

# **Praecaecale Aminosäurenverdaulichkeit von Erbsen bei Broilern**

Holger Kluth und Markus Rodehutschord

Institut für Ernährungswissenschaften der Universität Halle-Wittenberg,  
Emil-Abderhalden-Straße 26, 01608 Halle (Saale)

## **Zusammenfassung**

Ziel dieser Untersuchung war es, die Verdaulichkeit der Aminosäuren bis zum terminalen Ileum (praecaecale Verdaulichkeit pcVQ) aus Erbsen mit Broilern zu bestimmen. 4 Erbsensorten, die unter identischen Umwelt- und Behandlungsbedingungen angebaut worden waren, wurden herangezogen. Der Gehalt an Rohprotein variierte zwischen 232 und 270 g/kg T. Die Gehalte einzelner Aminosäuren im Protein (g/16 g N) waren weitgehend gleich. Die Erbsen wurden gemahlen und in jeweils 2 Stufen (15 und 30%) im Austausch gegen Stärke einer Grundmischung zugelegt. Die Mischungen (insgesamt 9) enthielten Titandioxid als unverdaulichen Marker. Jede Futtermischung wurde an 7 Gruppen zu je 12 Broilern ab dem 14. Lebenstag gefüttert. Am 21. Tag wurde der Ileumchymus entnommen und innerhalb einer Gruppe gepoolt (n=7 Wiederholungen je Futtermischung). Die pcVQ wurde für jede Futtermischung und jede Wiederholung berechnet. Die pcVQ der Aminosäuren aus Erbsen wurde mittels linearer Regression bestimmt. Zwischen den Aminosäuren war die pcVQ verschieden und schwankte zwischen 58 und 92%. Während die Verdaulichkeiten bei 3 Sorten ähnlich waren, wies eine Sorte für die meisten Aminosäuren signifikant niedrigere Werte auf. Mit der Trypsininhibitoraktivität oder dem Tanningehalt ließen sich die Unterschiede nicht erklären. Weitere Untersuchungen sind daher zur Klärung der Variationsursachen notwendig. Die Variation sollte bei der Erstellung von Futterwerttabellen für die Praxis berücksichtigt werden.

## **Summary**

It was the aim of the present study to investigate the digestibility of amino acids until the terminal ileum (praecaecal digestibility [pcVQ] or ileal digestibility) from peas with broiler chickens. 4 cultivars were used that had been grown under identical

environmental and treatment conditions. Content of crude protein varied between 232 and 270 g/kg dry matter. The content of individual amino acids in protein (g/16 g N) was very similar among cultivars. Peas were ground and included in the diet at two different levels (15 and 30%) at the expense of starch. All diets (9 in total) contained titanium dioxide as indigestible marker. Each diet was fed to 7 groups of 12 birds each from day 14 onwards. On day 21, ileal digesta was obtained and pooled within each group (n=7 replicates per treatment). The pcVQ was calculated for each diet and each replicate. The pcVQ for amino acids from peas was determined with linear regression analysis. The pcVQ was different between amino acids and varied between 58 and 92%. While 3 cultivars were similar in digestibility, one cultivar showed significantly lower digestibility for most of the amino acids. This difference could be explained by neither the trypsininhibitor activity nor by tannin levels. The reasons for the variation need further investigation and variation needs to be considered in feeding tables for the practise.

## **1. Einleitung und Zielsetzung**

Bei der Futterbewertung für unsere landwirtschaftlichen Nutztiere nimmt die Verdaulichkeit (VQ) eine zentrale Position ein. Für Protein und Aminosäuren ist allgemein akzeptiert, dass die Verdaulichkeit bis zum Ende des Ileums (praecaecale [pc] oder ileale Verdaulichkeit [pcVQ]) beim Schwein und beim Geflügel eine aussagefähigere Bewertung ermöglicht als die klassische Messung der Verdaulichkeit über den gesamten Verdauungstrakt.

Aus der Gesamtschau vieler Untersuchungen mit Schweinen ist bekannt, dass methodische Details für das Ergebnis von Verdaulichkeitsbestimmungen entscheidend sein können. Für Schweine hat der Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie daher kürzlich eine Standardmethode zur Bestimmung der pcVQ vorgeschlagen (GFE 2002). Ein wesentliches Element dieser Methode ist die Standardisierung des Aminosäuregehaltes in der Ration, damit der Bedeutung des endogenen Beitrags zu den Aminosäuren am terminalen Ileum Rechnung getragen werden kann.

Auch in der Futterbewertung für Geflügel erfährt die pcVQ der Aminosäuren eine zunehmende Bedeutung (RAVINDRAN et al. 1999, KADIM et al. 2002). Im Vergleich zum Schwein ist es zwar schwieriger, eine quantitative Messung des Chymusflusses am terminalen Ileum vorzunehmen, speziell mit wachsendem Geflügel. Beim Geflügel lässt sich aber bei Einsatz eines unverdaulichen Markers und bei Chymusgewinnung vom getöteten Tier leichter eine größere Tierzahl und eine

größere Zahl von Behandlungen realisieren als beim Schwein. Die pcVQ von Aminosäuren aus einem Testprotein lässt sich daher zuverlässig mittels linearer Regression ermitteln (RODEHUTSCORD et al. 2004). Dies hat den Vorteil, dass eine Korrektur der Messwerte um basale endogene Ausscheidungen nicht mehr erforderlich ist.

Für die pcVQ von Aminosäuren aus Leguminosen beim Geflügel liegen kaum Untersuchungen vor. Dieser Versuch ist Teil eines Verbundprojektes zur Bewertung von Leguminosen. Er hatte zum Ziel, die Variation in der pcVQ von Aminosäuren aus Erbsen zu erfassen und damit den Grundstock für ein Tabellarium zur Aminosäurenverdaulichkeit beim Geflügel zu legen. Untersuchungsgegenstand waren 4 Erbsensorten, die unter identischen Standort- und Umweltbedingungen angebaut worden waren.

## **2. Material und Methoden**

### **2.1 Erbsensorten**

Bei den eingesetzten Erbsen handelte es sich um die weißblühenden Sorten Avia, Laser, Madonna und Miami der Convarietät *sativum*, die gegenwärtig in der Bundessortenliste geführt werden (Tab. A1). Die Erbsen wurden im Erntejahr 2001 von einem landwirtschaftlichen Vermehrungsbetrieb in Sachsen-Anhalt bezogen. Weitere Angaben zum Standort und zu pflanzenbaulichen Maßnahmen sind den Tabellen A2 und A3 des Anhanges zu entnehmen.

Die Gehalte an Rohnährstoffen, ersichtlich aus der Tab. 1, entsprachen größenordnungsmäßig den Angaben anderer Untersuchungen (z.B. JEROCH et al. 1999) bzw. Futterwerttabellen. Die Trypsininhibitoraktivität und die Tanningehalte waren auf einem niedrigen Niveau.

Der XP-Gehalt lag in einem Bereich von 232 g/kg T der Sorte Avia bis 270 g/kg T der Sorte Laser. Im Mittel aller vier Sorten ergab sich ein Gehalt von 254 g/kg T. In den Untersuchungen von JEROCH et al. (1999) zum Futterwert von Körnererbsen konnte festgestellt werden, dass speziell Sorten der Convarietät *sativum* deutliche Unterschiede im XP-Gehalt aufweisen können. Bei insgesamt 40 geprüften Sorten aus den Jahren 1996 und 1997 lag dieser in einem Bereich von 212 bis 281 g/kg T. Für die übrigen Rohnährstoffe und Gehalte an Detergenzienfasern wurden gleichfalls Gehalte ermittelt, die mit den Ergebnissen aus der Untersuchung von JEROCH et al. (1999) vergleichbar sind.

Tab. 1: Gehalte an Rohnährstoffen und Detergenzienfasern sowie an Tanninen (g/kg T) und Trypsininhibitoraktivität (TIU)

	Erbsensorte					
	Avia	Laser	Madonna	Miami	Mittel	$\pm SD$
Rohasche	33	36	31	31	33	2,4
Rohprotein	232	270	260	252	254	16,1
Rohfett	20	16	14	19	17	2,8
Rohfaser	54	46	52	53	51	3,6
NfE	661	632	643	645	645	12,0
NDF	142	125	123	147	134	11,9
ADF	95	75	78	81	82	8,7
ADL	6	6	3	2	4	2,1
TIU/mg DM	3,4	3,3	1,8	2,9	2,9	0,73
Phenole:						
Gesamt	2,47	2,37	2,33	2,18	2,34	0,12
Nicht-Tannin	1,36	1,54	1,17	1,58	1,41	0,19
Tannin <sup>1</sup>	1,12	0,83	1,16	0,60	0,93	0,26
Kondensierte Tannine	0,05	0,02	0,04	0,04	0,04	0,01

<sup>1</sup> Tanninphenole = Gesamtphenole minus Nicht-Tannin-Phenole

Tab. 2: Gehalte an essentiellen Aminosäuren (g/16g N)

	Erbsensorte					
	Avia	Laser	Madonna	Miami	Mittel	$\pm SD$
Lysin	7,2	7,4	7,2	7,3	7,3	0,08
Methionin	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	0,02
Cystin	1,6	1,6	1,3	1,5	1,5	0,12
Threonin	3,9	3,7	3,8	3,8	3,8	0,06
Arginin	8,3	9,4	9,0	9,2	9,0	0,47
Phenylalanin	5,0	4,7	4,7	4,7	4,8	0,11
Isoleucin	3,9	3,7	3,9	3,8	3,8	0,07
Leucin	7,2	7,1	7,3	7,1	7,2	0,07
Valin	4,5	4,4	4,6	4,2	4,4	0,15

Die Gehalte an Aminosäuren wiesen Werte auf, die für die Erbse in einem typischen Bereich lagen (Tab. 2). Es bestanden nur geringe Unterschiede in den einzelnen Aminosäuren zwischen den Sorten mit Ausnahme des Arginins. Hier wies die Sorte Avia mit 8,3 g/16g N gegenüber der Sorte Laser mit 9,4 g/16g N einen deutlich geringeren Gehalt auf. Insgesamt besteht eine gute Übereinstimmung mit Angaben

aus der Literatur (NRC, 1994) und den aktuellen Datensammlungen in den Programmen "AminoDat" und "AmiPig".

## 2.2 Futtermischungen im Versuch

Grundlage der Rationsgestaltung bildete eine Grundmischung mit den Hauptkomponenten Mais, Maisstärke, Sojaextraktionsschrot und Weizenkleber (Tab. 3). Das Futter enthielt TiO<sub>2</sub> als unverdaulichen Marker. Jede der 4 Erbsensorten wurde in zwei Zulagestufen von 150 und 300 g/kg Futter der Grundmischung im Austausch gegen Maisstärke zugelegt. Insgesamt wurden somit 9 Futtermischungen einschließlich der Grundmischung erstellt. Die Mischungen wurden pelletiert (3 mm Lochdurchmesser). Der Gehalt an XP stieg mit zunehmendem Anteil von Erbsen und lag in einem Bereich von 164 bis 244 g/kg Futter.

Tab. 3: Zusammensetzung der Grundmischung (g/kg)

Komponente	
Mais	400
Sojaextraktionsschrot	100
Weizenkleber	100
Maisstärke	300
Sojaöl	44
Titandioxid	5
Mineralfutter <sup>1</sup>	33
Vormischung	10
L-Lysin·HCl	5
DL-Methionin	1
L-Threonin	1
L-Tryptophan	1
Rohprotein	164
ME, MJ/kg <sup>2</sup>	14,0

<sup>1</sup> einschließlich DCP, Futterkalk, Viehsalz    <sup>2</sup> kalkuliert

## 2.3 Versuchstiere/Haltung

Für den Versuch wurden insgesamt 945 Eintagsküken der Herkunft ROSS eingestallt. Es wurden 63 Abteile (Grundfläche: 1,71 m<sup>2</sup>) mit je 15 Tieren belegt. Die Küken wurden unter herkömmlichen Bodenhaltungsbedingungen auf einer kombinierten Einstreu aus Stroh und Hobelspänen gehalten. Futter und Tränkwasser standen uneingeschränkt zur Verfügung. Die Klimagestaltung des Stalles erfolgte nach den

gängigen Empfehlungen über eine automatische Temperaturregulierung mit Heißluftgebläse und Infrarotlampen.

## **2.4 Versuchsbeschreibung/Probennahme**

Bis zum 14. Tag erhielten alle Tiere ein handelsübliches Aufzuchtfutter. Am 14. Tag wurde eine Tiereinzelwägung vorgenommen und die Tieranzahl auf 12 je Abteil reduziert. Die Selektion erfolgte unter Berücksichtigung der mittleren Lebendmasse aller Tiere des Abteils. Bis zum 21. Tag wurden die 9 Futtermischungen an die Tiere aus jeweils 7 Abteilen gefüttert und der Futtermittelverzehr erfasst.

Zum Versuchsende am 21. Tag wurden die Tiere unblutig mit CO<sub>2</sub> getötet und der Darmabschnitt zwischen Meckel'schem Divertikel und 2 cm vor der Einmündung der Blinddärme entnommen. Dieser Abschnitt ist für Untersuchungen dieser Art üblich. Nach Ergebnissen von KADIM und MOUGHAN (1997) ist hier nicht mehr mit einer Veränderung in der Verdaulichkeit zu rechnen. Dies haben wir in einer gerade abgeschlossenen vergleichenden Untersuchung bestätigen können. Der Darminhalt wurde mit destilliertem Wasser ausgespült. Der Chymus aller Tiere eines Abteils ergab eine gepoolte Probe, die unmittelbar tiefgefroren wurde. Das Probenmaterial wurde gefriergetrocknet und für die weitere Analyse über ein 1-mm-Sieb vermahlen.

## **2.5 Analysen**

In den Versuchsmischungen und den Erbsensorten wurden die Roh Nährstoffe nach der Weender Analyse gemäß den Richtlinien des VDLUFA bestimmt (NAUMANN & BASLER, 1976).

Die Gehalte an Aminosäuren in den Versuchsmischungen, in den Erbsen und im Chymus wurden ebenfalls nach der Verbandsmethode bestimmt. Die zur Bestimmung der schwefelhaltigen Aminosäuren erforderliche Oxidation erfolgte durch Natriumdisulfit. Titandioxid wurde in den Versuchsmischungen und im Chymus nach Kjeldahlaufschluss photometrisch ermittelt (BRANDT & ALLAM, 1987). Die Bestimmung der Tannine<sup>1</sup> erfolgte nach Extraktion mit Aceton (70%) gemäß TERRIL et al. (1990) und MAKKAR et al. (1993). Die Messungen erfolgten photospektrometrisch bei 550 nm für die kondensierten Tannine (PORTER et al., 1986) und bei 725 nm für die Gesamtphenole (JULKUNEN-TIITTO, 1985) und die Nicht-Tannin-Phenole (LAURENT, 1975; WATTERSON & BUTLER, 1983). Die Trypsin-inhibitoraktivität (TIU) wurde gemäß der Methode der AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (1983) bestimmt.

---

<sup>1</sup> Die Autoren danken Frau Dr. Edda-Maria Ott, Institut für Umweltgerechte Tierhaltung der Universität Rostock, für die Durchführung der Tanninanalysen.

## 2.6 Berechnungen und statistische Auswertung

Die pcVQ der Aminosäuren (AS) wurde unter Verwendung der Konzentrationen der AS und des Markers in Futter und Chymus mit der üblichen Formel zunächst für jede Futtermischung wie folgt berechnet:

$$\text{pcVQ (\%)} = (\text{AS}_{\text{Chymus}} * \text{TiO}_{2\text{Futter}}) / (\text{AS}_{\text{Futter}} * \text{TiO}_{2\text{Chymus}}) * 100$$

Aus der pcVQ 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 Aminosäurenmenge wurde anschließend mittels linearer Regression beschrieben. Da die Differenz in der AS-Aufnahme durch die Zulage der Erbse zustande kam, kann die Steigung der Regressionsgeraden hierbei direkt als pcVQ der Aminosäure aus der jeweiligen Erbsensorte interpretiert werden (RODEHUTSCORD et al. 2004).

Für die Regressionsanalyse wurde das „common intercept model“ verwendet:

$y = a + b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + b_3 * x_3 + b_4 * x_4$ , mit:

y: pc verdaute AS-Menge (mg/d); a: Konstante

$x_{1-4}$ : Aufnahme der jeweiligen AS aus den Mischungen für jede Erbsensorte (mg/d)

$b_{1-4}$ : Anstieg der Regressionsgeraden für die jeweilige Erbsensorte

Das Modell impliziert die Prüfung auf signifikante Unterschiede zwischen den Steigungen für die Erbsensorten. Hierfür wurde das Programm SAS 6.12 für Windows verwendet. Die graphische Darstellung erfolgte mit dem Programm GraphPad Prism 3.0.

## 3. Ergebnisse und Diskussion

### 3.1 Leistungsparameter

Im Folgenden soll zunächst auf die Leistungsparameter Futteraufnahme und Lebendmasseentwicklung eingegangen werden (Tabelle 4), wobei diese lediglich als ergänzende Angaben zu betrachten sind, da bei siebentägiger Versuchsdauer die Aussagefähigkeit begrenzt ist. Insgesamt wurden je Futtermischung 7 Wiederholungen in die Auswertung einbezogen. Ausnahmen bildeten die Varianten der Grundmischung und Miami (30%), von denen nur 5 bzw. 6 Wiederholungen ausgewertet werden konnten.

Tab. 4: Futteraufnahme (FA) und Lebendmassezunahme (LMZ) im Versuchszeitraum (14.-21. Tag, Angaben in g/Tier)

Erbsen (%)	GM	Avia		Laser		Madonna		Miami		Pooled SEM	ANOVA p-Wert
	0	15	30	15	30	15	30	15	30		
n	5	7	7	7	7	7	7	7	6		
FA	332	411	437	426	430	395	427	382	397	5	<0,01
LMZ	170	311	359	328	356	309	349	278	332	7	<0,01

Die Aufnahme an Grundmischung lag mit 332 g/Tier erwartungsgemäß unter dem Niveau der Versuchsgruppen, die die Erbsen enthielten. Dieses ist auf den deutlich niedrigeren Gehalt an Aminosäuren in dieser Mischung zurückzuführen. Mit der Supplementierung der Erbsen stieg die Futteraufnahme an, wobei mit der Zulagestufe von 30% jeweils die höchste Futteraufnahme erreicht wurde. Dies kann als übliche Reaktion auf die Unterschiede in der Aminosäurenversorgung angesehen werden. Für die Sorte Miami wurde im Vergleich zu den Sorten Avia, Laser und Madonna eine geringere Futteraufnahme ermittelt.

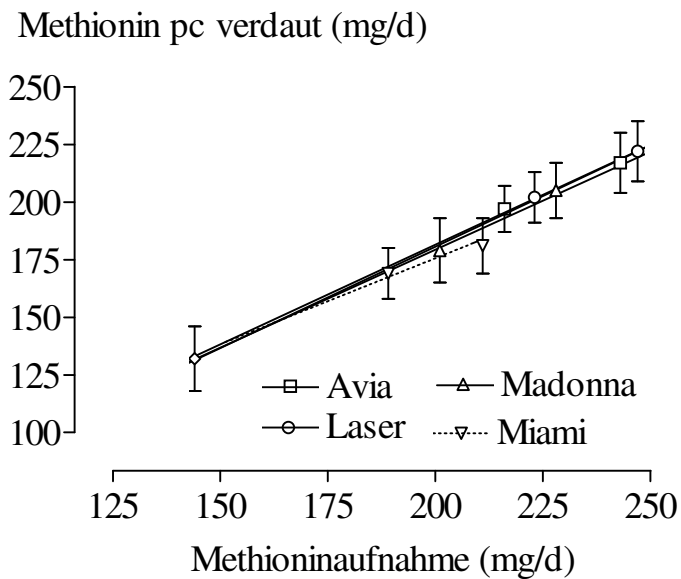
Entsprechend der Futteraufnahme wurden für die Tiere mit der höchsten Zulage an Erbsen die höchsten Lebendmassezunahmen realisiert. Für die Erbsen Avia, Laser und Madonna ergab sich im Mittel eine Zunahme von 355 g/Tier. Für die Sorte Miami war eine geringere Zunahme von nur 332 g/Tier festzustellen. Das Zunahmenniveau bei den Tieren, die die Grundmischung erhielten, fiel mit 170 g/Tier deutlich niedriger aus.

### 3.2 Verdaulichkeit der Aminosäuren aus den Erbsensorten

Da die für die 9 Mischungen ermittelten Verdaulichkeiten lediglich als Zwischenergebnisse anfallen und keinen unmittelbaren Aussagewert haben, wird auf deren Darstellung verzichtet und direkt die Verdaulichkeit der Erbsen dargestellt.

Die lineare Beziehung zwischen pc verdauter Aminosäurenmenge und aufgenommener Aminosäurenmenge ist am Beispiel des Methionins in der Abb. 1 dargestellt. Für die übrigen Aminosäuren sind die Parameter der Regressionsanalyse in der Tabelle 4 des Anhangs aufgeführt. Die Angaben zur pcVQ aller Aminosäuren einschließlich des Rohproteins sind in der Tab. 5 zusammengefasst.

Hinsichtlich der pc Verdaulichkeit des Rohproteins konnten zwischen den Erbsensorten Unterschiede festgestellt werden. Die Sorten Avia, Laser und Madonna wiesen im Mittel eine pcVQ von 81% auf. Dagegen wurde das Rohprotein der Sorte Miami mit nur 73% signifikant geringer verdaut.



$$y = 134 (\pm 1,8) + 0,86 (\pm 0,03) x_1 + 0,86 (\pm 0,03) x_2 + 0,83 (\pm 0,03) x_3 + 0,75 (\pm 0,04) x_4$$

Abb. 1: Beziehung zwischen Aufnahme und praecaecal verdauter Menge von Methionin

Tab. 5: Praecaecale Verdaulichkeit des Rohproteins und der Aminosäuren aus Erbsen (%), bestimmt über lineare Regression (Details der Regressionsanalyse in Anhangstabelle A4)

	Erbsensorte				p-Wert
	Avia	Laser	Madonna	Miami	
Rohprotein	80 <sup>a</sup>	81 <sup>a</sup>	82 <sup>a</sup>	73 <sup>b</sup>	<0,004
Lysin	88 <sup>ab</sup>	89 <sup>a</sup>	89 <sup>a</sup>	85 <sup>b</sup>	<0,017
Methionin	86 <sup>a</sup>	86 <sup>a</sup>	83 <sup>a</sup>	75 <sup>b</sup>	<0,023
Cystin	68 <sup>a</sup>	68 <sup>a</sup>	69 <sup>a</sup>	58 <sup>b</sup>	<0,003
Threonin	76 <sup>a</sup>	77 <sup>a</sup>	76 <sup>a</sup>	66 <sup>b</sup>	<0,001
Arginin	91 <sup>a</sup>	90 <sup>a</sup>	92 <sup>a</sup>	86 <sup>b</sup>	<0,008
Phenylalanin	83 <sup>a</sup>	83 <sup>a</sup>	82 <sup>a</sup>	73 <sup>b</sup>	<0,001
Isoleucin	79 <sup>a</sup>	80 <sup>a</sup>	81 <sup>a</sup>	72 <sup>b</sup>	<0,009
Leucin	80 <sup>a</sup>	82 <sup>a</sup>	82 <sup>a</sup>	72 <sup>b</sup>	<0,005
Valin	77 <sup>ab</sup>	76 <sup>b</sup>	81 <sup>a</sup>	70 <sup>c</sup>	<0,035

<sup>a,b,c</sup> kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Sorten

Die pcVQ einzelner Aminosäuren innerhalb einer Erbsensorte waren deutlich voneinander verschieden. Sie lag in einem Bereich von 58 % bei Cystin (Miami) bis 92% bei Arginin (Madonna). Während für die Sorten Avia, Laser und Madonna weitgehend vergleichbare Werte für dieselbe Aminosäure ermittelt wurden, ergaben sich für die Sorte Miami bei allen Aminosäuren die geringsten Werte. Lediglich beim Valin ergab sich auch zwischen den Sorten Madonna und Laser ein signifikanter Unterschied.

Die geringere Verdaulichkeit wird nicht durch einen höheren Gehalt an XP kompensiert, so dass auch der Gehalt an verdaulichen Aminosäuren für die Sorte Miami deutlich geringer ist als für die drei anderen.

Obwohl die negative Wirkung der TIU und der Tannine auf die Verdaulichkeit grundsätzlich bekannt ist, scheiden sie in diesem Versuch als Erklärungsansatz für die unterschiedliche Verdaulichkeit aus. Die Sorte mit den niedrigen Verdaulichkeiten wies nicht die höchsten TIU-Werte auf. Vermutlich waren die Gehalte insgesamt auf einem so niedrigen Niveau, dass sich die Unterschiede nicht bemerkbar gemacht haben. Weitere Untersuchungen erscheinen zur Erklärung der gefundenen Unterschiede angemessen. Auffällig ist, dass die Sorte mit der geringsten Verdaulichkeit auch am schlechtesten verzehrt wurde.

## **5. Schlussfolgerungen**

Die Daten liefern den Grundstock für ein Tabellarium zur Aminosäurenverdaulichkeit beim Geflügel. Die verwendete Methode stellt eine geeignete Möglichkeit dar, die pcVQ der Aminosäuren aus Einzelkomponenten zu bestimmen, ohne dass eine Korrektur um basale endogene Ausscheidungen notwendig wäre. Die im Rahmen der Untersuchung geprüften Erbsensorten Avia, Laser, Madonna und Miami der Convarietät *sativum* wiesen signifikante Unterschiede in der pcVQ des Rohproteins und der Aminosäuren auf. Innerhalb einer Sorte ergaben sich deutliche Unterschiede in der Verdaulichkeit zwischen den einzelnen Aminosäuren. Beides ist auf eine größere Datengrundlage zu stellen und bei der Berechnung von Mittelwerten in Tabellen bzw. in der praktischen Anwendung zu berücksichtigen. Die Kausalzusammenhänge müssen in weiteren Untersuchungen geklärt werden.

## 6. Literaturverzeichnis

- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS, 1983: Approached methods of the AACC, Method 71-10, American Association of Cereal Chemists, St. Paul MN, USA.
- BRANDT, M., S. M. ALLAM, 1987: Analytik von  $\text{TiO}_2$  im Darminhalt und Kot nach Kjeldahlaufschluß. *Archives of Animal Nutrition* 37, 453-454
- GFE (2002) Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen: Bestimmung der praecaecalen Verdaulichkeit von Aminosäuren beim Schwein - Empfehlungen zur standardisierten Versuchsdurchführung. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 11, 233-245.
- JEROCH, H., H. KLUGE, O. SIMON, J. VON LENGERKEN, 1999: Inhaltsstoffe und Futterwertdaten von Getreide und Körnererbsen. Institut für Ernährungswissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
- JULKUNEN-TIITTO, R., 1985: Phenolic constituents in the leaves of northern willow. Methods for analysis of certain phenolics. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 33, 213-217.
- KADIM, I. T., P. J. MOUGHAN, 1997: Development of an ileal amino acid digestibility assay for the growing chicken-effects of time after feeding and site of sampling. *British Poultry Science* 38, 89-95
- KADIM, I. T., P. J. MOUGHAN, 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
- LAURENT, S., 1975 : Etude comparative de differente methodes d'extraction et de dosage des tannins chez quelques pteridhytes. *Archive International Physiology and Biochemistry* 83, 735-752
- MAKKAR, P. S. H., M. BLÜMMEL, N. K. BOROWY, K. BECKER, 1993: Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 61, 161-165
- NAUMANN, C., R. BASSLER, 1976: Methodenbuch Band III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. 3. Ergänzungslieferung 1993, und 4. Ergänzungslieferung 1997, VDLUFA-Verlag, Darmstadt
- NRC, National Research Council, 1994: Nutrient Requirements of Poultry. 9<sup>th</sup> Rev. Edition, National Academic Press Washington, D.C.
- PORTER, L. J., H. L. HRSTICH, G. B. CHAN, 1986: The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. *Phytochemistry*, 25, 223-230
- RAVINDRAN, V., L. I. HEW, G. RAVINDRAN, 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

- RODEHUTSCORD, M., M. KAPOCIUS, R. TIMMLER, A. DIECKMANN, 2004: Linear regression approach to study amino acid digestibility in broiler chickens. *British Poultry Science* 45, 85-92
- TERRIL, T. H., R. W. WINDHAM, J. J. EVANS, S. C. HOVELAND, 1990: Condensed tannin concentration in *Sericea lespedeza* as influenced by preservation method. *Crop Science*, 30, 219-224
- WATTERSON, J. J., G. L. BUTLER, 1983: Occurrence of an unusual leucoanthocyanidin and absence of proanthocyanidins in sorghum leaves. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 31, 41-45

## Anhang

Tabelle A1: Klassifikation der Erbsensorten

Sorte	BSA-Nr.	Zulassung	Züchter/Vertrieb
Avia	506	2000	Cebeco
Laser	451	1999	Lochow-Petkus
Madonna	445	1999	NPZ/Saaten-Union
Miami	352	1996	Cebeco

Tabelle A2: Beschreibung des Anbaustandes

Standort	Land	Landkreis	Mittlerer Jahres- niederschlag	Mittlere Jahres- temperatur	Boden- art	Acker- zahl
Lindau	Sachsen- Anhalt	Anhalt- Zerbst	540	8,7	D4b/sL	54

Tabelle A3: Maßnahmen des Acker- und Pflanzenbaus, der Düngung und des Pflanzenschutzes

Vorfrucht:	Zuckerrüben		
Grundbodenbearbeitung:	Flachgrubber		
Aussaatdatum:	21.04.2001		
Aussaatstärke:	175 kg/ha		
Erntedatum:	15.08.2001		
Düngung:	Magnesiummischkalk (CaO, 55%, MgO: 35%): 15 dt/ha		
Pflanzenschutz:			
Herbizid:	30.04.2001	1,5 l/ha	Stomp
Insektizid:	30.06.2001	0,15 kg/ha	Pirimor
	30.06.2001	0,1 l/ha	Fastac

Tabelle A4: Parameter der Regressionsanalyse

			<u>Avia</u>		<u>Laser</u>		<u>Madonna</u>		<u>Miami</u>		r <sup>2</sup>
	Intercept	SE	Anstieg	SE	Anstieg	SE	Anstieg	SE	Anstieg	SE	
Rohprotein	6710	103	0,80	0,02	0,81	0,02	0,82	0,02	0,73	0,03	0,97
Lysin	337	5,0	0,88	0,02	0,89	0,02	0,89	0,02	0,85	0,02	0,99
Methionin	134	1,8	0,86	0,03	0,86	0,02	0,83	0,03	0,75	0,04	0,97
Cystin	119	2,3	0,68	0,03	0,68	0,03	0,69	0,03	0,58	0,04	0,93
Threonin	223	4,1	0,76	0,02	0,77	0,02	0,76	0,02	0,66	0,03	0,96
Arginin	319	4,8	0,91	0,02	0,90	0,01	0,92	0,01	0,86	0,02	0,99
Phenylalanin	349	4,7	0,83	0,02	0,83	0,02	0,82	0,02	0,73	0,03	0,97
Isoleucin	226	3,4	0,79	0,02	0,80	0,02	0,81	0,02	0,72	0,03	0,97
Leucin	588	7,7	0,80	0,02	0,82	0,02	0,82	0,02	0,72	0,03	0,97
Valin	263	4,7	0,77	0,03	0,76	0,03	0,81	0,02	0,70	0,03	0,96