

Bewertung eines thermisch behandelten Gemisches aus einheimischen Körnerleguminosen in der Geflügelernährung

Evaluation of a heat treated mixture of grain legumes for poultry nutrition

FKZ: 11NA035

Projektnehmer:

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften
Theodor-Lieser-Straße 10, 06120 Halle (Saale)
Tel.: +49 345 5522720
Fax: +49 345 5527050
E-Mail: kluth@landw.uni-halle.de
Internet: www.land.uni-halle.de

Autoren:

Kluth, Holger

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft.

Die inhaltliche Verantwortung für den vorliegenden Abschlussbericht inkl. aller erarbeiteten Ergebnisse und der daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen liegt beim Autor / der Autorin / dem Autorenteam. Bis zum formellen Abschluss des Projektes in der Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft können sich noch Änderungen ergeben.

Zuwendungsempfänger: Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg	Förderkennzeichen: 512-06.01-2811NA035
Vorhabenbezeichnung: Bewertung eines thermisch behandelten Gemisches aus einheimischen Körnerleguminosen in der Geflügelernährung	
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.12 - 31.12.15	
Berichtszeitraum: 01.08.12 - 31.12.15	
Projektpartner: Börde-Kraftkorn-Service GmbH, An der Schäferei 76a, 39397 Gröningen, OT Dalldorf	

Schlussbericht

Kurzfassung

Das Projekt hatte das Ziel, ein Gemisch aus getoasteten Süßlupinen, Ackerbohnen und Futtererbsen (1:1:1, LEGUMI-therm®) und vergleichsweise in unbehandelter Form (LEGUMI-mix®) hinsichtlich der Eignung in der Geflügelernährung zu bewerten.

Hersteller ist die BÖRDE-KRAFTKORN-SERVICE GmbH / Sachsen-Anhalt. Die thermische Aufbereitung erfolgt durch Toasten im Drehtrommelofen bei trockener Hitze im Hochtemperatur-Kurzzeitverfahren (HTS) bis zur Zieltemperatur von 145°C am Korn.

Zur Einschätzung von Effekten des Toastens wurden bei LEGUMI-therm und LEGUMI-mix der Gehalt an Umsetzbarer Energie (ME) und die praecaecale (pc) Verdaulichkeit des Rohproteins und der Aminosäuren bei Broilern, Puten und Legehennen nach standardisierten Verfahren ermittelt. Bezüglich der Energie konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen der getoasteten und der nicht getoasteten Leguminosenmischung festgestellt werden. Die Gehalte lagen mit 11,6 (Legehenne), 12,0 (Broiler) und 12,5 MJ/kg (Pute) im mittleren bis hohen Bereich.

Die mittlere pc Verdaulichkeit der Aminosäuren aus dem LEGUMI-mix betrug 89 (Legehenne), 88 (Broiler) und 71 % (Pute), wobei die thermische Behandlung gleichfalls ohne signifikanten Effekt blieb (92, Legehenne; 87, Broiler; 79 %, Pute).

Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass mit dem angewendeten Toastverfahren keine Hitzeschädigung des Rohproteins und der Aminosäuren verursacht worden ist.

Fütterungsversuche zur Klärung der maximalen Einsatzhöhe der Gemische zeigten, dass mehr als 20 %, unabhängig von der Behandlung, insbesondere beim Broiler und

der Legehennen zu Leistungseinbußen führen. Dagegen toleriert die Pute einen Anteil von 30 % beider Gemische. **Ein Anteil von 20 % der Leguminosengemische in getoasteter oder nativer Form ermöglicht eine Einsparung von ca. 50 % des bisherigen Sojaanteils in diesen Mischungen ohne signifikante Minderung der Tierleistung.**

Adresse: PD Dr. Holger Kluth, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Theodor-Lieser-Str. 11, 06120 Halle (Saale),
kluth@landw.uni-halle.de

Abstract

The objective of this study was to assess the effect of heating (toasting by high temperature and short time) of a mixture of grain legumes based on sweet lupins, faba beans, and peas in relation (1:1:1, toasted "LEGUMI-therm[®]"; untreated: "LEGUMI-mix[®]") on the content of metabolisable energy (ME) and precaecal digestible (pc) amino acids. The experiments were conducted with broilers, turkeys and laying hens using standardized methods.

The ME content of the mixture was unaffected by heating and ranged between 11.6 (laying hen), 12.0 (broiler) to 12.5 (turkey). The mean of amino acid digestibility of LEGUMI-mix was 89 (laying hen), 88 (broiler) and 71 % (turkey). Likewise, there was no significant effect of heating. The amino acids of "LEGUMI-therm" were digested at levels of 92 (laying hen), 87 (broiler) and 79 % (turkey).

Feeding trials were carried out to ascertain the proportion of the mixtures in diets for identical poultry species. The results showed, that more than 20 % of these mixtures for broilers and laying hens decreased performance regardless of heating. In contrast, turkeys accept diets containing 30 % of the mixtures.

Address: Dr. Holger Kluth, Institute of Agricultural and Nutritional Sciences
Martin Luther University Halle-Wittenberg, Theodor Lieser Str. 11, 06120 Halle (Saale),
Germany, kluth@landw.uni-halle.de

1. Einführung

1.1 Gegenstand, Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens

Das Projekt hatte das Ziel, einheimische proteinreiche Futtermittel für das Geflügel hinsichtlich ihres Futterwertes zu prüfen. Im Mittelpunkt der Untersuchungen stand ein thermisch behandeltes Gemisch aus den Körnerleguminosen Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen („LEGUMI-therm[®]“). Das gleiche Gemisch, thermisch unbehandelt, wurde als Kontrollvariante („LEGUMI-mix[®]“) in die Prüfung einbezogen, um einen möglichen Effekt der Behandlung bewerten zu können. Die Versuche umfassten zunächst die Bestimmung des Gehaltes an Umsetzbarer Energie (ME) und praecaecal (pc) verdaulichen Aminosäuren. Darüber hinaus wurden Fütterungsversuche durchgeführt, die Auskunft über die maximale Einsatzhöhe dieser Gemische geben sollten. Alle Parameter wurden bei Broiler, Legehenne und Pute ermittelt.

Auf der Grundlage dieser Ergebnisse sollten geflügelhaltenden Betrieben vor allem aus dem ökologischen Landbau Einsatzempfehlungen zur Verfügung gestellt werden, die es ermöglichen, zukünftig stärker auf importiertes Soja verzichten zu können.

1.2 Planung und Ablauf des Projektes

Alle genannten Futterwertkriterien sowie die entsprechenden Fütterungsversuche konnten bei allen genannten Geflügelarten gemessen bzw. durchgeführt werden. Somit ist das Projekt in seiner Gesamtheit bearbeitet worden. Insgesamt wurden 9 Versuche durchgeführt, pro Geflügelart 3 Teilversuche.

Die letzten noch fehlenden Ergebnisse zum Gehalt an ME aus den Gemischen für die Pute sowie zu den pc verdaulichen Aminosäuren gleichfalls für die Pute und den Broiler sind Teil dieses Berichtes und vervollständigen somit den bisher vorliegenden Datensatz.

2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Körnerleguminosen haben in der Fütterung des Nutzgeflügels eine lange Tradition. Allerdings weisen sie einige ungünstige Futterwerteigenschaften auf, wie der geringe Gehalt an schwefelhaltigen Aminosäuren wie Methionin und Cystin, die für das Geflügel essentiell sind. Darüber hinaus sind die Gehalte an antinutritiven Substanzen bedeutsam, die faktisch in allen heimischen Arten enthalten sind (Arija et al. 2006; Laudadio und Tufarelli, 2010a, b; Olkowski et al. 2001).

In erster Linie sind es aber die antinutritiven Substanzen, die einen Einsatz von Körnerleguminosen beim Geflügel begrenzen (Castell et al. 1996; Olver und Jonker, 1997). Dazu gehören die Lectine und Vicin/Convicin in der Ackerbohne (Gatel und Grosjean, 1990), Trypsininhibitoren und Tannine in der Erbse (Wiseman et al. 2003) sowie Alkaloide in der Lupine (Brenes et al. 1993). Die Restriktionen sind insbesondere in der Fütterung im ökologischen Landbau von Nachteil, da konventionelle Proteinträger wie Extraktionsschrote nicht eingesetzt werden dürfen. **Als problematisch werden auch die Oligosaccharide angesehen.**

Bekannt ist, dass durch die Anwendung von speziellen Behandlungsverfahren, insbesondere auch thermische, sich die Gehalte an Antinutritiva deutlich verringern lassen, so dass Körnerleguminosen an Attraktivität gewinnen könnten.

So wurde in den Untersuchungen von Arija et al. (2006) nachgewiesen, dass bereits eine kurzzeitige Hitzebehandlung zu einer Reduzierung von Antinutritiva führen kann.

Über einen weiteren positiven Effekt berichteten Igbasan und Guenter (1997) bei Erbsen. Sie stellten einen thermisch bedingten Stärkeaufschluss fest, wodurch sowohl die Verdaulichkeit der Stärke als auch der Energiegehalt der Erbsen erhöht wurde.

Neben einem positiven Effekt auf den Energiegehalt könnte gleichfalls mit einer verbesserten Verdaulichkeit des Rohproteins bzw. der Aminosäuren gerechnet werden. Dies steht in Verbindung mit einer Inaktivierung der Tannine infolge der Hitzebehandlung, da ihre Fähigkeit zur Komplexbildung mit Futterprotein und Verdauungsenzymen unterbunden wird. Auch führte eine Extrudierung von trypsininhibitorreichen Erbsen zu einem Anstieg in der ilealen bzw. pc Verdaulichkeit des Rohproteins und der Aminosäuren beim Schwein (Mariscal-Landin et al. 2002). Allerdings muss erwähnt werden, dass die pc Verdaulichkeit der Aminosäuren nicht nur von der Höhe der Gehalte an Tanninen und Trypsininhibitoren beeinflusst wird. Demnach waren die signifikanten Unterschiede zwischen 4 verschiedenen weißblühenden Erbsensorten nicht eindeutig auf die Wirkung dieser Antinutritiva zurückzuführen (Kluth et al. 2005b).

Auch Arija et al. (2006) berichten von einer Verbesserung der pc Aminosäurenverdaulichkeit aus Ackerbohnen beim Broiler, wenn diese extrudiert wurden. Hervorzuheben ist, dass dies gleichfalls zu einem signifikanten Anstieg in der Futterverwertung und somit im Leistungsniveau der Tiere führte.

Eine thermische Behandlung könnte demnach durchaus zu einer Futterwertverbesserung von Körnerleguminosen führen, was für die Bedingungen des ökologischen Landbaus nur von Vorteil ist, da die Auswahl an Proteinträgern zunehmend begrenzt wird.

Die projektbezogenen Untersuchungen knüpfen an den derzeitigen Erkenntnisstand an. Mit der Verwendung getoasteter Körnerleguminosen aus der Herstellung der Börde-KRAFTKORN-SERVICE GmbH in Sachsen-Anhalt als Prüfgegenstand werden bereits mehrjährig gewonnene Erkenntnisse zum Toastverfahren, zur Produktanalyse und zur praktischen Verfütterung berücksichtigt. So verkörpern die in der Börde-KRAFTKORN-SERVICE GmbH getoasteten Körnerleguminosen gut reproduzierbare Merkmale einer erhöhten Futterwertigkeit (Tabelle 21).

Nach hinlänglicher Nachweisführung über die Eignung der aufbereiteten Körnerleguminosen in der Fütterung von hochleistenden Milchkühen (Boguhn et al. 2008) bedarf es jetzt einer Überprüfung beim „sensibleren“ Monogastrier, hier bei den Geflügelarten Broiler, Pute und Legehennen.

3. Material und Methoden

3.1 Prüfgegenstand sowie Angaben zum Gehalt an Rohnährstoffen und Aminosäuren der Leguminosengemische

Der Prüfgegenstand war das handelsfertig entwickelte Produkt der Börde-KRAFTKORN-SERVICE GmbH / Sachsen-Anhalt mit dem markenrechtlich geschützten Namen LEGUMI-therm®. Es besteht aus getoasteten Süßlupinen (LUPI-therm®), Ackerbohnen (VICIA-therm) und Futtererbsen (PISU-therm) in Form einer Mischung im Verhältnis von 1:1:1. Als Vergleichsvariante diente die Mischung der nativen, nicht getoasteten Körnerleguminosen aus gleicher Rohstoffcharge und im gleichen Mischungsverhältnis mit der Bezeichnung LEGUMI-mix.

Das Toasten erfolgte in großtechnischer Anlage mit einem Drehtrommeltoaster der dänischen Firma CROCUS mit Flüssiggasbetrieb im Hochtemperatur-Kurzzeit-Verfahren, (HTS). Die Leguminosen werden als Ganzkorn bei trockener Wärmezufuhr auf 145 °C erhitzt. Das erhitzte Toastgut wird sofort im Gegenluftstrom auf Lagerfähigkeit gekühlt und zugleich von der Ausgangsfeuchte der Körner auf eine angestrebte Restfeuchte von

< 7% getrocknet. Bei hoher Ausgangsfeuchte werden die erhitzten Körner in einem Glattwalzstuhl vor dem Kühler leicht angequetscht, um den Wasserentzug zu regulieren. Der sensibel steuerbare Toastprozess führt zu deklarationsfähigen, gut reproduzierbaren Ergebnissen.

Zur Teilschälung wurden die getoasteten, trockenharten Körner der einzelnen Fruchtarten im Glattwalzstuhl mit einseitigem Walzenantrieb leicht scherend behandelt. Besonders bei Ackerbohnen und Erbsen lösten sich große Schalenteile ab, die mit Windsichtung gut abzutrennen waren. Ein restlicher Teil an gelösten Schalen und eine nicht kalibrierbare Bröckelung der getoasteten Körner führte zu Entmischungsproblemen, die besonders bei kleinen Probenahmen für Laboranalysen störten. Das einfache Verfahren wurde deshalb nur im Legehennenversuch versuchsweise angewendet.

Für die Fütterungsversuche wurden im Biomischfutterwerk MFL Edderitz GmbH / Sachsen Anhalt die zu prüfenden Rationsvarianten mit Sojapresskuchen, LEGUMI-therm und LEGUMI-mix als pelletierte Fertigfutter hergestellt. Sie waren isonutritiv zur Deckung der Tierbedarfswerte an Nährstoffen gestaltet. Die hergestellten Fertigfütterationen erfüllen die Richtlinien der EU-ÖKO-Verordnungen 834/2007 und 889/2008 und repräsentieren eine 100%-Öko-Fütterung.

Die ermittelten Nährstoff- und Aminosäuregehalte entsprechen im Wesentlichen den Deklarationswerten der Börde-KRAFTKORN-SERVICE GmbH für die Handelsprodukte LEGUMI-mix und LEGUMI-therm®. Labortechnische Toleranzen lassen begründen, dass sich die Inhaltsstoffe beim LEGUMI-therm nicht proportional zur Trockensubstanzerhöhung darstellen.

Der Effekt der Teilentschälung ist beim LEGUMI-therm aus dem Legehennenversuch anhand der Unterschiede im Rohfasergehalt nachvollziehbar. Dieser reduzierte sich von 104 auf 78 g/kg T (Tabelle 1).

Tab. 1: Gehalte an Rohnährstoffen und Aminosäuren der geprüften Gemische (g/kg T)

	LEGUMI-mix		LEGUMI-therm	
	Legehennen ¹	Broiler ²	Legehennen ¹	Broiler ²
Trockensubstanz, g/kg	906	893	917	925
Rohasche	35	35	33	34
Rohprotein	301	280	289	266
Rohfett	28	24	24	20
Rohfaser	104	113	78	96
Arginin / Cystin	29,7 / 3,6	29,3 / 3,5	24,3 / 2,9	27,0 / 3,4
Isoleucin / Leucin	12,0 / 21,2	12,8 / 21,6	10,5 / 19,0	12,2 / 20,9
Lysin / Methionin	17,2 / 2,3	19,0 / 2,1	16,0 / 1,7	17,8 / 2,1
Phenylalanin / Threonin	12,7 / 10,7	12,9 / 10,5	11,3 / 9,7	12,4 / 10,4
Tryptophan / Valin	2,5 / 13,1	2,6 / 14,0	2,3 / 12,1	2,5 / 13,2

¹ teilentschält, ² nicht teilentschält

LEGUMI-therm und LEGUMI-mix aus gleichen Chargen wurden auch in dem Teilprojekt der BÖLN zur Ferkelfütterung geprüft (Kempkens et al. 2015). Dort mitgeteilte Analyseergebnisse zeigen eine deutliche Reduzierung der Gehalte an antinutritiven Inhaltsstoffen durch das Toasten. Im Gemisch der Körnerleguminosen verminderte sich deren Gehalt auf ernährungsphysiologisch unbedeutende Restwerte.

3.2 Tierexperimentelle Untersuchungen

3.2.1 Untersuchungen mit Broilern

3.2.1.1 Bestimmung der Umsetzbaren Energie (ME)

Die Bestimmung des Gehaltes an ME erfolgte nach der Differenzmethode. Zu einer Grundmischung wurden jeweils Anteile der Testkomponente LEGUMI-mix bzw. LEGUMI-therm von 0, 150 und 300 g/kg zugelegt. Zur Adaptation an die Versuchsmischungen wurden die Tiere (Hubbard ISA) ab einem Alter von 10 Wochen zunächst 5 Tage vorgefüttert. Darauf folgte die Exkrementensammlung in Stoffwechsellkäfigen über weitere 5 Tage. Jeder Versuchsmischung wurden 7 Tiere zugeordnet. Probenaufbereitung und Analytik von Futter und Exkrementen erfolgten nach den Vorschriften des VDLUFA (Naumann und Bassler, 1976). Die Brennwerte (GE) beider Probenmaterialien wurden mittels Bombenkalorimeter ermittelt. Die Beziehung aus verdauter und aufgenommener GE wurde als lineare Regression beschrieben, wobei der Anstieg die Umsetzbarkeit q für die jeweilige Prüfkomponente darstellt (Kluth et al. 2008).

3.2.1.2 Bestimmung der pc verdaulichen Aminosäuren

Die Messung der Aminosäurenverdaulichkeit erfolgte durch den Einsatz einer stärkereichen Grundmischung, der im Austausch gegen die Stärke die zu prüfende Testkomponente in Anteilen von 0, 100 und 200 g/kg zugelegt wurde. Als Marker zur Bestimmung der Verdaulichkeit wurde unverdauliches TiO_2 (5 g/kg) eingesetzt. Die Versuchsmischungen wurden an 240 Broiler (Ross 308, unsortiert) ab dem 14. Tag (6 Abteile mit je 8 Tieren pro Versuchsmischung) über 5 Tage verfüttert. Zu Versuchsende erfolgte eine Tiertötung bei standardisierter Chymusentnahme (Kluth et al. 2005a). Alle Analysen für Aminosäuren (Rodehutschord et al. 2004) und Marker (Brand und Allam, 1987) wurden nach etablierten Methoden durchgeführt. Die Bestimmung der pc Verdaulichkeit der Aminosäuren erfolgte durch einen linear-regressiven Ansatz (Rodehutschord et al. 2004).

3.2.1.3 Einsatzhöhe in der Ration

Für den Leistungsversuch wurden 350 Eintagsküken (Hubbard ISA) unter üblichen Bodenhaltungsbedingungen (Einstreu auf Stroh und Hobelspänen) aufgestellt. Der Versuch umfasste 12 Wochen und wurde in der Zeit vom 25. März bis 17. Juni 2014 im Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Versuchszentrum (AEVZ) der Universität in Merbitz durchgeführt.

Das Fütterungsregime basierte auf 3 Phasen (Starter: 1.-28. Lebenstag, LT; Mast I: 29.-56. LT; Mast II: 57.-84. LT) mit jeweils 5 Versuchsmischungen. Neben einer Kontrollration, basierend auf den Hauptkomponenten Mais, Weizen und Sojabohnenkuchen, wurden 4 weitere Mischungen hergestellt, die LEGUMI-mix und LEGUMI-therm in Anteilen von 20 und 30 % enthielten.

Die Rationsoptimierung verfolgte das Ziel, den Sojabohnenkuchen maximal durch die Prüfkomponenten LEGUMI-mix bzw. LEGUMI-therm so zu ersetzen, dass in der Summe der beteiligten öko-konformen Futterkomponenten vergleichbare Nährstoffgehalte in al-

len Varianten gegeben waren. Jeder Ration wurden 10 Abteile mit je 7 Tieren zugeordnet.

Um klare Schlussfolgerungen ableiten zu können, wurde beschlossen, die Darstellung bzw. Auswertung der Ergebnisse wie in den bisherigen Zwischenberichten beizubehalten. Sie beschränkt sich auf einen Vergleich zwischen der Kontrollration und den Versuchsmischungen. Die Parameter wurden mittels einfaktorieller Varianzanalyse und anschließendem Test nach Dunnett, 2-seitig, ausgewertet (Statistika 9.0 für Windows).

3.2.2 Untersuchungen mit Puten

3.2.2.1 Bestimmung der Umsetzbaren Energie (ME)

Die Bestimmung des Gehaltes an ME erfolgte ebenfalls nach der Differenzmethode. Für diese Teiluntersuchung wurden Hähne der Herkunft BUT Big 6 eingesetzt. Die methodische Umsetzung (Versuchsmischungen, Adaptation, Exkremmentsammlung) war vergleichbar mit dem korrespondierenden Versuch beim Broiler. Die Tiere waren mit Beginn der Exkremmentsammlung 42 Tage alt. Die Analysen und Berechnungen erfolgten nach gleichem Vorgehen (siehe Abschnitt 3.2.1.1).

3.2.2.2 Bestimmung der pc verdaulichen Aminosäuren

Die Messung der Aminosäurenverdaulichkeit erfolgte ebenfalls über den Einsatz der stärkereichen Grundmischung, wobei die Stärke gegen das LEGUMI-mix und LEGUMI-therm in 100 und 200 g/kg ausgetauscht wurde. Die Versuchsmischungen wurden ab einem Alter von 21 Tagen vorgelegt (6 Abteile/Wiederholungen pro Versuchsmischung mit je 8 Hähnen, BUT Big 6). Chymusentnahme, Analysen und Berechnungen erfolgten in analoger Weise wie im Broilerversuch (siehe Abschnitt 3.2.1.2).

3.2.2.3 Einsatzhöhe in der Ration

Hierfür wurden 150 Eintagsküken (Hennen, Bronze 708) aufgestellt. Der Versuch umfasste einen Zeitraum von 18 Wochen (31.07. bis 04.12. 2014, AEVZ Merbitz).

Für das 3-phasige Fütterungsregime (Starter: 1.-6.; Mast I: 7.-12.; Mast II: 13.-18. Woche) wurden 5 Versuchsmischungen erstellt, wobei beide Testkomponenten wiederum in Anteilen von 200 und 300 g/kg eingesetzt wurden (Mischfutter und Landhandel GmbH Edderitz). Jeder Ration wurden 6 Abteile mit je 5 Tieren zugeordnet. Die Erfassung der Lebendmassen und der Futteraufnahmen wurde in 3-wöchigem Rhythmus vorgenommen.

Eine höhere Anzahl an Wiederholungen bzw. Abteilen wie im Broilerversuch konnte aus Kapazitätsgründen leider nicht umgesetzt werden. Die statische Auswertung der Parameter erfolgte wie in Abschnitt 3.2.1.3 bereits beschrieben.

3.2.3 Untersuchungen mit Legehennen

3.2.3.1 Bestimmung der Umsetzbaren Energie (ME)

Die Durchführung dieses Teilversuches erfolgte wie bei Broiler und Pute auch nach dem Verfahren des Differenzversuches. Die Hennen (Lohmann Brown) waren 26 Wochen alt. Für weiterführende Informationen zu Methodik, Analysen und Berechnungen siehe Abschnitt 3.2.1.1.

3.2.3.2 Bestimmung der pc verdaulichen Aminosäuren

Es wurden Hennen gleichen Alters und gleicher Herkunft wie im Versuch zur Bestimmung der ME genutzt. Die Versuchsmischungen (siehe Abschnitt 3.2.1.2) wurden an 6 Wiederholungen mit jeweils 6 Hennen verfüttert. Chymusentnahme, Analysen und Berechnungen erfolgten in analoger Weise wie im Broilerversuch (siehe Abschnitt 3.2.1.2).

3.2.3.3 Einsatzhöhe in der Ration

180 Hennen der Herkunft Lohmann Brown Classic (Bio Geflügelhof Deersheim GmbH) wurden in einer Käfigbatterie aufgestellt. Diese Art der Haltung war erforderlich, um die tierindividuelle Futteraufnahme erfassen zu können. Der 10-wöchige Versuch wurde vom 18. April bis 27. Juni 2013 durchgeführt. Mit Versuchsbeginn waren die Hennen 25 Wochen alt. Die statische Auswertung erfolgte in analoger Weise wie in Leistungsversuchen mit Broiler und Pute.

4. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse und Diskussion

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse des Projektes dargestellt, die bereits an dieser Stelle entsprechend diskutiert werden.

4.1 Untersuchungen mit Broilern

4.1.1 Bestimmung der Umsetzbaren Energie (ME)

Die Ergebnisse zum Gehalt an ME aus den Gemischen für den Broiler sind in der Tabelle 2 dargestellt.

Tab. 2: Umsetzbarkeit der Bruttoenergie aus LEGUMI-mix und LEGUMI-therm beim Broiler (in %, \pm SE der Schätzung, R^2)

		LEGUMI-mix		LEGUMI-therm		ρ	
Bruttoenergie	66	$\pm 1,4$	0,99	65	$\pm 2,5$	0,98	0,739

Für LEGUMI-mix und LEGUMI-therm wurde eine Umsetzbarkeit von 66 und 65 % ermittelt, wobei keine signifikanten Unterschiede bestanden. Es ergaben sich Werte für die ME von 12,1 MJ/kg T für das LEGUMI-mix und 11,9 MJ/kg T für das LEGUMI-therm. Kalkuliert man zu einem Vergleich den ME-Gehalt unter Berücksichtigung des Anteils von ca. 33 % der einzelnen Körnerleguminose am Gemisch ergibt sich ein nachvollziehbarer Wert von 11,3 MJ/kg T.

Im Gegensatz zur Literatur, wonach das Extrudieren von geschroteten Erbsen oder das Mikronisieren von Ackerbohnen zu erhöhten Gehalten an ME führte, blieb das angewendete Toasten der ganzen Körner in Form des Gemisches ohne Einfluss auf die Höhe der Energie für den Broiler.

4.1.2 Bestimmung der pc verdaulichen Aminosäuren

Die Ergebnisse zur Höhe der pc verdaulichen Aminosäuren und des Rohproteins sind für beide Testkomponenten in Tabelle 3 zusammengefasst. Dabei soll sich aus Gründen der Übersichtlichkeit auf die essentiellen Aminosäuren beschränkt werden.

Tab. 3: Praecaecale Verdaulichkeit des Rohproteins und der Aminosäuren aus LEGUMI-mix und LEGUMI-therm beim Broiler (in %, \pm SE der Schätzung, R^2)

	LEGUMI-mix			LEGUMI-therm			<i>p</i>
Rohprotein	85	$\pm 4,5$	0,96	86	$\pm 7,4$	0,89	0,921
Arginin	91	$\pm 1,7$	0,99	93	$\pm 3,1$	0,98	0,677
Isoleucin	88	$\pm 4,0$	0,97	88	$\pm 7,5$	0,90	0,997
Leucin	88	$\pm 4,0$	0,97	88	$\pm 6,3$	0,93	0,982
Lysin	91	$\pm 4,4$	0,96	88	$\pm 9,7$	0,84	0,746
Methionin	98	$\pm 6,8$	0,93	93	$\pm 10,0$	0,84	0,651
Phenylalanin	89	$\pm 6,1$	0,93	85	$\pm 9,6$	0,83	0,701
Threonin	84	$\pm 6,6$	0,91	81	$\pm 10,0$	0,81	0,863
Tryptophan	78	$\pm 1,7$	0,92	79	$\pm 9,4$	0,82	0,914
Valin	85	$\pm 4,8$	0,95	85	$\pm 8,9$	0,85	0,947

$p \leq 0,05$

Das Niveau der Aminosäurenverdaulichkeit für beide Gemische ist hoch. So ergaben sich Mittelwerte von 88 und 87 % für das LEGUMI-mix und das LEGUMI-therm. Demzufolge blieb die thermische Behandlung wie auch beim Energiegehalt ohne Wirkung. Das Methionin wies unabhängig von der Behandlung die höchste Verdaulichkeit mit 98 (LEGUMI-mix) und 93 % (LEGUMI-therm) auf, was von Vorteil ist, da diese Aminosäure beim Geflügel erstlimitierend ist.

Zieht man zum Vergleich Untersuchungen heran, in denen verschiedene Erbsensorten als Körnerleguminosen geprüft wurden, zeigt sich ein ähnlicher Bereich für genannte Aminosäuren (ohne Trp) von 82 bis 83 % (Kluth et al. 2005b).

Auch Lupinen können ein ähnliches Niveau in der Verdaulichkeit dieser Aminosäuren (ohne Trp) aufweisen. In neueren Untersuchungen von Nalle et al. (2011) wurden Werte für drei verschiedene Sorten im Bereich von 85 bis 86 % bestimmt.

Ein erhöhender Effekt einer thermischen Behandlung auf die Aminosäurenverdaulichkeit, wie von Arija et al. (2006) bei extrudierten Ackerbohnen beschrieben, konnte unter den Bedingungen des getoasteten Leguminosengemisches nicht erkannt werden.

4.1.3 Einsatzhöhe in der Ration

Die Ergebnisse zu Futteraufnahme, Lebendmasseentwicklung und Futtermittelverwertung aus dem Leistungsversuch sind in den Tabellen 4 bis 6 dargestellt.

In den ersten Wochen des Versuches zeigten sich für beide Gemische unabhängig von der Behandlung und Anteil in der Ration z.T. signifikant niedrigere Futteraufnahmen als in der Kontrollvariante (Tabelle 4). Diese Unterschiede glichen sich jedoch im Laufe des Versuches vollständig aus. Ab der 5. Woche konnte ein tendenziell besserer Verzehr für die Mischungen verzeichnet werden, die LEGUMI-mix bzw. LEGUMI-therm mit einem Anteil von 20 % enthielten. In der letzten Woche war die Futteraufnahme in diesen Varianten mit 210 (LEGUMI-mix) und 208 g/d (LEGUMI-therm) schließlich signifikant höher als in der Sojavariante mit 192 g/d. Auch die Rationen mit 30 % der Leguminosensmischungen wurden stets vergleichbar gut wie die mit Soja aufgenommen. Die Legumino-

senmischungen hatten demzufolge bis zu einem Anteil von 30 % in den Rationen eine uneingeschränkte Futterakzeptanz durch die Broiler (außer im Kükenstadium).

Die Lebendmasse der Küken betrug zu Versuchsbeginn im Mittel 41 g („Woche 0“), die sich bis zum Versuchsende auf 4404 g erhöhte (Tabelle 5). Die höchste Lebendmasse mit 4540 g wurde bei Verfütterung der Mischung mit 20 % LEGUMI-therm ermittelt. Für die gleiche Mischung konnten bereits ab der 2. Woche die höchsten Zunahmen verzeichnet werden. Dagegen führte eine Erhöhung des Anteils auf 30 % LEGUMI-mix zu deutlich geringeren Zunahmen. So zeigten sich bereits ab der 3. Woche signifikant niedrigere Lebendmassen im Vergleich zur Kontrollration. Dieser Leistungsabfall wurde jedoch nicht festgestellt, wenn das Gemisch thermisch behandelt wurde. **Die Mischung mit 20 % LEGUMI-therm zeigte tendenziell die besten Zunahmen.**

Betrachtet man die Futtermittelverwertung, berechnet über den gesamten Versuchszeitraum, wird jedoch deutlich, dass Anteile mit 30 % des Gemisches unabhängig von der Behandlung zu einer signifikant schlechteren Verwertung führten (Tabelle 6). Die Werte von jeweils 2,49 lagen um ca. 2 Prozentpunkte über dem Wert für die Kontrollvariante.

Ein Vergleich mit Literaturdaten gestaltet sich schwierig, da die Körnerleguminosen ausschließlich als Einzelkomponenten, wie bereits in vorherigen Abschnitten erwähnt, geprüft wurden und nicht als Gemisch. Dies trifft für alle Untersuchungen zu, unabhängig ob mit Broilern, Puten oder Legehennen durchgeführt. Bei einer Interpretation der Ergebnisse muss aber auch berücksichtigt werden, dass die geprüften Gemische zu je einem Drittel aus Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen bestanden und der maximale Anteil an der Mischung demnach bei lediglich ca. 7 % lag, setzt man eine zu tolerierende Einsatzhöhe von 20 % fest.

Demgegenüber empfehlen Farrell et al. (1999) Einsatzhöhen ohne thermische Aufbereitung von 30 % Erbsen, 20 % Ackerbohnen und 10 % Süßlupinen in Futterrationen für den Broiler ohne nachteilige Effekte auf die Leistung. Selbst bis zu 40 % Lupinen wären einsetzbar, wenn diese gleichfalls geschält werden (Olkowski et al. 2005). Die Unterschiede zwischen den empfohlenen Einsatzhöhen werden im Wesentlichen auf die variierenden Gehalte an Antinutritiva zurückgeführt.

Positive Effekte einer thermischen Behandlung sind jedoch bekannt. So führte die Extrudierung von Ackerbohnen zu verringerten Gehalten an Antinutritiva, so dass selbst ein Anteil von 30 % in der Mischung die Futtermittelverwertung nicht negativ beeinflusste. Als Kontrollvariante wurde eine konventionelle Mais-Soja-Mischung eingesetzt (Arija et al. 2006).

Geschälte und mikronisierte Erbsen konnten bis zu 40 % eingesetzt werden (Laudadio and Tufarelli, 2010a). Allerdings wurde dieses Produkt erst ab einem Alter von 14 Tagen verfüttert.

Normative können aus den genannten Literaturangaben nicht abgeleitet werden. Die geprüften Leguminosengemische vermeiden Extreme, dahingehend, dass Einzelkomponenten mit eher negativen Eigenschaften (z.B. hoher Fasergehalt der Lupine) durch die Kombination mit anderen, die über positive (z.B. hoher Stärkegehalt der Erbse) verfügen noch einer sinnvollen Verwertung über die Fütterung zugeführt werden können. Dies ist ein nicht unbedeutender Vorteil bei Einsatz von Gemischen.

Tab. 4: Futteraufnahme der Broiler in Abhängigkeit vom Anteil an LEGUMI-mix und LEGUMI-therm in der Ration (in g/d; Mittelwert, SD)

Komponente	Kontrolle		LEGUMI-mix		LEGUMI-therm		LEGUMI-mix		LEGUMI-therm		p
	0		20		30		30		10 ¹		
Anteil %	0		20		30		30		10 ¹		
Woche/Abteile	10		10		10		10		10 ¹		
1	19	± 2,3	16*	± 1,2	17	± 2,2	17	± 1,4	17*	± 1,6	0,038
2	32	± 1,8	31*	± 1,3	33	± 1,3	30*	± 2,2	31	± 0,7	<0,001
3	56	± 2,4	55	± 3,1	58	± 2,1	53*	± 2,3	55	± 3,0	0,002
4	84	± 3,7	80	± 5,1	86	± 4,8	80	± 3,2	83	± 4,5	0,023
5	113	± 5,1	115	± 7,6	121	± 8,7	112	± 6,0	116	± 7,2	0,067
6	138	± 6,0	142	± 7,5	146	± 8,3	137	± 6,7	142	± 6,6	0,053
7	157	± 6,3	162	± 9,8	167*	± 10,5	157	± 6,8	160	± 6,6	0,052
8	178	± 7,7	182	± 10,7	183	± 11,4	178	± 5,4	181	± 7,1	0,527
9	173	± 11,1	178	± 8,1	181	± 9,3	173	± 5,3	176	± 7,7	0,146
10	197	± 9,1	201	± 9,7	206	± 13,5	197	± 5,5	197	± 8,1	0,157
11	171	± 12,2	173	± 14,4	179	± 11,5	174	± 5,1	171	± 7,5	0,390
12	192	± 20,4	210*	± 9,5	208*	± 15,0	205	± 9,0	196	± 8,1	0,020

* Sternchen kennzeichnet signifikante Unterschiede zwischen Kontroll- und Versuchsrationen innerhalb der Woche (Dunnett-Test, 2-seitig, $p < 0,05$)

¹ $n = 9$ für Woche 8 bis 12

Tab. 5: Lebendmasse der Broiler in Abhängigkeit vom Anteil an LEGUMI-mix und LEGUMI-therm in der Ration (in g; Mittelwert, SD)

Komponente	Kontrolle		LEGUMI-mix		LEGUMI-therm		LEGUMI-mix		LEGUMI-therm		p
	Anteil %		20		30		30		30		
Woche/Abteile	10		10		10		10		10 ¹		
0	41	± 1,1	41	± 0,9	41	± 1,3	41	± 0,9	41	± 0,7	0,796
1	122	± 9,3	128	± 6,6	126	± 8,0	121	± 7,3	125	± 6,3	0,277
2	286	± 17,6	287	± 12,6	310*	± 32,2	274	± 19,6	284	± 7,9	0,003
3	546	± 24,8	547	± 25,3	587*	± 24,2	518*	± 23,4	541	± 20,2	<0,001
4	903	± 31,8	881	± 42,9	948*	± 43,6	842*	± 35,4	880	± 32,0	<0,001
5	1287	± 35,3	1253	± 60,0	1344	± 90,5	1188*	± 42,8	1242	± 56,1	<0,001
6	1756	± 56,3	1716	± 74,5	1827	± 105,5	1621*	± 61,9	1707	± 77,8	<0,001
7	2263	± 65,2	2213	± 99,2	2343	± 123,8	2112*	± 79,7	2197	± 79,6	<0,001
8	2823	± 80,1	2793	± 109,7	2905	± 134,1	2681*	± 86,5	2761	± 97,6	<0,001
9	3265	± 106,7	3236	± 127,1	3376	± 147,5	3082*	± 117,2	3177	± 118,6	<0,001
10	3764	± 116,4	3723	± 139,0	3869	± 174,4	3607*	± 106,6	3653	± 102,3	0,001
11	4035	± 142,5	4027	± 150,1	4134	± 181,8	3888	± 97,7	3942	± 98,3	0,004
12	4404	± 215,2	4451	± 144,8	4540	± 197,4	4307	± 98,4	4319	± 88,2	0,012

* Sternchen kennzeichnet signifikante Unterschiede zwischen Kontroll- und Versuchsrationen innerhalb der Woche (Dunnett-Test, 2-seitig, p<0,05)

¹ n = 9 für Woche 8 bis 12

Tab. 6: Futtermittelverwertung der Broiler in Abhängigkeit vom Anteil an LEGUMI-mix und LEGUMI-therm in der Ration (in g/g; Mittelwert, SD)

Komponente	Kontrolle		LEGUMI-mix		LEGUMI-therm		LEGUMI-mix		LEGUMI-therm		p
	0		20		30		30		10 ¹		
Anteil %	0		20		30		30		10 ¹		
Woche/Abteile	10		10		10		10		10 ¹		
1	1,62	± 0,201	1,31*	± 0,112	1,43	± 0,226	1,49	± 0,172	1,39*	± 0,140	0,004
2	1,39	± 0,039	1,35	± 0,032	1,27*	± 0,143	1,37	± 0,027	1,35	± 0,043	0,005
3	1,52	± 0,058	1,48	± 0,021	1,50	± 0,232	1,53	± 0,062	1,52	± 0,034	0,893
4	1,65	± 0,038	1,69	± 0,064	1,66	± 0,038	1,72*	± 0,047	1,72*	± 0,075	0,011
5	2,06	± 0,113	2,17	± 0,153	2,18	± 0,175	2,30*	± 0,094	2,25*	± 0,169	0,008
6	2,06	± 0,067	2,15	± 0,110	2,12	± 0,110	2,22*	± 0,132	2,15	± 0,163	0,076
7	2,18	± 0,094	2,29	± 0,071	2,27	± 0,106	2,24	± 0,046	2,30	± 0,187	0,128
8	2,22	± 0,101	2,21	± 0,184	2,30	± 0,267	2,19	± 0,110	2,25	± 0,095	0,637
9	2,77	± 0,297	2,82	± 0,092	2,72	± 0,245	3,08	± 0,513	2,97	± 0,257	0,074
10	2,77	± 0,158	2,89	± 0,126	2,94	± 0,159	2,66	± 0,270	2,92	± 0,268	0,016
11	4,52	± 0,673	4,19	± 1,021	4,82	± 0,644	4,49	± 0,846	4,18	± 0,487	0,326
12	3,84	± 0,737	3,51	± 0,365	3,61	± 0,310	3,46	± 0,302	3,67	± 0,351	0,347
Gesamt	2,43	± 0,044	2,45	± 0,077	2,47	± 0,035	2,49*	± 0,043	2,49*	± 0,045	0,050

* Sternchen kennzeichnet signifikante Unterschiede zwischen Kontroll- und Versuchsrationen innerhalb der Woche (Dunnett-Test, 2-seitig, $p < 0,05$)

¹ $n = 9$ für Woche 8 bis 12

4.2 Untersuchungen mit Puten

4.2.1 Bestimmung der Umsetzbaren Energie (ME)

Für die Umsetzbarkeit der Energie aus den Gemischen für die Pute wurden Werte von 66 (LEGUMI-mix) und 67 % (LEGUMI-therm) errechnet (Tabelle 7). Daraus ergaben sich Gehalte für die ME von 12,4 und 12,6 MJ/kg T (LEGUMI-mix und LEGUMI-therm), die sich nicht signifikant unterschieden.

Tab. 7: Umsetzbarkeit der Bruttoenergie aus LEGUMI-mix und LEGUMI-therm bei der Pute (in %, \pm SE der Schätzung, R^2)

	LEGUMI-mix			LEGUMI-therm			p
Bruttoenergie	66	$\pm 1,2$	1,00	67	$\pm 1,8$	0,99	0,529

4.2.2 Bestimmung der pc verdaulichen Aminosäuren

Die mittlere Verdaulichkeit der Aminosäuren aus den Gemischen bei den Puten lag auf einem mittleren Niveau. Es ergaben sich Mittelwerte von 71 % für das LEGUMI-mix und 79 % für das LEGUMI-therm (Tabelle 8).

Tab. 8: Praecaecale Verdaulichkeit des Rohproteins und der Aminosäuren aus LEGUMI-mix und LEGUMI-therm bei der Pute (in %, \pm SE der Schätzung, R^2)

	LEGUMI-mix			LEGUMI-therm			p
Rohprotein	70	$\pm 7,3$	0,85	76	$\pm 7,2$	0,87	0,588
Arginin	80	$\pm 4,5$	0,95	82	$\pm 4,6$	0,95	0,762
Isoleucin	71	$\pm 7,3$	0,86	77	$\pm 6,3$	0,90	0,566
Leucin	72	$\pm 6,5$	0,86	78	$\pm 6,7$	0,89	0,601
Lysin	75	$\pm 8,2$	0,84	86	$\pm 8,2$	0,87	0,436
Methionin	82	$\pm 18,6$	0,55	96	$\pm 12,6$	0,78	0,590
Phenylalanin	70	$\pm 7,4$	0,85	79	$\pm 6,7$	0,90	0,426
Threonin	62	$\pm 10,7$	0,68	72	$\pm 10,2$	0,76	0,524
Tryptophan	61	$\pm 10,3$	0,69	69	$\pm 10,5$	0,73	0,635
Valin	67	$\pm 8,4$	0,80	75	$\pm 7,2$	0,87	0,508

$p \leq 0,05$

Es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungen festgestellt werden, obwohl bei allen Aminosäuren ein deutlicher tendenzieller Anstieg in der Verdaulichkeit durch das Toasten vorlag. Die fehlende statistische Sicherung ist auf die hohen aber eher unüblichen Streuungsmaße für die geschätzten Werte der Verdaulichkeit zurückzuführen. Eine Erklärung hierfür kann jedoch nicht gegeben werden. Der Anstieg in der Verdaulichkeit durch die thermische Behandlung war teilweise erheblich wie z.B. beim Methionin. Die Differenz zwischen unbehandelter und behandelter Variante betrug in diesem Fall 16 %.

In Ermangelung geeigneter Versuchsergebnisse aus der Literatur, die zum Vergleich herangezogen werden könnten, soll lediglich die Untersuchung von Kozłowski et al. (2015) mit Puten genannt werden, in der Messungen zur standardisierten Aminosäuren-verdaulichkeit aus Erbsen durchgeführt wurden. Dort war das Rohprotein mit 91 % deutlich besser verdaubar, als bei den Gemischen der Leguminosen in der eigenen Untersu-

chung. Auch die mittlere Verdaulichkeit der Aminosäuren (ohne Trp) lag bei 91 % und war somit gleichfalls deutlich höher. **Deutlich abweichende Werte sowohl im positiven als auch im negativen werden in einer Mischung erwartungsgemäß kompensiert.**

4.2.3 Einsatzhöhe in der Ration

Die Futteraufnahme lag in einem für diese Herkunft üblichen Bereich und schwankte von durchschnittlich 29 (1.-3. Woche) bis 494 g pro Tier und Tag (16.-18. Woche; Tabelle 9). Es zeigte sich, dass lediglich in den ersten 3-Wochen-Phasen die Aufnahme der Mischung mit 30 % LEGUMI-therm gegenüber der Kontrollration signifikant höher war. Betrachtet man den gesamten Versuchszeitraum, so waren zwischen den Behandlungen keine signifikanten Unterschiede festzustellen. Sie schwankte in einem Bereich von 245 (Kontrolle) bis 265 g pro Tier und Tag (20 % LEGUMI-therm). Tendenziell nahmen die Puten die Mischungen mit LEGUMI-mix und LEGUMI-therm unabhängig vom Anteil im Vergleich zur Kontrolle besser auf. **Die Leguminosengemische fanden demzufolge bis zu einem Anteil von 30 % in der Ration eine uneingeschränkte Futterakzeptanz.**

Die Lebendmasseentwicklung der Puten zeigte einen ähnlichen Verlauf wie die Futteraufnahme (Tabelle 10). **Demnach konnten bei 30 % LEGUMI-therm gleichfalls signifikant höhere Werte von 468, 1855 und 3661 g pro Tier am 21., 42. sowie 63. Tag gegenüber der Kontrolle ermittelt werden.** Im weiteren Versuchsverlauf nahmen allerdings die Tiere besser zu, die nur 20 % LEGUMI-therm erhielten. So wurde zu Versuchsende in dieser Variante mit 11,07 kg pro Tier die signifikant höchste Lebendmasse ermittelt. Insgesamt bewertet, ist dies ein überdurchschnittlich hohes Leistungsniveau für weibliche Bronzeputen. **Ähnlich wie die Broiler zeigten auch die Puten bei 20 % LEGUMI-therm die besten Zunahmen.** In einem ähnlichen Versuch von Schmidt et al. (2007) erreichten Hennen, gleichfalls alternativer Herkunft, lediglich eine mittlere Lebendmasse von ca. 8300 g nach 18 Wochen Mast.

Die positiven Unterschiede in der Futteraufnahme und der Lebendmasse blieben jedoch ohne Wirkung auf die Futtermittelverwertung (Tabelle 11). Für den gesamten Versuchszeitraum schwankte diese von 2,99 (Kontrolle) bis 3,05 (30 % LEGUMI-therm) und unterschied sich damit nicht signifikant.

Tab. 9: Futteraufnahme der Puten in Abhängigkeit vom Anteil an LEGUMI-mix und LEGUMI-therm in der Ration (in g/d; Mittelwert, SD)

Komponente	Kontrolle		LEGUMI-mix		LEGUMI-therm		LEGUMI-mix		LEGUMI-therm		p
	0		20		30		30		30		
Anteil %	0		20		30		30		30		
Woche/Abteile	6		6		6		6		6		
1 - 3	27	± 1,7	29	± 1,7	30	± 2,6	29	± 1,4	32*	± 3,4	0,021
4 - 6	100	± 7,5	102	± 5,4	106	± 2,7	100	± 2,1	110*	± 7,4	0,019
7 - 9	181	± 13,1	193	± 13,3	207	± 9,8	185	± 6,3	204*	± 26,4	0,026
10 - 12	322	± 35,4	347	± 26,5	354	± 19,2	323	± 11,5	346	± 35,3	0,173
13 - 15	362	± 19,8	386	± 27,7	401	± 33,6	374	± 20,0	379	± 39,8	0,252
16 - 18	479	± 37,8	479	± 32,3	495	± 47,4	511	± 41,8	504	± 25,6	0,512
Gesamt	245	± 15,7	256	± 14,3	265	± 10,1	254	± 11,9	262	± 20,7	0,188

* Sternchen kennzeichnet signifikante Unterschiede zwischen Kontroll- und Versuchsrationen innerhalb der Woche (Dunnett-Test, 2-seitig, $p < 0,05$)

Tab. 10: Lebendmasse der Puten in Abhängigkeit vom Anteil an LEGUMI-mix und LEGUMI-therm in der Ration (in g; Mittelwert, SD)

Komponente	Kontrolle	LEGUMI-mix	LEGUMI-therm	LEGUMI-mix	LEGUMI-therm	p
	Anteil %	0	20	30	30	
Tag/Abteile	6	6	6	6	6	
1	59 ± 1,5	58 ± 1,7	58 ± 1,5	59 ± 1,9	59 ± 1,8	0,991
21	425 ± 32,0	441 ± 13,9	461 ± 29,5	436 ± 26,1	468* ± 24,7	0,043
42	1711 ± 154,4	1729 ± 76,6	1825 ± 51,7	1687 ± 65,0	1855* ± 110,5	0,024
63	3341 ± 285,0	3631 ± 223,2	3796* ± 168,7	3441 ± 93,4	3661* ± 238,2	0,008
84	5690 ± 505,5	6119 ± 274,3	6269* ± 175,5	5843 ± 126,0	6066 ± 247,8	0,019
105	8038 ± 465,0	8571* ± 319,8	8872* ± 135,8	8352 ± 264,7	8474 ± 408,3	0,005
126	10371 ± 504,3	10741 ± 338,7	11066* ± 367,5	10879 ± 342,2	10880 ± 301,7	0,045

* Sternchen kennzeichnet signifikante Unterschiede zwischen Kontroll- und Versuchsrationen innerhalb der Woche (Dunnett-Test, 2-seitig, $p < 0,05$)

Tab. 11: Futterverwertung der Puten in Abhängigkeit vom Anteil an LEGUMI-mix und LEGUMI-therm in der Ration (in g/g; Mittelwert, SD)

Komponente	Kontrolle		LEGUMI-mix		LEGUMI-therm		LEGUMI-mix		LEGUMI-therm		p
	0		20		30		30		30		
Anteil %											
Woche/Abteile	6		6		6		6		6		
1 - 3	1,55	± 0,055	1,61	± 0,086	1,56	± 0,056	1,63	± 0,055	1,64	± 0,141	0,265
4 - 6	1,63	± 0,042	1,67	± 0,026	1,63	± 0,013	1,68	± 0,056	1,66	± 0,042	0,114
7 - 9	2,33	± 0,146	2,14*	± 0,074	2,20	± 0,046	2,21	± 0,080	2,36	± 0,116	0,003
10 - 12	2,88	± 0,144	2,93	± 0,129	3,01	± 0,202	2,83	± 0,083	3,02	± 0,306	0,369
13 - 15	3,25	± 0,261	3,32	± 0,299	3,23	± 0,132	3,13	± 0,081	3,31	± 0,210	0,544
16 - 18	4,31	± 0,281	4,64	± 0,317	4,78	± 0,399	4,25	± 0,359	4,42	± 0,439	0,088
Gesamt	2,99	± 0,072	3,02	± 0,117	3,04	± 0,057	2,95	± 0,097	3,05	± 0,182	0,584

* Sternchen kennzeichnet signifikante Unterschiede zwischen Kontroll- und Versuchsrationen innerhalb der Woche (Dunnett-Test, 2-seitig, $p < 0,05$)

4.3 Untersuchungen mit Legehennen

4.3.1 Bestimmung der Umsetzbaren Energie (ME)

Bei den Legehennen wurden Werte für die Umsetzbarkeit der Energie aus den Gemischen von 62 (LEGUMI-mix) und 61 % (LEGUMI-therm) ermittelt, die sich nicht signifikant unterschieden (Tabelle 12).

Daraus resultierten vergleichbare Gehalte für die ME von 11,8 MJ/kg T für LEGUMI-mix sowie 11,5 MJ/kg T für LEGUMI-therm.

Tab. 12: Umsetzbarkeit der Bruttoenergie aus LEGUMI-mix und LEGUMI-therm bei der Legehene (in %, \pm SE der Schätzung, R^2)

	LEGUMI-mix			LEGUMI-therm			<i>p</i>
Bruttoenergie	62	\pm 2,6	0,98	61	\pm 3,0	1,0	0,826

Zieht man zu einem Vergleich die Ergebnisse aus den Untersuchungen von Perez-Maldonado et al. (1999) heran, in denen Erbsen (12,8 MJ/kg T), Ackerbohnen (11,7 MJ/kg T) und Lupinen (9,9 MJ/kg T) einzeln auf ihren Energiegehalt gleichfalls bei Legehennen geprüft wurden, zeigt sich, dass sich der daraus ergebende Mittelwert mit 11,5 MJ/kg T mit dem eigenen gut vergleichbar ist.

4.3.2 Bestimmung der pc verdaulichen Aminosäuren

Das Niveau in der pc Verdaulichkeit der Aminosäuren ist bei beiden Gemischen relativ hoch (Tabelle 13). Demnach betrug die mittlere Verdaulichkeit für LEGUMI-mix 89, für LEGUMI-therm 92 %. Der Unterschied ist auch hier ohne Signifikanz.

Dieses hohe Niveau in der Aminosäurenverdaulichkeit ist auch von Sojaextraktionsschrot bekannt (Huang et al. 2006). Allerdings wurden diese Untersuchungen beim Broiler durchgeführt. Ähnlich wie auch in der Verdaulichkeit der Aminosäuren im Broilerversuch festgestellt werden konnte, ist die Verdaulichkeit des Methionins mit 95 % hoch.

Tab. 13: Praecaecale Verdaulichkeit des Rohproteins und der Aminosäuren aus LEGUMI-mix und LEGUMI-therm bei der Legehene (in %, \pm SE der Schätzung, R^2)

	LEGUMI-mix			LEGUMI-therm			<i>p</i>
Rohprotein	90	\pm 2,1	0,99	93	\pm 0,9	1,00	0,204
Arginin	91	\pm 1,3	1,00	94	\pm 0,7	1,00	0,064
Isoleucin	89	\pm 2,1	0,99	93	\pm 0,9	1,00	0,085
Leucin	91	\pm 2,3	0,99	94	\pm 1,1	1,00	0,210
Lysin	90	\pm 2,0	0,99	93	\pm 1,1	1,00	0,139
Methionin	95	\pm 1,9	0,99	95	\pm 1,3	1,00	0,982
Phenylalanin	92	\pm 1,8	0,99	94	\pm 0,9	1,00	0,208
Threonin	87	\pm 3,3	0,98	90	\pm 1,4	1,00	0,363
Tryptophan	80	\pm 4,1	0,96	83	\pm 1,9	0,99	0,517
Valin	88	\pm 2,5	0,99	92	\pm 1,1	1,00	0,141

$p \leq 0,05$

4.3.3 Einsatzhöhe in der Ration

Die Futteraufnahme für die Tiere der Kontrollration lag auf einem üblichen Niveau und variierte in einem Bereich von 105 g/d in der 1. Woche bis 115 g/d in der 5. Woche (Tabelle 14).

Für die Mischungen mit 20 % LEGUMI-mix und LEGUMI-therm ergab sich eine vergleichbare Futteraufnahme auf dem Niveau der Kontrollvariante. Die Erhöhung des Anteils von LEGUMI-mix auf 30 % hatte zwar eine tendenzielle Abnahme zur Folge, war aber im Vergleich zur Kontrollration nicht signifikant. Erst bei Einsatz von 30 % LEGUMI-therm war eine signifikante Abnahme in der Futteraufnahme zu verzeichnen. **Es zeigte sich bei der Legehennen grundsätzlich eine geringere Akzeptanz bei Anteilen von 30 % der Leguminosenmischungen als bei Broiler und Pute.**

Die Lebendmasse der Hennen lag zu Versuchsbeginn im Mittel über alle Varianten bei 1870 g pro Tier (Tabelle 15). Bereits mit der Verfütterung von 20 % LEGUMI-therm nahmen die Tiere im Laufe des Versuches ab, auch wenn diese Unterschiede zur Kontrollration statistisch nicht sicherbar waren. Ein deutlicher und signifikanter Abfall wurde erst ab einem Anteil von 30 % sowohl mit LEGUMI-mix als auch mit LEGUMI-therm festgestellt.

Das Leistungspotential der Hennen war hoch (Tabelle 16). So wurden Legeleistungen für die Tiere der Kontrollration mit Sojakuchen stets von nahezu 100 % realisiert. Eine ähnliche hohe Legeleistung konnte auch für die Mischung mit 20 % LEGUMI-mix ermittelt werden. Eine tendenzielle aber statistisch nicht sicherbare Abnahme war für die Variante mit 20 % LEGUMI-therm zu verzeichnen. Die Erhöhung auf 30 % bewirkte einen deutlichen und signifikanten Abfall auf nur noch 77 % in der letzten Versuchswoche.

Zieht man für einen Vergleich wiederum Untersuchungen heran, in denen Körnerleguminosen (Einzelkomponente) eingesetzt wurden, wird deutlich, dass diese in noch höheren Anteilen verfüttert werden können als das hier geprüfte Gemisch. Selbst Anteile bis zu 35 % Erbsen führten dort zu keinem Leistungsabfall (Halle, 2015).

Demgegenüber sollten Ackerbohnen in nur geringen Mengen eingesetzt werden. In Abhängigkeit vom Vicin-Convicin-Gehalt können bereits 10 % in der Mischung zu einem Leistungsabfall führen (Halle, 2004). Reduziert man den Schalenanteil in Kombination mit einer Mikronisierung können auch höhere Anteile bis zu 24 % verfüttert werden (Laudadio and Tufarelli, 2010b). Allerdings wurde diese Mischung lediglich mit einer üblichen auf Basis von Weizen und Sojaextraktionsschrot verglichen und keine unbehandelte Ackerbohne als Kontrollvariante herangezogen.

Die Eigewichte wurden am 5. Tag der jeweiligen Versuchswoche erfasst (Tabelle 17). Diese lagen für die Hennen mit Kontrollration in einem üblichen Bereich. So wurde ein durchschnittliches Eigewicht über den gesamten Versuchszeitraum von ca. 62 g erzielt. Wie für die Legeleistung zunächst nur tendenziell festgestellt, nahm das Eigewicht bereits signifikant ab, wenn 20 % LEGUMI-therm eingesetzt wurde. Ein höherer Anteil von 30 % führte auch bei LEGUMI-mix zu einer signifikanten Reduzierung des Eigewichtes. Gleiches stellte auch Halle (2015) fest, dass bei 35 % Erbsen in der Mischung das Eigewicht abnahm.

Darüber hinaus wurden weitere Messungen zur Eischalenstabilität durchgeführt. Es konnte jedoch kein Einfluss des Gemisches festgestellt werden, weshalb auf eine Darstellung der Ergebnisse verzichtet wird.

20 % LEGUMI-mix bzw. LEGUMI-therm in den Futterrationen waren bei Legehennen bereits eine Obergrenze.

Im Vergleich zum Mastgeflügel ist bei der Legehenne in erster Linie die Eiproduktion die entscheidende Leistungsgröße. Trotz der isonutritiv gestalteten Versuchsrationen konnten die leguminosengestützten Rationen im Gegensatz zur sojabasierten offensichtlich nicht den erhöhten Nährstoffbedarf decken. Je höher der Leguminosenanteil und je länger die Fütterungsdauer, desto größer wurden die Leistungsdefizite. Die Ursachen sind möglicherweise im Nährstoffkomplex der Leguminosengemische und seinen physiologischen Auswirkungen im Stoffwechsel der Legehenne zu suchen. Demnach sollte insbesondere den Kohlenhydraten und deren Verdaulichkeit in der Ernährung des Geflügels und im speziellen bei der Legehenne eine größere Bedeutung zugestanden werden. Entsprechende Erkenntnisse wären für die Bewertung, Auswahl und Weiterentwicklung von Verfahren zur thermischen / technischen Aufbereitung der einheimischen Körnerleguminosen wichtig. Carre (2004) berichtet, dass eine thermo-mechanische Behandlung die Struktur der Stärkegranula verändern und damit die Verdaulichkeit verbessern kann.

Tab. 14: Futteraufnahme der Legehennen in Abhängigkeit vom Anteil an LEGUMI-mix und LEGUMI-therm in der Ration (in g/d; Mittelwert, SD)

Komponente	Kontrolle		LEGUMI-mix		LEGUMI-therm		LEGUMI-mix		LEGUMI-therm		p
	Anteil %		20		30		30				
Woche/Tieranzahl	18		19		18		19		15		
1	105	± 15,6	110	± 8,0	104	± 14,6	107	± 10,7	101	± 13,0	0,341
2	109	± 6,5	116	± 10,5	110	± 17,4	109	± 15,0	95*	± 19,4	0,002
3	105	± 9,7	108	± 12,1	97	± 19,9	94	± 15,2	80*	± 21,9	<0,001
4	113	± 6,8	116	± 12,7	103	± 19,1	97*	± 20,0	80*	± 25,5	<0,001
5	115	± 6,7	120	± 8,2	102	± 23,6	101	± 21,8	80*	± 22,9	<0,001
6	114	± 6,5	117	± 10,0	101	± 22,9	101	± 14,3	79*	± 25,4	<0,001
7	114	± 9,3	122	± 5,7	103	± 21,0	102	± 20,8	76*	± 22,4	<0,001
8	114	± 8,3	115	± 9,6	101	± 21,9	103	± 18,1	78*	± 21,4	<0,001
9	114	± 7,9	116	± 10,8	102	± 22,8	107	± 24,4	86*	± 21,7	<0,001
10	109	± 12,3	112	± 14,3	102	± 20,3	111	± 25,0	91*	± 20,2	0,009

* Sternchen kennzeichnet signifikante Unterschiede zwischen Kontroll- und Versuchsrationen innerhalb der Woche (Dunnnett-Test, 2-seitig, $p < 0,05$)

Tab. 15: Lebendmasseentwicklung der Legehennen in Abhängigkeit vom Anteil an LEGUMI-mix und LEGUMI-therm umi-Therm in der Ration (in g; Mittelwert, SD)

Komponente	Kontrolle		LEGUMI-mix		LEGUMI-therm		LEGUMI-mix		LEGUMI-therm		p
	Anteil %		20		30		30		15		
Woche/Tieranzahl	18		19		18		19		15		
0	1853	± 108,9	1878	± 118,9	1879	± 118,2	1870	± 120,7	1872	± 113,9	0,965
1	1830	± 132,4	1879	± 120,6	1851	± 141,9	1827	± 124,9	1801	± 117,2	0,468
2	1844	± 119,0	1894	± 128,3	1854	± 158,5	1798	± 135,1	1753	± 135,7	0,035
3	1852	± 128,9	1892	± 120,4	1837	± 149,6	1757	± 166,6	1703*	± 144,8	0,001
4	1872	± 123,8	1902	± 130,8	1834	± 170,2	1715*	± 170,9	1624*	± 173,7	<0,001
5	1889	± 123,7	1931	± 128,9	1839	± 194,2	1726*	± 176,0	1644*	± 160,4	<0,001
6	1915	± 123,3	1933	± 128,9	1830	± 215,8	1697*	± 180,3	1604*	± 187,7	<0,001
7	1924	± 118,5	1952	± 128,7	1825	± 236,2	1700*	± 197,3	1568*	± 193,8	<0,001
8	1940	± 132,4	1954	± 146,0	1809	± 251,4	1684*	± 192,6	1546*	± 212,3	<0,001
9	1949	± 130,1	1955	± 147,5	1801	± 261,7	1677*	± 189,9	1545*	± 224,7	<0,001
10	1950	± 135,4	1954	± 160,2	1796	± 263,6	1699*	± 195,6	1557*	± 229,3	<0,001

* Sternchen kennzeichnet signifikante Unterschiede zwischen Kontroll- und Versuchsrationen innerhalb der Woche (Dunnnett-Test, 2-seitig, $p < 0,05$)

Tab. 16: Wöchentliche Legeleistung in Abhängigkeit vom Anteil an LEGUMI-mix und LEGUMI-therm in der Ration (in %; Mittelwert, SD)

Komponente	Kontrolle		LEGUMI-mix		LEGUMI-therm		LEGUMI-mix		LEGUMI-therm		p
	Anteil %		20		30		30		30		
Woche/Tieranzahl	18		19		18		19		15		
1	99	± 6,9	102	± 5,3	97	± 6,4	99	± 3,8	99	± 4,3	0,175
2	99	± 5,9	98	± 4,5	97	± 10,5	98	± 7,2	97	± 5,9	0,855
3	103 #	± 6,1	98	± 6,6	96	± 17,5	98	± 7,2	88*	± 11,9	0,002
4	98	± 4,6	98	± 5,4	93	± 12,2	91	± 13,6	82*	± 20,5	0,002
5	99	± 5,9	96	± 8,0	94	± 10,0	92	± 12,0	73*	± 25,8	<0,001
6	101	± 3,4	98	± 5,4	98	± 8,8	86*	± 10,6	75*	± 19,1	<0,001
7	101	± 3,4	100	± 4,8	90*	± 15,3	91	± 12,8	72*	± 20,5	<0,001
8	101	± 3,4	100	± 0,0	92	± 12,2	89*	± 13,3	71*	± 22,9	<0,001
9	100	± 0,0	101	± 3,3	93	± 11,2	92	± 12,0	74*	± 17,2	<0,001
10	99	± 3,4	95	± 9,8	90	± 13,0	89*	± 11,2	77*	± 16,9	<0,001

* Sternchen kennzeichnet signifikante Unterschiede zwischen Kontroll- und Versuchsrationen innerhalb der Woche (Dunnnett-Test, 2-seitig, $p < 0,05$)

Legeleistung über 100 % ergeben sich durch die Einbeziehung von Fließ- und Windeiern

Tab. 17: Eigewicht in Abhängigkeit vom Anteil an LEGUMI-mix und LEGUMI-therm in der Ration (in %; Mittelwert, SD)

Komponente	Kontrolle		LEGUMI-mix		LEGUMI-therm		LEGUMI-mix		LEGUMI-therm		p
	Anteil %		20		30		30		15		
Woche/Tieranzahl	18		19		18		19		15		
1#	59	± 2,4	60	± 7,6	56	± 4,1	56	± 4,0	57	± 3,7	0,118
2	59	± 2,9	57	± 2,9	56	± 4,8	55*	± 4,7	53*	± 4,1	0,001
3	61	± 2,9	61	± 5,9	57*	± 4,6	55*	± 3,7	55*	± 3,2	<0,001
4	61	± 3,7	58	± 3,7	54*	± 4,4	53*	± 5,5	53*	± 3,2	<0,001
5	61	± 4,0	59	± 4,2	57	± 4,4	54*	± 4,2	54*	± 4,9	<0,001
6	61	± 3,2	60	± 4,0	55*	± 4,9	54*	± 5,5	54*	± 4,0	<0,001
7	62	± 3,4	60	± 2,6	57*	± 5,3	55*	± 3,1	55*	± 6,0	<0,001
8	63	± 4,0	60	± 2,9	57*	± 4,1	56*	± 4,4	54*	± 4,9	<0,001
9	63	± 3,8	59*	± 4,0	58*	± 3,7	56*	± 4,2	56*	± 4,5	<0,001
10	62	± 4,2	59	± 3,3	56*	± 4,2	55*	± 5,3	55*	± 4,6	<0,001

* Sternchen kennzeichnet signifikante Unterschiede zwischen Kontroll- und Versuchsrationen innerhalb der Woche (Dunnett-Test, 2-seitig, $p < 0,05$)

Erfassung jeweils am 5. Tag der Versuchswoche

4.4 Vergleich der Parameter zwischen den Geflügelarten

Zur besseren Interpretation aller Projektergebnisse soll im Folgenden nochmals eine zusammenfassende Bewertung der erfassten Parameter/Kennzahlen für Broiler, Pute und Legehennen gegeben werden. Eine umfangreiche Diskussion dieser ist allerdings schwierig, da nicht für alle Teilversuche vergleichbare aktuelle Untersuchungen aus der Literatur vorliegen. Dies wurde bereits in vorherigen Abschnitten angesprochen.

4.4.1 Umsetzbare Energie (ME)

Die Werte für die Umsetzbarkeit zwischen den Arten variieren nur geringfügig in einem Bereich von 61 (LEGUMI-therm, Legehennen) bis 67 % (LEGUMI-therm, Pute; Tabelle 18). Daraus resultierten Gehalte für die ME von 11,5 (LEGUMI-therm, Legehennen) bis 12,6 MJ/kg T (LEGUMI-therm, Pute). In der Tendenz setzt das Mastgeflügel wie Broiler und Pute die Energie besser um. Geringer sind die Werte für die Legehennen.

Tab. 18: Umsetzbarkeit der Bruttoenergie und Gehalt an ME aus LEGUMI-mix und LEGUMI-therm bei Broiler, Pute und Legehennen (in %, MJ/kg T)

	LEGUMI-mix			LEGUMI-therm		
	Broiler	Pute	Legehennen	Broiler	Pute	Legehennen
Umsetzbarkeit	66	66	62	65	67	61
ME	12,1	12,4	11,8	11,9	12,6	11,5

4.4.2 P_c verdauliche Aminosäuren

Betrachtet man die Angaben zur Verdaulichkeit der Leguminosenmischungen zwischen den Geflügelarten, so werden Unterschiede im Niveau offensichtlich (Tabelle 19).

Tab. 19: Praecaecale Verdaulichkeit des Rohproteins und der Aminosäuren aus LEGUMI-mix und LEGUMI-therm bei Broiler, Pute und Legehennen (in %)

	LEGUMI-mix			LEGUMI-therm		
	Broiler	Pute	Legehennen	Broiler	Pute	Legehennen
Rohprotein	85	70	90	86	76	93
Arginin	91	80	91	93	82	94
Isoleucin	88	71	89	88	77	93
Leucin	88	72	91	88	78	94
Lysin	91	75	90	88	86	93
Methionin	98	82	95	93	96	95
Phenylalanin	89	70	92	85	79	94
Threonin	84	62	87	81	72	90
Tryptophan	78	61	80	79	69	83
Valin	85	67	88	85	75	92
Mittel	88	71	89	87	79	92

Während Broiler und Legehennen die Aminosäuren, bezogen auf das Mittel, aus dem LEGUMI-mix annähernd gleich verdauten (88 vs 89 %), war die Verdaulichkeit bei den Puten mit nur 71 % deutlich niedriger. Die thermische Behandlung führte bei keiner Geflügelart zu einem signifikanten Effekt in der Verdaulichkeit. Das Niveau blieb beim Broiler annähernd gleich. Bei der Legehennen war eine tendenzielle Erhöhung um 3, bei der Pute um 8 Prozentpunkte zu verzeichnen.

Aus den Untersuchungen von Huang et al. (2000) ist gleichfalls bekannt, dass zwischen Broilern und Legehennen Unterschiede in der Verdaulichkeit des Rohproteins bestehen. So ergaben sich bei Einsatz von 8 verschiedenen Futtermitteln Differenzen von bis 5 Prozentpunkten zwischen 5 Wochen alten Broilern und 60 Wochen alten Legehennen. Rezvani et al. (2008) prüften dieselben Chargen von Soja- und Rapsextraktionsschrot bei der Legehennen, wie sie von Kluth und Rodehutschord (2006) in einem tierartenübergreifenden Versuch eingesetzt wurden. Es zeigte sich, dass die Legehennen im Vergleich zum Broiler die Aminosäuren aus beiden Extraktionsschroten schlechter verdaute.

Dies steht allerdings im Gegensatz zu den hier vorliegenden Ergebnissen, zeigt aber, dass eine Übertragbarkeit von Werten zwischen unterschiedlichen Arten nicht möglich ist.

Für alle Arten gleichermaßen zutreffend, war die hohe Verdaulichkeit des Methionins auch unabhängig von der thermischen Behandlung. Ausnahme war lediglich das Methionin aus dem LEGUMI-mix bei der Pute.

4.4.3 Einsatzhöhe in der Ration

Zur Klärung der Frage, welcher Anteil an LEGUMI-mix und LEGUMI-therm in der Ration für die jeweilige Geflügelart tolerierbar ist, sind nochmals die Angaben zur Futterverwertung, bezogen auf den Gesamtversuch, für Broiler und Pute in der Tabelle 20 zusammengefasst. Auf einen nochmaligen Vergleich mit Literaturergebnissen soll aber an dieser Stelle verzichtet werden (siehe hierfür Abschnitte 4.1.3, 4.2.3 und 4.3.3).

Für die Broiler wurde erwartungsgemäß eine bessere Futterverwertung ermittelt als für die Puten. Beim Broiler zeigte sich allerdings eine signifikante Verschlechterung in der Futterverwertung beim Einsatz des Gemisches mit 30 % Anteil. Hiervon waren beide Rationen sowohl mit LEGUMI-mix als auch LEGUMI-therm betroffen.

Im Gegensatz dazu konnte bei den Puten keine Wirkung der thermischen Behandlung auf die Futterverwertung nachgewiesen werden. Sie blieb annähernd gleich.

Entgegen den Erwartungen zeigte sich sogar, dass die Pute im Vergleich zum Broiler auch Anteile von mehr als 20 % LEGUMI-mix und LEGUMI-therm ohne negative Effekte auf die Futteraufnahme und die Lebendmassezunahme tolerierte (siehe Abschnitt 4.2.3).

Als „korrespondierende“ Kennzahlen zur Futterverwertung aus den Mastversuchen mit Broilern und Puten sollen aus dem Versuch mit den Legehennen die Legeleistung und die Eigewichte für den Vergleich herangezogen werden (Daten in Tabelle 20 nicht extra aufgeführt, siehe hierfür Abschnitt 4.3.3)¹. So reagierten die Hennen bei einem Anteil von mehr als 20 % insbesondere bei Einsatz der thermisch behandelten Variante mit einer signifikanten Verringerung in der Legeleistung und den Eigewichten.

¹ Grundsätzlich ist die Berechnung einer Futterverwertung als Kennzahl/Parameter auch bei der Legehennen möglich. Dafür werden die tägliche Eimasse und Futteraufnahme ins Verhältnis gesetzt. Rechnerisch betrachtet, können sich aber bei gleicher Abnahme des Futterverzehr und daraus resultierend des Eigewichtes niedrige Werte ergeben, die auf eine „bessere“ Futterverwertung hindeuten. Unberücksichtigt bleibt aber die Abnahme in der Lebendmasse. Aus diesem Grund soll auf eine Angabe dieses Parameters für die Legehennen verzichtet werden.

Insgesamt betrachtet kann aus allen Leistungsversuchen geschlussfolgert werden, dass ab einem Anteil von mehr als 20 % des eingesetzten Gemisches vor allem beim Broiler und der Legehennen mit Leistungseinbußen zu rechnen ist. Bis zu dieser Einsatzhöhe scheint es unerheblich zu sein, ob das Produkt thermisch behandelt wurde oder nicht. Dagegen sind bei der Pute Anteile mit 30 % beider Gemische durchaus einsetzbar. Die vorliegenden Ergebnisse zur Einsatzhöhe bestätigen im Wesentlichen die bisher gültigen Restriktionen zum Einsatz von Körnerleguminosen in der Geflügelfütterung. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass Ackerbohne, Erbse und Lupine in Form eines Gemisches geprüft wurden und folglich keine Rückschlüsse zwischen Einsatzhöhe und Einzelkomponente gezogen werden können.

Tab. 20: Futterverwertung von Broilern und Puten in Abhängigkeit vom Anteil an LEGUMI-mix und LEGUMI-therm mi-Therm in der Ration (in g/g)

Komponente	Kontrolle		LEGUMI-mix		LEGUMI-therm		LEGUMI-mix		LEGUMI-therm	
	0		20		30		30		30	
Anteil %	Broiler	Pute	Broiler	Pute	Broiler	Pute	Broiler	Pute	Broiler	Pute
Gesamtversuch	2,43	2,99	2,45	3,02	2,47	3,04	2,49*	2,95	2,49*	3,05

* Sternchen kennzeichnet signifikante Unterschiede zwischen Kontroll- und Versuchsrationen innerhalb der Geflügelart (Dunnnett-Test, 2-seitig, $p < 0,05$)

5. Aussagen zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die vorliegenden Ergebnisse zum Gehalt an ME und pc verdaulichen Aminosäuren können unmittelbar den Anwendern aus der Beratung oder der Mischfutterindustrie für eine Optimierung von Mischungen/Rationen für das Geflügel zur Verfügung gestellt werden.

Erreichbare Höhe der Sojaeinsparung

Bei Aufnahme von 20 % der Leguminosengemische in getoasteter oder nativer Form in die Futterrationen der geprüften Geflügelarten sind ca. 50 % des dortigen bisherigen Anteils an Soja ohne signifikante Minderung der Tierleistungen einsparbar. Ein Quervergleich zum Fütterungsprojekt 11NA34 mit Ferkeln bestätigt die Höhe der Einsparbarkeit des Sojas. Ein Quervergleich zu exakten Fütterungsversuchen mit HTS-getoasteten Lupinen für Milchkühe zeigt ein Einsparpotential für Soja von 100 %.

Monetäre Bewertung der Fütterungsvarianten

Auf der Grundlage der Marktpreise vom 15.09.2015 für die verwendeten Futtermittel ökologisch / konventionell waren die Versuchsrationen im Projekt mit 20 % LEGUMI-mix im Mittel um 0,87 / 1,25 €/dt billiger und die mit 20 % LEGUMI-therm um 0,83 / 0,75 €/dt teurer als die Kontrollvariante mit Sojapreßkuchen.

In Abhängigkeit von schwankenden Marktpreisen muss zeitweilig mit erhöhten Futterkosten im Zuge einer Sojasubstitution gerechnet werden.

Vorteile des Mischens und Toastens der Körnerleguminosen

Native Körnerleguminosen als Einzelfruchtarten können unter Beachtung bekannter Restriktionen in herkömmlicher Weise an Geflügel / Monogastrier verfüttert werden. LEGUMI-mix als 1:1:1-Mischung der Süßlupinen, Ackerbohnen und Erbsen verkörpert bereits mehrere Vorzüge:

- Kompensation bestehender Unterschiede in den Gehalten an Nährstoffen sowie antinutritiven Inhaltsstoffen der Einzelleguminosen mit Erhöhung der Deklarationstreue,
- nur ein Handelsprodukt anstelle von drei Einzelprodukten mit Eignung für alle Nutztierarten,
- dreifaches Versorgungspotential im Vergleich zu einer Einzelfruchteinheit,
- Herausforderung des Anbaus aller Körnerleguminosen in den Regionen,
- Herausbildung eines geeigneten regionalisierten oder zentralisierten Rohstoff- und Fertigproduktmanagements, z.B. vergleichbar zum Handel mit Rapskuchen / -extraktionsschrot oder Sojakuchen / -extraktionsschrot.

LEGUMI-therm® verkörpert diese und darüber hinaus weitere positive Merkmale, die in der Summe eine polyfaktorielle Erhöhung der Futterwertigkeit des getoasteten Leguminosengemisches bewirken. Wie bereits in Abschnitt 2 darauf verwiesen wurde, vermittelt Tabelle 21 dazu eine Übersicht zu Analysen, Fütterungsversuchen und in der mehrjährigen Fütterungspraxis bestätigte und mit dem HTS-Toasten der Börde-KRAFTKORN-SERVICE GmbH reproduzierbare Sachverhalte. Das Vorteilspotential ist beim derzeitigen Erkenntnisstand zusammenfassend wie folgt einzuschätzen: Native Einzelleguminosen < LEGUMI-mix < LEGUMI-therm®.

Tierproduzenten und die Mischfutterindustrie sind vor die Entscheidung gestellt, in welcher Weise sie die Körnerleguminosen und das gestaltbare betriebswirtschaftliche Effizienzpotential nutzen wollen und können.

Tab. 21: Durch Mischen und HTS-Toasten als Ganzkorn bedingte Erhöhung der Futterwertigkeit von Körnerleguminosen (Börde-KRAFTKORN-SERVICE GmbH, 39397 Gröningen, OT Dalldorf)

Technisch bedingte Faktoren der Futterwertigkeit	Verkörperung in den Körnerleguminosen		
	Einzel-Leguminosen ungetoastet	Mischung LEGUMI-mix ungetoastet	Mischung LEGUMI-therm® getoastet
Keimbesatzminderung, Futterhygienisierung	-	-	+
Wasserentzug, Trockenmasse-Erhöhung	-	-	+
Erhöhung der Konzentration der Inhaltsstoffe	-	-	+
Restfeuchte < 7%, verbesserte Lagerfähigkeit	-	-	+
Leichte Schrotbarkeit	-	+	+
Geschmacksneutralisierung süßlich-nussig	-	-	+
Gute Futteraufnahme	+	+	+
Verdaulichkeit der organischen Substanz > 90%	-	-	+
pc-Verdaulichkeit von Rohprotein und Aminosäuren	+	+	+
Gehalt an umsetzbarer Energie MJ ME	+	+	+
Thermisch reduzierte antinutritive Inhaltsstoffe	-	-	+
Pansenstabiler Anteil am Rohprotein 40%	-	-	+
handels- und futtermitteltechnische Vorteile als Mix	-	+	+
Mix-Kompensation von Inhaltsstoffunterschieden, erhöhte Deklarationstreue	-	+	+
Kostenvorteil	+	+	-
Summe als Vorteilspotential	4	7	14

Bewertung des angewendeten Toastverfahrens

Das Toasten der Körnerleguminosen in Form der ganzen Körner mit Hilfe des CROCUS-Drehtrommeltoasters im Hochtemperatur-Kurzzeitverfahren (HTS) mit trockener Hitze im Flüssiggasbetrieb hat sich bewährt. Erfordernisse zur Veränderung der Verfahrenstechnik sind aus den Erkenntnissen im Projekt nicht abzuleiten.

Zur Weiterentwicklung der Produktqualität des LEGUMI-therms als Substitut für importiertes Soja wird jetzt auf eine Standardisierung des Rohproteingehaltes hingearbeitet. Mit der Lösung soll den starken Schwankungen des Rohproteingehaltes der jeweils verfügbaren Rohstoffchargen entgegengewirkt werden.

Die großtechnische Anlage der Börde-Kraftkorn-Service GmbH arbeitet seit dem Jahr 2000 erfolgreich. Die potentielle Arbeitskapazität liegt bei 20.000 Tonnen pro Jahr. Das getoastete Ganzkorn ist ganzjährig lagerfähig.

Als weiteres großtechnisches Verfahren kommt vor allem die druckthermische Aufbereitung mittels Extruder-/ Expander-Technik in Betracht. Hier werden die Körnerleguminosen zuvor geschrotet. Das Extrudat weist einen höheren Stärkeaufschluss, aber geringere Lagereignung auf als das getoastete Ganzkorn.

Beide Verfahren sind für die großtechnische Herstellung von einheimischen Substituten für importiertes Soja geeignet. Kleinere technische Anlagen und andere Verfahrenslösungen stehen weniger für die Mischfutterindustrie sondern mehr für die regionale, zum Teil innerbetriebliche Aufbereitung direkt für Tierproduktionsbetriebe zur Auswahl. Hier gewinnt die Lohnaufbereitung an Bedeutung.

6. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen

Die im Projekt ursprünglich geplanten Ziele sind realisiert worden. Die Untersuchungen zur Messung des Energiegehaltes und der pc verdaulichen Aminosäuren sowie entsprechende Leistungsversuche wurden mit den Nutzgeflügelarten Broiler, Pute und Legehennen im Rahmen der vorgesehenen 9 Teilversuche durchgeführt. Die vorliegenden Ergebnisse wurden auf der Grundlage von standardisierten Methoden gewonnen. Von Nachteil war, dass die angestrebte Teilentschälung des LEGUMI-therms nicht für die Versuche mit Broilern und Puten realisiert werden konnte.

7. Zusammenfassung

Ziel des Projektes war es, einheimische proteinreiche Futtermittel für das Geflügel hinsichtlich des Futterwertes zu prüfen. Es wurde ein Gemisch aus thermisch behandelten Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen („LEGUMI-therm“) untersucht. Als Kontrollvariante wurde das gleiche Gemisch, thermisch unbehandelt („LEGUMI-mix“), einbezogen, um einen möglichen Effekt der Behandlung bewerten zu können. Nach methodisch standardisierten Verfahren wurden bei Broiler, Pute und Legehennen die Gehalte an Umsetzbarer Energie (ME) und praecaecal (pc) verdaulichen Aminosäuren gemessen. Darüber hinaus wurden Fütterungsversuche zur Klärung der geeigneten Einsatzhöhe dieser Gemische durchgeführt. Es wurden folgende Ergebnisse erzielt:

Die Umsetzbare Energie sowie die pc Verdaulichkeit des Rohproteins und der Aminosäuren wurden durch das angewendete HTS-Toasten der ganzen Leguminosenkörner und das 1:1:1 Mischen nicht beeinflusst.

Die Mittelwerte für die Energie aus beiden Gemischen lagen in einem Bereich von 11,6 (Legehennen), über 12,0 (Broiler) bis 12,5 MJ/kg T (Pute).

Die mittlere pc Verdaulichkeit der Aminosäuren aus dem LEGUMI-mix war bei Broiler und Legehennen am höchsten (88 und 89 %). Eine deutlich geringere Verdaulichkeit mit nur 71 % wurde bei den Puten ermittelt. Tendenziell war bei der Pute eine Erhöhung um 8,

bei der Legehennen um 3 Prozentpunkte festzustellen. Die Verdaulichkeit beim Broiler blieb nahezu unverändert (87 %). Dieses Ergebnis gestattet auch die Schlussfolgerung, dass durch das hier angewandte Toastverfahren keine Hitzeschädigungen des Rohproteins bzw. der Aminosäuren hervorgerufen wurden.

Sowohl das LEGUMI-therm® als auch das LEGUMI-mix sind für die Fütterung von Broilern, Puten und Legehennen geeignet. Die geeignete Einsatzmenge für beide Produkte lag bei 20 % in den Futtermischungen für Broiler und Legehennen. Puten tolerierten 30 %.

Mit 20 % der Leguminosenmischungen konnten in den Versuchsrationen 50 % des Sojaanteils bei vergleichbaren Tierleistungen eingespart werden. Auf der Grundlage der Marktpreise vom 15.09.2015 für die verwendeten Futtermittel ökologisch / konventionell waren die Versuchsrationen im Projekt mit 20 % LEGUMI-mix im Mittel um 0,87 / 1,25 €/dt billiger und die mit 20 % LEGUMI-therm um 0,83 / 0,75 €/dt teurer als die Kontrollvariante mit Soja.

Den Kosten für die Aufbereitung steht ein erhöhtes Potential der Futterwertigkeit im Sinn der neuen Eiweißstrategie gegenüber: Native Einzelfruchtarten > LEGUMI-mix > LEGUMI-therm®.

Literaturverzeichnis

- Arija, I. C. Centeno, A. Viveros, A. Brenes, F. Marzo, J.C. Illera and G. Silvan (2006): Nutritional evaluation of raw and extruded kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L. var. pinto) in chicken diets. *Poult. Sci.* 85, 635-644
- Boguhn, J., H. Kluth, M. Bulang, T. Engelhard, J. Spilke and M. Rodehutschord (2008): Effects of including thermally treated lupins instead of soybean meal and rapeseed meal in total mixed rations on *in vitro* microbial yield and performance of dairy cows. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 92, 694-704
- Brandt M. and S.M. Allam (1987): Analytik von TiO₂ im Darminhalt und Kot nach Kjeldahlaufschluß. *Arch. Anim. Nutr.* 37, 453-454
- Brenes, A., R.R. Marquardt, W. Guenter and A.A. Rotter (1993): Effect of enzyme supplementation on the nutritional value of raw, autoclaved, and dehulled lupins (*Lupinus albus*) in chicken diets. *Poult. Sci.* 72, 2281-2293
- Carre, B. (2004): Causes for variation in digestibility of starch among feedstuffs. *World's Poult. Sci.* 60, 76-89
- Castell, A.G., W. Guenter and F.A. Igbasan (1996): Nutritive value of peas for nonruminant diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 60, 209-227
- Farrell, D.J., R.A. Perez-Maldonado and P.F. Mannion (1999): Optimum inclusion of field peas, faba beans, chick peas and sweet lupins in poultry diets. II. Broiler experiments. *Brit. Poult. Sci.* 40, 674-680
- Gatel, F. and F. Grosjean (1990): Composition and nutritive value of peas: A review of European results. *Livest. Prod. Sci.* 26, 155-175
- Halle, I. (2004): Einfluss gestaffelter Gehalte an zwei Sorten Erbsen und Ackerbohnen im Legehennenfutter auf die Leistungsmerkmale. In: M. Rodehutschord (Hrsg.) 8. Tagung Schweine- und Geflügelernährung 23.-25. November 2004, Lutherstadt Wittenberg, Landwirtschaftliche Fakultät, Institut für Ernährungswissenschaften, 106-108
- Halle, I. (2015): Alternativen (Rapsextraktionsschrot/Erbsen) zu Sojaextraktionsschrot in der Legehennenfütterung. In: A. Zeyner, H. Kluth, M. Bulang, M. Bochnia und M. Glatter (Hrsg.) 13. Tagung Schweine- und Geflügelernährung 24.-26. November

- 2015, Lutherstadt Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Universität Halle-Wittenberg, 126-127
- Huang, K.H., V. Ravindran, L.I. Hew and W.L. Bryden (2000): Ileal protein digestibility of eight feed ingredients determined with broilers and layers. Proc. Aust. Poult. Sci. Symp. 12, 198 (abstract)
- Huang, K.H., X. Li, V. Ravindran and W.L. Bryden (2006): Comparison of apparent ileal amino acid digestibility of feed ingredients measured with broilers, layers, and roosters. Poult. Sci. 85, 625-634
- Igbasan, F.A. and W. Guenter (1997): The influence of micronization, dehulling, and enzyme supplementation on the nutritional value of peas for laying hens. Poult. Sci. 76, 331-337
- Kempkens, K. (2016): Untersuchungen zum Einsatz eines hydrothermisch behandelten Gemisches aus einheimischen Körnerleguminosen in der ökologischen Ferkelaufzucht. www.bundesprogramm.de/index.php?id=917&fkz=11NA034&pos=800
- Kluth, H., K. Mehlhorn and M. Rodehutschord (2005a): Studies on the intestine section to be sampled in broiler studies on precaecal amino acid digestibility. Arch. Anim. Nutr. 59, 271-279
- Kluth, H., M. Mantei, C. Elwert and M. Rodehutschord (2005b): Variation in precaecal amino acid and energy digestibility between pea (*Pisum sativum*) cultivars determined using a linear regression approach. Brit. Poult. Sci. 46, 325-332
- Kluth, H. and M. Rodehutschord (2006): Comparison of amino acid digestibility in broiler chickens, turkeys, and Pekin ducks. Poult. Sci. 85, 1953-1960
- Kluth, H., E. Wolf und M. Rodehutschord (2008): Untersuchungen zum Gehalt an ME und präcaecal verdaulichen Aminosäuren von Getreidetrockenschlempe beim Broiler. 120. VDLUFA-Kongress, 16.-19. September 2008, Jena, Langversion, CD, 142-148
- Kozłowski, K., J. Jankowski, J. Zentek, F. Goodarzi Borojeni, M. Senz and A. Dražbo (2015): Estimation of the standardized ileal digestibility of amino acids of pea products in growing turkeys. In: A. Zeyner, H. Kluth, M. Bulang, M. Bochnia und M. Glatter (Hrsg.) 13. Tagung Schweine- und Geflügelernährung 24.-26. November 2015, Lutherstadt Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Universität Halle-Wittenberg, 139-140
- Laudadio V. and V. Tufarelli (2010a): Growth performance and carcass and meat quality of broiler chickens fed diets containing micronized-dehulled peas (*Pisum sativum* cv. Spirale) as a substitute of soybean meal. Poult. Sci. 89, 1537-1543
- Laudadio, V. and V. Tufarelli (2010b): Treated fava bean (*Vicia faba* var. minor) as substitute for soybean meal in diet of early phase laying hens: Egg-laying performance and egg quality. Poult. Sci. 89, 2299-2303
- Mariscal-Landín, G., Y. Lebreton and B. Sève (2002): Apparent and standardised true ileal digestibility of protein and amino acids from faba bean, lupin and pea, provided as whole seeds, dehulled or extruded in pig diets. Anim. Feed Sci. Technol. 97, 183-198
- Nalle, C.L., V. Ravindran and G. Ravindran (2011): Nutritional value of narrow-leafed lupin (*Lupinus angustifolius*) for broilers. Br. Poult. Sci. 52, 775-781
- Naumann C. und R. Bassler (1976): Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA Methodenbuch, Bd. III, 3. Auflage, 2. Ergänzungslieferung 1988 und 3. Ergänzungslieferung, 1993. VDLUFA-Verlag, Darmstadt
- Olkowski, A.A., B.I. Olkowski, R. Amarowicz and H.L. Classen (2001): Adverse effects of dietary lupine in broiler chickens. Poult. Sci. 80, 621-625

- Olkowski, B.I., H.L. Classen, C. Wojnarowicz and A.A. Olkowski (2005): Feeding high levels of lupine seeds to broiler chickens: Plasma micronutrient status in the context of digesta viscosity and morphometric and ultrastructural changes in the gastrointestinal tract. *Poult. Sci.* 84: 1707-1715
- Olver, M.D. and A. Jonker (1997): Effect of sweet, bitter and soaked micronised bitter lupins on broiler performance. *Brit. Poult. Sci.* 38, 203-208
- Perez-Maldonado, R.A., P.F. Mannion and D.J. Farrell (1999): Optimum inclusion of field peas, faba beans, chick peas and sweet lupins in poultry diets. I. Chemical composition and layer experiments. *Br. Poult. Sci.* 40, 667-673
- Rezvani, M., H. Kluth, C. Elwert and M. Rodehutschord (2008): Effect of ileum segment and protein sources on net disappearance of crude protein and amino acids in laying hens. *Br. Poult. Sci.* 49, 28-36
- Rodehutschord, M., M. Kapocius, R. Timmler and A. Dieckmann (2004): Linear regression approach to study amino acid digestibility in broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 45, 85-92
- Schmidt, E., G. Bellof 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 Geflügelkde* 71, 207-218
- Wiseman, J., W. Al-L-Mazooqi, T. Welham and C. Domoney (2003): The apparent ileal digestibility, determined with young broilers, of amino acids in near-isogenic lines of peas (*Pisum sativum* L) differing in trypsin inhibitor activity. *J. Sci. Food Agric.* 83, 644-651

9. Übersicht über alle im Berichtszeitraum realisierten Veröffentlichungen

- Nülken, Claudia, U. Abraham und H. Kluth (2015): Fütterung einheimischer Körnerleguminosen im Gemisch - thermisch behandelt - bei langsam wachsenden Masthähnchen. 127. VDLUFA-Kongress, 15.-18. September 2015, Göttingen, Tagungsband, 535-541
- Nülken, Claudia, U. Abraham und H. Kluth (2015): Influence of grinding intensity on the precaecal amino acid digestibility from legumes in laying hens. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 24, 165
- Nülken, Claudia, U. Abraham und H. Kluth (2014): Einsatz eines Gemisches aus thermisch behandelten einheimischen Körnerleguminosen (LEGUMI-therm®) bei der Legehennen. Fachtagung „Leguminosen - Bausteine einer nachhaltigeren Landwirtschaft“, 28.-29. Oktober 2014, Bonn-Bad Godesberg
- Nülken, Claudia, U. Abraham und H. Kluth (2013): Untersuchungen zum Gehalt an ME und praecaecal verdaulicher Aminosäuren aus einem Gemisch einheimischer thermisch behandelter Körnerleguminosen (LEGUMI-therm®) bei der Legehennen. In: Zeyner, A., Stangl, G. I., Kluth, H., Kluge, H. und Bulang, M. (Hrsg.) 12. Tagung Schweine- und Geflügelernährung 12.-14. November 2013, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, 207-209

Halle (Saale),

PD Dr. Holger Kluth