



## Untersuchungen zur Aminosäurenverdaulichkeit bei Geflügel unterschiedlicher Herkunft und Nutzungsrichtung

### Erstellt von:

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften  
Emil-Abderhalden-Straße 26, 06108 Halle (Saale)  
Tel.: +49 345 55-22700, Fax: +49 345 55-27050  
E-Mail: [te-halle@landw.uni-halle.de](mailto:te-halle@landw.uni-halle.de)  
Internet: <http://www.uni-halle.de>

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

Dieses Dokument ist über <http://forschung.oekolandbau.de> verfügbar.



Zuwendungsempfänger:

**Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg**

Universitätsplatz 10

06108 Halle/Saale

Förderkennzeichen:

**514-43.20/03OE386**

Vorhabenbezeichnung:

**Untersuchungen zur Aminosäurenverdaulichkeit bei Geflügel unterschiedlicher Herkunft und Nutzungsrichtung**

Laufzeit des Vorhabens:

01.12.2004 - 31.03.2007

Berichtszeitraum:

01.12.2004 - 31.03.2007

## **Schlussbericht**

### **1. Ziele und Aufgabenstellung des Projektes**

Das Projekt hatte das Ziel, die Futtermittelbewertung von Proteinträgern ökologischer Herkunft auf der Basis der praecaecal (pc) verdaulichen Aminosäuren vorzunehmen. Grundsätzlich besteht mit diesem Futterwertkriterium die Möglichkeit, die Versorgung des Nutzgeflügels mit Rohprotein bzw. Aminosäuren zu optimieren. Darüber hinaus sollte geprüft werden, ob zwischen unterschiedlichen Nutzungsrichtungen beim Geflügel Unterschiede in der pc Verdaulichkeit von Aminosäuren bestehen.

#### **1.1 Planung und Ablaufes des Projektes**

Das Projektziel, die Proteinträger Sojabohne (getoastet), Rapskuchen, Mais- und Weizenkleber sowie Kartoffelprotein bei Broilern, Puten und Legehennen zu prüfen, konnte in seiner Gesamtheit bearbeitet werden.

Es wurden insgesamt 10 Versuche durchgeführt. Die Sojabohne, der Rapskuchen, die Kleberproteine sowie das Kartoffelprotein wurden beim Broiler eingesetzt (5 Versuche).

Bei der Pute und der Legehennen kamen wie vorgesehen die Sojabohne und der Maiskleber zum Einsatz (jeweils 2 Versuche).

Zusätzlich und kostenneutral wurde Sojabohnenkuchen in das Versuchsprogramm mit Broilern aufgenommen, da es ein Futtermittel ist, das regional relativ weit verbreitet ist und einfach zu beschaffen war.

Die Proteinträger wurden von den angegebenen Lieferanten bezogen. Ökologisch produzierter Maiskleber war trotz intensiver Bemühungen nicht zu beschaffen, so dass nach Absprache mit dem Zuwendungsgeber konventioneller Maiskleber verwendet wurde.

---

Sojabohne (getoastet), Rapskuchen	Kaisermühle, Ottmar Kaiser GmbH & Co.KG, 97450 Arnstein-Gänheim
Kartoffelprotein	Demeter Felderzeugnisse GmbH, 64660 Alsbach
Weizenkleber	Gut Rosenkrantz Handelgesellschaft für Naturprodukte mbH, 24539 Neumünster
Maiskleber	SAFU, 06779 Salzfurkapelle
Sojabohnenkuchen	Mischfutter- und Landhandel GmbH, 06388 Edderitz

---

## 1.2 Wissenschaftlicher und technischer Standard, an den angeknüpft wurde

Die Bewertung von Futtermitteln auf Basis der *pc* Verdaulichkeit von Aminosäuren gewinnt in der Geflügelfütterung zunehmend an Bedeutung. Der Vorteil gegenüber Messungen in den Exkrementen ist mittlerweile unumstritten, da die post-ilealen mikrobiellen Aminosäureumsetzungen erheblich sein und zur Fehleinschätzung des Futterwertes führen können (Ten Doeschate et al., 1993; Ravindran et al., 1999; Kadim et al., 2002). In den vergleichenden Untersuchungen von Ravindran et al. (1999) mit Broilern, in denen 12 verschiedene Einzelfuttermittel geprüft wurden, zeigte sich, dass die post-ilealen Aminosäureumsetzungen zu Unterschieden in der Verdaulichkeit der Aminosäuren führen. Dabei waren die Unterschiede zwischen den verschiedenen Messorten zwischen den Futtermitteln in ihrer Höhe verschieden und nicht gleichgerichtet.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist eine konsequente Berücksichtigung der Aminosäureverdaulichkeit in der praktischen Anwendung noch nicht möglich, weil einerseits Messdaten für die wichtigsten Futtermittel fehlen und auch die Versorgungsempfehlungen für verdauliche Aminosäuren noch nicht vorliegen. Dies betrifft sowohl den konventionellen als auch den ökologischen Landbau.

Ein methodisch kritischer Punkt bei der Bestimmung der pc Verdaulichkeit ist die Berücksichtigung der endogenen Aminosäureausscheidungen. Je nach verwendeter Bestimmungsmethode können die Werte sehr unterschiedlich sein und die Methode der Wahl im Sinne eines Standards gibt es nicht (Sauer et al., 2000). Hinzu kommt, dass eine Differenzierung zwischen basalen und spezifischen endogenen Ausscheidungen nicht bei jedem methodischen Ansatz möglich ist. Sie unterliegen verschiedenen Einflussfaktoren, weshalb die Ansätze zu ihrer Quantifizierung sehr unterschiedlich sind.

Die beim Geflügel häufig vorgenommene Quantifizierung der endogenen Ausscheidungen durch Verabreichung N-freier Rationen scheint jedenfalls eine Unterschätzung zu beinhalten (Ravindran et al., 2000). Nach einem Vergleich mit Messungen bei Einsatz von enzymatisch hydrolysiertem Casein (EHC) und guanidiniertem Casein lehnen Ravindran et al. (2004) diese Methode ab, weil sie wegen der proteinfreien Ernährungssituation realitätsfremd sei.

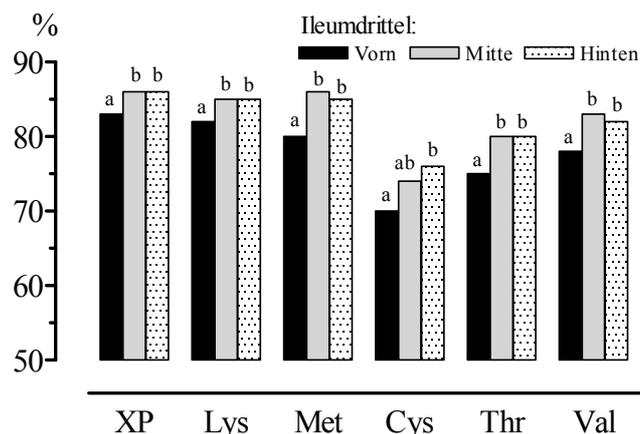
Rutherford et al. (2004) führten ebenfalls Messungen zur Höhe der endogenen AS-Ausscheidungen mittels EHC durch. Sie wichen in der Höhe von den Ergebnissen anderer Untersuchungen deutlich ab. Die Autoren heben die großen Unterschiede in den ermittelten Daten zwischen verschiedenen Laboren, aber auch innerhalb der eigenen Arbeitsgruppe hervor. Als Variationsursachen vermuten sie neben dem Alter der Tiere auch unterschiedliche Qualitäten des eingesetzten EHC.

Die Annahme, dass endogene Ausscheidungen von der Höhe der Futteraufnahme abhängig seien, ist aufgrund neuerer Erkenntnisse zu hinterfragen. Auf der Basis von Futtermischungen mit EHC waren bei Broilern im Alter von 14 bzw. 42 Tagen und bei einem Futterverzehr von 28 bzw. 108 g/d die endogenen Ausscheidungen, bezogen auf die verzehrte Trockensubstanz, bei den älteren Tieren je nach AS zwischen 20 und 90% höher als bei den jüngeren (Ravindran und Hendricks, 2004). Dies bestätigt die Notwendigkeit, im Falle einer „Korrektur“ von Messwerten die endogenen Ausscheidungen unter den Bedingungen des jeweiligen Versuches zu messen. Hiermit sind die grundsätzlichen methodischen Schwierigkeiten bei der Ermittlung der endogenen Ausscheidungen aber noch nicht gelöst.

Im Rahmen eigener methodischer Vorarbeiten wurde ein Ansatz entwickelt, der mit Broilern die Ermittlung der pc Verdaulichkeit von Aminosäuren ermöglicht, ohne dass eine Korrektur um endogene Aminosäureausscheidungen notwendig ist. Dies ist möglich, wenn die Verdaulichkeiten über Regressionsrechnung auf der Grundlage von gestaffelten Zulagen des zu prüfenden Proteins ermittelt werden (Rodehutschord et al., 2004). Aufbauend auf diesem methodischen Ansatz konnte in weiteren Untersuchungen geklärt werden, dass zwischen Erbsensorten Unterschiede in der pc Verdaulichkeit um bis zu 20% bestehen (Kluth et al., 2005a).

Prinzipiell setzt die Etablierung von Methoden zur Futtermittelbewertung ihre Standardisierung voraus. Für die Messung der *pc* Verdaulichkeit von Aminosäuren ist die Verwendung eines repräsentativen Dünndarmabschnittes notwendig, wobei dies einen abgeschlossenen Verdauungsprozess voraussetzt. Beim Schwein wird nach operativer Behandlung Chymus am lebenden Tier am Ende des Ileums quantitativ oder stichprobenartig gewonnen (GfE, 2002). Prinzipiell ist die Anwendung operativer Techniken beim Geflügel gleichfalls möglich (Johns et al., 1986), hat sich jedoch wegen methodischer Schwierigkeiten nicht durchgesetzt. Als Alternative hat sich beim Geflügel die Gewinnung von Chymus unmittelbar nach der Tötung etabliert, zumal sich über den Einsatz von unverdaulichen Markern die Verdaulichkeit ermitteln lässt.

International üblich ist die Entnahme des Abschnittes zwischen dem Meckel'schen Divertikel und der Einmündung der Blinddarmsäcke in das terminale Ileum. Bei Betrachtung verschiedener Untersuchungen zeigt sich jedoch, dass dieser Abschnitt in unterschiedliche Teilabschnitte gegliedert und diese zur Chymusgewinnung herangezogen wurden (Short et al., 1999; Ravindran et al., 1999; Wiseman et al., 2003). Bislang wurde davon ausgegangen, dass es in Teilabschnitten des terminalen Ileums nicht mehr zu Unterschieden in der Verdaulichkeit der Aminosäuren kommt. Allerdings wurden in Untersuchungen von Kluth et al. (2005b) bei einer Drittelung des Abschnittes zwischen dem Meckel'schen Divertikel bis 2 cm vor der Einmündung der Blinddarmsäcke in das terminale Ileum im proximalen Drittel eine um 3 bis 6 Prozentpunkte niedrigere Verdaulichkeit als im medialen und terminalen Drittel gemessen (Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Verschwindensrate von Rohprotein (XP) und ausgewählten Aminosäuren aus dem Ileum von Broilern, gemessen in drei Abschnitten (Kluth et al., 2005)

In Untersuchungen mit Legehennen wurde dieser Befund prinzipiell bestätigt (Rezvani et al., 2005). Die Autoren empfehlen deshalb für zukünftige Untersuchungen zur

Beschreibung des Futterwertes auf Basis der pc Aminosäurenverdaulichkeit lediglich den Chymus aus den letzten beiden Dritteln des Abschnittes zwischen Meckel'schem Divertikel und Einmündung der Caeca zu entnehmen.

Dagegen erscheint die Verwendung von in ihrer Länge definierten Abschnitten ungeeignet, da die tierindividuelle Variation in der Länge des betrachteten Abschnittes auch bei gleichem Alter oder gleicher Lebendmasse sehr groß ist (Kluth et al., 2005).

Nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand kann davon ausgegangen werden, dass eine Übertragbarkeit von Daten zur pc Verdaulichkeit zwischen verschiedenen Geflügelarten nicht möglich ist. Unterschiede bestehen zwischen Hähnen und 3 Wochen alten Broilern, wobei letztgenannte nach den Untersuchungen von Johns et al. (1986) eine höhere Verdaulichkeit aufwiesen. Ähnliche Differenzen fanden Huang et al. (2000) zwischen 5 Wochen alten Broilern und 60 Wochen alten Legehennen. Die Unterschiede von bis zu 5% ergaben sich allerdings nur in der Verdaulichkeit des Rohproteins. In neueren Tierarten übergreifenden Untersuchungen mit Broilern, Puten und Pekingenten von Kluth und Rodehutsdord (2006) konnte dies bestätigt werden. Für die Ente wurde ein deutlich geringeres Verdauungspotential für die geprüften Komponenten Raps- und Sojaseextraktionsschrot ermittelt im Vergleich zu Broiler und Pute. Demgegenüber ist eine Übertragbarkeit von Werten zwischen Broilern verschiedener genetischer Herkünfte gegeben (Ganzer et al., 2006a).

Ganzer et al. (2006b) zeigten, dass Unterschiede in der Futteraufnahme der Tiere, die sich aus der Zulage eines Proteinträgers ergeben können, zu einer Beeinflussung der ermittelten Verdaulichkeit für den Proteinträger führen. Zur Vermeidung dieses Einflusses ist die Grundmischung mit dem niedrigen Proteingehalt, wie sie auch Grundlage der Versuche in diesem Projekt war, mit freien Aminosäuren zu ergänzen (Ganzer et al., 2006b). Hierzu gibt es wissenschaftlich-methodisch keine Alternative, wenn deutlich exzessive Gehalte an Rohprotein vermieden werden sollen.

## **2. Material und Methoden**

### **2.1 Gehalte an Rohnährstoffen und Aminosäuren der Proteinträger**

Die im Projekt geprüften Proteinträger einschließlich des Sojabohnenkuchens sind zunächst in der Tabelle 1 hinsichtlich ihrer Gehalte an Rohnährstoffen und Aminosäuren zusammenfassend dargestellt.

Alle geprüften Proteinträger lagen in einem für sie jeweils üblichen Bereich der Nährstoffgehalte. Der Weizenkleber wies den höchsten Gehalt an Rohprotein mit 798 g/kg auf. Es folgten mit abnehmenden Gehalten das Kartoffelprotein mit 666 g/kg sowie der Maiskleber mit 571 g/kg. Dagegen wurden im Rapskuchen als Koppelprodukt der Ölgewinnung und in den getoasteten Sojabohnen die niedrigsten Gehalte mit nur 319 und 360 g/kg analysiert.

**Tabelle 1:** Gehalte an Rohnährstoffen (g/kg) und essentiellen Aminosäuren (g/16 g N)

	Proteinträger					
	Raps- kuchen	Soja- bohne	Soja- bohnen- kuchen	Mais- kleber	Weizen- kleber	Kartoffel- protein
Rohasche	59	54	59	17	38	28
Rohprotein	319	360	428	571	798	666
Rohfett	144	200	67	44	39	10
Rohfaser	150	66	59	8	16	40
Arginin	7,6	7,3	7,3	3,2	3,5	5,5
Cystin	3,1	1,8	1,8	1,8	2,3	1,4
Isoleucin	4,1	4,3	4,6	3,9	3,6	5,4
Leucin	8,1	8,2	8,0	16,3	7,3	10,6
Lysin	6,0	6,4	6,2	1,9	1,6	7,6
Methionin	2,2	1,4	1,3	2,1	1,6	2,0
Phenylalanin	4,5	5,0	5,0	6,1	5,0	6,2
Threonin	4,7	3,9	3,9	3,3	2,5	5,8
Valin	5,3	4,5	4,9	4,7	4,1	6,3

Vergleicht man die Sojabohne mit dem Sojabohnenkuchen, so wird deutlich, dass der Ölentzug zu einer Erhöhung der Konzentrationen anderer Nährstoffe führt, wie in diesem Fall vor allem für das Rohprotein ersichtlich. Das Aminosäurenmuster im Protein war hiervon erwartungsgemäß unbeeinflusst. Allerdings entstammten beide Futtermittel unterschiedlichen Partien.

Erwartungsgemäß enthielten der Rapskuchen und die Sojabohne höhere Gehalte an Rohfett mit 144 und 200 g/kg. Ebenso wurde für den Rapskuchen aufgrund seines Schalenanteils der höchste Rohfasergehalt von allen Proteinträgern mit 150 g/kg ermittelt.

Bezüglich der Aminosäurezusammensetzung waren beim Rapskuchen und Maiskleber die höchsten Gehalte an Methionin mit 2,2 und 2,1 g/16 g N zu verzeichnen. Für den Maiskleber wurde außerdem der futtermitteltypisch hohe Gehalt an Leucin mit 16,3 g/16 g N ermittelt. Ein ähnlich hoher Gehalt an Leucin konnte gleichfalls im Kartoffelprotein bestimmt werden.

## 2.2 Tierexperimentelle Untersuchungen

Alle im Projekt vorgesehenen tierexperimentellen Untersuchungen wurden im Nutztierwissenschaftlichen Zentrum Merbitz der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg durchgeführt. Bis zum Beginn der Versuchsfütterung erhielten alle Tiere ein entsprechendes Alleinfuttermittel auf Basis ökologisch produzierter Einzelkomponenten gemäß der EG-Öko-Verordnung (Mischfutter- und Landhandel GmbH, 06388 Edderitz).

### 2.2.1 Untersuchungen mit Broilern

#### 2.2.1.1 Rationsgestaltung

Grundlegend erfolgte die Prüfung aller Testproteine durch eine zweistufige Zulage zu einer Grundmischung im Austausch gegen Maisstärke (Tabelle 2). Der Rapskuchen, die Kleberproteine, der Sojabohnenkuchen und das Kartoffelprotein wurden in Anteilen von 100 und 200 g/kg, die Sojabohne in Anteilen von 150 und 300 g/kg supplementiert.

**Tabelle 2:** Zusammensetzung der Grundmischungen (g/kg)

Anteil Proteinträger (g/kg)	Mais-, Weizenkleber, Sojabohnenkuchen, Kartoffelprotein			Rapskuchen, Sojabohne		
	0	100	200	0/0	100/150	200/300
Mais		480			357	
Sojaextraktionsschrot		100			100	
Weizenkleber		100			100	
Sojaöl		50			50	
Titandioxid		5			5	
Mineralfutter <sup>1</sup>		32			40	
Vormischung <sup>2</sup>		10			10	
Freie Aminosäuren		23			38	
Maisstärke	200	100	0	300/0	200/150	100/0

<sup>1</sup>einschließlich Dicalciumphosphat, Futterkalk, Viehsalz; <sup>2</sup>Spurenelemente, Vitamine

Hauptkomponenten der Grundmischung waren Mais, Sojaextraktionsschrot und Weizenkleber, die sich in ihren Anteilen nur unwesentlich unterschieden. Alle Versuchsmischungen wurden mit freien Aminosäuren ergänzt, um eine Beeinträchtigung der Futteraufnahme zu vermeiden. Die methodische Notwendigkeit wurde bereits in Abschnitt 1.2 begründet. Das Futter enthielt TiO<sub>2</sub> als unverdaulichen Marker und wurde in pelletierter Form

verfüttert. Für jeden Proteinträger wurden 3 Versuchsmischungen erstellt. Jeder Mischung wurden 6 Abteile mit jeweils 10 Tieren zugeordnet. Die Verfütterung der Mischungen erfolgte über 7 Tage.

### 2.2.1.2 Versuchstiere / Haltung

Für alle Untersuchungen wurden männliche Eintagsküken der Herkunft ISA 257 aufgestellt (Robert's Bio-Geflügel GmbH & Co KG, 61137 Schöneck). Die Vorfütterungszeit betrug in 2 Versuchen 14 Tage (Rapskuchen, Sojabohne) sowie 21 Tage in 4 Versuchen (Mais-, Weizenkleber, Kartoffelprotein, Sojabohnenkuchen), da eine Verlängerung der Vorfütterungszeit aufgrund des langsamen Wachstums der alternativen Herkunft notwendig wurde. Dies zielte in erster Linie darauf ab, eine ausreichende Menge an Darminhalt für die Analytik sicherzustellen. Die Aufstallung erfolgte in Bodenhaltung in Abteilen auf einer Einstreu aus Hobelspänen und Stroh. Wasser stand ohne Einschränkung zur Verfügung. Die Klimatisierung erfolgte entsprechend den gängigen Empfehlungen.

## 2.2.2 Untersuchungen mit Legehennen

### 2.2.2.1 Rationsgestaltung

Die gleichfalls über 7 Tage vorgelegten Versuchsmischungen mit Maiskleber und Sojabohne waren ähnlich konzipiert wie die für den Broiler (siehe Abschnitt 2.2.1.1, Tabelle 3). Allerdings wurde entsprechend des höheren Ca-Bedarfes der Legehennen mehr Futterkalk zugelegt, um Legeleistung und Eischalenstabilität zu gewährleisten.

Je Futtermischung wurden 6 Gruppen (Wiederholungen) mit je sechs Hennen genutzt, so dass insgesamt 180 Tiere in den Versuch einbezogen wurden.

**Tabelle 3:** Zusammensetzung der Grundmischungen (g/kg)

Anteil Proteinträger (g/kg)	Maiskleber			Sojabohne		
	0	150	300	0	150	300
Mais		418			418	
Weizenkleber		155			155	
Titandioxid		5			5	
Mineralfutter <sup>1</sup>		108,5			108,5	
Vormischung <sup>2</sup>		10			10	
Freie Aminosäuren		3,5			3,5	
Maisstärke	300	150	0	300	150	0

<sup>1</sup>einschließlich Dicalciumphosphat, Futterkalk, Viehsalz; <sup>2</sup>Spurenelemente, Vitamine

### 2.2.2.2 Versuchstiere / Haltung

Bei der Legehennen wurde die Herkunft Tetra braun (Robert's Bio-Geflügel GmbH & Co KG, 61137 Schöneck) für die Untersuchung ausgewählt. Es erfolgte eine Aufstallung der Tiere im Alter von 18 Wochen. Insgesamt umfasste der Versuchszeitraum zehn Wochen. Zur individuellen Erfassung der täglichen Futteraufnahme und Legeleistung mussten die Tiere in Einzelkäfigen gehalten werden. Aus methodischer Sicht war dies Voraussetzung, um ausgehend von den ermittelten Leistungsparametern eine vergleichbare Tierzuordnung über alle Versuchsmischungen zu gewährleisten (siehe Abschnitt 2.3).

## 2.2.3 Untersuchungen mit Puten

### 2.2.3.1 Rationsgestaltung

Gegenstand der Futtermittelprüfung bei dieser Geflügelart waren wie bei der Legehennen Maiskleber und Sojabohnen. Die über sieben Tage vorgelegten Versuchsmischungen waren ähnlich in der Zusammensetzung wie die für den Broiler bzw. die Legehennen (Tabelle 4). Entsprechend der höheren Anforderungen der Pute an die Versorgung mit Aminosäuren waren diese in einem höheren Anteil in der Grundmischung enthalten als beim Broiler bzw. der Legehennen. Je Futtermischung wurden 6 Wiederholungen mit je 10 Tieren genutzt.

**Tabelle 4:** Zusammensetzung der Grundmischungen (g/kg)

Anteil Proteinträger (g/kg)	Maiskleber			Sojabohne		
	0	100	200	0	150	300
Mais		385			385	
Sojaextraktionsschrot		100			100	
Weizenkleber		100			100	
Sojaöl		10			10	
Titandioxid		5			5	
Mineralfutter <sup>1</sup>		48			48	
Vormischung <sup>2</sup>		10			10	
Freie Aminosäuren		42			42	
Maisstärke	300	200	100	300	150	0

<sup>1</sup>einschließlich Dicalciumphosphat, Futterkalk, Viehsalz; <sup>2</sup>Spurenelemente, Vitamine

### **2.2.3.2 Versuchstiere / Haltung**

Wie bereits im Zwischenbericht vom März 2006 dargelegt, konnte für den Putenversuch nicht die ursprünglich vorgesehene Rasse -Bronzepute- aus alternativer Herkunft genutzt werden. Demzufolge mussten Puten konventioneller Herkunft (BIG 6, Moorgut Kartzfehn, 26219 Bösel, Oldenburg) verwendet werden<sup>1</sup>. Sie wurden unter üblichen Bodenhaltungsbedingungen aufgestellt.

Während der 21-tägigen Aufzucht vor Versuchsbeginn wurden die Tiere mit einem ökologisch produzierten Putenaufzuchtfutter gefüttert.

### **2.3 Datenerfassung / Probennahme**

Jeweils vor Beginn und am Ende der Verfütterung der Versuchsmischungen erfolgte eine Tiereinzelwägung bei allen Geflügelarten einschließlich einer Fütterrückwaage zur Ermittlung von Lebendmasseentwicklung und Futteraufnahme. Generell war die Wägung zu Versuchsbeginn erforderlich, um eine gleichmäßige Verteilung der Wiederholungen über alle Versuchsmischungen sicher zustellen.

Für die Probengewinnung wurden alle Tiere am Versuchsende unblutig mittels CO<sub>2</sub> getötet und der Darminhalt aus den letzten zwei Dritteln des Abschnittes zwischen Meckel'schem Divertikel und 2 cm vor der Ileo-Caecal-Klappe nach standardisierter Methode entnommen (Kluth et al., 2005b). Der auf die Art und Weise gewonnene Chymus wurde von allen Tieren eines Abteiles gepoolt, für weitere Analysen gefriergetrocknet und über 1-mm-Sieb vermahlen.

### **2.4 Analysen**

Alle Analysen zur Bestimmung der Gehalte an Roh Nährstoffen in den Versuchsmischungen und den Proteinträgern erfolgten gemäß den Standardmethoden des VDLUFA (Naumann und Bassler, 1976).

Die Analytik der Aminosäuren wurde in Anlehnung an die Methode von Timmler and Rodehutschord (2003) durchgeführt. Im Wesentlichen umfasste dies eine saure Hydrolyse mit 6 N Salzsäure nach vorgegangener Oxidation. Die quantitative Bestimmung der jeweiligen Aminosäure erfolgte durch Ionenaustauschchromatographie (Aminosäureanalytator, LC 3000, Eppendorf, Hamburg) unter Nutzung verschiedener Pufferlösungen sowie Ninhydrin.

TiO<sub>2</sub> wurde nach Kjeldahlaufschluss photometrisch bei einer Wellenlänge von 405 nm gemessen (Brandt und Allam, 1983).

---

<sup>1</sup> Eine ausführliche Begründung wurde schriftlich am 19. September 2006 gegeben.

## 2.5 Berechnungen

Die pc Verdaulichkeit (VQ) der Aminosäuren (AS) wurde unter Nutzung des Gehaltes der Aminosäuren und des Markers TiO<sub>2</sub> in Futter und Chymus mit der üblichen Formel zunächst für jede Futtermischung wie folgt berechnet:

$$pc \text{ VQ (\%)} = 100 - 100 * [(AS_{\text{Chymus}} * TiO_{2\text{Futter}}) / (AS_{\text{Futter}} * TiO_{2\text{Chymus}})]$$

TiO<sub>2Futter</sub> und TiO<sub>2Chymus</sub>: Gehalt an TiO<sub>2</sub> in Futter bzw. Chymus (g/kg)

AS<sub>Futter</sub> und AS<sub>Chymus</sub>: Gehalt der AS in Futter bzw. Chymus (g/kg).

Entsprechend erfolgte auch die Berechnung der pc Verdaulichkeit des Rohproteins unter Verwendung der gemessenen Konzentrationen des Rohproteins.

Aus der pc Verdaulichkeit und der täglich aufgenommenen Aminosäurenmenge wurde die pc verdaute Menge der jeweiligen Aminosäuren für jedes Abteil berechnet. Die Beziehung zwischen der pc verdauten und der aufgenommenen Menge an Aminosäure wurde anschließend mittels linearer Regression beschrieben. Da sich die Differenz in der AS-Aufnahme durch die Zulage des zu prüfenden Proteinträgers ergibt, kann die Steigung der Regressionsgeraden hierbei unmittelbar als pc Verdaulichkeit der Aminosäure aus dem jeweiligen Proteinträger interpretiert werden (Rodehutschord et al., 2004).

Die Berechnung der linearen Regression sowie deren graphischen Darstellung erfolgte mit dem Programm GraphPad Prism 3.0.

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

#### 3.1.1 Untersuchungen mit Broilern

##### 3.1.1.1 Leistungsparameter

Im Folgenden soll zunächst auf die Leistungsparameter Futteraufnahme und Lebendmasseentwicklung eingegangen werden, wobei jedoch darauf hingewiesen werden muss, dass diese Daten lediglich ergänzende Aussagen zulassen. Eine Versuchsdauer von 7 Tagen hat bezüglich der Lebendmasseentwicklung nur einen eingeschränkten Informationsgehalt. Dies gilt in gleicher Weise für die Untersuchungen mit den Hennen und Puten.

Bei den Broilern, die Rapskuchen und Sojabohne erhielten, lag die mittlere Lebendmasse mit Beginn und am Ende des Versuches bei 202 und 524 g je Tier (nach 2 Wochen Vorperiode). Während dieser Zeit nahmen die Tiere im Mittel 48 g Futter je Tag auf.

Bei der Fütterung von Mais- und Weizenkleber wurden für die Parameter Lebendmasse zu Versuchsbeginn und -ende 435 und 840 g je Tier sowie für die Futteraufnahme 62 g je Tag

ermittelt (nach 3 Wochen Vorperiode). Bei Einsatz des Sojabohnenkuchens wurden mit 434 und 860 g je Tier sowie 63 g täglicher Futteraufnahme vergleichbare Parameter realisiert. Eine geringfügig niedrigere Lebendmassezunahme von 378 g je Tier erzielten die Broiler bei Einsatz des Kartoffelproteins. Es wurden täglich 72 g je Tier verzehrt.

### **3.1.1.2 Verdaulichkeit der Aminosäuren aus den Versuchsmischungen**

Die für die einzelnen Versuchsmischungen ermittelten Verdaulichkeiten sind zwar die originalen Messergebnisse. Bei der Berechnung der Verdaulichkeiten für die Proteinträger sind sie aber nur ein Zwischenergebnis. Aus diesem Grunde werden sie der Übersichtlichkeit wegen in Anhangstabellen dargestellt.

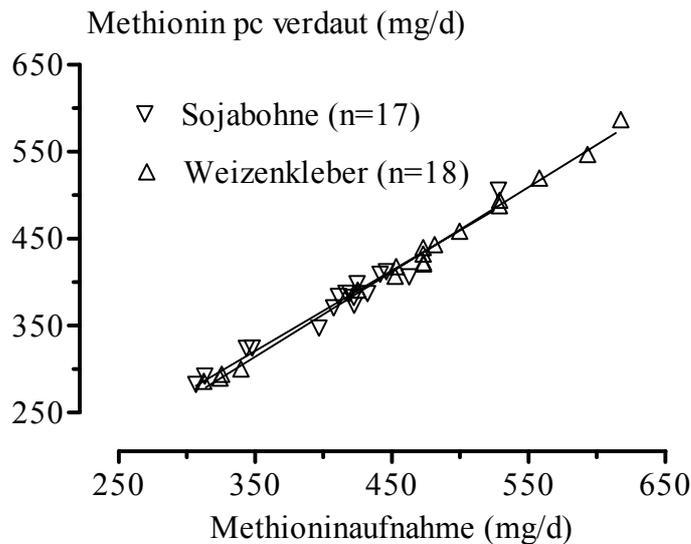
Mit der Zulage des Rapskuchens und der Sojabohne war im Wesentlichen eine Abnahme in der pc Verdaulichkeit der Aminosäuren zu verzeichnen (Tabelle A1). Dies traf vor allem bei der höchsten Zulagestufe zu.

Demgegenüber erhöhte sich die pc Verdaulichkeit in der Mehrzahl der Aminosäuren aus den Mischungen, wenn die Kleberproteine zugelegt wurden (Tabelle A2). Weniger deutlich war diese Tendenz bei Zulage des Sojabohnenkuchens ausgeprägt.

Eine deutliche Abnahme in der pc Aminosäurenverdaulichkeit der Mischung bedingte das Kartoffelprotein (Tabelle A3).

### **3.1.1.3 Verdaulichkeit der Aminosäuren aus den Proteinträgern**

Grundsätzlich konnte die lineare Beziehung zwischen pc verdauter Aminosäurenmenge und aufgenommener Aminosäurenmenge bei allen Proteinträgern bestätigt werden. Sie ist am Beispiel des Methionins aus der Sojabohne und dem Weizenkleber in Abbildung 2 dargestellt.



Sojabohne:  $y = -2,5 (\pm 19,9) + 0,92 (\pm 0,05) x$ ;  $r^2: 0,96$ ,  $s_{y,x}: 10,6$

Weizenkleber:  $y = -27,1 (\pm 8,6) + 0,98 (\pm 0,02) x$ ;  $r^2: 0,99$ ,  $s_{y,x}: 6,8$

**Abbildung 2:** Beziehung zwischen Aufnahme und pc verdauter Menge an Methionin

Demzufolge wurde für das Methionin aus der Sojabohne und dem Weizenkleber eine Verdaulichkeit von 92 und 98% für den Broiler ermittelt.

Die lineare Beziehung konnte gleichfalls bei Legehennen und Puten ermittelt werden, so dass in den jeweiligen Abschnitten auf eine nochmalige Darstellung verzichtet wird.

Für alle essentiellen Aminosäuren sind die ermittelten Werte in der Tabelle 5 zusammengestellt. Demnach konnten zwischen den Proteinträgern deutliche Unterschiede in der Verdaulichkeit festgestellt werden. Im Wesentlichen wurden die Aminosäuren wie auch das Rohprotein aus den Kleberproteinen am höchsten verdaut, wobei alle aufgeführten Aminosäuren aus dem Weizenkleber ausnahmslos das höchste Niveau aufwiesen. Nahezu vollständig verdaut wurde das Phenylalanin. Dies bestätigte allgemein die bekannte hohe Verdaulichkeit von Aminosäuren aus Kleberproteinen.

Auffallend niedrig war die Verdaulichkeit des Rohproteins aus dem Kartoffelprotein mit nur 67%. Gleiches spiegelte sich in der relativ geringen Verdaulichkeit der Aminosäuren wider. Eine mögliche Beeinträchtigung der Verdaulichkeit kann durch technologische Verfahren im Zuge der Herstellung des Proteinträgers hervorgerufen worden sein. Demnach wirken sich intensive Trocknungsprozesse mit hohen Temperaturen und langer Einwirkzeit negativ auf die Verdaulichkeit von Rohprotein und Aminosäuren aus. Darüber hinaus war bei diesem Futtermittel im Vergleich zu den übrigen Proteinträgern eine erhebliche Differenz von 55% (Cystin vs. Arginin) in der Verdaulichkeit zwischen den einzelnen Aminosäuren feststellbar. Welche Gründe für diese spezielle Charge des Kartoffelproteins

ausschlaggebend waren entzieht sich der Kenntnis. Da insbesondere für dieses Futtermittel deutlich höhere Verdaulichkeitswerte erwartet werden konnten ist es ein gutes Beispiel dafür, dass bei technologisch behandelten Futtermitteln die Einzelheiten des technologischen Prozesses einen großen Einfluss auf den Futterwert haben können. Bei der Verallgemeinerung von Messwerten aus Einzeluntersuchungen ist daher Vorsicht geboten, auch bei Werten zur Aminosäureverdaulichkeit.

**Tabelle 5:** Praecaecale Verdaulichkeit des Rohproteins und der essentiellen Aminosäuren beim Broiler (in %,  $\pm$  Standardfehler der Schätzung)

	Proteinträger					
	Raps- kuchen	Soja- bohne	Soja- bohnen- kuchen	Mais- kleber	Weizen- kleber	Kartoffel- protein
Rohprotein	88 $\pm$ 5	84 $\pm$ 5	87 $\pm$ 2	91 $\pm$ 2	98 $\pm$ 2	67 $\pm$ 2
Arginin	92 $\pm$ 3	87 $\pm$ 4	91 $\pm$ 1	93 $\pm$ 2	98 $\pm$ 2	74 $\pm$ 2
Cystin	82 $\pm$ 6	68 $\pm$ 7	74 $\pm$ 4	78 $\pm$ 5	94 $\pm$ 3	19 $\pm$ 5
Isoleucin	90 $\pm$ 4	83 $\pm$ 4	88 $\pm$ 2	93 $\pm$ 2	98 $\pm$ 2	67 $\pm$ 2
Leucin	90 $\pm$ 4	82 $\pm$ 4	88 $\pm$ 2	95 $\pm$ 1	99 $\pm$ 2	72 $\pm$ 2
Lysin	90 $\pm$ 3	87 $\pm$ 3	88 $\pm$ 2	91 $\pm$ 3	95 $\pm$ 4	72 $\pm$ 2
Methionin	96 $\pm$ 2	92 $\pm$ 5	93 $\pm$ 2	94 $\pm$ 2	98 $\pm$ 2	70 $\pm$ 3
Phenylalanin	87 $\pm$ 4	84 $\pm$ 4	89 $\pm$ 1	95 $\pm$ 2	100 $\pm$ 2	72 $\pm$ 2
Threonin	86 $\pm$ 6	78 $\pm$ 7	84 $\pm$ 2	88 $\pm$ 3	96 $\pm$ 4	63 $\pm$ 2
Valin	90 $\pm$ 4	82 $\pm$ 6	87 $\pm$ 2	92 $\pm$ 2	97 $\pm$ 4	67 $\pm$ 2

Im Mittel aller aufgeführten Aminosäuren nahm die Verdaulichkeit beginnend bei den Kleberproteinen von 97 und 91% (Weizen-, Maiskleber) über 89, 87 und 82 (Rapskuchen, Sojabohnenkuchen, Sojabohne) auf 64% (Kartoffelprotein) ab. Die niedrigste Verdaulichkeit wurde für Cystin mit 19% im Kartoffelprotein ermittelt.

### 3.1.2 Untersuchungen mit Legehennen

#### 3.1.2.1 Leistungsparameter

Vor Beginn der Versuchsperiode nahmen die Tiere im Mittel aller Gruppen täglich 107 g Futter auf. Die Legeleistung betrug 97%, die Lebendmasse lag bei 1,92 kg je Tier. Während der siebentägigen Versuchsperiode verringerte sich die Futteraufnahme auf 94 g je Tier und Tag (Mittel aller Gruppen). Dies war wahrscheinlich auf die Futterumstellung von Mehl- auf Pelletform zwischen der Vor- und Versuchsfütterung zurückzuführen. Die Legeleistung

blieb mit vergleichbaren 97% davon unbeeinflusst. Alle Hennen nahmen geringfügig an Lebendmasse zu (1,92 vs. 1,97 kg je Tier).

### 3.1.2.2 Verdaulichkeit der Aminosäuren aus den Versuchsmischungen

Die Angaben zur pc Verdaulichkeit der Aminosäuren für die Versuchsmischungen einschließlich der Proteinträger sind in der Tabelle A4 angegeben.

Es war zu erkennen, dass die Zulage von Sojabohne und Maiskleber zur Grundmischung eine verbesserte Verdaulichkeit der Aminosäuren bewirkte. Vor allem in der Mischung mit 300 g Sojabohne je kg Futter war die Verbesserung deutlicher ausgeprägt als in der Mischung mit dem Maiskleber bei vergleichbarer Zulagehöhe.

### 3.1.2.3 Verdaulichkeit der Aminosäuren aus den Proteinträgern

Der Vergleich zwischen Sojabohne und Maiskleber verdeutlichte, dass beide Proteinträger ein hohes und weitgehend gleiches Niveau in der Verdaulichkeit des Rohproteins und der Aminosäuren für Hennen aufwiesen (Tabelle 6).

Die Verdaulichkeit des Rohproteins war mit 92% gleich. Die Aminosäuren der Sojabohne wurden in einem Bereich von 85 (Cystin) bis 95% (Arginin) pc verdaut. Ein ähnliches Niveau in der Verdaulichkeit ergab sich beim Maiskleber. Auch bei diesem Proteinträger wurde neben Lysin mit 86% auch das Cystin mit 87% relativ niedrig verdaut. Methionin, Phenylalanin und Leucin wiesen mit jeweils 94% die höchste Verdaulichkeit auf.

**Tabelle 6:** Praecaecale Verdaulichkeit des Rohproteins und der essentiellen Aminosäuren bei Legehennen (in %,  $\pm$  Standardfehler der Schätzung)

	Proteinträger	
	Sojabohne	Maiskleber
Rohprotein	92 $\pm$ 3	92 $\pm$ 4
Arginin	95 $\pm$ 2	93 $\pm$ 4
Cystin	85 $\pm$ 3	87 $\pm$ 5
Isoleucin	92 $\pm$ 3	92 $\pm$ 4
Leucin	92 $\pm$ 3	94 $\pm$ 3
Lysin	91 $\pm$ 3	86 $\pm$ 8
Methionin	94 $\pm$ 4	94 $\pm$ 3
Phenylalanin	94 $\pm$ 2	94 $\pm$ 3
Threonin	87 $\pm$ 4	89 $\pm$ 5
Valin	90 $\pm$ 4	92 $\pm$ 4

### **3.1.3 Untersuchungen mit Puten**

#### **3.1.3.1 Leistungsparameter**

Die Puten, die die Sojabohnen erhielten, wiesen zu Beginn der Versuchsfütterung eine mittlere Lebendmasse von 590 g auf und nahmen bis zum Versuchsende 470 g zu. Demgegenüber war bei den Tieren, denen die Rationen mit Maiskleber verfüttert wurden, ein geringerer Lebendmassezuwachs zu verzeichnen. Die mittlere Lebendmasse lag zu Versuchsbeginn und -ende bei 569 und 951 g je Tier.

Die tägliche Futteraufnahme beider Versuchsvarianten betrug im Mittel 83 (Sojabohne) und 73 g je Tier (Maiskleber).

#### **3.1.3.2 Verdaulichkeit der Aminosäuren aus den Versuchsmischungen**

In der Tabelle A5 wurden ähnlich wie für Legehennen und Broiler die Ergebnisse zur pc Verdaulichkeit der Aminosäuren zunächst aus den Versuchsmischungen zusammengestellt. Dabei ließ sich feststellen, dass beide zugelegten Proteinträger die Verdaulichkeit der Aminosäuren überwiegend verringerten. Bei der höchsten Zulagestufe waren diese Differenzen deutlicher ausgeprägt. Lediglich die Verdaulichkeit des Leucins bei 200 g/kg Maiskleber blieb davon unbeeinflusst.

#### **3.1.3.3 Verdaulichkeit der Aminosäuren aus den Proteinträgern**

Die Verdaulichkeit des Rohproteins aus beiden Proteinträgern unterschied sich nicht wesentlich (Tabelle 7), die Verdaulichkeit der Aminosäuren variierte allerdings in einem weiten Bereich. Auffallend niedrig verdaulich war wiederum das Cystin. Dies betraf beide Futtermittel (Sojabohne: 59; Maiskleber: 45%). Allerdings ist in diesem Fall der im Vergleich zu den übrigen Verdaulichkeiten höhere Standardfehler der Schätzung zu berücksichtigen. Aminosäuren mit der höchsten Verdaulichkeit waren Arginin mit 88% bei der Sojabohne sowie Leucin mit 91% beim Maiskleber. Im Mittel der aufgeführten Aminosäuren wurden die der Sojabohne mit 80% geringfügig besser verdaut als die des Maisklebers mit 77%.

Bezug nehmend auf die Untersuchungen von Ganzer et al. (2006a) können gemessene Angaben zur Verdaulichkeit zwischen verschiedenen Herkünften beim Broiler übertragen werden. Es kann deshalb auch von einer Übertragbarkeit von Werten zwischen Puten verschiedener Herkunft wie im vorliegenden Fall ausgegangen werden. Die erhobenen Daten dürften in gleicher Weise für Tiere der Herkunft „Bronze“ zutreffend sein.

**Tabelle 7:** Praecaecale Verdaulichkeit des Rohproteins und der essentiellen Aminosäuren bei Puten (in %,  $\pm$  Standardfehler der Schätzung)

	Proteinträger	
	Sojabohne	Maiskleber
Rohprotein	79 $\pm$ 4	80 $\pm$ 4
Arginin	88 $\pm$ 2	75 $\pm$ 4
Cystin	59 $\pm$ 6	45 $\pm$ 11
Isoleucin	82 $\pm$ 3	79 $\pm$ 4
Leucin	82 $\pm$ 3	91 $\pm$ 1
Lysin	86 $\pm$ 3	76 $\pm$ 9
Methionin	83 $\pm$ 4	86 $\pm$ 2
Phenylalanin	85 $\pm$ 3	87 $\pm$ 2
Threonin	77 $\pm$ 6	73 $\pm$ 8
Valin	81 $\pm$ 3	79 $\pm$ 3

### 3.1.4 Vergleich zur Aminosäurenverdaulichkeit aus den Proteinträgern zwischen den Geflügelarten

Der Vergleich zwischen Broilern, Legehennen und Puten zeigt, wie in Tabelle 8 zusammengefasst dargestellt, dass die Aminosäuren aus Maiskleber sowohl von Broilern als auch von Legehennen zu vergleichbaren Anteilen verdaut werden können. Größere Differenzen ergaben sich lediglich beim Lysin und Cystin. Ein anderes Bild ergab sich bei der Bewertung der Verdaulichkeit aus diesem Futtermittel bei der Pute. Demnach wurden alle aufgeführten Aminosäuren zu geringeren Anteilen verdaut. Auch hier wurde das Cystin am niedrigsten verdaut mit nur 45%. Lediglich die Verdaulichkeit des Leucins mit 95, 94 und 91% und des Threonins mit 88, 89 und 87% war zwischen allen Herkünften (Broiler, Legehennen, Pute) annähernd gleich. Im Mittel aller aufgeführten Aminosäuren wurde eine Rangierung in der Verdaulichkeit zwischen den Herkünften von 91 (Broiler), 91 (Legehennen) und 77% (Pute) bestimmt. Daraus sollte die Schlussfolgerung gezogen werden, dass mit Broilern und Puten gemessene Verdaulichkeiten nicht für die jeweils andere Art denselben Aussagewert haben.

**Tabelle 8:** Gegenüberstellung der mit Broilern, Legehennen und Puten ermittelten praecaecalen Verdaulichkeit des Rohproteins und der Aminosäuren (%)

	Proteinträger/Geflügelart					
	Sojabohne			Maiskeleber		
	Broiler	Lege- henne	Pute	Broiler	Lege- henne	Pute
Rohprotein	84	92	79	91	92	80
Arginin	87	95	88	93	93	75
Cystin	68	85	59	78	87	45
Isoleucin	83	92	82	93	92	79
Leucin	82	92	82	95	94	91
Lysin	87	91	86	91	86	76
Methionin	92	94	83	94	94	86
Phenylalanin	84	94	77	95	94	73
Threonin	78	87	85	88	89	87
Valin	82	90	81	92	92	79

Unterschiede in der Verdaulichkeit zwischen ökologisch und konventionell produziertem Maiskeleber dürften eher unwahrscheinlich sein, weshalb der in dieser Untersuchung eingesetzte Maiskeleber als repräsentativ angesehen werden darf.

Bei der Bewertung der Verdaulichkeit der Aminosäuren aus der Sojabohne wurde eine deutlichere Differenzierung zwischen den Arten erforderlich. Mit Ausnahme des Methionins verdaute die Legehennen alle Aminosäuren besser als der Broiler. Die Pute wies im Vergleich zum Broiler in der Mehrheit der aufgeführten Aminosäuren eine etwa gleich hohe Verdaulichkeit auf. Für die Aminosäuren Arginin, Isoleucin, Leucin, Lysin und Valin waren ähnliche Werte zu verzeichnen. Lediglich das Threonin wurde von der Pute besser verdaut als vom Broiler. Ähnlich wie beim Maiskeleber wies das Cystin die niedrigste Verdaulichkeit auf. Dies traf für alle Arten gleichermaßen zu (Broiler: 68, Legehennen: 85, Pute: 59%).

Insgesamt ergab sich für Broiler, Legehennen und Puten eine mittlere Verdaulichkeit von 82, 91 und 80%.

Diese Ergebnisse bestätigen die Aussagen einer Untersuchung von Kluth und Rodehutschord (2006), in der durch einen Tierarten übergreifenden Versuch Unterschiede in der Aminosäurenverdaulichkeit aus Raps- und Sojaextraktionsschrot bei Broiler, Pute und Ente nachgewiesen wurden.

Als Ursache hierfür können die unterschiedliche Entwicklung des Verdauungstraktes und des damit verbundenen Potentials zur Nährstoffverdaulichkeit zwischen den Geflügel-spezies angesehen werden (Jamroz et al., 2002). Ob auch Unterschiede in der Sekretion proteolytischer Enzyme relevant sein können bedarf der weiteren Prüfung.

### **3.2 Voraussichtlicher Nutzen der Ergebnisse**

Auf der Grundlage vorliegender Ergebnisse können erstmalig Aussagen zur Höhe des Gehaltes an pc verdaulichen Aminosäuren in für den ökologischen Landbau relevanten Proteinträgern getroffen werden. Die Unterschiede zwischen den Einzelkomponenten können bereits in der Beratungspraxis berücksichtigt werden.

Es besteht die Möglichkeit, die Ergebnisse als Startpunkt für die Erstellung einer Futterwerttabelle zu verwenden, die sinnvollerweise durch weitere Angaben zu Futtermitteln aus ökologischer Herkunft ergänzt werden sollte. Dies bezieht sich vor allem auf die Prüfung von energiereichen Komponenten wie z.B. Getreide, die wesentliche Hauptkomponenten in Rationen für das Geflügel darstellen. Laut EG-Richtlinie umfasst Getreide einen Anteil von nahezu 65% in Geflügelrationen. Dementsprechend hoch ist auch ihr Beitrag zur Proteinversorgung des Geflügels, selbst wenn der Rohproteingehalt des Getreides einen Wert von 15% in der Regel nicht überschreitet. Deutlich geworden ist zudem, dass bei technologisch behandelten Futtermitteln mit einer Variation in der Verdaulichkeit eines Futtermittels zu rechnen ist, die mit dem Aufbereitungsprozess zu tun hat. Für die praktische Anwendung ist es bei solchen Futtermitteln wichtig, auf der Basis weiterer Messreihen eine Vorstellung von der Höhe der futtermittelspezifischen Variation zu bekommen.

Die Berücksichtigung der Verdaulichkeit in der Rationsplanung ermöglicht es, eine bedarfsdeckende Versorgung mit allen Aminosäuren genauer zu kalkulieren, somit Überschüsse abzubauen und die Effizienz der Proteinverwertung zu erhöhen. Die Ableitung des Bedarfes und die Angabe von Versorgungsempfehlungen auf der Basis der verdaulichen Aminosäuren stehen noch aus.

Ein weiterer Nutzen der Ergebnisse besteht darin, dass unmittelbar Daten geliefert wurden, die in der Beratung und direkt auf ökologisch produzierenden Betrieben als Basis für die Rationsgestaltung und gezielte Komponentenauswahl verwendet werden können.

#### **4. Zusammenfassung**

In einer Serie von Versuchen mit Broilern, Legehennen und Puten wurde die praecaecale Verdaulichkeit von Rohprotein und Aminosäuren aus für den ökologischen Landbau relevanten proteinreichen Futtermitteln untersucht. Die Versuche folgten einem standardisierten methodischen Vorgehen. Zur Bestimmung der Verdaulichkeit wurden Proben des Darminhaltes aus einem definierten Abschnitt des terminalen Dünndarms unmittelbar nach Tötung der Tiere entnommen.

Die im Rahmen dieses Projektes geprüften Proteinträger Rapskuchen, getoastete Sojabohne, Sojabohnenkuchen, Maiskleber, Weizenkleber und Kartoffelprotein wiesen teilweise große Unterschiede in der pc Verdaulichkeit des Rohproteins und der Aminosäuren auf. Diese Unterschiede bestanden sowohl zwischen Aminosäuren desselben Proteinträgers als auch zwischen den Proteinträgern für dieselbe Aminosäure. Die Aminosäuren aus den Proteinträgern wurden beim Broiler in absteigender Reihenfolge wie folgt verdaut: Weizenkleber 97%, Maiskleber 91%, Rapskuchen 89%, Sojabohnenkuchen 87%, getoastete Sojabohne 82% und Kartoffelprotein 64%.

Bei Legehennen waren die Verdaulichkeiten der Aminosäuren aus der Sojabohne und dem Maiskleber etwa gleich hoch. Innerhalb eines Proteinträgers war die Schwankung in der Verdaulichkeit einzelner Aminosäuren geringer als beim Broiler.

Die Aminosäuren aus der Sojabohne und dem Maiskleber waren bei der Legehenne am höchsten und bei der Pute am niedrigsten verdaulich. Bei diesen beiden Futtermitteln lässt sich die Rangierung hinsichtlich der Verdaulichkeit wie folgt vornehmen: Sojabohne: Legehenne>Broiler>Pute; Maiskleber: Legehenne=Broiler>Pute.

Das Projekt hat gezeigt, dass sich die für den ökologischen Landbau relevanten proteinreichen Futtermittel nicht nur hinsichtlich des Aminosäurenmusters, sondern auch hinsichtlich der Verdaulichkeit der Aminosäuren deutlich unterscheiden. Die Datengrundlage sollte um weitere proteinliefernde Futtermittel erweitert werden. Hierbei ist insbesondere an Getreide zu denken. Die Übertragbarkeit von Messwerten zwischen dem Hühnergeflügel und Puten scheint nicht gegeben zu sein.

#### **5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen**

Nach Einschätzung der Zuwendungsempfänger konnten alle geplanten Ziele in vollem Umfang, noch ergänzt um einen weiteren Proteinträger, erreicht werden.

## 6. Literaturverzeichnis

- Brandt, M. und S.M. Allam (1987): Analytik von TiO<sub>2</sub> im Darminhalt und Kot nach Kjeldahlaufschluß. *Archives of Animal Nutrition* 37, 453-454.
- Ganzer, C., H. Kluth und M. Rodehutschord (2006a): Untersuchung mit unterschiedlichen genetischen Herkünften von Broilern auf die praecaecale Verdaulichkeit von Aminosäuren. In: Rodehutschord, M. (Hrsg.) 9. Tagung Schweine- und Geflügelernährung 28.-30. November 2006, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, 250-252.
- Ganzer, C., H. Kluth and M. Rodehutschord (2006b): Effect of including free amino acids in the basal diet on precaecal amino acid digestibility of test proteins determined by regression analysis in broilers. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology* 15, 31.
- GfE [Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] (2002): Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen: Bestimmung der praecaecalen Verdaulichkeit von Aminosäuren beim Schwein - Empfehlung zur standardisierten Versuchsdurchführung. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology* 11, 233-245.
- Huang, K., L. Ravindran, I. Hew and L. Bryden (2000): Ileal protein digestibility of eight feed ingredients determined with broilers and layers. *Proc. Aust. Poult. Sci. Sym.* 12, 198 [Abs.].
- Jamroz, D., A. Wiliczekiewicz, J. Orda, T. Wertelecki and J. Skorupińska (2002): Aspects of development of digestive activity of intestine in young chickens, ducks and geese. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 86, 353-366.
- Johns, D.C., C.K. Low and K.A. James (1986): Comparison of amino acid digestibility using the ileal digesta from growing chickens and cannulated adult cockerels. *British Poultry Science* 27, 679-685.
- Kadim, I.T., P.J. Moughan and V. Ravindran (2002): Ileal amino acid digestibility assay for the growing meat chicken - comparison of ileal and excreta amino acid digestibility in the chicken. *British Poultry Science* 44, 588-597.
- Kluth, H. and M. Rodehutschord (2006): Comparison of amino acid digestibility in broiler chickens, turkeys, and Pekin ducks. *Poultry Science* 85, 1953-1960.
- Kluth, H., M. Mantei, C. Elwert and M. Rodehutschord (2005a): Variation in precaecal amino acid and energy digestibility between pea (*Pisum sativum*) cultivars determined using a linear regression approach. *British Poultry Science* 46, 325-332.
- Kluth, H., K. Melhorn and M. Rodehutschord (2005b): Studies on the intestine section to be sampled in broiler studies on precaecal amino acid digestibility. *Archives of Animal Nutrition* 59, 271-279.
- Naumann, C. und R. Bassler (1976): Methodenbuch Band III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. 3. Ergänzungslieferung 1993, und 4. Ergänzungslieferung 1997, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

- Ravindran, V., L. I. Hew, G. Ravindran and W. L. Bryden (2004): Endogenous amino acid flow in the avian ileum: quantification using three techniques. *British Journal of Nutrition* 92, 217-223.
- Ravindran, V. and W. H. Hendriks (2004): Recovery and composition of endogenous protein collected at the terminal ileum as influenced by the age of broiler chickens. *Australian Journal of Agricultural Research* 55, 705-709.
- Ravindran, V., L. I. Hew and W. L. Bryden (2000): Comparison of methodologies to estimate endogenous amino acid losses in poultry. *Proc. Aust. Poult. Sci. Sym.* 12, 197.
- Ravindran, V., L.I. Hew, G. Ravindran and W.L. Bryden (1999): A comparison of ileal digesta and excreta analysis for the determination of amino acid digestibility in food ingredients for poultry. *British Poultry Science* 40, 266-274.
- Rezvani, M.R., H. Kluth, C. Elwert and M. Rodehutschord (2005): Effect of ileum segment and protein source on net disappearance rate of amino acids from the ileum of laying hens. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology* 14, 30.
- Rodehutschord, M., M. Kapocius, R. Timmler and A. Dieckmann (2004): Linear regression approach to study amino acid digestibility in broiler chickens. *British Poultry Science* 45, 85-92.
- Rutherford, S. M., T. K. Chung, P. C. H. Morel and P. J. Moughan (2004): Effect of microbial phytase on ileal digestibility of phytate phosphorus, total phosphorus, and amino acids in a low-phosphorus diet for broilers. *Poultry Science* 83, 61-68.
- Sauer, W.C., M.Z. Fan, R. Mosenthin and W. Drochner (2000): In: J.P.F. D'Mello, Ed. *Farm Animal Metabolism and Nutrition: Methods for measuring ileal amino acid digestibility in pigs*. CAB International: Wallingford, 2000, 279-306.
- Short, F.J., J. Wiseman and K.N. Boorman (1999): Application of a method to determine ileal digestibility in broilers of amino acids in wheat. *Journal of Animal Feed Science and Technology* 79, 195-209.
- Ten Doeschate, R.A.H.M., C.W. Scheele, V.V.A.M. Schreurs and J.D. van der Klis (1993): Digestibility studies in broiler chickens: Influence of genotype, age, sex and method of determination. *British Poultry Science* 34, 131-146.
- Timmler, R. and M. Rodehutschord (2003): Dose-response relationship for valine in the growing white pekin duck. *Poultry Science* 82, 1755-1762.
- Wiseman, J., W. Al-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. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83, 644-651.

## **7. Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt**

Veröffentlichungen sind bislang nicht erfolgt. Ergebnisse aus dem Projekt wurden anlässlich der Tagung „Tierernährung in der ökologischen Landwirtschaft“ am 8. März 2007 am Forschungs- und Studienzentrums Landwirtschaft und Umwelt der Universität Göttingen als Bestandteil eines Vortrages vorgestellt (ohne Dokumentation) (M. Rodehuts cord und C. Ganzer: „Einfluss von Tierherkunft und Futtergrundlage auf Bedarfsdeckung und Ressourceneffizienz“).

Eine Publikation in einer wissenschaftlichen Zeitschrift ist vorgesehen.

Halle, den 29. März 2007

Prof. Dr. M. Rodehuts cord  
(Projektleiter)

## Kurzfassung

Die Proteinträger Rapskuchen, getoastete Sojabohne, Sojabohnenkuchen, Maiskleber, Weizenkleber und Kartoffelprotein wurden auf ihren Gehalt an praecaecal verdaulichen Aminosäuren beim Geflügel geprüft. Die Versuche folgten einem standardisierten methodischen Vorgehen. Zur Bestimmung der Verdaulichkeit wurden Proben des Darminhaltes aus einem definierten Abschnitt des terminalen Dünndarms unmittelbar nach Tötung der Tiere entnommen. Durch den Einsatz eines unverdaulichen Markers und unter Anwendung eines linearen Regressionsansatzes, der die Beziehung zwischen aufgenommener und praecaecal verdauter Aminosäuremenge beschreibt, wurde die Verdaulichkeit der jeweiligen Aminosäure bestimmt. Dabei wurde mit Broilern eine mittlere Verdaulichkeit der essentiellen Aminosäuren Arginin, Isoleucin, Leucin, Lysin, Methionin, Phenylalanin, Threonin und Valin wie folgt bestimmt: Weizenkleber 97%, Maiskleber 91%, Rapskuchen 89%, Sojabohnenkuchen 87%, getoastete Sojabohne 82% und Kartoffelprotein 64%. Der Vergleich zwischen Broilern, Legehennen und Puten verdeutlichte ein hohes Potential in der Verdaulichkeit der Aminosäuren aus der Sojabohne und dem Maiskleber bei der Legehenne. Dagegen war bei der Pute jeweils das niedrigste Niveau in der Verdaulichkeit zu verzeichnen. Die beiden Futtermittel lassen sich wie folgt rangieren. Sojabohne: Legehenne > Broiler > Pute (91, 82, 80%), Maiskleber: Legehenne = Broiler > Pute (91, 91, 77%).

## Abstract

Rapeseed cake, soybean cake, toasted soybeans, maize gluten, wheat gluten and potato protein were studied for their precaecal amino acid digestibility in broilers, laying hens and turkeys. Experiments followed a standardised protocol. Diets contained an indigestible marker. For digestibility calculation, samples of the gut content were taken from a defined section of the terminal ileum immediately after slaughtering the birds. Digestibilities of individual amino acids were calculated by using a linear regression approach, separately for each protein source and animal species. In broilers, the mean digestibility of the essential amino acids arginine, isoleucine, leucine, lysine, methionine, phenylalanine, threonine and valine was in descending order: wheat gluten 97%, maize gluten 91%, rapeseed cake 89%, soybean cake 87%, toasted soybeans 82% and potato protein 64%. Laying hens had the highest digestibilities in comparison with broilers and turkeys. The ranking of species in digestibility was hens > broilers > turkeys (91, 82, 80%) for soybeans, and hens = broilers > turkeys (91, 91, 77%) for maize gluten.

## Tabellenanhang

Tabelle A1: Praecaecale Verdaulichkeit des Rohproteins und der essentiellen Aminosäuren aus den Versuchsmischung mit Rapskuchen und Sojabohne beim Broiler (%; Mittelwert, s)

Anteil Proteinträger (g/kg)	Proteinträger				
	Grundmischung	Rapskuchen		Sojabohne	
	0	100	200	150	300
Rohprotein	83 ± 4	81 ± 2	82 ± 3	83 ± 4	82 ± 2
Arginin	90 ± 2	90 ± 1	90 ± 1	89 ± 2	88 ± 3
Cystin	71 ± 7	72 ± 2	70 ± 2	70 ± 4	67 ± 3
Isoleucin	86 ± 3	85 ± 2	84 ± 2	85 ± 4	83 ± 2
Leucin	86 ± 3	85 ± 2	84 ± 2	85 ± 4	83 ± 2
Lysin	88 ± 3	87 ± 2	86 ± 2	87 ± 3	86 ± 2
Methionin	94 ± 1	93 ± 1	92 ± 1	92 ± 2	90 ± 2
Phenylalanin	86 ± 3	85 ± 2	85 ± 2	85 ± 4	84 ± 2
Threonin	79 ± 4	79 ± 3	77 ± 4	80 ± 6	77 ± 3
Valin	86 ± 3	85 ± 2	84 ± 2	85 ± 4	82 ± 2

Tabelle A2: Praecaecale Verdaulichkeit des Rohproteins und der essentiellen Aminosäuren aus den Versuchsmischungen mit Sojabohnenkuchen, Mais- und Weizenkleber beim Broiler (% , Mittelwert, s)

Anteil Proteinträger (g/kg)	Proteinträger						
	Grundmischung	Sojabohnenkuchen		Maiskleber		Weizenkleber	
	0	100	200	100	200	100	200
Rohprotein	80 ±2	82 ±2	83 ±1	82 ±3	85 ±2	85 ±2	89 ±2
Arginin	87 ±2	89 ±1	89 ±1	87 ±3	88 ±1	88 ±2	91 ±2
Cystin	75 ±3	72 ±2	71 ±2	73 ±5	74 ±2	79 ±4	85 ±2
Isoleucin	83 ±2	85 ±2	85 ±1	84 ±2	87 ±2	87 ±2	89 ±2
Leucin	83 ±2	84 ±1	84 ±2	87 ±2	90 ±2	87 ±2	90 ±1
Lysin	84 ±2	86 ±2	85 ±1	83 ±3	85 ±2	85 ±3	87 ±3
Methionin	90 ±2	90 ±1	89 ±1	90 ±2	91 ±1	91 ±1	93 ±1
Phenylalanin	84 ±2	86 ±1	86 ±1	87 ±3	89 ±1	88 ±2	92 ±1
Threonin	76 ±3	78 ±2	78 ±2	77 ±4	80 ±2	79 ±3	84 ±3
Valin	83 ±2	84 ±1	84 ±1	84 ±3	86 ±2	86 ±2	89 ±2

Tabelle A3: Praecaecale Verdaulichkeit des Rohproteins und der essentiellen Aminosäuren aus der Versuchsmischungen mit Kartoffelprotein beim Broiler (% , Mittelwert, s)

Anteil Proteinträger (g/kg)	Proteinträger		
	Grundmischung	Kartoffelprotein	
	0	100	200
Rohprotein	88 ± 1	83 ± 2	79 ± 1
Arginin	92 ± 1	88 ± 1	85 ± 2
Cystin	77 ± 2	65 ± 4	57 ± 3
Isoleucin	90 ± 1	84 ± 2	79 ± 2
Leucin	89 ± 1	84 ± 2	81 ± 2
Lysin	90 ± 1	86 ± 2	81 ± 2
Methionin	94 ± 1	90 ± 1	86 ± 2
Phenylalanin	89 ± 1	84 ± 2	81 ± 2
Threonin	83 ± 1	78 ± 2	74 ± 2
Valin	89 ± 1	84 ± 2	80 ± 2

Tabelle A4: Praecaecale Verdaulichkeit des Rohproteins und der essentiellen Aminosäuren aus den Versuchsmischungen mit Sojabohne und Maiskleber bei der Legehennen (% Mittelwert, s)

Anteil Proteinträger (g/kg)	Proteinträger				
	Grundmischung	Sojabohne		Maiskleber	
	0	150	300	150	300
Rohprotein	86 ± 2	88 ± 1	88 ± 1	87 ± 2	88 ± 1
Arginin	77 ± 3	86 ± 2	90 ± 1	85 ± 2	86 ± 2
Cystin	80 ± 2	82 ± 1	82 ± 1	81 ± 1	81 ± 2
Isoleucin	85 ± 2	86 ± 1	89 ± 1	88 ± 2	88 ± 2
Leucin	86 ± 2	87 ± 1	89 ± 1	91 ± 2	91 ± 2
Lysin	82 ± 3	86 ± 1	88 ± 1	82 ± 3	82 ± 2
Methionin	86 ± 2	86 ± 1	90 ± 1	89 ± 2	90 ± 2
Phenylalanin	88 ± 2	89 ± 1	91 ± 1	91 ± 1	91 ± 1
Threonin	66 ± 4	74 ± 1	79 ± 2	76 ± 2	79 ± 2
Valin	81 ± 2	84 ± 1	86 ± 1	86 ± 2	86 ± 2

Tabelle A5: Praecaecale Verdaulichkeit des Rohproteins und der essentiellen Aminosäuren aus den Versuchsmischungen mit Sojabohne und Maiskleber bei der Pute (% , Mittelwert, s)

Anteil Proteinträger (g/kg)	Proteinträger				
	Grundmischung	Sojabohne		Maiskleber	
	0	150	300	100	200
Rohprotein	85 ± 4	85 ± 2	82 ± 4	83 ± 2	82 ± 2
Arginin	92 ± 2	92 ± 3	90 ± 3	90 ± 2	88 ± 2
Cystin	69 ± 10	67 ± 3	64 ± 7	64 ± 5	57 ± 6
Isoleucin	89 ± 3	88 ± 2	86 ± 4	86 ± 2	84 ± 2
Leucin	90 ± 3	89 ± 2	86 ± 4	90 ± 1	90 ± 2
Lysin	93 ± 2	92 ± 2	89 ± 4	90 ± 2	87 ± 2
Methionin	93 ± 2	92 ± 2	89 ± 4	92 ± 1	90 ± 2
Phenylalanin	90 ± 3	89 ± 1	87 ± 3	89 ± 1	88 ± 2
Threonin	80 ± 7	81 ± 4	79 ± 7	77 ± 4	75 ± 5
Valin	87 ± 4	85 ± 2	84 ± 4	83 ± 2	83 ± 2