8,3	7,8	8,6	8,4
Met-Aufnahme (g)/ kg metLM-Zuw.	11,8	11,8	12,8	11,7	11,9	11,1	11,5	13,1

Tabelle F 8: Lysin-Aufnahme und -Verwertung (bezogen auf den Zuwachs der metabolischen Lebendmasse)

Merkmal	A-15	A-20	A-25	B	C	D-15	D-20	D-25
Lys-Gehalt (g/kg)	10,3	10,9	10,6	11,4	11,7	10,3	11,4	11,8
Futteraufnahme (g/Tier)	32,21	32,95	36,9	31,15	32,78	29,99	32,78	36,61
Lys-Aufnahme (g)	331,8	359,2	391,1	355,1	383,5	308,9	373,7	432,0
Zuwachs (kg/Tier)	15,8	16,3	16,1	16,0	16,8	15,5	17,6	17,0
met.LM-Zuwachs (kg/Tier)	7,9	8,1	8,0	8,0	8,3	7,8	8,6	8,4
Lys-Aufnahme (g)/ kg metLM-Zuw.	41,9	44,3	48,6	44,5	46,2	39,6	43,5	51,6

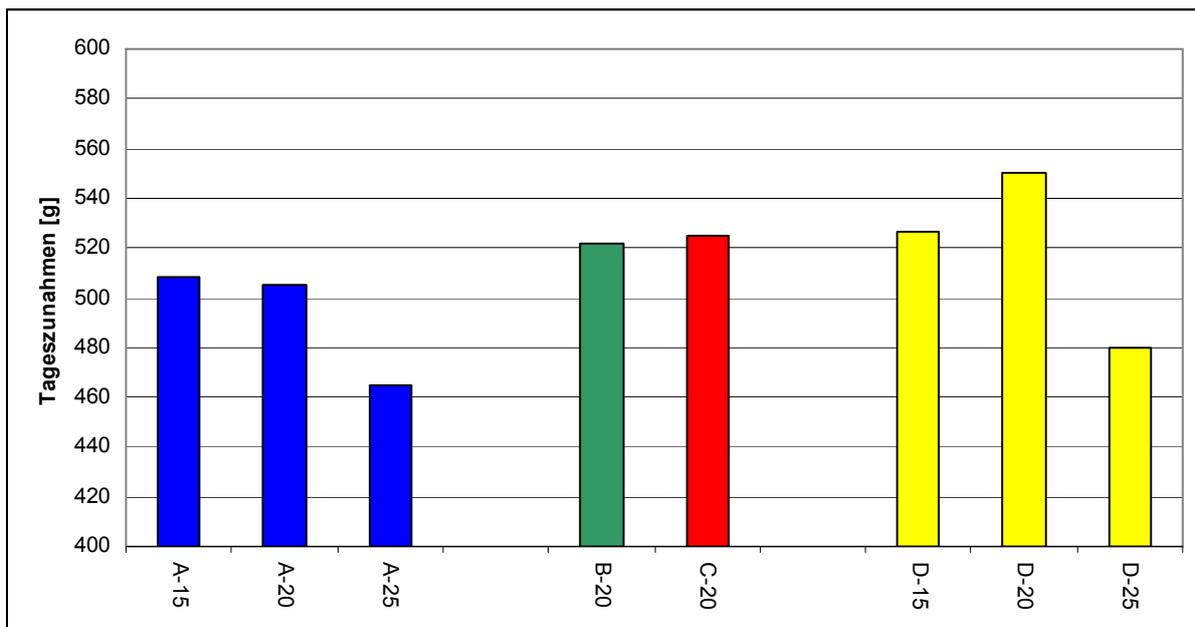
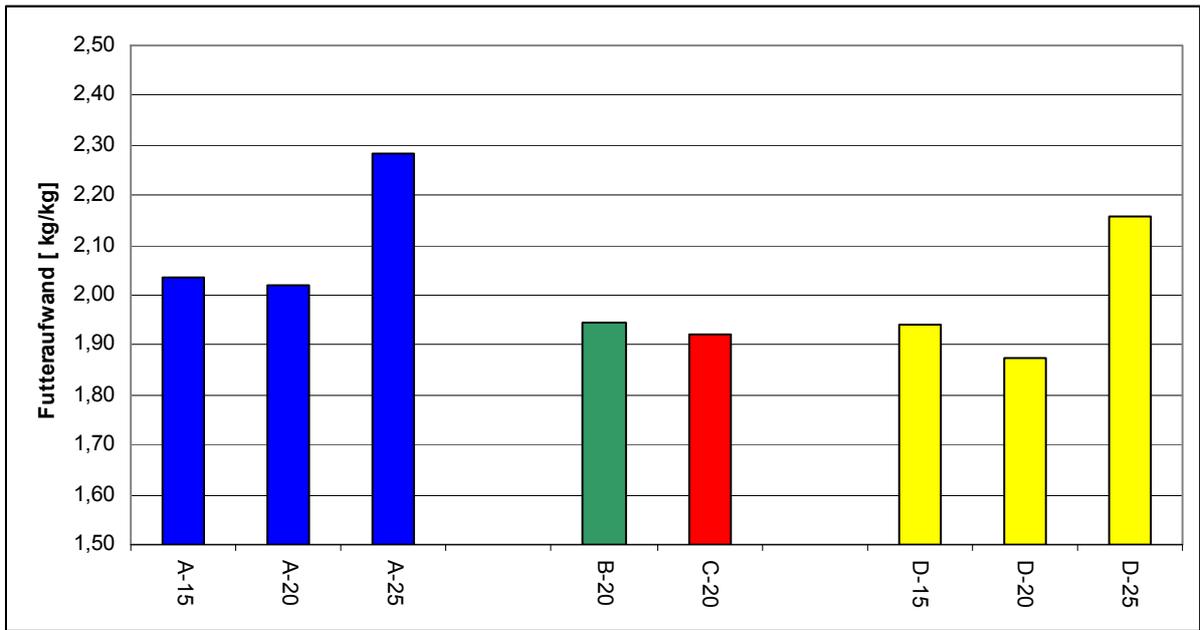


Abbildung F1: Tageszunahmen der verschiedenen Fütterungsgruppen (Mittelwerte)



**Abbildung F2: Futtermittelverbrauch pro kg Zuwachs der verschiedenen Fütterungsgruppen
(Mittelwerte)**