

# BÖLN

Bundesprogramm Ökologischer Landbau  
und andere Formen nachhaltiger  
Landwirtschaft

## Bestimmung präcecaler Verdaulichkeitskoeffizienten für heimische Energiefuttermittel für die Hühnermast

Estimation of ileal nutrient digestibility of native energy and protein feeding stuffs for organic broilers

FKZ: 11OE070

**Projektnehmer:**

Universität Hohenheim, Institut für Nutztierwissenschaften  
Fg. Populationsgenomik bei landwirtschaftlichen Nutztieren  
Garbentraße 17, 70599 Stuttgart  
Tel.: +49 711 459 22481  
Fax: +49 711 459 24246  
E-Mail: [popgenomik@uni-hohenheim.de](mailto:popgenomik@uni-hohenheim.de)  
Internet: [www.uni-hohenheim.de](http://www.uni-hohenheim.de)

**Autoren:**

Ritteser, Carolin; Grashorn, Michael

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.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

**BÖLN**

Bundesprogramm Ökologischer Landbau  
und andere Formen nachhaltiger  
Landwirtschaft

FG Populationsgenomik (460h), Inst. für Nutztierwissenschaften, AG Geflügel, Universität  
Hohenheim, Stuttgart

Bundesprogramm Ökologischer Landbau und anderer Formen nachhaltiger  
Landwirtschaft

**Förderung der nachhaltigen und einheimischen Eiweißversorgung in der  
Monogastrierernährung im Ökologischen Landbau**

Teilprojekt

Bestimmung präcecaler Verdaulichkeitskoeffizienten für heimische Energie- und  
Proteinfuttermittel für die Bio-Hühnermast

**2811OE070**

1. April 2012 bis 31. Dezember 2014

## Kurzfassung

### Bestimmung präcecaler Verdaulichkeitskoeffizienten für heimische Energie- und Proteinfuttermittel für die Bio-Hühnermast

Prof. Dr. Michael Grashorn und Dipl. Agr.Biol. Carolin Ritteser  
AG Geflügel, FG Populationsgenomik (460h),  
Inst. für Nutztierwissenschaften, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart  
michael.grashorn@uni-hohenheim.de

Der hohe Methioninbedarf von wachsendem Geflügel kann im Moment nur über den Einsatz von Hoch-Proteinfuttermitteln aus konventionellem Anbau (<5 %) halbwegs gedeckt werden. Zur langfristigen Sicherstellung der Methioninversorgung von wachsendem Geflügel sind daher die Erkenntnisse zu den Nährstoffgehalten und deren Verdaulichkeit von möglichst vielen ökologischen Futtermitteln zu erweitern.

Im Rahmen des Projektes wurden daher zunächst die Nährstoffgehalte von verschiedenen Futtermitteln aus ökologischem Anbau (11 Energiefuttermittel - Weizen, Gerste, Roggen, Triticale, Nacktgerste, Nackthafer, Buchweizen, Dinkel, Rispenhirse, Braunhirse, Mais-Ganzkorn-Silage, 1 Proteinfuttermittel - Linsenausputz und 3 Rohfaserreiche Futtermittel - Kleegrassilage behandelt und unbehandelt, getrocknete Luzerneblätter) ermittelt. Für diese wurde die ileale Verdaulichkeit des Rohproteins und der Aminosäuren im Tierversuch bei langsam wachsenden Masthühnern in der 3. und 6. Lebenswoche bestimmt.

Die analysierten Rohprotein- und Aminosäuregehalte der untersuchten Futtermittel lagen in der Regel etwas niedriger als die der konventionell angebauten. Linsenausputz hatte den höchsten Proteingehalt, gefolgt von der Kleegrassilage und den getrockneten Luzerneblättern, die auch den höchsten Rohfasergehalt aufwiesen. Die höchsten Methioningehalte lagen für Braunhirse, Rispenhirse, Kleegrassilagen und getrocknete Luzerneblätter vor (ca. 3g/kg). Die höchsten Lysingehalte wurden für die Kleegrassilagen, die Luzerneblätter und die Linsen ermittelt (ca. 10g/kg). Die Aminosäureverdaulichkeit lag für fast alle Aminosäuren in einem ähnlichen Bereich wie für konventionell erzeugte Futtermittel. Schlechte AS-Verdaulichkeiten wiesen vor allem Dinkel und die Kleegrassilagen auf. Die ermittelten Verdaulichkeiten unterschieden sich kaum zwischen der 3. und der 6.

Lebenswoche. Die Berechnung des Gehaltes an verdaulichem Methionin für die geprüften Futtermittel ergab für Braunhirse und Luzerneblätter mit etwa 3 g/kg die günstigen Werte. Der hohe Rohfasergehalt der Luzerneblätter führt allerdings auf Grund des stark erhöhten Futtermittelvolumens zu einer zu geringeren Futteraufnahme und somit zu Minderleistungen.

Die Ergebnisse verdeutlichen das Potential der Grundfuttermittel bei der Methioninversorgung und helfen so die Deckung des Methioninbedarfs bei wachsenden Hühnern im Ökologischen Landbau zu optimieren.

**Stichworte**

Bio-Masthuhn, Fütterung, Energiefuttermittel, Proteinfuttermittel, Rohprotein, Aminosäuren, Verdaulichkeit

Short summary

## Estimation of ileal nutrient digestibility of native energy and protein feedings stuffs for organic broilers

Prof. Dr. Michael Grashorn and Dipl. Agr.Biol. Carolin Ritteser  
WG Poultry, Dept. Population Genomics (460h),  
Inst. of Animal Science, University of Hohenheim, 70593 Stuttgart, Germany  
michael.grashorn@uni-hohenheim.de

Currently, the high methionine requirements of growing organic chickens can only be met by the use of high protein feeding stuffs from conventional production (< 5% of the diet). Thus, the knowledge on the contents and digestibility of nutrients of organic feeding stuffs has to be enlarged to fulfil the demand of organic broilers on long-term.

In the first step nutrient contents of several organic feeding stuffs have been analyzed (11 energy feeding stuffs - wheat, barley, rye, triticale, naked barley, naked oats, buckwheat, spelt, common millet, brown top millet, whole corn silage, 1 protein feeding stuff - strip waste of lentils, 3 feeding stuffs rich in crude fibre - untreated and treated clover silage, dried alfalfa leaves). In the second step, ileal digestibility for crude protein and amino acids was determined for slow growing broilers in weeks 3 and 6 of life.

In general, analyzed contents of crude protein and amino acids of investigated feeding stuffs have been somewhat lower than for the respective feeding stuffs from conventional production. Strip waste of lentils showed the highest protein content, followed by clover silage and dried alfalfa leaves, which had also the highest crude fibre content. The highest methionine contents were observed for common millet, brown top millet, clover silages and dried alfalfa leaves (about 3 g/kg). Clover silages, dried alfalfa leaves and strip waste of lentils revealed the highest lysine contents (about 10 g/kg). Digestibility of amino acids was about in the same range as for the respective feeding stuffs from conventional production. Quite poor amino acids digestibility was observed for spelt and clover silages. Crude protein and amino acids digestibility was not different between week 3 and 6 of life. The highest content of digestible methionine (about 3g /kg) was calculated for brown top millet and dried alfalfa leaves. But, the high crude fibre content of dried alfalfa leaves

increased feed volume resulting in a lower nutrient intake und thus in a reduced growth rate of birds.

The results illustrate the potential of organic mass feeding stuffs to contributing methionine and, by this, help to optimizing the methionine supply of growing chickens.

**Keywords**

Organic broiler, nutrition, energy feeding stuffs, protein feeding stuffs, crude protein, amino acids, digestibility

## Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung (deutsch) .....	
Kurzfassung (englisch) .....	
Abkürzungsverzeichnis .....	
Tabellen/Abbildungsverzeichnis.....	
1. Einführung .....	12
1.1 Gegenstand des Vorhabens .....	12
1.2 Zielsetzung und Aufgabenstellung.....	13
1.3 Planung und Ablauf des Projektes .....	14
2. Wissenschaftlicher Stand.....	15
2.1 Futtermittel.....	15
2.2 Verdaulichkeit von Futtermitteln in der Hühnermast.....	18
3. Material und Methoden .....	20
3.1 Tiere und Stallungen .....	20
3.2 Getestete Futtermittel.....	21
3.3 Versuchsdurchführung .....	22
3.4 Chymusgewinnung.....	24
3.5 Chemische Analysen .....	24
3.6 Statistische Auswertung .....	25
4. Ergebnisse .....	26
4.1 Nährstoffgehalt der Futtermittel.....	26
4.2 Tiergewichte und Futtermittelverbrauch.....	29
4.3 Verdaulichkeitswerte.....	29
4.3.1 Verdaulichkeitswerte für die dritte Lebenswoche .....	30
4.3.2 Verdaulichkeitswerte für die sechste Lebenswoche.....	36
4.3.3 Berechnete Gehalte an verdaulichem Rohprotein und Aminosäuren in den Prüffuttermitteln .....	40
5. Diskussion .....	44
5.1 Gewichtsentwicklung in den Prüfphasen .....	44

5.2	Nährstoffgehalte der Prüffuttermittel.....	44
5.3	Verdaulichkeit des Rohproteins und der Aminosäuren .....	46
5.3.1	Bewertung der Einflussfaktoren .....	46
5.3.2	Verdaulichkeit .....	48
5.3.3	Aussagefähigkeit der ermittelten Verdaulichkeitswerte.....	50
5.3.4	Bewertung der geprüften Futtermittel .....	51
6.	Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse .....	52
7.	Gegenüberstellung von Zielen und Ergebnissen .....	53
8.	Zusammenfassung .....	54
9.	Literaturverzeichnis .....	58
10.	Übersicht über die Veröffentlichung von Forschungsergebnissen .....	66
11.	Tabellenanhang .....	67



**Abkürzungsverzeichnis**

Ala	Alanin
Arg	Arginin
AS	Aminosäure
Asp	Asparaginsäure
BH	Braunhirse
BW	Buchweizen
Ca	Calcium
Cys	Cystin
DG	Durchgang
DI	Dinkel
DLG	Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft e.V.
EG	Europäische Gemeinschaft
FA	Futtermittelaufnahme
FVW	Futtermittelverwertung
GKS	Mais-Ganzkorn-Silage
Glu	Glutaminsäure
Gly	Glycin
GVO	gentechnischer veränderter Organismus
His	Histidin
Ile	Isoleucin
KB	Kleeegrassilage, behandelt
KU	Kleeegrassilage, unbehandelt
LA	Linsenausputz
LB	Luzerneblätter, getrocknet
Leu	Leucin
Lys	Lysin
Met	Methionin
NG	Nacktgerste
NH	Nackthafer
ÖL	Ökologischer Landbau
pcV	Präcedale Verdaulichkeit
Phe	Phenylalanin
Pro	Prolin
R <sup>2</sup>	Bestimmtheitsmaß
RH	Rispenhirse
Ser	Serin
SG	Sommergerste
Thr	Threonin
TiO <sub>2</sub>	Titandioxid
TM	Trockenmasse
Trp	Tryptophan
Tyr	Tyrosin

TZ	Durchschnittliche, tägliche Zunahmen
Val	Valin
VO	Verordnung
V.Ö.P.	Verbund Ökologische Praxisforschung
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
VK	Verdaulichkeitskoeffizient
VO	Verordnung
WR	Winterroggen
WT	Wintertritikale
WW	Winterweizen
XA	Rohasche
XF	Rohfaser
XP	Rohprotein
ZM	Zentrifugalmühle

## **Tabellen- und Abbildungs-Verzeichnis**

Tabelle 1. Präcecale Verdaulichkeit von Aminosäuren beim Geflügel (AminoDat 4.0).....	20
Tabelle 2. Bezeichnung, Sorte, Anbauregion und –jahr der geprüften Futtermittel.....	22
Tabelle 3. Beispiel - Zusammensetzung der Basismischung für die Prüfung der Sommergerste in der 3. Lebenswoche (g/kg).....	23
Tabelle 4. Nährstoffgehalte der Prüffuttermittel (% der TM).....	27
Tabelle 5. Aminosäuregehalte der Prüffuttermittel (% der TM).....	28
Tabelle 6. pcV (in %) für Winterweizen, Winterroggen, Wintertritikale und Sommergerste in der 3. Lebenswoche .....	31
Tabelle 7. pcV (in %) für Rispenhirse, Dinkel und Mais-Ganzkorn-Silage in der 3. Lebenswoche .....	32
Tabelle 8. pcV (in %) für Kleegrassilage (behandelt und unbehandelt), Luzerneblätter und Linsenausputz in der 3. Lebenswoche .....	34
Tabelle 9. pcV (in %) für Braunhirse, Buchweizen, Nacktgerste und Nackthafer in der 3. Lebenswoche.....	36
Tabelle 10. pcV (in %) für Winterweizen, Winterroggen, Wintertritikale und Sommergerste in der 6. Lebenswoche .....	37
Tabelle 11. pcV (in %) für Rispenhirse, Dinkel und Mais-Ganzkorn-Silage in der 6. Lebenswoche.....	38
Tabelle 12. pcV (in %) für Kleegrassilage (behandelt und unbehandelt), Luzerneblätter und Linsenausputz in der 6. Lebenswoche .....	39
Tabelle 13. pcV (in %) für Braunhirse, Buchweizen, Nacktgerste und Nackthafer in der 6. Lebenswoche.....	40
Tabelle 14. Gehalt an verdaulichen Aminosäuren/Rohprotein für die Starterphase (% der TM) .....	42
Tabelle 15. Gehalt an verdaulichen Aminosäuren/Rohprotein für die Growerphase (% der TM) .....	43
Tabelle 16. Beziehung zwischen Rohprotein- und Methioningehalt für konventionell (Tabellenwerte) und ökologisch (Ergebnisse der Studie) angebaute Futtermittel .....	53

---

Tabelle A1. Für die Tierversuche zu Grunde gelegte Bedarfszahlen für Energie, Protein und die vier erst-limitierenden Aminosäuren in den Prüfperioden 3. und 6. Lebenswoche .....	67
Tabelle A2. Tiergewichte (g), Futteraufnahme (g) und Futterverwertung (g/g) in der 3. Lebenswoche.....	68
Tabelle A3. Tiergewichte (g), Futteraufnahme (g) und Futterverwertung (g/g) in der 6. Lebenswoche.....	70
Tabelle A4. Verdaulichkeit (%) des Rohproteins und der Aminosäuren in der Kontrollgruppe (50 % Weizen) in der 3. Lebenswoche .....	72
Tabelle A5. Verdaulichkeit (%) des Rohproteins und der Aminosäuren in der Kontrollgruppe (50 % Weizen) in der 6. Lebenswoche .....	74
Abbildung 1. Beziehung zwischen der Aufnahme und der berechneten Menge an verdaulichem Lysin bzw. Threonin für die Mais-Ganzkorn-Silage und den Dinkel in der 3. Lebenswoche.....	33
Abbildung 2. Beziehung zwischen der Aufnahme und der berechneten Menge an verdaulichem Cystin bzw. Histidin für die behandelte Kleegrassilage und den Linsenausputz in der 3. Lebenswoche.....	35

## 1. Einführung

Die bedarfsgerechte Ernährung monogastrischer Nutztiere ist im Ökologischen Landbau (ÖL) schwierig, da einerseits die zur Verfügung stehenden Futtermittel in der Regel unzureichende Gehalte an erst-limitierenden, essentiellen Aminosäuren (vor allem Methionin) aufweisen und andererseits der Einsatz von freien Aminosäuren nicht zulässig ist. Dieses Problem wird gegenwärtig durch die bestehende Ausnahmeregelung zum Einsatz von bis zu 5 % Futtermitteln aus konventioneller Erzeugung in der Futtration etwas entschärft (VO (EG) Nr. 889/2008). Die Ausnahmeregelung war zunächst bis 31. Dezember 2014 befristet, da davon ausgegangen wurde, dass bis zu diesem Zeitpunkt weitergehende Informationen zu einer Bedarfs-gerechten Ernährung von Monogastriern im ÖL (aktualisierte Bedarfswerte, Kenntnisse zur Nährstoffverdaulichkeit, erweiterte Erkenntnisse zu den Nährstoffgehalten der Öko-Futtermittel) vorliegen würden. Das Förderprogramm ‚Förderung der nachhaltigen und einheimischen Eiweißversorgung in der Monogastrierernährung im Ökologischen Landbau‘ sollte unter anderem zum Erkenntniszugewinn beitragen. Im Laufe des Jahres 2014 hatten sich aber die Vermutungen bestätigt, dass bis zum Ablauf der Ausnahmegenehmigung die Wissenslücke nicht ausreichend geschlossen werden kann. Inzwischen wurde daher die Ausnahmeregelung mit der Maßgabe, die Forschungsaktivitäten zur Bedarfs-gerechten Monogastrierernährung weiter zu intensivieren, bis zum 31. Dezember 2017 verlängert (VO (EG) 836/2014).

### 1.1 Gegenstand des Vorhabens

Das vorliegende Projekt hat sich mit Möglichkeiten der Optimierung der Versorgung von Masthühnern mit essentiellen Aminosäuren befasst. Besonderes Interesse galt dabei der erst-limitierenden Aminosäure Methionin, da der Methionin-Bedarf in den ersten Lebenswochen auch auf Grund der Gefiederbildung hoch ist. Gegenwärtig wird in der Fütterung der Masthühner versucht, die benötigten Methionin-Mengen im Futter über den Einsatz von z.B. Kartoffeleiweiß aus konventioneller Erzeugung bereitzustellen. Es stellt sich aber die Frage, inwieweit auch Energiefuttermittel aus ökologischer Erzeugung, die den größten Mengenanteil in den fertigen Futtrationen ausmachen, zur Versorgung beitragen

können. Neben den tatsächlichen Aminosäuregehalten sind vor allem auch die Verdaulichkeiten der einzelnen Aminosäuren von Bedeutung.

## 1.2 Zielsetzung und Aufgabenstellung

Das vorliegende Vorhaben sollte daher den möglichen Beitrag von ‚Grundfuttermitteln‘ zur Methionin-Versorgung der Masthühner in den ersten Lebenswochen untersuchen. Unter Grundfuttermittel werden in dem Zusammenhang Futtermittel verstanden, die den größten Mengenanteil an den Futterrationen ausmachen. Dies sind in erster Linie die Getreidearten, die aber auf Grund ihres höheren Energiegehaltes als Energiefuttermittel eingestuft werden. Hierzu gehören auch ‚exotische‘ Futtermittel, wie Dinkel, Buchweizen, Nackthafer usw., deren Einsatz aber für einzelne Betriebe durchaus von Interesse sein kann.

Das Ziel der Untersuchung war einerseits, die Nährstoffgehalte verschiedener, weniger üblicher Futtermittel zu bestimmen, und andererseits, die Verdaulichkeit der Aminosäuren im Tierversuch zu ermitteln. Nachdem sich die Verdaulichkeit der Nährstoffe mit dem Alter der Tiere verändert, wurden diese Untersuchungen sowohl in der Phase des frühen Wachstums (3. Lebenswoche) als auch in etwa in der Phase des maximalen Wachstums (6. Lebenswoche) durchgeführt. Als Novum des Projektes ist anzusehen, dass alle Untersuchungen an langsam bis mittelschnell wachsenden Masthuhn-Genotypen durchgeführt wurden, die nach VO (EG) 834/2007 bzw. VO (EG) 889/2008 in der Biohühnermast verwendet werden sollten.

Die Erweiterung der Erkenntnisse zu den Nährstoffgehalten von Öko-Grundfuttermitteln hilft bei der Komponentenauswahl für die Rationsgestaltung, gibt Hinweise zu Öko-Futtermitteln, die für die Geflügelfütterung interessante Nährstoffgehalte aufweisen, und bietet die Basis für die Erweiterung von Nährwerttabellen für Öko-Futtermittel. Die Bestimmung der Nährstoff-Verdaulichkeit, insbesondere für die Aminosäuren, ermöglicht eine deutlich verbesserte Einschätzung der für das Tier in der fertigen Futtermischung verfügbaren Aminosäuremengen.

Die Ergebnisse liefern somit einen erheblichen Beitrag zur Versorgung von Bio-Masthühnern mit Eiweiß und insbesondere mit Methionin. Ferner können die Ergebnisse

den Anbau von einheimischen Energiefuttermitteln fördern und so nachhaltig sowohl zum Artenerhalt als auch zur Artenvielfalt beitragen.

### 1.3 Planung und Ablauf des Projektes

Das Projekt kann grob in zwei Arbeitsblöcke eingeteilt werden – Bestimmung der Nährstoffgehalte von ausgewählten Öko-Futtermitteln und Ermittlung der Protein- und Aminosäuren-Verdaulichkeit im Tierversuch.

Zu Beginn des Projektes wurden zunächst in Kooperation mit dem Naturland-Berater Werner Vogt-Kaute (Marktgesellschaft mbH der Naturland Betriebe) in Frage kommende Futtermittel identifiziert und anschließend die Verfügbarkeit überprüft. Aus den in Frage kommenden und verfügbaren Futtermitteln wurden 11 Energiefuttermittel (Getreidearten) und 1 Proteinfuttermittel ausgewählt. Ergänzt wurde die Auswahl durch Rohfaser-reiche Futtermittel (3), die eher in der Wiederkäuerfütterung eingesetzt werden. Hierbei handelte es sich um eine Kleegrassilage (in zwei Behandlungsformen) und getrocknete Luzerneblätter. Insbesondere die Silagen und die Luzerneblätter waren auf Grund ihres hohen Proteingehaltes von Interesse. Die Kleegrassilage und die Luzerneblätter wurden im Rahmen des Förderprogramms von anderen Projektteilnehmern untersucht (Prof. Bellof Weihenstephan-Triesdorf bzw. Prof. Sundrum/Dr. Sommer, Kassel). Außer der Kleegrassilage und den Luzerneblättern wurden alle Prüffuttermittel über Herrn Vogt-Kaute bezogen. Proteinfuttermittel, vor allem einheimische Leguminosenarten, wurden in der vorliegenden Untersuchung nicht berücksichtigt, da entsprechende Untersuchungen bereits im Rahmen früherer Förderungsmaßnahmen des BÖL erfolgt sind (Rodehutscord, 2007).

Parallel zur Auswahl erfolgte die Einarbeitung in die vorgesehene Methodik der Bestimmung der Aminosäuren-Verdaulichkeit (präcecale Verdaulichkeit) und die Beschaffung der erforderlichen Ausrüstungsgegenstände. Ferner wurden die Bezugsquellen für die zu prüfenden Futtermittel, für das Alleinfutter vor und zwischen den Prüfphasen und für die zu verwendende Tier-Genetik ermittelt, die Voraussetzungen für die geplanten Analysen geschaffen und die für die Versuchsdurchführung erforderliche Tierversuchsgenehmigung sowie die Zuweisung der Versuchskapazität auf der Versuchsstation Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim beantragt.

Nachdem in einem Versuchsdurchgang immer nur 2-3 Futtermittel parallel geprüft werden konnten, wurde die Versuchsdurchführung auf 9 Durchgänge verteilt, die im Zeitraum Oktober 2012 bis März 2014 stattfanden. Die gesammelten Futter- und Chymus-Proben wurden kontinuierlich für die Analysen aufbereitet und die Daten bei Vorliegen umgehend ausgewertet. Ergebnisse einzelner Prüfungen wurden auf verschiedenen Tagungen sowie auf 2 Workshops innerhalb des Programms vorgestellt. Die Endauswertung wurde für den Zeitraum nach dem Abschluss der Versuchsdurchgänge vorgesehen, da nur hier eine vergleichende Auswertung möglich war. Auf Grund der Unvollständigkeit der Ergebnisse aus den einzelnen Versuchsdurchgängen waren wissenschaftliche Publikationen während dem Projektablauf nicht möglich. Die Gesamtergebnisse werden am Ende des Projektes in Form einer Dissertationsschrift veröffentlicht.

## **2. Wissenschaftlicher Stand**

### **2.1 Futtermittel**

Getreidearten stellen als Energiefuttermittel den größten Mengenanteil in Alleinfuttermischungen für Geflügel. Sie enthalten allerdings Nicht-Stärke-Polysaccharide als anti-nutritive Inhaltsstoffe, die die Einsatzmenge der Getreidearten begrenzen können (Rosenfelder et al., 2013; Gutierrez-Alamo, 2008; Steinfeldt, 2001; Jeroch et al., 2013). In der vorliegenden Untersuchung lag der Fokus auf diesen Energiefuttermitteln.

Im Folgenden werden die geprüften Futtermittel anhand ihrer Nährstoffgehalte und ggfs. vorliegenden Besonderheiten kurz charakterisiert. Hierbei wird allerdings nicht auf Ertragshöhen, Verfügbarkeiten und Anbau-technische Details eingegangen.

Weizen ist am weitesten verbreitet und weist einen hohen Stärkegehalt auf. Der Rohproteingehalt liegt bei ca. 120 g/kg TM (Rosenfelder et al., 2013; Steinfeldt, 2001). Die biologische Wertigkeit des Proteins ist aber als relativ gering einzuschätzen (Haumann et al., 2011). Dennoch steuert ein hoher Weizenanteil im Geflügelfutter beträchtlich zu den Aminosäuregehalten im Mischfutter bei.



Dinkel ist als Spelzgetreide eine Weizenart (Miedaner & Longin, 2012) mit einem Rohproteingehalt von durchschnittlich über 16 % der TM (Hammed & Simsek, 2014; Abdel-Aal & Hucl, 2002; Bonafaccia et al., 2003; Ranhotra et al., 1996). Auch der Gehalt an Gesamtaminosäuren und essentiellen Aminosäuren ist höher als beim Weizen (Berecz et al., 2001). Allerdings ist der Rohfasergehalt mit mindestens 12 % recht hoch.

Mit 11 % Rohprotein oder weniger ist Roggen vergleichsweise Protein-arm. Roggen besitzt jedoch ein hochwertiges Aminosäurenmuster und verhältnismäßig hohe Gehalte an Lysin, Methionin und Threonin (Haumann et al., 2011; Börner et al., 2008). Allerdings können die enthaltenen Pentosane und Pektine eine verlangsamte Darmpassage und somit eine schlechtere Verdaulichkeit bewirken (Jozefiak et al., 2007; Lee et al., 2004).

Triticale, eine Kreuzung aus Weizen und Roggen, vereint Erträge des Weizens mit der Anspruchslosigkeit und Robustheit von Roggen. Der CP-Gehalt wird mit 90 bis 200 g/kg TM angegeben (Mc Goverin, 2010) und liegt somit über dem der beiden Ausgangssorten. Auch die Aminosäurezusammensetzung ist bei Triticale günstiger als bei den Ausgangssorten (Djekic et al., 2011; Mc Goverin et al., 2010).

Der Hirseanbau hat in jüngster Zeit auf Grund von gesundheitlichen Vorzügen für die Humanernährung wieder deutlich zugenommen. Rispenhirse zeichnet sich durch einen hohen Gehalt an essentiellen AS, vor allem Methionin, aus und ist daher für den ökologischen Landbau als Futtermittel durchaus von Bedeutung. Rispenhirse enthält ca. 11,5 % (in TM) Rohprotein (Ahmed et al., 2013; Baltensperger, 2002), laut Reisdorff und Lieberei (2012) sogar bis zu 18 %. Bei Braunhirse handelt es sich um die braune Variante der Rispenhirse, die nur schwer von ihren Schalen befreit werden kann. Der hohe Gehalt an antinutritiven Substanzen, wie Tanninen und Phenolen, und an Rohfaser kann zur Beeinträchtigung der Verdauung führen.

Der Einsatz von Hafer ist in der Geflügelfütterung durch den erhöhten Gehalt an Rohfaser im Spelzanteil eingeschränkt (Christen et al., 2008; Haumann et al., 2011). Zwar ist Nackthafer nicht 100 %ig Spelzen-frei, allerdings lassen sich die noch vorhandenen Spelzen relativ einfach bei der Ernte vom Getreidekorn trennen (Kirkkari et al., 2004). Im Gegensatz zu Hafer zeigt Nackthafer einen höheren Anteil an Rohprotein (ca. 14 %). Der Rohfasergehalt beträgt nur ca. ein Viertel von dem der bespelzten Form (Biel et al., 2009). Durch einen

hohen Anteil an Lysin-, Leucin- und Isoleucin besitzt das Nackthaferprotein eine höhere biologische Wertigkeit als andere Getreidesorten (Haumann et al., 2011).

Sommergerste hat einen höheren Gehalt an Lysin als z.B. Weizen und einen Proteingehalt von ca. 9,6-10,5 %. Ein Anteil von 20 % Gerste im Mischfutter sollte wegen des hohen Gehaltes an Rohfaser und  $\beta$ -Glukanen nicht überschritten werden (Hanus et al., 2008), da diese vor allem bei jungem Geflügel (Almirall et al., 1995) zu einer erhöhten Viskosität des Darminhaltes und damit zu schlechterer Nährstoffverdaulichkeit führen können (Choct, 1997; Almirall et al., 1995).

Nacktgerste enthält im Gegensatz dazu einen höheren Gehalt an Rohprotein (ca. 15 %), einen geringeren Gehalt an Rohfaser (ca. 16,6 %), allerdings auch einen höheren Gehalt an  $\beta$ -Glukanen (Wirkijowska et al., 2012; Oscarsson et al., 1996).

Das Pseudocereal Buchweizen hat auf Grund des ausgeglichenen Aminosäurenverhältnisses mit hohen Gehalten an essentiellen Aminosäuren eine unter den Kulturarten einzigartig hohe biologische Wertigkeit. Vor allem der Lysingehalt kann den der anderen Getreidesorten um fast 100 % übersteigen (Alvarez-Jubete et al., 2010; Christa & Soral-Smietana, 2008; Zeller, 2001; Zeller & Hsam, 2004). Der Proteingehalt in den Buchweizenkörnern liegt um die 12 %, kann aber je nach Sorte zwischen 8,5 und 18,9 % schwanken (Ahmed et al., 2013). Nachteilig sind die hohen Gehalte an antinutritiven Substanzen (Ahmed et al., 2013; Christa & Soral-Smietana, 2008; Eggum et al., 1980; Krkoskova & Mrazova, 2005; Steadman et al., 2001).

Mais ist das meist angebaute Getreide der Welt und besitzt wie Weizen eine hohe Bedeutung als Energiefuttermittel. Der Rohproteingehalt liegt bei lediglich 7,1 bis 9,5 % (Cowieson, 2005) und das Aminosäuremuster ist relativ ungünstig. Vor allem Lysin und Tryptophan sind nur in geringen Mengen enthalten (Greef et al., 2008; Lasek et al., 2012; Nuss & Tanumihardjo, 2010; Schwarz, 2013; Zhai & Zhang, 2009). Mais enthält nur wenige antinutritive Substanzen und ist daher für Geflügel gut verdaulich. Silierter Körnermais entspricht bezüglich Zusammensetzung und Qualität weitestgehend dem von herkömmlichem Körnermais, jedoch können die zur Silierung eingesetzten Säuren einen positiven Einfluss auf die Verdaulichkeit haben (Schwarz, 2013). Mais liefert in der Legehennenfütterung die für die Dotterpigmentierung erforderlichen Xanthophylle.

Leguminosen sind ein wichtiger Bestandteil der Fruchtfolge im ökologischen Landbau. In erster Linie werden Ackerbohnen, Erbsen, Lupinen und Wicken angebaut. Hohe Eiweißwerte weisen auch die Linsen mit etwa 25 – 30 % auf (Wang et al., 2009; Wang & Daun, 2006; Kolbe et al., 2002). Die Linse wird fast ausschließlich für den menschlichen Konsum angebaut (z.B. Alblinse). Die bei der Reinigung und Aufbereitung anfallenden Reste oder Körner mit schlechterer Qualität (abweichende Form, Verfärbungen, Bruchstücke) sind allerdings für die Tierfütterung interessant (Janzen et al., 2006).

Kleegras und Luzerne sind auf Grund ihrer hohen Gehalte an Rohprotein, die um die 20% betragen (Jatkauskas et al., 2013; Mielmann, 2013) auch für die Fütterung interessant. Nachteilig sind aber die hohen Rohfaser- und Rohascheanteile, die zu einer verschlechterten Verdaulichkeit führen (Udall & McCay, 1953). Kleegras und Luzerne können aber in größeren Mengen auf Betrieben mit hohem Weidelandanteil anfallen.

## 2.2 Verdaulichkeit von Öko-Futtermitteln in der Hühnermast

Für konventionell erzeugte Futtermittel existieren umfassende Tabellenwerke, die auch Angaben zur Protein- und Aminosäurenverdaulichkeit beinhalten (DLG Futterwerttabellen, Evonik AminoDat 4.0, Rhone-Poulenc, Ajinomoto Heartland). Die Verwendung dieser Angaben für die Geflügelfütterung im ÖL ist nicht empfohlen, da die angegebenen Nährstoffgehalte sich in der Regel auf Grund unterschiedlicher Anbaubedingungen deutlich von den Nährstoffgehalten der Futtermittel aus ökologischem Anbau unterscheiden (Bodenmüller, 2000; Böhm et al., 2007; Strobel et al., 2001;). Ferner wird in den existierenden Tabellenwerken in der Regel die Aminosäurenverdaulichkeit nicht für Legehennen und Masthühnern getrennt angegeben und die Bestimmung der Aminosäurenverdaulichkeit erfolgte mit verschiedenen Verfahren.

Prinzipiell existieren verschiedene Möglichkeiten, die Verdaulichkeit von Aminosäuren beim Geflügel zu bestimmen. Bei jungen Tieren sind auf Grund der geringen Futteraufnahme- und der geringen ausgeschiedenen Kotmengen Bilanzversuche in der Regel ungeeignet. Hier hat sich die Bestimmung der ilealen (oder präcecalen) Verdaulichkeit nach Rodehutsord et al. (2004) als Methode der Wahl erwiesen. Bei diesem Verfahren wird das zu prüfende Futtermittel in drei Stufen einer Basisfütteration im Austausch gegen

Maisstärke zugesetzt. Bei der geringsten Zulagenstufe werden die Aminosäuregehalte der vier erst-limitierenden Aminosäuren (Methionin, Lysin, Tryptophan, Threonin) über die Zulage von freien Aminosäuren so eingestellt, dass der Bedarf der Tiere an diesen Aminosäuren gedeckt wird. Hierdurch wird eine mögliche Beeinflussung der Futteraufnahme vermieden. Der Prüfration wird noch ein inerte Marker (in der Regel TiO<sub>2</sub>) zugesetzt. Die Prüfrationen werden über eine Woche verfüttert. Die Tiere werden dann getötet, der Chymus der letzten zwei Drittel des Ileums entnommen und die Gehalte an Aminosäuren und Markersubstanz sowohl im Prüffutter als auch im Chymus bestimmt. Die Regression zwischen der Menge an aufgenommener AS und der Menge an praececal verdauter AS wird berechnet. Die Steigung der Regressionsgeraden gibt unmittelbar die Verdaulichkeit an. Der Vorteil der Methode liegt unter anderem darin, dass keine basalen, endogenen Stickstoffverluste oder auch standardisierte Verdaulichkeiten berechnet werden müssen. Bei diesem Verfahren sind die ermittelten Verdaulichkeitswerte unterschiedlicher Studien direkt vergleichbar.

Bisher liegen praktisch keine Werte zur Aminosäurenverdaulichkeit von Bio-Futtermitteln für langsam wachsende Masthühner vor. Daher werden im Folgenden einige Beispiele für die vier erst-limitierenden Aminosäuren für Futtermittel aus der Datenbank AminoDat 4.0 (Evonik) gegeben (Tabelle 1). Es ist zu sehen, dass die Verdaulichkeit von Methionin und Lysin in der Regel über 80 %, z.T. sogar über 90 %, liegt. Allerdings existiert doch eine größere Variation zwischen den Beispielfuttermitteln. Während die meisten Getreidearten hohe Verdaulichkeitswerte aufweisen, sind diese für Roggen deutlich geringer. Es ist allerdings noch einmal darauf hinzuweisen, dass die angegebenen Werte pauschal für Geflügel gelten. Für langsam wachsende Masthühner und für Öko-Futtermittel können die Werte hiervon abweichen.

Tabelle 1. Präcecale Verdaulichkeit von Aminosäuren beim Geflügel (%; AminoDat 4.0)

	Methionin	Lysin	Threonin	Tryptophan
Weizen	91	86	87	86
Gerste	88	88	85	69
Roggen	79	80	78	81
Tritikale	90	85	87	86
Hafer	87	87	84	80
Mais	94	92	85	81
Hirse	89	90	83	87

### 3. Material und Methoden

#### 3.1 Tiere und Stallungen

Für die Untersuchung wurden nicht nach Geschlecht sortierte Masthühner der langsam bis mäßig schnell wachsenden Herkunft ISA JA 957 (Brütereier Couvoirs de l'est e Scherbeck, 67370 Willgottheim) verwendet. Die Eintagsküken wurden zunächst in größeren Gruppen in Bodenabteile eingestallt und mit handelsüblichem Bio-Masthühner-Starter (Hähnchenmast G1 – 11,4 MJ AMEN/kg, 22,0 % RP, 0,38 % Met; und G2 – 11,6 MJ AMEN/kg, 20,0 % RP, 0,36 % Met; Firma Meika, Großaitingen) gefüttert. Für die Ermittlung der Verdaulichkeitswerte in der 3. Lebenswoche (15.-21. Lebenstag) wurden am 10. Lebenstag jeweils 15 Tiere mit ähnlicher Lebendmasse in kleinere Abteile (130 cm \* 155 cm) umgestallt. Für die Ermittlung der Verdaulichkeitswerte in der 6. Lebenswoche (36.-42. Lebenstag) wurden die restlichen, nicht für die erste Prüfperiode verwendeten Tiere bis zum 34. Lebenstag mit Masthühner-Grower der Firma Meika gefüttert und dann in Gruppen zu 6 Tieren in die Prüfabteile umgestallt.

Ab dem 15. bzw. dem 36. Lebenstag erhielten die Tiere dann die jeweiligen Prüffutterrationen. Die Tiere wurden immer 5 Tage vor Versuchsbeginn (Gruppengewicht), zu Versuchsbeginn (Gruppengewicht) und am Probenentnahmetag (Einzeltiergewicht) gewogen.

Die Aufzucht der Tiere erfolgte unter kontrollierten, klimatischen Bedingungen. Beim Einstellen betrug die Temperatur 34°C und wurde in kleinen Schritten bis auf 20°C am 36.

Lebenstag abgesenkt. Die Beleuchtung betrug 18 Stunden am Tag und die Besatzdichte lag bei weniger als 10 Tiere/ m<sup>2</sup>. Es wurde kein Zugang zu einem Auslauf gewährt. Wasser und Futter standen immer ad libitum zur Verfügung.

Die Versuche wurden auf der Versuchsstation für Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim, Teilstation Unterer Lindenhof (Eningen u.A.) durchgeführt. Der Versuch war durch das Regierungspräsidium Tübingen (HOH 1/12) genehmigt.

### 3.2 Getestete Futtermittel

Die getesteten Futtermittel sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Ein Teil der Futtermittel war zertifiziertes Saatgut. Die Kulturarten wurden in verschiedenen Regionen Süddeutschlands angebaut und geerntet. Dinkel und Braunhirse waren ungeschält. Die Kleegrassilagen wurden von der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (Prof. Bellof) und die getrockneten Luzerneblätter von der Universität Kassel (Prof. Sundrum) zur Verfügung gestellt.

Die Futtermittel wurden unmittelbar vor der Versuchsdurchführung geschrotet und die Präfraktionen gemischt. Bei der Kleegrassilage handelte es sich um den 4. Schnitt und eine Mischung aus 90 % Luzerne und 10 % Weißklee. Die unbehandelte Kleegrassilage wurde vor der Silierung lediglich auf 6 mm gehäckselt. Die behandelte Kleegrassilage wurde zusätzlich in einem Doppelschneckenextruder der Firma Lehmann Maschinenbau behandelt. Druck und Temperaturen von bis zu 100°C sollten ein Aufschließen der Zellwandbestandteile und eine Verbesserung der Nährstoffverdaulichkeit bewirken.

Tabelle 2: Bezeichnung, Sorte, Anbauregion und -jahr der geprüften Futtermittel

		Sorte	Anbauregion/Bezug	Anbaujahr
BH	Braunhirse	-	85461 Bockhorn	2011
BW	Buchweizen	Spacinska	Sachsen	2011
DI	Dinkel**	Oberkulmer Rotkorn	92266 Ensdorf	2011
KB	Kleegrassilage, beh*	-	Hochschule Weihenstephan	2012
KU	Kleegrassilage, unbeh*	-	Hochschule Weihenstephan	2012
LA	Linsenausputz	Alb-Leisa	89584 Lauterach	2012
LB	Luzerneblätter	-	Universität Kassel	2013
GKS	Mais-Ganzkornsilage	-	82024 Taufkirchen	2012
NG	Nacktgerste	-	89584 Lauterach	2011
NH	Nackthafer	Nihao	97799 Zeitlofs-Detter	2011
RH	Rispenhirse	Kornberger	Cottbus	2011
SG	Sommergerste**	Ria	97729 Ramsthal	2010
WR	Winterroggen**	Recrut	86681 Fünfstetten	2011
		Dukato	97729 Ramsthal	2012
WT	Wintertritikale**	Massimo	97799 Zeitlofs-Detter	2011
WW	Winterweizen**	Achat	97702 Münnerstadt	2011

\* 4. Schnitt; \*\* zertifiziertes Saatgut

### 3.3 Versuchsdurchführung

In Anlehnung an Kluth et al. (2005) wurde eine auf Maisstärke, Weizenkleie und vollfetten Sojabohnen basierende Grundration mit allen nötigen Nährstoffen erstellt (Tabelle 3). Essentielle Aminosäuren wurden ergänzt, um dem Bedarf der langsam wachsenden Broiler auch bei niedrigster Zulagestufe zu decken. Die Nährstoffbedarfswerte für die langsam wachsende Broilerherkunft wurden empirisch festgelegt (Anhang Tabelle A1).

Der Grundration wurde das zu prüfende Futtermittel in drei Zulagestufen (300 g/kg, 500 g/kg und 700 g/kg) im Austausch gegen Maisstärke zugegeben. Auf Grund des hohen Proteingehaltes bzw. des niedrigen Energiegehaltes der Kleegrassilagen und der Luzerneblätter wurden diese Futtermittel in niedrigeren Dosierungen der Grundration zugegeben (100 g/kg, 300 g/kg und 500 g/kg). Die Prüfrationen werden im Folgenden mit 1, 2 oder 3 bezeichnet. Zusätzlich wurde in jedem Durchgang eine Kontrollgruppe mit einem

Zusatz von 50 % Weizen mitgeführt, um Unterschiede zwischen den Prüfdurchgängen bewerten zu können.

Tabelle 3: Beispiel - Zusammensetzung der Basismischung für die Prüfung der Sommergerste in der 3. Lebenswoche (g/kg)

Sojabohne, vollfett	169
Weizenkleber	72
Sonnenblumenöl	10
Monocalciumphosphat	20
Futterkalk, fein	14
Kochsalz	3,1
Vitaminsmischung <sup>1</sup>	1,8
Spurenelementevormischung <sup>2</sup>	0,8
Cholinchlorid	2,0
Natriumbikarbonat	1,0
Titandioxid	0,5
Maisstärke	400
Öko-S-Gerste	300
DL-Methionin	1,8
L-Lysin	5,4
L-Threonin	2,0
<u>Kalkulierte Nährstoffgehalte</u>	
Rohprotein (g/kg)	154
AMEN (MJ/kg)	12,8
Ca (g/kg)	9,5
Gesamt-P (g/kg)	7,3
Methionin	4,1
Lysin	10,7
Threonin	7,0
Tryptophan	2,0

<sup>1</sup> Vitamin-Vormischung (/kg): 6.000.000 I.E. A, 1.500.000 I.E. D3, 15.000 mg E, 1.500 mg B1, 3.000 mg B2, 3.000 mg B6, 15.000 mcg B12, 1.200 mg K2, 25.000 mg Nikotinsäure, 7.000 mg Ca-Panthotenat, 500 mg Folsäure, 50.000 mcg Biotin

<sup>2</sup> Spurenelemente-Vormischung (mg/kg): 120.000 Mn, 80.000 Zn, 90.000 Fe, 15.000 Cu, 1.600 J, 500 mg Se, 600 mg Cu

Als unverdaulicher Marker wurde Titandioxid mit 5 g/kg der Grundration eingesetzt. Die fertig gemischten Rationen wurden ohne Dampf durch eine 3 mm-Matrize pelletiert.



Die Dauer der Versuchsfütterung betrug jeweils 7 Tage und wurde in zwei Altersstufen (15.-21. Lebenstag und 36.-42. Lebenstag) durchgeführt. Jede Behandlung hatte 6 Wiederholungen. Hieraus ergab sich ein Gesamtversuchsumfang von 15 Futtermittel x 3 Zulagestufen x 6 Wiederholungen x 2 Altersstufen (3. LW 15 Tiere/Gruppe, 6. LW 6 Tiere/Gruppe) = 5.670 Tiere. Für die Weizenkontrollgruppe wurden 1.764 Tiere verwendet (14x6x21)

Die Futtermittel wurden in insgesamt 9 Durchgängen, die zwischen August 2012 und Oktober 2014 durchgeführt wurden, getestet. In Durchgang 1, 2 und 6 wurde nur in der Starterphase geprüft.

### 3.4 Chymusgewinnung

Zur Chymusgewinnung wurden am 21. bzw. 42. Lebenstag die Tiere mit einer Gasmischung (35 % CO<sub>2</sub>, 21 % O<sub>2</sub> und 44 % N<sub>2</sub>) betäubt und mit reinem CO<sub>2</sub> getötet. Nach dem Eröffnen der Körperhöhle wurden umgehend die letzten beiden Drittel des Dünndarms zwischen Meckel'schem Divertikulum und 2 cm vor Einmündung der Blinddärme entnommen. Der Chymusinhalt wurde mittels destillierten Wassers ausgespült und pro Abteil gepoolt. Die so gewonnenen Proben wurden sofort eingefroren. Für die weiteren Analysen wurden sie gefriergetrocknet (Christ Alpha 1-6) und anschließend durch eine 0,5 mm- (Chymus) bzw. 1 mm- (Futter) Matritze (Retsch ZM 200, Haraeus Instruments) gemahlen.

### 3.5 Chemische Analysen

#### Rohnährstoffe

Die Bestimmung der Gehalte an Rohnährstoffen (XP, XF, XA) erfolgte nach VDLUFA-Methoden (VdLUFA, 1973) am Zentrallabor der Versuchsstation für Agrarwissenschaften, Unterer Lindenhof. Der Rohproteinanteil wurde anhand der Formel  $N \cdot 6,25$  berechnet.

Die Gehalte an Umsetzbarer Energie wurden nach folgender Formel ermittelt: AMEN (MJ/kg) =  $0,1551 \times \text{Rohprotein} + 0,3431 \times \text{Rohfett} + 0,1669 \times \text{Stärke} + 0,1301 \times \text{Zucker}$  (berechnet als Saccharose)(WPSA, 1984)

### Aminosäuren

Die Gehalte aller proteinogenen Aminosäuren in Futter und Chymus wurden an der Landesanstalt für Landwirtschaftliche Chemie in Hohenheim nach Verordnung (EG) Nr. 152/2009 bestimmt.

### Titandioxid

Der Gehalt an Titandioxid wurde nach einem im Labor der Versuchsstation etablierten Verfahren photometrisch bestimmt.

## 3.6 Statistische Auswertung

Die Verdaulichkeitswerte wurden für jedes Abteil berechnet. Zur Berechnung der Menge an aufgenommener/m AS/RP wurde die Futterraufnahme (g/Tag) mit dem Gehalt an AS/RP im Futter (mg/g) multipliziert. Die Menge an verdauter/m AS/RP ergab sich als Produkt der aufgenommenen Menge (mg/g) mit dem jeweiligen Verdaulichkeitskoeffizienten. Dieser wurde unter Anwendung folgender Formel errechnet:

$$\text{VKAS Futter} = 100 - [(\text{TiO}_2 \text{ Futter} * \text{ASChymus}) / (\text{TiO}_2 \text{ Chymus} * \text{ASFutter}) * 100]$$

wobei:

TiO <sub>2</sub> Futter	Gehalt an Titandioxid im Futter in g/kg
TiO <sub>2</sub> Chymus	Gehalt an Titandioxid im Chymus in g/kg
ASFutter	Gehalt an Aminosäure/Rohprotein im Futter in g/kg
ASChymus	Gehalt an Aminosäure/Rohprotein im Chymus in g/kg

Anschließend wurde die Regression zwischen der Menge an aufgenommener/m AS/RP und der Menge an praececal verdauter/m AS/RP berechnet. Die Steigung der Regression (Regressionskoeffizient) entspricht der Verdaulichkeit der Aminosäuren. Die Bestimmtheitsmaße geben die Genauigkeit der Schätzung an. Die Auswertungen wurden mit dem Statistik-Programm JMP 5.0 (SAS Institute, Cary, USA) durchgeführt. Für die Aminosäure Taurin wurden keine Berechnungen vorgenommen, da keine plausiblen Analysenergebnisse erzielt werden konnten.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Nährstoffgehalte der Prüffuttermittel

Die höchsten Rohproteingehalte wurden erwartungsgemäß für Linsenausputz, Kleegrassilagen und Luzerneblätter ermittelt (Tabelle 4). Bei den Getreidearten war der Rohproteingehalt vor allem bei Braunhirse und den beiden spelzarmen Getreidearten Nackthafer und Nacktgerste hoch. Sehr niedrige Rohproteingehalte wurden dagegen für Roggen und Triticale verzeichnet, mittlere RP-Werte wiesen Buchweizen und Dinkel auf. Ein hoher Rohaschegehalt wurde für die Blattleguminosen gefunden, die ebenfalls sehr viel Rohfaser enthielten. In ähnlicher Weise hatten auch Braunhirse, Dinkel und Buchweizen erhöhte Rohfasergehalte. Luzerneblätter und Kleegrassilage (behandelt und unbehandelt) enthielten wenig Stärke, nur der Linsenausputz erreichte in etwa das Niveau der Getreide/Pseudogetreide. Den höchsten Stärkegehalt hatten Triticale und Weizen, gefolgt von Maisganzkornsilage. Es lag eine positive Beziehung zwischen Kalzium- und Rohaschegehalt vor. Der Ca-Gehalt war bei den Blattleguminosen am höchsten. Der höchste Phosphorgehalt wurde mit nahezu 0,6 % beim Linsenausputz detektiert.

Die Aminosäurenmuster der Futtermittel (Tabelle 5) waren sehr unterschiedlich. Im Folgenden soll nur auf die vier erst-limitierenden Aminosäuren (Met, Lys, Try, Trp) eingegangen werden. Die Tabelle enthält aber auch die Gehalte der anderen analysierten Aminosäuren. Der höchste Methioningehalt lag bei der Braunhirse vor, der sogar noch über dem der Leguminosen lag. Aber auch die Kleegrassilagen, die Luzerneblätter und die Rispenhirse wiesen relativ hohe Methioningehalte auf. Der geringste Methioningehalt wurde für Winterroggen ermittelt, gefolgt von Triticale und Ganzkornsilage.

Tabelle 4: Nährstoffgehalte der Prüffuttermittel (% der TM)

	TM	XP	XA	XF	Zucker	Stärke	Ca	P
BH	88,75	14,26	4,46	10,12	0,55	57,85	0,17	0,40
BW	89,20	12,27	2,65	14,73	0,87	56,87	0,20	0,43
D	88,43	12,18	3,89	12,19	1,95	48,48	0,18	0,42
GKS	88,44	10,07	1,37	2,92	0,10	68,33	0,16	0,31
KB	93,23	20,40	12,82	21,37	3,08	2,34	1,21	0,35
KU	92,09	21,84	12,28	21,08	3,09	2,32	1,21	0,37
LA	87,61	25,61	4,61	6,11	3,75	45,46	0,37	0,58
LB	89,17	20,14	13,18	20,15	3,78	4,46	2,00	0,31
NG	87,02	15,80	1,96	1,94	3,21	62,54	0,13	0,46
NH	87,77	13,87	2,19	3,17	1,32	59,09	0,19	0,48
R	86,58	7,19	1,86	2,64	9,96	64,41	0,18	0,36
RH	89,18	12,22	2,88	7,61	1,54	64,04	0,17	0,35
SG	88,54	10,34	2,43	4,94	2,67	62,10	0,18	0,42
T	88,05	9,23	2,12	2,79	3,32	71,81	0,17	0,40
W	87,35	11,18	1,92	2,87	3,75	71,80	0,17	0,37

Die Kleegrassilagen, die Luzerneblätter und der Linsenausputz hatten generell die höchsten Gehalte an den vier erstlimitierenden Aminosäuren. Die höchsten Lysin- und Threoningehalte hatte der Linsenausputz, gefolgt von den Kleegrassilagen und den Luzerneblättern. Der höchste Tryptophangehalt wurde bei den getrockneten Luzerneblättern vorgefunden.

Tabelle 5: Aminosäuregehalte der Prüffuttermittel (% der TM)

	<b>Asp</b>	<b>Thr</b>	<b>Ser</b>	<b>Glu</b>	<b>Gly</b>	<b>Ala</b>	<b>Cys</b>	<b>Val</b>	<b>Met</b>	<b>Ile</b>	<b>Leu</b>	<b>Tyr</b>	<b>Phe</b>	<b>His</b>	<b>Lys</b>	<b>Arg</b>	<b>Pro</b>	<b>Trp</b>
<b>BH</b>	0,82	0,42	0,83	2,89	0,32	1,32	0,21	0,61	0,37	0,53	1,60	0,45	0,74	0,29	0,25	0,48	0,93	0,24
<b>BW</b>	1,08	0,46	0,59	2,08	0,71	0,50	0,28	0,54	0,21	0,43	0,76	0,29	0,55	0,29	0,70	1,09	0,47	0,16
<b>DI</b>	0,55	0,32	0,52	3,39	0,44	0,39	0,26	0,45	0,18	0,38	0,76	0,29	0,53	0,26	0,31	0,49	1,16	0,11
<b>KB</b>	2,21	0,88	0,91	1,82	0,94	1,22	0,14	1,02	0,29	0,88	1,50	0,54	0,83	0,37	1,06	0,61	1,16	0,24
<b>KU</b>	2,25	0,89	0,92	1,78	0,97	1,17	0,15	1,04	0,31	0,90	1,53	0,48	0,96	0,40	1,05	0,55	1,13	0,27
<b>LA</b>	2,82	0,90	1,24	4,16	1,02	1,05	0,22	1,04	0,18	0,96	1,76	0,68	1,18	0,64	1,61	1,88	1,09	0,19
<b>LB</b>	1,99	0,83	0,83	2,02	0,91	0,96	0,17	0,89	0,31	0,77	1,39	0,54	0,91	0,45	1,00	0,88	1,03	0,33
<b>GKS</b>	0,57	0,31	0,42	1,62	0,32	0,68	0,17	0,40	0,16	0,31	1,13	0,31	0,46	0,24	0,24	0,33	0,80	0,06
<b>NG</b>	0,66	0,40	0,48	3,23	0,46	0,44	0,25	0,53	0,18	0,39	0,77	0,33	0,62	0,27	0,43	0,57	1,46	0,14
<b>NH</b>	0,93	0,41	0,57	2,51	0,59	0,56	0,35	0,57	0,20	0,43	0,86	0,40	0,60	0,27	0,50	0,80	0,62	0,16
<b>RH</b>	0,69	0,34	0,71	2,47	0,27	1,13	0,18	0,51	0,29	0,43	1,35	0,37	0,64	0,24	0,19	0,39	0,85	0,15
<b>SG</b>	0,65	0,35	0,45	2,30	0,42	0,43	0,21	0,47	0,17	0,35	0,69	0,28	0,52	0,23	0,41	0,52	1,00	0,12
<b>WR</b>	0,54	0,25	0,29	1,22	0,33	0,33	0,16	0,31	0,11	0,23	0,42	0,17	0,30	0,16	0,32	0,36	0,49	0,08
<b>WT</b>	0,56	0,30	0,41	2,20	0,40	0,37	0,21	0,39	0,15	0,30	0,57	0,24	0,41	0,21	0,34	0,46	0,80	0,09
<b>WW</b>	0,56	0,32	0,53	3,31	0,45	0,40	0,23	0,44	0,17	0,37	0,73	0,29	0,53	0,25	0,33	0,53	1,07	0,11

#### 4.2 Tiergewichte und Futterverbrauch

Am Tag der Einstellung wogen die Eintagsküken durchschnittlich 38,5 g. Das Durchschnittsgewicht der Tiere am 10. Lebenstag lag zwischen 125 und 185 g, wobei die Tiere des ersten Versuchsdurchganges, in dem Weizen getestet wurde, etwas leichter waren und die 100 g nicht überschritten (Anhang Tabelle A2). Bis zum Versuchsbeginn am 15. Lebenstag nahmen die Tiere im Schnitt 96 g zu und erreichten damit ein durchschnittliches Gewicht von 197 bis 314 g. Die Tiere der Weizengruppen lagen nur bei 111 bis 116 g. Am 21. Lebenstag betrug die Lebendgewichte 364 bis 529 g. Die Weizengruppen hatten inzwischen deutlich aufgeholt. Die durchschnittlichen täglichen Zunahmen waren in den Weizengruppen am höchsten, bei den Luzerneblättern war bei der höchsten Zulagenstufe sogar eine leichte Gewichtsabnahme zu verzeichnen. Die Futtermittelaufnahme je Tier und Tag schwankte zwischen 22 und 55 g, die Futterverwertung zwischen 1,0 und 1,8 g Futter/g Zunahme. Bei der Gruppe LB 2 wurde eine sehr schlechte Futterverwertung errechnet. Die ungünstigen Zunahmen und die schlechte Futterverwertung für die Luzerneblätter deuten auf Akzeptanzprobleme hin.

Am 31. Lebenstag wogen die Tiere 630 und 1040 g (Anhang Tabelle A3). Zu Beginn der Testperiode schwankten die Gewichte zwischen 860 – 1375 g. Zum Ende der Prüfperiode lagen die Gewichte zwischen 1190 und 1880 g. Die Gewichte unterschieden sich über die Zulagenstufen innerhalb der Prüffuttermittel nicht deutlich. Die durchschnittliche, tägliche Futtermittelaufnahme variierte zwischen den Versuchsgruppen von 68 bis 150 g, die Futterverwertung lag zwischen 1,5 und 2,4 g/g. Nur bei den Luzerneblättern wurden wieder unterdurchschnittliche Futtermittelaufnahmen und ungünstige Verwertungszahlen ermittelt.

Die zum Teil deutlichen Unterschiede in den Tiergewichten bei den einzelnen Prüffuttermitteln sind auf unterschiedliche Qualitäten der gelieferten Eintagsküken und Transportbelastungen (z.T. Hitzestress) zurück zu führen.

### 4.3 Verdaulichkeitswerte

Zum Teil war der Futterverzehr in den Gruppen unerwartet hoch bzw. die Gewichtszunahme der Tiere unerwartet gering, so dass nicht immer 6 Wiederholungen je Futtermittel für die Auswertung vorhanden waren.

Bei den Weizen-Kontrollgruppen schwankte die mittlere Verdaulichkeit für das Rohprotein und die vier erst-limitierenden Aminosäuren erwartungsgemäß zwischen den Durchgängen. Der Variationskoeffizient lag aber mit 1-6 % noch in einem vertretbaren Rahmen (Anhang Tabellen A4 und A5). Dies belegt die erwarteten Effekte der Versuchsdurchgänge. Allerdings war hier keine klare Drift zu höheren oder niedrigeren Werten über die Gesamtversuchsdauer zu erkennen. Das bedeutet, dass die für die einzelnen Prüffuttermittel in den verschiedenen Versuchsdurchgängen ermittelten Verdaulichkeitswerte vermutlich nicht verzerrt sind.

#### 4.3.1 Verdaulichkeitswerte für die dritte Lebenswoche

Für Weizen wurden sehr hohe praececale Verdaulichkeitswerte für alle Aminosäuren ermittelt (Tabelle 6). Die vier erstlimitierenden Aminosäuren waren über 92 % verdaulich. Noch bessere Werte wurden für Tritkale gefunden. Sowohl die Methionin-, als auch die Lysin-Verdaulichkeit lagen bei 99 %. Der Winterroggen wies generell nur mäßige Verdaulichkeitskoeffizienten auf. Der Schätzwert für Methionin erscheint nicht realistisch. Insgesamt war die Genauigkeit der Schätzung beim Roggen unzureichend. Die Sommergerste hatte AS-Verdaulichkeiten zwischen 60,96 % für Isoleucin und 86,53 % für Methionin. Die Bestimmtheitsmaße deuten aber auf eine belastbare Schätzung hin.

Tabelle 6: pcV (in %) für Winterweizen, Winterroggen, Wintertritikale und Sommergerste in der 3. LW

	WW		WR		WT		SG	
	pcV	R <sup>2</sup>	pcV	R <sup>2</sup>	pcV	R <sup>2</sup>	pcV	R <sup>2</sup>
<b>XP</b>	94,09	0,99	51,97	0,17	96,40	0,96	76,98	0,90
<b>Met</b>	94,25	0,99	-*	-*	99,25	0,98	86,53	0,94
<b>Lys</b>	92,83	0,97	74,91	0,58	99,09	0,94	75,24	0,77
<b>Thr</b>	93,36	0,96	54,02	0,28	97,94	0,93	74,13	0,83
<b>Asp</b>	90,07	0,93	44,10	0,17	96,05	0,92	64,56	0,74
<b>Ser</b>	93,67	0,98	50,53	0,24	97,32	0,96	76,41	0,88
<b>Glu</b>	97,07	1,00	75,77	0,79	98,39	0,99	83,47	0,97
<b>Gly</b>	91,59	0,96	33,62	0,12	94,90	0,96	70,17	0,86
<b>Ala</b>	90,76	0,96	60,22	0,24	96,63	0,97	72,76	0,81
<b>Cys</b>	88,32	0,96	65,82	0,26	94,49	0,97	72,66	0,93
<b>Val</b>	91,43	0,96	61,23	0,30	97,46	0,97	71,08	0,84
<b>Ile</b>	88,67	0,95	61,01	0,23	-*	-*	60,96	0,53
<b>Leu</b>	94,49	0,97	65,45	0,41	97,51	0,96	74,03	0,84
<b>Tyr</b>	95,21	0,98	59,92	0,30	92,71	0,97	79,64	0,92
<b>Phe</b>	94,39	0,98	67,96	0,53	95,78	0,98	75,18	0,91
<b>His</b>	93,31	0,97	57,08	0,41	96,17	0,98	77,10	0,91
<b>Arg</b>	93,32	0,98	65,23	0,59	95,86	0,98	74,99	0,90
<b>Pro</b>	96,18	0,99	68,73	0,88	98,46	0,99	83,60	0,97
<b>Trp</b>	93,56	0,97	45,97	0,18	98,63	0,98	77,67	0,90

\* ermittelte Werte nicht plausibel

Die ermittelte Rohprotein- und auch Aminosäuren-Verdaulichkeit war bei der Rispenhirse (Tabelle 7) recht gut. Der Schätzwert für Lysin scheint dagegen zu hoch. Die Genauigkeit der Schätzung war sehr gut. Die Rohproteinverdaulichkeit des Dinkels war zwar ähnlich wie für die Rispenhirse, die Aminosäuren-Verdaulichkeit aber generell ungünstiger. Nur Tryptophan war mit 89,3 % vergleichsweise gut verdaulich. Zum Teil waren aber die Bestimmtheitsmaße sehr gering. Die Mais-Ganzkornsilage wies generell eine sehr gute Aminosäuren- und Rohproteinverdaulichkeit auf.



Tabelle 7: pcV (in %) für Rispenhirse, Dinkel und Mais-Ganzkorn-Silage in der 3. LW

	RH		DI		GKS	
	pcV	R <sup>2</sup>	pcV	R <sup>2</sup>	pcV	R <sup>2</sup>
<b>XP</b>	76,73	0,91	73,19	0,73	93,45	0,98
<b>Met</b>	77,21	0,83	60,87	0,48	96,64	0,98
<b>Lys</b>	-*	-*	54,51	0,24	96,34	0,96
<b>Thr</b>	78,99	0,83	61,94	0,38	96,18	0,97
<b>Asp</b>	76,17	0,81	51,49	0,20	95,68	0,97
<b>Ser</b>	72,54	0,90	68,43	0,61	96,77	0,97
<b>Glu</b>	76,54	0,89	88,45	0,94	98,01	0,99
<b>Gly</b>	83,96	0,86	61,49	0,46	93,78	0,97
<b>Ala</b>	72,84	0,92	60,45	0,33	97,26	0,99
<b>Cys</b>	69,39	0,84	71,65	0,57	88,92	0,96
<b>Val</b>	82,14	0,89	71,38	0,54	96,30	0,98
<b>Ile</b>	81,39	0,88	66,38	0,38	96,38	0,98
<b>Leu</b>	75,32	0,92	70,39	0,60	99,73	0,98
<b>Tyr</b>	81,92	0,91	77,10	0,53	96,13	0,99
<b>Phe</b>	74,08	0,89	83,43	0,72	96,99	0,99
<b>His</b>	77,61	0,90	85,52	0,71	95,84	0,98
<b>Arg</b>	89,36	0,95	81,19	0,63	96,86	0,98
<b>Pro</b>	71,47	0,93	91,70	0,87	96,56	0,99
<b>Trp</b>	81,99	0,94	89,32	0,55	91,40	0,91

\* ermittelte Werte nicht plausibel

Die Abbildung 1 verdeutlicht die unterschiedliche Übereinstimmung zwischen aufgenommener und verdauter Menge an Aminosäuren bei Dinkel und Ganzkornsilage. Während bei der GKS alle Punkte in der Nähe der Regressionsgeraden liegen, sind diese bei Dinkel in einem großen Bereich verstreut. Dies erklärt auch die geringen ermittelten, korrigierten Bestimmtheitsmaße (R<sup>2</sup>).

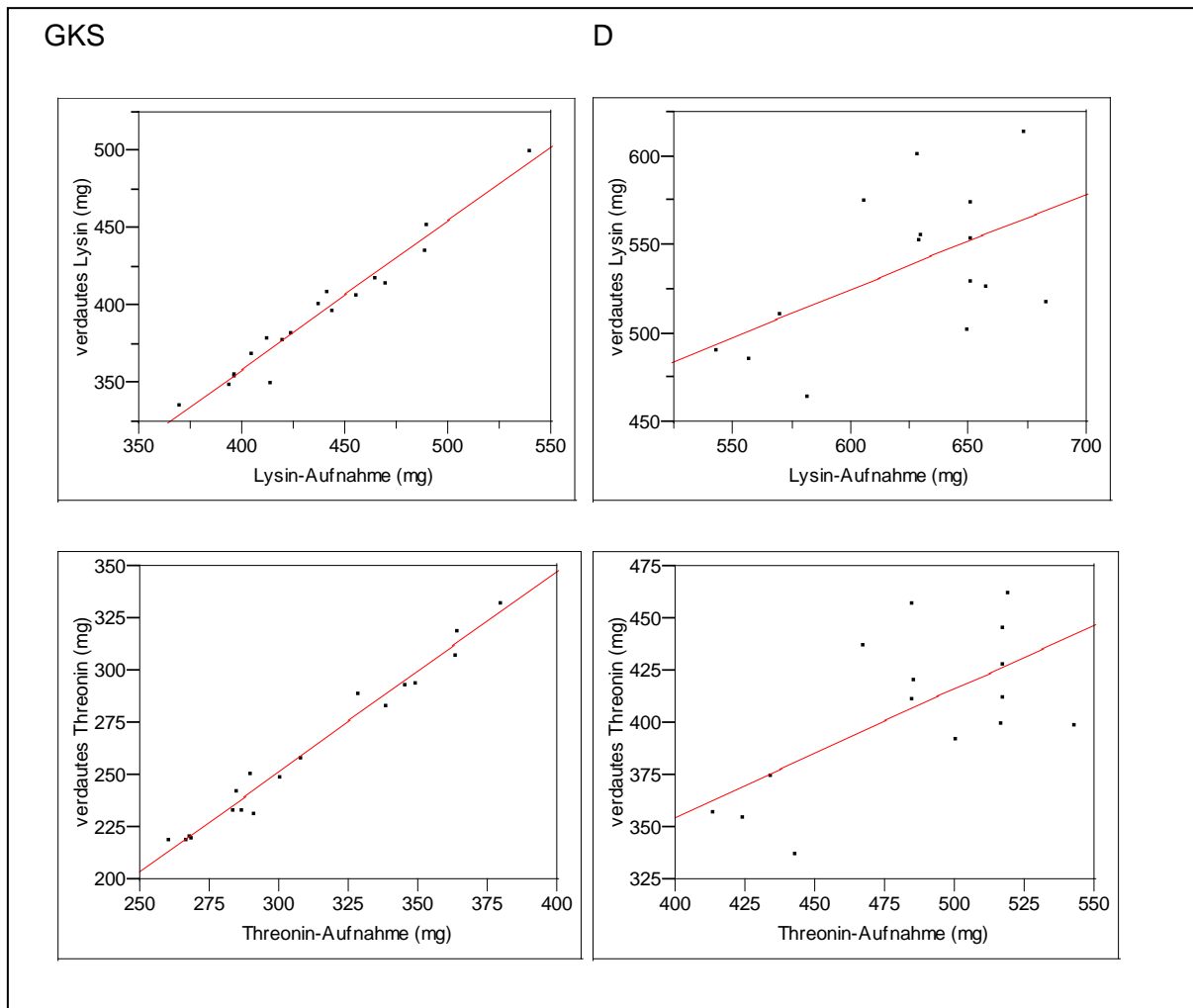


Abbildung 1: Beziehung zwischen der Aufnahme und der berechneten Menge an verdaulichem Lysin bzw. Threonin für die Mais-Ganzkorn-Silage und den Dinkel in der 3. Lebenswoche

Die präcecalen Verdaulichkeitswerte waren für beide Klee Grassilagen (Tabelle 8) relativ niedrig, wobei die behandelte Variante eindeutig schlechter abschnitt. Während bei der unbehandelten Silage noch ungefähr die Hälfte des vorhandenen Methionins verdaulich war, wurden bei der behandelten nur noch etwa 37 % verdaut. Das Rohprotein wurde bei der unbehandelten Klee Grassilage zu 59,1 % verdaut, bei der extrudierten Silage nur zu 43,8 %. Für Cystin, Histidin und Arginin konnte bei der behandelten Silage kein linearer Zusammenhang zwischen AS-Aufnahme und AS-Verdaulichkeit festgestellt werden ( $R^2 \sim 0$ ). Abbildung 2 zeigt die Beziehung zwischen der Menge an aufgenommener und verdaulichem Aminosäure für Arginin und Methionin für die behandelte Klee Grassilage und den Linsenausputz. Hier ist klar der fehlende Zusammenhang für die Klee Grassilage zu erkennen.

Rohprotein, Methionin und Lysin der Luzerneblätter waren zu über 90 % verdaulich (Tabelle 8). Doch auch Threonin und Tryptophan wiesen mit 84,4 % und 87,0 % noch hohe Verdaulichkeitswerte auf. Beim Linsenausputz lagen die Werte etwas niedriger. Hier war Methionin mit 89 % am besten verdaulich und Tryptophan mit 71,8 % am geringsten. Die hohen Bestimmtheitsmaße unterstreichen die Belastbarkeit der geschätzten Werte.

Tabelle 8: pcV (in %) für Kleegrassilage (behandelt und unbehandelt), Luzerneblätter und Linsenausputz in der 3. LW

	KB		KU		LB		LA	
	pcV	R <sup>2</sup>	pcV	R <sup>2</sup>	pcV	R <sup>2</sup>	pcV	R <sup>2</sup>
<b>XP</b>	43,84	0,85	59,07	0,84	92,08	0,97	82,99	0,98
<b>Met</b>	37,37	0,21	51,98	0,25	93,90	0,98	88,95	0,97
<b>Lys</b>	23,73	0,24	57,78	0,40	92,38	0,96	87,61	0,99
<b>Thr</b>	34,66	0,64	69,25	0,83	84,35	0,94	80,45	0,98
<b>Asp</b>	49,61	0,87	76,21	0,90	80,04	0,94	84,29	0,99
<b>Ser</b>	34,46	0,59	64,22	0,80	85,39	0,96	83,07	0,98
<b>Glu</b>	31,44	0,21	59,87	0,70	93,45	0,99	80,93	0,99
<b>Gly</b>	27,33	0,61	61,98	0,82	85,18	0,93	80,51	0,98
<b>Ala</b>	56,29	0,92	76,62	0,93	83,73	0,91	82,62	0,97
<b>Cys</b>	-*	-*	69,45	0,23	92,04	0,94	81,32	0,98
<b>Val</b>	44,30	0,85	76,44	0,90	85,68	0,90	83,01	0,98
<b>Ile</b>	50,26	0,89	80,06	0,89	85,64	0,93	82,98	0,98
<b>Leu</b>	50,56	0,88	79,63	0,80	87,61	0,96	83,56	0,99
<b>Tyr</b>	39,39	0,62	73,82	0,88	86,88	0,97	82,49	0,98
<b>Phe</b>	32,28	0,46	69,18	0,90	88,92	0,98	78,36	0,99
<b>His</b>	-*	-*	37,05	0,25	88,50	0,96	83,59	0,99
<b>Arg</b>	19,85	0,11	64,03	0,47	92,14	0,98	88,74	0,99
<b>Pro</b>	49,71	0,90	60,74	0,74	91,32	0,99	75,20	0,91
<b>Trp</b>	34,40	0,64	45,54	0,61	87,03	0,89	71,83	0,93

\* ermittelte Werte nicht plausibel

Braunhirse, Buchweizen und Nackthafer (Tabelle 9) wiesen allgemein gute Verdaulichkeitswerte auf, wobei die beste Methionin-Verdaulichkeit mit 91,2 % beim Nackthafer vorlag. Die Lysin-Verdaulichkeit der Braunhirse dürfte überschätzt sein. Beim

Buchweizen überstieg die Verdaulichkeit nur bei wenigen Aminosäuren 80 %. Die Rohproteinverdaulichkeit der Nacktgerste betrug nur 71 %, ähnliche Werte lagen für Lysin, Threonin und Tryptophan vor. Methionin war mit 80,6 % etwas besser verdaulich. Die zum Teil geringen Bestimmtheitsmaße für Nackthafer deuten auf eine schlechte Übereinstimmung zwischen der aufgenommenen und geschätzten, verdauten Menge der jeweiligen Aminosäure hin.

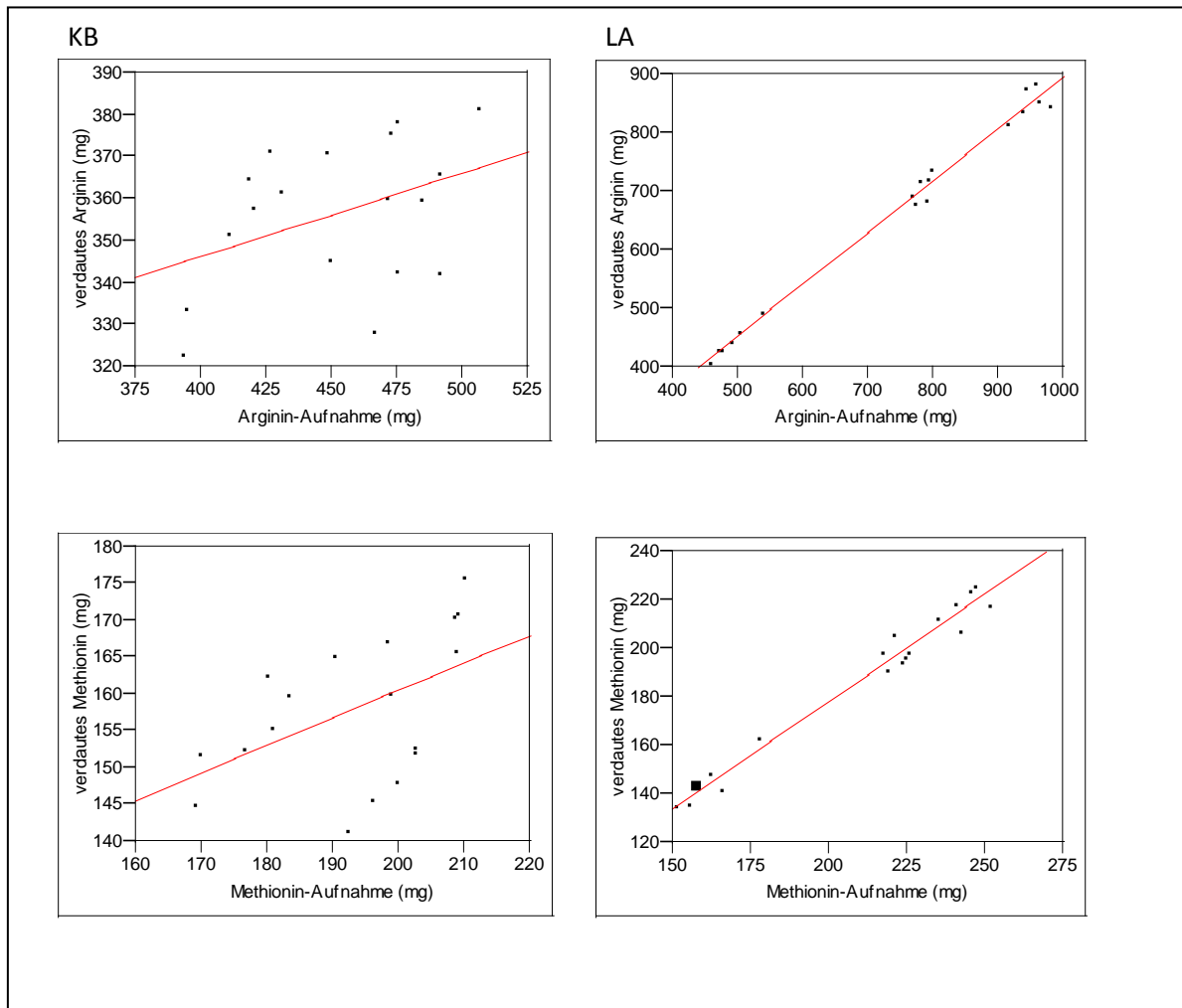


Abbildung 2: Beziehung zwischen der Aufnahme und der berechneten Menge an verdautem Arginin bzw. Methionin für die behandelte Klee-Grassilage und den Linsenausputz

Tabelle 9: pcV (in %) für Braunhirse, Buchweizen, Nacktgerste und Nackthafer in der 3. LW

	BH		BW		NG		NH	
	pcV	R <sup>2</sup>	pcV	R <sup>2</sup>	pcV	R <sup>2</sup>	pcV	R <sup>2</sup>
<b>XP</b>	80,50	0,94	67,89	0,91	70,79	0,93	75,55	0,77
<b>Met</b>	83,56	0,94	84,71	0,97	80,57	0,93	91,15	0,85
<b>Lys</b>	-*	-*	77,92	0,92	76,17	0,77	82,54	0,71
<b>Thr</b>	84,93	0,85	67,92	0,87	73,69	0,91	83,71	0,66
<b>Asp</b>	89,84	0,84	81,34	0,92	65,06	0,85	83,36	0,74
<b>Ser</b>	87,79	0,92	71,68	0,87	73,36	0,92	78,17	0,70
<b>Glu</b>	85,22	0,96	65,03	0,90	82,87	0,98	89,09	0,94
<b>Gly</b>	81,45	0,78	61,73	0,91	70,96	0,93	74,60	0,74
<b>Ala</b>	80,73	0,96	74,93	0,93	73,73	0,93	82,81	0,76
<b>Cys</b>	74,44	0,79	49,25	0,76	73,53	0,97	50,45	0,42
<b>Val</b>	83,82	0,94	80,11	0,95	77,64	0,95	87,76	0,89
<b>Ile</b>	83,64	0,90	80,87	0,94	78,53	0,95	86,69	0,76
<b>Leu</b>	82,67	0,95	75,15	0,94	78,75	0,95	87,70	0,83
<b>Tyr</b>	90,87	0,90	81,24	0,94	78,86	0,92	75,00	0,83
<b>Phe</b>	82,22	0,93	67,72	0,93	77,42	0,96	83,16	0,90
<b>His</b>	84,43	0,91	62,49	0,77	75,85	0,94	70,76	0,59
<b>Arg</b>	89,33	0,86	88,61	0,96	79,31	0,96	88,58	0,92
<b>Pro</b>	81,12	0,93	32,03	0,50	84,58	0,99	85,25	0,77
<b>Trp</b>	89,90	0,94	71,01	0,95	69,66	0,85	91,72	0,78

\* ermittelte Werte nicht plausibel

#### 4.3.2 Verdaulichkeitswerte für die sechste Lebenswoche

Die Verdaulichkeit des Rohproteins und der Aminosäuren hat sich in der sechsten Lebenswoche gegenüber der dritten Lebenswoche nur wenig verändert. Es traten aber sowohl Verbesserungen als auch Verschlechterungen der Verdaulichkeit auf.

Bei Weizen war in der sechsten Lebenswoche (Tabelle 10) die Verdaulichkeit von Methionin, Lysin und Cystin höher als in der dritten, jedoch war die Verdaulichkeit aller anderer Aminosäuren und des Rohproteins um einige Prozentpunkte schlechter. Während in der dritten Lebenswoche noch fast alle Aminosäuren zu über 90 % verdaulich waren, waren es bei den älteren Broilern nur noch wenige, die die 90 % - Grenze überschritten. Die

Aminosäuren-Verdaulichkeit war für Triticale in der sechsten Lebenswoche schlechter als in der dritten, dagegen waren sie für Roggen und Sommergerste besser.

Tabelle 10: pcV (in %) für Winterweizen, Winterroggen, Wintertriticale und Sommergerste in der 6. LW

	WW		WR		WT		SG	
	pcV	R <sup>2</sup>	pcV	R <sup>2</sup>	pcV	R <sup>2</sup>	pcV	R <sup>2</sup>
<b>XP</b>	85,69	0,92	65,79	0,43	85,10	0,97	78,35	0,95
<b>Met</b>	94,37	0,97	81,57	0,57	92,71	0,97	87,52	0,96
<b>Lys</b>	87,77	0,92	66,77	0,41	83,09	0,84	85,07	0,94
<b>Thr</b>	78,35	0,88	54,02	0,20	76,18	0,84	80,78	0,91
<b>Asp</b>	76,56	0,65	46,52	0,20	66,87	0,75	73,80	0,91
<b>Ser</b>	87,93	0,90	57,62	0,33	83,21	0,92	84,67	0,95
<b>Glu</b>	92,23	0,97	88,12	0,82	85,18	0,97	83,97	0,98
<b>Gly</b>	78,34	0,84	46,44	0,23	74,43	0,88	75,68	0,94
<b>Ala</b>	81,81	0,83	57,09	0,36	80,77	0,91	79,83	0,94
<b>Cys</b>	90,19	0,74	46,89	0,11	74,62	0,87	67,85	0,79
<b>Val</b>	72,00	0,76	65,93	0,31	82,57	0,89	78,69	0,95
<b>Ile</b>	85,24	0,49	73,12	0,44	75,06	0,86	77,18	0,92
<b>Leu</b>	89,46	0,85	77,05	0,57	81,90	0,92	82,22	0,95
<b>Tyr</b>	87,96	0,90	70,51	0,41	76,79	0,89	83,88	0,96
<b>Phe</b>	87,63	0,90	77,55	0,56	84,30	0,93	80,73	0,96
<b>His</b>	78,96	0,87	73,58	0,43	74,11	0,80	81,84	0,97
<b>Arg</b>	85,66	0,90	66,74	0,59	80,32	0,88	80,70	0,96
<b>Pro</b>	91,68	0,96	-*	-*	88,71	0,98	77,80	0,97
<b>Trp</b>	88,50	0,87	56,81	0,35	69,88	0,76	67,83	0,83

\* ermittelte Werte nicht plausibel

Die Aminosäurenverdaulichkeit war für Rispenhirse und Dinkel in der sechsten Lebenswoche besser (Tabelle 11) als in der dritten, während für die Ganzkornsilage eine geringfügige Verschlechterung zu verzeichnen war. Insgesamt lag eine gute Übereinstimmung zwischen den aufgenommenen und verdauten Mengen der Aminosäuren vor.

Tabelle 11: pcV (in %) für Rispenhirse, Dinkel und Mais-Ganzkorn-Silage in der 6. LW

	RH		DI		GKS	
	pcV	R <sup>2</sup>	pcV	R <sup>2</sup>	pcV	R <sup>2</sup>
<b>XP</b>	80,36	0,98	86,17	0,97	94,90	0,96
<b>Met</b>	90,85	0,99	89,45	0,97	94,52	0,99
<b>Lys</b>	85,70	0,92	85,35	0,91	83,85	0,95
<b>Thr</b>	76,07	0,95	81,74	0,91	81,99	0,96
<b>Asp</b>	81,04	0,94	73,31	0,86	80,12	0,94
<b>Ser</b>	84,89	0,98	84,96	0,95	85,93	0,97
<b>Glu</b>	86,04	0,98	89,79	0,99	90,82	0,98
<b>Gly</b>	76,02	0,94	84,78	0,96	79,68	0,96
<b>Ala</b>	88,87	0,99	84,57	0,95	92,97	0,99
<b>Cys</b>	79,65	0,62	78,84	0,94	77,19	0,95
<b>Val</b>	77,72	0,94	84,06	0,93	87,98	0,98
<b>Ile</b>	80,11	0,93	81,33	0,94	87,48	0,97
<b>Leu</b>	86,30	0,98	85,55	0,96	93,86	0,99
<b>Tyr</b>	85,97	0,97	81,44	0,96	91,73	0,99
<b>Phe</b>	81,35	0,97	87,27	0,97	89,55	0,97
<b>His</b>	83,43	0,97	84,03	0,75	88,36	0,99
<b>Arg</b>	86,57	0,96	85,67	0,95	87,30	0,97
<b>Pro</b>	80,73	0,97	87,16	0,98	90,83	1,00
<b>Trp</b>	87,84	0,99	91,63	0,97	86,58	0,97

Die Verdaulichkeitswerte änderten sich für die Kleegrassilagen in der sechsten Lebenswoche (Tabelle 12). Während die unbehandelte Variante niedrigere Werte für die älteren Tiere aufwies, lagen diejenigen für die extrudierte Silage sogar etwas höher und überstiegen für Methionin sogar den Wert der unbehandelten Silage. Allerdings liegen alle Verdaulichkeitskoeffizienten in einem unbefriedigenden Bereich. Sowohl bei den Luzerneblättern als auch beim Linsenausputz lagen ähnliche Werte wie in der dritten Lebenswoche vor.

Tabelle 12: pcV (in %) für Kleegrassilage (behandelt und unbehandelt), Luzerneblättern und Linsenausputz in der 6. LW

	KB		KU		LB		LA	
	pcV	R <sup>2</sup>	pcV	R <sup>2</sup>	pcV	R <sup>2</sup>	pcV	R <sup>2</sup>
<b>XP</b>	42,64	0,75	48,95	0,73	87,75	0,85	85,76	0,97
<b>Met</b>	49,89	0,28	47,51	0,65	92,56	0,91	90,26	0,99
<b>Lys</b>	44,56	0,14	32,97	0,31	86,94	0,83	86,03	0,99
<b>Thr</b>	42,28	0,80	48,95	0,68	76,63	0,74	79,70	0,99
<b>Asp</b>	50,59	0,87	57,35	0,82	81,06	0,85	82,60	0,99
<b>Ser</b>	44,32	0,85	49,55	0,70	87,09	0,86	80,43	0,99
<b>Glu</b>	56,06	0,51	52,08	0,66	95,54	0,97	85,79	0,99
<b>Gly</b>	27,37	0,59	39,98	0,54	79,70	0,81	80,04	0,99
<b>Ala</b>	59,41	0,94	63,10	0,88	82,14	0,83	81,52	0,99
<b>Cys</b>	21,02	-0,06	-*	-*	90,14	0,67	74,12	0,96
<b>Val</b>	33,59	0,73	61,07	0,86	84,06	0,87	83,94	0,99
<b>Ile</b>	31,42	0,61	63,32	0,89	86,81	0,92	83,75	0,99
<b>Leu</b>	46,36	0,83	60,57	0,86	88,23	0,92	84,64	0,99
<b>Tyr</b>	42,06	0,84	47,20	0,67	86,35	0,90	82,86	0,99
<b>Phe</b>	34,71	0,81	57,29	0,82	89,96	0,93	82,43	0,98
<b>His</b>	15,30	0,17	19,97	0,08	92,29	0,93	85,10	0,99
<b>Arg</b>	30,07	0,46	43,64	0,45	90,95	0,92	88,54	0,99
<b>Pro</b>	43,19	0,71	52,77	0,73	96,34	0,96	80,93	0,99
<b>Trp</b>	24,31	0,23	34,68	0,28	75,78	0,79	77,75	0,99

\* ermittelte Werte nicht plausibel

Braunhirse zeigte auch in der Growerphase gute Verdaulichkeiten (Tabelle 13). Das Rohprotein und die erst-limitierenden AS Methionin, Lysin und Tryptophan waren zu über 80 % verdaulich. Allerdings waren die Werte für Lysin, Threonin und Tryptophan sehr viel niedriger als in der Starterphase. Der Buchweizen zeigte auch in der sechsten Lebenswoche nur mittlere Verdaulichkeiten, die meist zwischen ca. 70 und 80 % lagen. Die Verdaulichkeitswerte der Nacktgerste waren in der sechsten Lebenswoche geringer als in der dritten. Dagegen wurden für Nackthafer für alle vier erstlimitierenden AS und auch das Rohprotein Verdaulichkeitswerte über 90 % ermittelt. Die Methioninverdaulichkeit lag hier sogar bei über 99 %.



Tabelle 13: pcV (in %) von Braunhirse, Buchweizen, Nacktgerste und Nackthafer in der 6. LW

	BH		BW		NG		NH	
	pcV	R <sup>2</sup>	pcV	R <sup>2</sup>	pcV	R <sup>2</sup>	pcV	R <sup>2</sup>
<b>XP</b>	83,14	0,97	70,72	0,97	64,43	0,96	91,05	0,91
<b>Met</b>	82,34	0,97	78,62	0,97	78,65	0,98	99,27	0,96
<b>Lys</b>	87,71	0,93	76,86	0,98	60,79	0,84	91,29	0,90
<b>Thr</b>	77,20	0,92	71,27	0,96	60,51	0,92	99,41	0,79
<b>Asp</b>	79,48	0,93	72,95	0,96	51,26	0,88	92,33	0,86
<b>Ser</b>	79,57	0,95	74,50	0,97	66,17	0,94	88,70	0,82
<b>Glu</b>	80,74	0,96	74,83	0,96	71,51	0,97	95,37	0,95
<b>Gly</b>	80,02	0,91	68,28	0,98	57,39	0,94	88,64	0,86
<b>Ala</b>	82,34	0,97	68,38	0,96	61,12	0,93	92,15	0,89
<b>Cys</b>	78,29	0,91	51,86	0,60	66,46	0,93	83,00	0,79
<b>Val</b>	80,37	0,94	71,38	0,96	68,57	0,97	97,43	0,92
<b>Ile</b>	87,05	0,87	70,70	0,94	67,01	0,95	95,83	0,81
<b>Leu</b>	82,06	0,96	73,59	0,98	70,23	0,98	94,87	0,91
<b>Tyr</b>	83,50	0,95	75,25	0,98	69,18	0,98	85,36	0,86
<b>Phe</b>	78,92	0,95	68,32	0,96	67,23	0,98	94,21	0,93
<b>His</b>	74,33	0,94	69,74	0,97	67,12	0,97	92,93	0,91
<b>Arg</b>	89,23	0,98	83,17	0,99	71,98	0,98	92,55	0,95
<b>Pro</b>	70,75	0,91	66,54	0,89	76,62	0,98	96,91	0,93
<b>Trp</b>	82,72	0,97	70,76	0,98	61,98	0,95	94,21	0,93

#### 4.3.3 Berechnete Gehalte an Rohprotein und Aminosäuren in den Prüffuttermitteln

Die Berechnung der absoluten Gehalte an verdaulichen Aminosäuren und des Rohproteins in der Starterphase ergibt vor allem für die Braunhirse, den Linsenausputz und die getrockneten Luzerneblätter erfreulich hohe Gehalte (Tabelle 14). Der Linsenausputz hatte hier die höchsten Gehalte an verdaulichem Rohprotein als auch an Lysin und Threonin der getesteten Futtermittel. Den höchsten Gehalt an verdaulichem Methionin wies die Braunhirse mit 3,1 g/kg der Trockenmasse auf, die Luzerneblätter den höchsten Gehalt an verdaulichem Tryptophan.

Den geringsten Gehalt an verdaulichen Aminosäuren wiesen Dinkel, Roggen und die extrudierte Kleegrassilage auf. Alle drei Futtermittel enthielten nur ca. ein Drittel des Methioningehaltes der Braunhirse. Der Dinkel hatte die niedrigsten Gehalte an verdaulichem Methionin und Lysin, noch schlechter schnitt der Roggen ab. Roggen hatte den geringsten Gehalt an verdaulichem Rohprotein, Threonin und Tryptophan aller untersuchten Futtermittel.

In der Growerphase (Tabelle 15) hatte neben der Braunhirse, dem Linsenausputz, den Luzerneblättern und der Rispenhirse auch der Nackthafer hohe Gehalte an verdaulichen Aminosäuren. Nackthafer hatte mehr verdauliches Methionin als der Winterweizen, die Gehalte für Braunhirse und Luzerneblätter lagen bei 3 g/kg TM. Den höchsten Gehalt an verdaulichem Lysin hatte der Linsenausputz, gefolgt von Luzerneblätter, Buchweizen, behandelte Kleegrassilage und Nackthafer.

Tabelle 14: Gehalt an verdaulichen Aminosäuren /Rohprotein (% der TM) für die Starterphase

XP	Met	Lys	Thr	Asp	Ser	Glu	Gly	Ala	Cys	Val	Ile	Leu	Tyr	Phe	His	Arg	Pro	Trp	
BH	11,48	0,31	-	0,36	0,74	0,73	2,46	0,26	1,07	0,16	0,51	0,44	1,32	0,41	0,61	0,24	0,43	0,75	0,22
BW	8,33	0,18	0,55	0,31	0,88	0,42	1,35	0,44	0,37	0,14	0,43	0,35	0,57	0,24	0,37	0,18	0,97	0,15	0,11
DI	8,91	0,11	0,17	0,20	0,28	0,36	3,00	0,27	0,24	0,19	0,32	0,25	0,53	0,22	0,44	0,22	0,40	1,06	0,10
GKS	9,41	0,15	0,23	0,30	0,55	0,41	1,59	0,30	0,66	0,15	0,39	0,30	1,13	0,30	0,45	0,23	0,32	0,77	0,05
KB	8,94	0,11	0,25	0,31	1,10	0,31	0,57	0,26	0,69	-	0,45	0,44	0,76	0,21	0,27	-	0,12	0,58	0,08
KU	12,90	0,16	0,61	0,62	1,71	0,59	1,07	0,60	0,90	0,10	0,79	0,72	1,22	0,35	0,66	0,15	0,35	0,69	0,12
LA	21,25	0,16	1,41	0,72	2,38	1,03	3,37	0,82	0,87	0,18	0,86	0,80	1,47	0,56	0,92	0,53	1,67	0,82	0,14
LB	18,54	0,29	0,92	0,70	1,59	0,71	1,89	0,78	0,80	0,16	0,76	0,66	1,16	0,47	0,81	0,40	0,81	0,94	0,29
NG	11,18	0,15	0,33	0,29	0,43	0,35	2,68	0,33	0,32	0,18	0,41	0,31	0,61	0,26	0,48	0,20	0,45	1,23	0,10
NH	10,48	0,18	0,41	0,34	0,78	0,45	2,24	0,44	0,46	0,18	0,50	0,37	0,75	0,30	0,50	0,19	0,71	0,53	0,15
WR	3,74	-	0,24	0,14	0,24	0,15	0,92	0,11	0,20	0,11	0,19	0,14	0,27	0,10	0,20	0,09	0,23	0,34	0,04
RH	9,38	0,22	-	0,27	0,53	0,52	1,89	0,23	0,82	0,12	0,41	0,35	1,02	0,30	0,47	0,19	0,35	0,61	0,12
SG	7,96	0,15	0,31	0,26	0,42	0,34	1,92	0,29	0,31	0,15	0,33	0,21	0,51	0,22	0,39	0,18	0,39	0,84	0,09
WT	8,90	0,15	0,34	0,29	0,54	0,40	2,16	0,38	0,36	0,20	0,38	-	0,56	0,22	0,39	0,20	0,44	0,79	0,09
WW	10,52	0,16	0,31	0,30	0,50	0,50	3,21	0,41	0,36	0,20	0,40	0,33	0,69	0,28	0,50	0,23	0,49	1,03	0,10

**Tabelle 15** Gehalt an verdaulichen Aminosäuren /Rohprotein (% der TM) für die Growerrphase

XP	Met	Lys	Thr	Asp	Ser	Glu	Gly	Ala	Cys	Val	Ile	Leu	Tyr	Phe	His	Arg	Pro	Trp	
BH	11,86	0,30	0,22	0,32	0,65	0,66	2,31	0,25	1,04	0,16	0,49	0,46	1,31	0,37	0,58	0,21	0,43	0,65	0,20
BW	8,68	0,17	0,54	0,33	0,79	0,44	1,56	0,49	0,34	0,15	0,39	0,30	0,56	0,22	0,38	0,20	0,91	0,31	0,11
DI	10,50	0,16	0,26	0,26	0,40	0,44	3,04	0,37	0,33	0,20	0,38	0,31	0,65	0,24	0,46	0,22	0,42	1,01	0,10
GKS	9,56	0,15	0,20	0,25	0,46	0,36	1,47	0,25	0,63	0,13	0,35	0,27	1,06	0,28	0,41	0,21	0,29	0,73	0,05
KB	8,70	0,14	0,47	0,37	1,12	0,40	1,02	0,26	0,72	0,03	0,34	0,28	0,70	0,23	0,29	0,06	0,18	0,50	0,06
KU	10,69	0,15	0,35	0,44	1,29	0,46	0,93	0,39	0,74	-	0,64	0,57	0,93	0,23	0,55	0,08	0,24	0,60	0,09
LA	21,96	0,16	1,39	0,72	2,33	1,00	3,57	0,82	0,86	0,16	0,87	0,80	1,49	0,56	0,97	0,54	1,66	0,88	0,15
LB	17,67	0,29	0,87	0,64	1,61	0,72	1,93	0,73	0,79	0,15	0,75	0,67	1,23	0,47	0,82	0,42	0,80	0,99	0,25
NG	10,18	0,14	0,26	0,24	0,34	0,32	2,31	0,26	0,27	0,17	0,36	0,26	0,54	0,23	0,42	0,18	0,41	1,12	0,09
NH	12,63	0,20	0,46	0,41	0,86	0,51	2,39	0,52	0,52	0,29	0,56	0,41	0,82	0,34	0,57	0,24	0,74	0,60	0,15
WR	4,73	0,09	0,21	0,14	0,25	0,17	1,08	0,15	0,19	0,08	0,20	0,17	0,32	0,12	0,23	0,12	0,24	-	0,05
RH	9,82	0,26	0,16	0,26	0,56	0,60	2,13	0,21	1,00	0,14	0,40	0,34	1,17	0,32	0,52	0,20	0,34	0,69	0,13
SG	8,10	0,15	0,35	0,28	0,48	0,38	1,93	0,32	0,34	0,14	0,37	0,27	0,57	0,23	0,42	0,19	0,42	0,78	0,08
WT	7,85	0,14	0,28	0,23	0,37	0,34	1,87	0,30	0,30	0,16	0,32	0,23	0,47	0,18	0,35	0,16	0,37	0,71	0,06
WW	9,58	0,16	0,29	0,25	0,43	0,47	3,05	0,35	0,33	0,21	0,32	0,32	0,65	0,26	0,46	0,20	0,45	0,98	0,10

## 5. Diskussion

### 5.1 Gewichtsentwicklung in den Prüfphasen

Die Masthühner hatten zu Beginn der Prüfphasen (Phase 1 – 15.-12. LT, Phase 2 – 36.-42. LT) durchschnittliche Gewichte von 239 bzw. 1171 g erreicht. Diese Gewichte lagen niedriger als die Züchterangaben ([www.hubbardbreeders.com](http://www.hubbardbreeders.com)), die allerdings für konventionelle Fütterung gelten. Dies deutet darauf hin, dass die außerhalb der Prüfphasen verwendeten Bio-Starter- und Grower-Futtermitteln des Herstellers Meika den Nährstoffbedarf der Tiere nicht umfassen decken konnten. Die größere Streuung der Lebendgewichte ist auf eine geringere Homogenität der verwendeten Herkunft zurück zu führen.

Während den Prüfphasen wurden bei allen Testfuttermitteln, außer den getrockneten Luzerneblättern, deutliche Gewichtszunahmen über alle Zulagestufen des Prüffuttermittels erzielt. Dies deutet darauf hin, dass bereits die Nährstoffausstattung der Basisration mit der geringsten Zulage des Prüffuttermittels für ein gutes Wachstum ausreichend war. Die Erhöhung der Zulage des Prüffuttermittels führte bei den meisten Futtermitteln tendenziell zu einem besseren Wachstum. Das bedeutet, dass die Nährstoffausstattung der Basisration zwar ausreichend, aber nicht optimal war. Nur bei den Kleegrassilagen und den Luzerneblättern war ein umgekehrter Effekt zu beobachten, wobei dieser bei den Luzerneblättern am stärksten ausgeprägt war. Hier führte die höchste Zulagestufe sogar zu einer Gewichtsreduktion. Dies dürfte auf den hohen Rohfasergehalt dieser Futtermittel zurückzuführen sein. Der hohe Rohfasergehalt hat vermutlich das Futtervolumen so stark erhöht, dass die Futteraufnahme (Frischmasse) so stark vermindert wurde, dass der Nährstoffbedarf der Tiere nicht mehr gedeckt werden konnte.

Die Effekte auf das Tiergewicht waren in der Starter- und Growerphase nahezu identisch. Die relative Gewichtszunahme war aber in der zweiten Prüfperiode geringer.

### 5.2 Nährstoffgehalte der Prüffuttermittel

Die Prüffuttermittel unterschieden sich erwartungsgemäß zum Teil deutlich voneinander. Nachdem nicht für alle geprüften Futtermittel Vergleichswerte für den Ökologischen Anbau

vorliegen, sollen die Ergebnisse auch mit den Datenbanken für konventionelle Futtermittel verglichen werden.

Der Rohproteingehalt des verwendeten Buchweizens entsprach in etwa dem Gehalt, der auch in anderen Experimenten mit Sorten aus konventionellem Anbau ermittelt wurde (Bonafaccia & Fabjan, 2003; Eggum et al., 1980; Steadman et al., 2001; Zielinski et al., 2009). Eggum et al. (1980) und Pomeranz & Robbins (1972) fanden außerdem ähnliche Werte für die vier bzw. drei erstlimitierenden Aminosäuren.

Der verwendete Bio-Dinkel scheint im Vergleich zur Literatur (konventioneller Anbau) relativ geringe Gehalte an Rohprotein (Abdel-Aal & Hucl, 1995; Bonafaccia et al., 2000; Ranhotra et al., 1996) und Aminosäuren (Berecz et al., 2001; Bonafaccia et al., 2000) aufzuweisen. Beim Dinkel spielt insbesondere die Wahl der Sorte und der Anbauorte eine große Rolle bei der Höhe und Zusammensetzung des enthaltenen Proteins (Ranhotra et al., 1996).

Der Rohproteingehalt der Mais-Ganzkorn-Silage lag in einem ähnlichen Bereich (Kriegshauser et al., 2006, Lasek et al, 2012) bzw. sogar über den Angaben für konventionell angebauten Körnermais (AMINODat® 4.0; Cowieson, 2005; Han et al., 1987; Vasan et al., 2008; Zhai & Zhang, 2009). Die Aminosäuregehalte deckten sich sogar weitestgehend mit denen aus dem konventionellen Landbau (Kim, 2010; Kriegshauser et al., 2006; Lasek et al, 2012; Panda et al., 2011; Vasan et al., 2008; Zhai & Zhang, 2009).

Die unbehandelten und die behandelten Kleegrassilagen sowie die getrockneten Luzerneblätter zeigten vergleichbare Nährstoffgehalte wie Blattleguminosen aus dem konventionellen Anbau (AMINODat® 4.0; Avci et al., 2013; Jatkauskas et al., 2013; Krawutschke et al., 2013).

Die Nährstoffgehalte des Linsenausputzes sind mit den Angaben für konventionell angebaute Linsen vergleichbar (Bhatty & Christison, 1984; Nwokolo & Smartt, 1996).

Die Gehalte der vier erstlimitierenden Aminosäuren waren bei der Nacktgerste ähnlich wie für die Sommergerste, nur lag der Rohproteingehalt um fünf Prozentpunkte doch deutlich höher. Ähnliche Rohproteingehalte für Nacktgerste berichteten auch Oscarsson et al. (1996).

Der verwendete Nackthafer hatte einen ähnlichen Rohproteingehalt wie die konventionell angebaute Sorten (Biel et al., 2009; Hetland & Svihus, 2001; Zarkadas et al.,

1995), aber einen geringeren Gehalt als Öko-Nackthafer der Sorte Polar (Micek et al., 2012). Die Gehalte der vier erstlimitierenden Aminosäuren waren beim in der vorliegenden Untersuchung verwendeten Nackthafer ähnlich wie bei konventionell angebauten Sorten (Biel et al., 2009; Givens et al., 2004). Givens et al. (2004) untersuchten den Einfluss eines Anbauverfahrens mit und ohne Stickstoffdüngung. Die Lysin-, Threonin- und Tryptophangehalte der eigenen Versuche liegen näher an denen mit dem Anbauverfahren ohne Stickstoffdüngung.

Der verwendete Bio-Winterroggen hatte deutlich geringere Nährstoffgehalte sowohl im Vergleich zu den Tabellenwerten für die konventioneller Landwirtschaft (Brestenský et al., 2013), als auch für den ökologischen Landbau. Dies überraschte umso mehr, als ein zertifiziertes Saatgut zur Verfügung stand. Offensichtlich handelte es sich um eine Ernte mit schlechter Proteinqualität,

Die ermittelten Nährstoffgehalte für Weizen und Gerste decken sich weitgehend mit den Tabellenwerten für konventionelle Futtermittel (Weizen: AMINODat® 4.0; Berecz et al., 2001; Bilsborrow et al., 2013; Konvalina et al., 2012; Krejčířová et al., 2006; Mazzoncini et al., 2015; Peigne et al., 2014; Saki et al., 2009; Steinfeldt, 2001; Gerste: Al-Marzooqi et al., 2010; AMINODat® 4.0; Åssveen, 2009; Saki et al., 2009). Sie lagen aber höher als die Werte für Öko-Weizen und Gerste (Bilsborrow et al., 2013; Krejčířová et al., 2006; Mazzoncini et al., 2015; Strobel et al., 2001). Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass in der vorliegenden Untersuchung zertifiziertes Saatgut verwendet wurde.

Tritikale (AMINODat® 4.0; Jozefiak, 2007; Widodo et al., 2015) und Rispen- bzw. Braunhirse wiesen gegenüber den Tabellenwerten geringere Nährstoffgehalte auf (AMINODat® 4.0; Kalinova & Moudry, 2006). Die Braunhirse hatte aber einen ähnlich hohen Methioningehalt.

### 5.3 Verdaulichkeit des Rohproteins und der Aminosäuren

#### 5.3.1 Bewertung der Einflussfaktoren

Generell wiesen die geschätzten Verdaulichkeitswerte eine große Variation auf. Nachdem bisher kaum Ergebnisse zur Verdaulichkeit der in der vorliegenden Untersuchung bei

Masthühnern geprüften Bio-Futtermittel in der Literatur vorliegen, sollen im Folgenden die eigenen Ergebnisse in erster Linie im Hinblick auf ihre Aussagefähigkeit und zur Bedeutung der geschätzten Werte für die praktische Fütterung von langsam wachsenden Masthühnern im Ökologischen Landbau gemacht werden. Hierbei wird in der Regel nicht zwischen den für die dritte und sechste Lebenswoche ermittelten Verdaulichkeitswerte differenziert, da die Unterschiede eher gering waren. Diese Beobachtung hat allerdings überrascht, da in der Literatur immer wieder auf die Alters-Spezifität von Verdaulichkeitswerten hingewiesen wird (Batal & Parsons, 2002). Dublec et al. (2006) berichteten, dass die Verdaulichkeit sich von der 3. zur 6. Lebenswoche verringert und dann wieder ansteigt. Huang et al. (2005) fanden keine gerichteten Veränderungen in der scheinbaren Verdaulichkeit für Broiler im Alter von 14, 28 und 42 Lebenstagen für Weizen, Hirse und Mais. Moughan et al. (2014) leiteten aus ihren Untersuchungen ab, dass die Alterseffekte verschwinden, wenn um die endogenen Verluste korrigiert wird. Bei der in der vorliegenden Untersuchung angewandten Methodik konnten zwar die basalen endogenen Verluste außer Acht gelassen werden, es wurde aber auch keine Korrektur um die spezifischen endogenen Verluste vorgenommen. Diese sind jedoch sowohl von der Zusammensetzung des jeweiligen Futtermittels (Kluth & Rodehutscord, 2006), als auch vom Alter der Tiere (Adedokun et al., 2007) abhängig und demnach auch bei den analysierten Futtermitteln unterschiedlich hoch. Es stellt sich allerdings die Frage, ob durch diese spezifizierte Analytik Alterseffekte nachgewiesen werden könnten.

Ein weiterer, nicht gekläarter Einflussfaktor kann das Geschlecht der Tiere sein (Kim & Corzo, 2012; Ravindran et al., 2004). In der vorliegenden Untersuchung wurden Masthühner ‚as hatched‘ verwendet, d.h. die Tiere wurden nicht nach Geschlecht sortiert. Dies hätte nur mit Hilfe des Kloaken-Sexings erfolgen können, da die Tiere dieser Herkunft nicht anhand der Befiederung sortiert werden können. Es ist daher möglich, dass das Verhältnis der Geschlechter in den Gruppen und Durchgängen unterschiedlich war. Für die Prüfung in der dritten Lebenswoche konnte das Geschlecht bei der Probensammlung nicht sicher festgestellt werden. Für die Prüfung in der sechsten Woche wurden anhand der Körperform und -größe 3 männliche und 3 weibliche Tiere einer Gruppe zugeordnet. Insgesamt wurde aber a priori davon ausgegangen, dass ein möglicher Geschlechtseffekt über die Wiederholungen kompensiert wurde.



### 5.3.2 Verdaulichkeit

Die in der vorliegenden Untersuchung geschätzte Verdaulichkeit für Rohprotein und Aminosäuren für die dritte und sechste Lebenswoche decken sich für Weizen, Gerste, Nackthafer, Braunhirse und Maisganzkornsilage recht gut mit den Tabellenwerten (AMINODat® 4.0). Kluth et al. (2005) bestimmten die preacecale Aminosäurenverdaulichkeit von verschiedenen Weizensorten bei drei Wochen alten, schnellwachsenden Mastbroilern (Ross308) und schätzten Verdaulichkeiten, die ca. 10 % unter den hier angegebenen Werten lagen. Allerdings ermittelten die Autoren zum Teil deutliche Unterschiede in den Verdaulichkeitswerten zwischen den Weizensorten.

Die Mais-Ganzkorn-Silage wies mit fast ausnahmslos über 90 % liegenden Werten sehr gute Verdaulichkeiten auf. Ähnliche Werte ermittelte auch Kim (2010) für drei Maissorten, die aber tendenziell höher als die eigenen Werte lagen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass Kim (2010) den Inhalt des gesamten Ileums verwendete, obwohl nach Kluth et al. (2005) und Rezvani et al. (2008) im ersten Drittel die Verdauung der Aminosäuren noch nicht komplett abgeschlossen ist.

Die Kleegrassilagen wiesen insgesamt weniger hohe Rohprotein- und Aminosäuren-Verdaulichkeiten auf. Auf jeden Fall hat das Extrudieren der Silage die Verdaulichkeit der Aminosäuren und des Proteins nicht verbessert, sondern eher verschlechtert. Prinzipiell kann aber davon ausgegangen werden, dass Extrudieren die Verfügbarkeit von Nährstoffen verbessert (Ahmed et al., 2013; Armour et al., 1998; Håkansson et al., 1987; Singh et al., 2007). Unter Umständen traten beim Extrudieren zu hohe Temperaturen auf, die das Protein denaturierte und so die Verfügbarkeit des Proteins und der Aminosäuren, vor allem des Lysins, des Cystins und des Histidins, verminderte (Araba & Dale, 1990; Camire et al., 1990; Singh et al., 2007). Ursache hierfür könnte die Maillardreaktion (Camire et al., 1990; Cheftel; 1986) und die Stärkeverkleisterung sein (Johnson & Gee, 1981), die die Absorptionsrate im Dünndarm beeinflusst. Die endogenen Ausscheidungen (Low, 1989) und die Viskosität des Darminhaltes können steigen, was zu einer Beeinträchtigung der Aktivität der Verdauungsenzyme (El-Khalek & Janssens, 2010) führen kann. Die negativen Auswirkungen des Extrudierens waren vor allem bei der Prüfung in der dritten Lebenswoche deutlich ausgeprägt, da hier der höchste Nährstoffbedarf vorliegt. In der Grower-Phase wurden

ebenfalls geringere Verdaulichkeiten für die behandelte KGS ermittelt, die aber noch ein ausreichendes Wachstum ermöglichte. Die ungünstigere Verdaulichkeit der Kleegrassilage könnte auch auf den hohen Rohfasergehalt zurückzuführen sein, der zu einer deutlichen Erhöhung des Futtervolumens führt. Hierfür scheint die Futteraufnahmekapazität der Tiere zu gering zu sein. Jørgensen et al. (1996) konnten in ihren Versuchen nachweisen, dass sich die Verdaulichkeit aller Nährstoffe für Masthühner mit einem steigenden Rohfasergehalt verschlechtert. Hierbei spielt nicht nur die Höhe des Rohfasergehaltes eine Rolle, sondern auch die Herkunft und damit die Zusammensetzung der Rohfaser. Diesem Erklärungsansatz widersprechen aber die geschätzten sehr hohen Nährstoff-Verdaulichkeiten für die getrockneten Luzerneblätter. Die beobachtete deutliche Verminderung des Wachstums deutet allerdings darauf hin, dass die enthaltene Rohfaser das Futtervolumen so stark erhöht hat, dass die Tiere nicht genug Nährstoffe für ein normales Wachstum aufnehmen konnten. Unter Umständen wurden bei der vorliegenden marginalen Aminosäurenversorgung diese besser verwertet. Die hohen analysierten Nährstoffgehalte von den Kleegrassilagen und den getrockneten Luzerneblättern sind auf jeden Fall ernährungs-physiologisch zu relativieren. Entweder ist die Verdaulichkeit zu gering oder die erforderliche Menge Futtermittel kann von den Tieren nicht aufgenommen werden.

In ähnlicher Weise muss der ermittelte hohe Nährstoffgehalt des Buchweizens relativiert werden. Die Verdaulichkeit der Aminosäuren war durchweg nur mittelmäßig, wie dies auch bei anderen Tierspezies (Skrabanja et al., 2000) oder in in vitro-Versuchen (Ikeda et al., 1986) beobachtet wurde. Ursächlich hierfür dürfte einerseits der hohe Rohfasergehalt (siehe Tab. 10) (Eggum et al., 1980) und der Gehalt an antinutritiven Substanzen, wie Trypsininhibitoren und Tannine, sein (Ideka et al., 1991; Eggum et al., 1980).

Für Roggen und Dinkel wurden vor allem für die Starterphase sehr schlechte Verdaulichkeitswerte mit sehr niedrigen Bestimmtheitsmaßen ermittelt. Seit langem ist bekannt, dass Roggen in der Geflügelfütterung, vor allem bei jungen Tieren, negative Effekte auf Zuwachs und Futterverwertung haben kann. Grund hierfür sind die im Roggen enthaltenen Nicht-Stärke-Polysaccharide, vor allem Arabinoxylane (Annison & Choct, 1991; Grootwassink et al., 1989; Lee, 2014; Lee et al., 2004; Moran et al., 1969; Pettersson & Aman, 1988, 1989). Diese dürften auch für die im vorliegenden Versuch etwas niedrigeren Zunahmen der Tiere im Vergleich zu den anderen Getreidearten verantwortlich sein. Der

Dinkel hatte im Vergleich zu anderen Getreidearten einen hohen Rohfasergehalt, der durch die Spelzen, die nicht ablösbar sind, verursacht wird.

In den Chymusproben der mit Roggen und Dinkel gefütterten Tiere wurde ein auffällig hoher Gehalt an Einstreu entdeckt. Offensichtlich haben die Tiere die Einstreu gefressen. Es ist aber nicht klar, ob dies an einer zu geringen Akzeptanz des Futters oder an den enthaltenen anti-nutritiven Inhaltsstoffen lag. Unter Umständen haben die Tiere auch versucht, einen vorliegenden Nährstoffmangel über ein Kot-Recycling zu kompensieren. Hier wäre allerdings die Frage, warum dies nicht auch z.B. bei den Kleegrassilagen und den Luzerneblättern aufgetreten ist.

Bei mehreren Futtermitteln fällt die geringe Verdaulichkeit von Cystin im Vergleich zu den anderen Aminosäuren auf. Cystin ist eine semi-essentielle Aminosäure und kann im Körper aus Methionin gebildet werden (Blair, 2008). Wird also entlang des Verdauungstraktes mehr Methionin zu Cystin umgewandelt, ist am Ende des Ileums auch mehr Cystin im Chymus enthalten, was die berechneten Werte für die Verdaulichkeit absenkt.

### 5.3.3 Aussagefähigkeit der ermittelten Verdaulichkeitswerte

Für einzelne Futtermittel wurden für einzelne Aminosäuren Verdaulichkeitswerte über 100 % ermittelt. Eine Verdaulichkeit von >100 % ist nicht möglich, da ansonsten im Ileum negative Gehalte vorliegen müssten. Die Ursache hierfür liegt einerseits in der Berechnungsmethode (linearer Regression). Bei ermittelten, sehr hohen Verdaulichkeiten kann die Regressionslinie, die dem Punkteschwarm angepasst wird, über 1,0 (= 100 %) liegen. Dies wäre im Prinzip so zu deuten, dass die entsprechende Aminosäure nahezu vollständig vom Tier verdaut wurde. Eine andere Ursache könnte auch das bereits beschriebene Kot-Recycling sein. Die Tiere wurden auf Einstreu gehalten und hatten so prinzipiell Zugang zu ihrem Kot. Allerdings erscheint dieser Erklärungsansatz nicht umfassend plausibel. In den Fällen, in denen für einzelne Aminosäuren Verdaulichkeiten von >100 % ermittelt wurden, waren die geschätzten Verdaulichkeiten für die anderen Aminosäuren in einem normalen, unauffälligen Bereich. Auffallend war allerdings, dass meistens für Lysin

überhöhte Verdaulichkeiten geschätzt wurden. Eine Erklärung hierfür muss noch gefunden werden.

#### 5.3.4 Bewertung der geprüften Futtermittel

Die Berechnung der Gehalte an verdaulichen Aminosäuren in den Futtermitteln unterstreicht das Potential der Braunhirse, der Rispenhirse und der Luzerneblätter als Methionin-reiche Futtermittel für die Bio-Broilermast. Diese Futtermittel weisen einen so hohen Gehalt an verdaulichem Methionin auf, dass sie zum Teil den Bedarf der Tiere nahezu abdecken können. Sie stellen somit interessante Futtermittel zur Basisausstattung von Mischfutter mit Methionin dar. Allerdings muss die Einsatzmöglichkeit der getrockneten Luzerneblätter auf Grund der beobachteten negativen Auswirkungen auf die Leistungsentfaltung der Tiere weiter untersucht werden.

Der Linsenausputz, die Luzerneblätter, die unbehandelte Kleegrassilage und der Buchweizen haben sich als gute Lysin-Lieferanten erwiesen. Mit diesen Futtermitteln kann auch der Lysinbedarf der Tiere zu einem großen Teil abgedeckt werden. Der Linsenausputz als Proteinfuttermittel kann so durchaus andere Proteinfuttermittel, die auch noch geringere Methioningehalte aufweisen, wie z.B. Ackerbohnen, ersetzen. Der hohe Gehalt an verdaulichem Lysin der Luzerneblätter ist, wie auch beim Methionin, auf Grund der beobachteten reduzierten Futteraufnahme der Tiere zurückhaltend zu bewerten.

Generell haben die Untersuchungen gezeigt, dass fast alle geprüften Futtermittel mindestens ähnlich hohe Gehalte an verdaulichem Methionin aufweisen wie Weizen. Somit können die meisten der geprüften Getreidearten, die Mais-Ganzkorn-Silage und die Kleegrassilage als Basisfuttermittel für die Gestaltung von Futterrationen für die Bio-Hühnermast mit langsam wachsenden Tiergenetiken verwendet werden. Hierdurch wird der Spielraum der einzelnen Betriebe bei der Rationsgestaltung erweitert.

## 6. Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Untersuchung hat gezeigt, dass auch die weniger häufig angebauten Futtermittel einen so interessanten Nährstoffgehalt (Rohprotein, Aminosäuren) aufweisen, dass sie für einen Einsatz bei Masthühnern in der Anfangsmast (bis zum 21. Lebenstag) in Frage kommen. Hieraus ergeben sich einzelbetriebliche Lösungsansätze. Insbesondere die verschiedenen Getreidearten können dabei untereinander ausgetauscht werden. Die in der vorliegenden Untersuchung verwendeten Futtermittel wiesen zwar in der Regel etwas geringere Nährstoffgehalte als konventionell angebaute auf, dafür unterschieden sich die geschätzten Verdaulichkeitskoeffizienten für die Nährstoffe nur wenig zwischen den ökologischen und den konventionellen Futtermitteln. Ferner konnten die erwarteten Alterseffekte bei der Verdaulichkeit nicht bestätigt werden. Dies bedeutet, dass zur Abschätzung des Gehaltes an verdaulichen Aminosäuren im Futtermittel auf Datenbanken für konventionelle Futtermittel zurückgegriffen werden kann. In der Untersuchung hat sich auch gezeigt, dass bei Bio-Futtermitteln ähnliche Protein-Aminosäuren-Relationen wie bei konventionellen Futtermitteln vorliegen. In Tabelle 16 ist dies als Beispiel für Methionin dargestellt. Anhand des analysierten Rohproteingehaltes kann so näherungsweise der Methioningehalt des Futtermittels abgeschätzt werden. Unter Berücksichtigung des Verdaulichkeitskoeffizienten kann dann die Menge an verdaulichem Methionin berechnet werden. Dies bedeutet, dass für die Herstellung von Bio-Mischfutter die Bestimmung der Aminosäuregehalte der Einzelfuttermittel nicht als zwingend erforderlich erscheint. Die Bestimmung der Rohnährstoffgehalte für jede Charge ist aber zu empfehlen. Die Eignung dieses Verfahrens sollte aber in weiteren Untersuchungen noch einmal überprüft werden.

Tabelle 16. Beziehung zwischen Rohprotein- und Methioningehalt für konventionell (Tabellenwerte) und ökologisch (Ergebnisse der Studie) angebaute Futtermittel (\* AminoDat 4.0®; Abdel-Aal & Hucl, 2002; DLG-Futterwerttabelle; Kalinova & Moudry, 2006; Zeller, 2001)

Futtermittel	Tabellenwerte*			Analysierte Werte		
	RP (g/kg)	Met (g/kg)	Met (%)	RP (g/kg)	Met (g/kg)	Met (%)
Braunhirse	131	2,2	1,69	210	3,7	1,76
Buchweizen	138	3,2	2,30	123	2,1	1,71
Dinkel	174	3,1	1,80	122	1,8	1,48
Linsen	179	1,5	0,85	256	1,8	0,70
Luzerne	202	3,2	1,58	201	3,1	1,54
Rispenhirse	127	2,7	2,13	122	2,9	2,37
Gerste	107	1,7	1,59	103	1,7	1,64
Roggen	95	1,5	1,58	72	1,1	1,53
Tritikale	109	1,8	1,65	92	1,5	1,63
Weizen	115	1,7	1,48	112	1,7	1,52

Zu berücksichtigen ist aber auch, dass suboptimale Managementbedingungen die Nährstoffverwertung beeinträchtigen. Ein gewisser Sicherheitszuschlag ist daher zu empfehlen.

Auch wenn die Ergebnisse belegen, dass für unterschiedliche Genotypen und Alter der Tiere dieselben Verdaulichkeitswerte zu Grunde gelegt werden können, ist unbedingt zu beachten, dass andere Mastgenotypen höhere Bedarfswerte haben können. Diese müssen dann bei der Rationsgestaltung berücksichtigt werden.

## 7. Gegenüberstellung von Zielen und Ergebnissen

Das Projekt hatte zum Ziel, Öko-Futtermittel zu identifizieren, die für den Einsatz im Mischfutter für Bio-Masthühner interessant und prinzipiell verfügbar sind, und die Verdaulichkeit der enthaltenen Nährstoffe abzuschätzen. Die Untersuchung ergab, dass im Prinzip alle Prüffuttermittel für den Einsatz in der Bio-Hühnermast geeignet sind. Eine

Einschränkung besteht nur für die getrockneten Luzerneblätter. Die deutliche Volumenvergrößerung beeinträchtigt die Futteraufnahme der Tiere so stark, dass es zu einer Leistungsminderung kommt.

Die Bestimmung der Nährstoffverdaulichkeit sollte helfen, den Gehalt an verfügbaren (verdaulichen) Aminosäuren abzuschätzen, um so die Versorgung der Tiere sicher zu stellen. Die Ergebnisse zeigen, dass alle Prüffuttermittel, mit Ausnahme der Kleegrassilagen, hohe bis sehr hohe Protein- und Aminosäureverdaulichkeiten aufweisen und sich auch nur unwesentlich von konventionellen Futtermitteln unterscheiden. Hierdurch ist es prinzipiell möglich, bei fehlenden Verdaulichkeitswerten für einzelne Öko-Futtermittel die Gehalte an verdaulichen Aminosäuren anhand der Werte für die konventionellen Futtermittel abzuschätzen. Ferner konnte nachgewiesen werden, dass die Protein- und Aminosäureverdaulichkeit in der 3. und in der 6. Lebenswoche in etwa identisch sind. Auch dies vereinfacht die Abschätzung des Gehaltes an verfügbaren (verdaulichen) Nährstoffen in den Bio-Futtermitteln. Zusammenfassend kann so festgestellt werden, dass die ermittelten Ergebnisse zu den Nährstoffgehalten der geprüften Bio-Futtermittel und deren Verdaulichkeit zur Optimierung von Bedarfs-angepassten Futterrationen für die Bio-Hühnermast beitragen.

Weiterer Forschungsbedarf besteht hinsichtlich der Ableitung von Bedarfswerten für die langsam wachsenden Genotypen. Die in der vorliegenden Untersuchung abgeleiteten Bedarfswerte entsprachen unter Umständen nicht dem tatsächlichen Bedarf, oder haben diesen auch überschritten. Die Verwendung der Bedarfswerte schnell wachsender Genotypen erschwert dagegen die Rationsgestaltung unnötig und führt zu einer Nährstoffverschwendung. Schlussendlich bietet es sich an, die Nährstoffverdaulichkeit von weiteren Öko-Futtermitteln für Masthühner zu bestimmen, um die Auswahlmöglichkeiten für die Betriebe zu erweitern.

## **8. Zusammenfassung**

Im vorliegenden Projekt wurden 15 Futtermittel im Hinblick auf ihre Rohprotein- und Aminosäuregehalte und den dazugehörigen praececalen Verdaulichkeitswerten analysiert,

um einen Beitrag zur Schließung der Eiweißlücke in der ökologischen Hühnermast zu leisten. Der Fokus lag dabei auf Futtermitteln, die in der Regel den größten Mengenanteil der Futtermischungen ausmachen und wenigstens einzel-betrieblich in größeren Mengen zur Verfügung stehen. Es wurden in erster Linie herkömmliche Getreidearten wie Weizen, Roggen, Dinkel, Triticale, Sommergerste, unbespelzte Arten (Nacktgerste und der Nackthafer), in Vergessenheit geratene Getreide- bzw. Pseudogetreidearten (Braun- und Rispenhirse, Buchweizen) und Maisganzkornsilage berücksichtigt. Ferner wurden aber als Proteinfuttermittel Linsenausputz, getrocknete Luzerneblätter und unbehandelte sowie behandelte Kleegrassilage in die Untersuchungen einbezogen. Alle genannten Futtermittel wurden zwischen 2011 und 2013 geerntet und stammten aus ökologischem Landbau. Als Versuchstiere wurden die im ökologischen Landbau häufig verwendeten mittel-langsam wachsenden Hühner der Rasse ISA JA 957 verwendet.

Für alle geprüften Futtermittel wurden zunächst die Hauptnährstoff- und die Aminosäuregehalte bestimmt. Die ileale Verdaulichkeit des Rohproteins und der Aminosäuren wurde im Anschluss im Tierversuch nach dem von Rodehutsord et al. (2004) entwickelten Verfahren ermittelt. Hierzu wurde eine Grundration hergestellt, der das zu testende Futtermittel im Austausch zu Maisstärke in 3 Konzentrationsstufen (in der Regel 30, 50 und 70 %) zugemischt wurde. Als unverdaulicher Marker wurden 5 g/kg Titandioxid beigemischt. Die Fütterung der Testrationen fand sowohl zwischen dem 15. und 21. Lebenstag, als auch zwischen dem 36. und 42. Lebenstag statt. Am 21. bzw. 42. Lebenstag wurden die Tiere getötet. Der Abschnitt zwischen dem Meckel'schen Divertikulum und 2 cm vor Einmündung der Blinddärme wurde entnommen und die letzten beiden Drittel mit destilliertem Wasser ausgespült. Der Inhalt wurde pro Abteil gepoolt und umgehend tiefgefroren. Zur weiteren Analyse wurden die Proben gefriergetrocknet und gemahlen. Sowohl in den Chymusproben, als auch in den Mischrationen wurde der Gehalt an Rohprotein und Aminosäuren sowie an Titanoxid bestimmt. Mit den im Chymus und im Futter enthaltenen Mengen an Aminosäuren und Rohprotein wurde, bezogen auf den unverdaulichen Marker, die Menge an verdaulichem Rohprotein bzw. an verdauter Aminosäure berechnet. Die Beziehung zwischen den im Futter enthaltenen und den verdauten Mengen an Nährstoffen (Rohprotein, Aminosäuren) wurde mittels Regressionrechnung ermittelt. Die



Steigung der Regressionsgeraden gibt dabei direkt die praececale Verdaulichkeit für die einzelnen Nährstoffe an.

Die ermittelten Nährstoffgehalte der Bio-Futtermittel unterschieden sich zum Teil deutlich von den publizierten Werten für Futtermittel aus dem konventionellen Anbau. Bei manchen Futtermitteln wurden deutlich niedrigere Nährstoffgehalte ermittelt, bei anderen waren sie im ähnlichen Bereich oder gar höher. Insgesamt wies der Linsenausputz den höchsten Rohproteingehalt auf, gefolgt von den Kleegrassilagen und den getrockneten Luzerneblättern. Die Luzerneblätter hatten den höchsten Rohfasergehalt. Der höchste Methioningehalt mit etwa 3 g/kg TM lag für die Braunhirse, die Rispenhirse, die Kleegrassilagen und die Luzerneblätter vor. Kleegrassilagen, Luzerneblätter und Linsen wiesen auch den höchsten Lysingehalt (ca. 10 g/kg TM) auf.

Die ermittelten Verdaulichkeitswerte der Futtermittel zeigten einerseits eine große Variation, lagen aber andererseits durchaus in einem ähnlichen Bereich wie für die konventionellen Futtermittel. Die schlechteste Aminosäurenverdaulichkeit wurde für Dinkel und Roggen sowie für die Kleegrassilagen ermittelt. Bei Dinkel und Roggen können hierfür antinutritive Inhaltsstoffe verantwortlich sein. Bei der Kleegrassilage dürfte der Rohfasergehalt von Bedeutung gewesen sein. Das Extrudieren der Kleegrassilage verschlechterte die Verdaulichkeit sogar. Die ermittelten relativ hohen Methioningehalte bei Buchweizen und Kleegrassilage werden so unter ernährungs-physiologischen Gesichtspunkten relativiert. Die Berechnung der Gehalte an verdaulichen Aminosäuren ergab für Braunhirse und Luzerneblätter mit 3 g Methionin/kg TM sehr günstige Werte. Der hohe Rohfasergehalt der Luzerneblätter führte aber auf Grund der Erhöhung des Futtervolumens zu einer verminderten Nährstoffaufnahme und somit zu geringerem Wachstum.

Die Ergebnisse der Untersuchung belegen das generelle Potential der Basisfuttermittel zur Nährstoffversorgung von Bio-Masthühnern. Die Ergebnisse deuten auch darauf hin, dass mit einer ähnlichen Nährstoffverdaulichkeit wie für Futtermittel aus konventionellem Anbau gerechnet werden kann. Es wurde ferner kein messbarer Unterschied in der Nährstoffverdaulichkeit zwischen der 3. und 6. Lebenswoche festgestellt. Die Gehalte an brutto ermitteltem wie auch berechnetem, verdaulichem Methionin waren bei keinem der geprüften Futtermittel so hoch, dass ein wesentlicher Beitrag zur

Methioninversorgung der Tiere möglich wäre. Dennoch ergeben sich für den Einzelbetrieb Ansätze, lokal vorhandene Grundfuttermittel mit höherem Nährstoffgehalt einzusetzen, um so die Basisversorgung mit Methionin zu optimieren.

## 9. Literaturverzeichnis

- Abdel-Aal, E.S., Hucl, P. (2002). Amino Acid Composition and In Vitro Protein Digestibility of Selected Ancient Wheats and their End Products. *Journal of Food Composition and Analysis* 15, 737-747.
- Adedokun, S. A., Parsons, C. M., Lilburn, M. S., Adeola, O., Applegate, T. J. (2007). Endogenous amino acid flow in broiler chicks is affected by the age of birds and method of estimation. *Poultry Science* 86, 2590-2597.
- Ahmed, A., Khalid, N., Ahmad, A., Abbasi, N., Latif, M., Randhawa, M. (2013). Phytochemicals and biofunctional properties of buckwheat: a review. *The Journal of Agricultural Science* 1-21.
- Al-Marzooqi, W., Kadim, I.T., Mahgoub, O., Al-Busaidi, M., Al-Lawati, S.M., Al-Maqbaly, R., Al-Wheebi, S., Al-Bakery, A.N. (2010). Apparent Ileal Amino Acids Digestibility of Four Varieties of Barley for Two Strains of Chickens. *International Journal of Poultry Science* 9, 527-532.
- Almirall, M., Francesch, M., Perez-Vendrell, A.M., Brufau, J., Esteve-Garcia, E. (1995). The differences in intestinal viscosity produced by barley and beta-glucanase alter digesta enzyme activities and ileal nutrient digestibilities more in broiler chicks than in cocks. *The Journal of Nutrition* 125, 947-955.
- Alvarez-Jubete, L., Arendt, E.K., Gallagher, E. (2010). Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trends in Food Science and Technology* 21(2), 106-113.
- AMINODat® 4.0. Datensammlung Aminosäuregehalte von Futtermitteln der Firma Evonik
- Annison, G., Choct, M. (1991). Anti-nutritive activities of cereal non-starch polysaccharides in broiler diets and strategies minimizing their effects. *World's Poultry Science Journal* 47, 232-242.
- Araba, M., Dale, N.M. (1990). Evaluation of protein solubility as an indicator of overprocessing soybean meal. *Poultry Science* 69, 76-83.
- Armour, J.C., Perera, R.L., Buchan, W.C., Grant, G. (1998). Protease inhibitors and lectins in soya beans and effects of aqueous heat-treatment. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 78, 225-231.
- Åssveen, M. (2009). Amino acid composition of spring barley cultivars used in Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B—Soil and Plant Science* 59, 395-401.
- Avci, M.A., Ozkose, A., Tamkoc, A. (2013). Determination of Yield and Quality Characteristics of Alfalfa. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 12, 487-490.
- Baltensperger, D.D. (2002). Progress with proso, pearl and other millets. *Trends in new crops and new uses*, 100-103.
- Batal, A.B., Parsons, C.M. (2002). Effects of age on nutrient digestibility in chicks fed different diets. *Poultry Science* 81, 400-407.

- Berecz, K., Simon-Sarkadi, L., Ragasits, I., Hoffmann, S. (2001). Comparison of protein quality and mineral element concentrations in grain of spelt (*Triticum spelta* L.) and common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Archives of Agronomy and Soil Science* 47, 389-398.
- Bhatty, R.S., Christison, G.I. (1984). Composition and nutritional quality of pea (*Pisum sativum* L.), faba bean (*Vicia faba* L. spp. minor) and lentil (*Lens culinaris* Medik.) meals, protein concentrates and isolates. *Plant Foods for Human Nutrition* 34(1), 41-51.
- Biel, W., Bobko, K., Maciorowski, R. (2009). Chemical composition and nutritive value of husked and naked oats grain. *Journal of Cereal Science* 49, 413-418.
- Bilsborrow, P., Cooper, J., Tétard-Jones, C., Średnicka-Tober, D., Barański, M., Eyre, M., Wilcockson, S. (2013). The effect of organic and conventional management on the yield and quality of wheat grown in a long-term field trial. *European Journal of Agronomy* 51, 71-80.
- Blair, R. (2008). Elements of poultry nutrition. In: *Nutrition and feeding of organic poultry* (23-65), CABI
- Bodenmüller, K. (2000). Biologische, konventionelle und gentechnische Anwendungen in der Landwirtschaft: gesundheitliche und ökologische Aspekte. InterNutrition-Schweizer. Arbeitskreis für Forschung und Ernährung.
- Böhm, H., Aulrich, K., Berk, A. (2007). Rohprotein- und Aminosäuregehalte in Körnerleguminosen und Getreide. In: Valle Zárate, A. (Hrsg.), *Zwischen Tradition und Globalisierung – 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*, Universität Hohenheim, Deutschland, 20.-23. März 2007, <http://orgprints.org/10742/>
- Bonafaccia, G., Galli, V., Francisci, R., Mair, V., Skrabanja, V., Kreft, I. (2000). Characteristics of spelt wheat products and nutritional value of spelt wheat-based bread. *Food Chemistry* 68, 437-441
- Bonafaccia, G., Fabjan, N. (2003). Nutritional comparison of tartary buckwheat with common buckwheat and minor cereals. *Reports Biotechnological Faculty of the University of Ljubljana* 2003, 349-355
- Börner, H., Christen, O., Hanus, H., Jung, C., Sieling, K., Wilde, P. (2008). Roggen. In: Hanus, H. (Hrsg) *Handbuch des Pflanzenbaues 2: Getreide und Futtergräser* (241-321). Stuttgart, Eugen Ulmer KG
- Brestenský, M., Nitrayová, S., Patráš, P., Heger, J. (2013). Standardized ileal digestibilities of amino acids and nitrogen in rye, barley, soybean meal, malt sprouts, sorghum, wheat germ and broken rice fed to growing pigs. *Animal Feed Science and Technology* 186, 120-124.
- Camire, M.E., Camire, A., Krumhar, K. (1990). Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 29(1), 35-57.
- Cheftel, J.C. (1986). Nutritional effects of extrusion-cooking. *Food chemistry*, 20(4), 263-283.
- Ciolek, A., Makarska, E., Wesolowski, M., Cierpiala, R. (2012). Content of selected nutrients in wheat, barley and oat grain from organic and conventional farming. *Journal of Elementology* 17(2)

- Choct, M. (1997). Feed non-starch polysaccharides: Chemical structures and nutritional significance. *Feed milling international* 191, 13-26.
- Cowieson, A.J. (2005). Factors that affect the nutritional value of maize for broilers. *Animal Feed Science and Technology* 119, 293-305.
- Christa, K., Soral-Śmietana, M. (2008). Buckwheat grains and buckwheat products–nutritional and prophylactic value of their components–a review. *Czech Journal of Food Science* 26(3), 153-162.
- Christen, O., Hanus, H., Jung, C., Wilde, P. (2008). Hafer. In: Hanus, H. (Hrsg). *Handbuch des Pflanzenbaues 2, Getreide- und Futtergräser*, Ulmer, Stuttgart, S. 431-461
- Djekic, V., Mitrovic, S., Milovanovic, M., Djuric, N., Kresovic, B., Tapanarova, A., Mitrovic, M. (2011). Implementation of triticale in nutrition of non-ruminant animals. *African Journal of Biotechnology* 10, 5697-5704.
- Dublecz, K., Pál, L., Wágner, L., Bartos, Á., Bányai, A., TÓTH, S. (2006). Differences between the faecal and ileal amino acid digestibility values of soybean meal, determined with broiler chicks at different ages. In *EPC 2006-12th European Poultry Conference*, Verona, Italy, 10-14 September, 2006.
- Eggum, B.O., Kreft, I., Javornik, B. (1980). Chemical composition and protein quality of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Plant Foods for Human Nutrition* 30(3-4), 175-179.
- El-Khalek, E., Janssens, G. P. J. (2010). Effect of extrusion processing on starch gelatinisation and performance in poultry. *World's Poultry Science Journal* 66, 53-64.
- Givens, D.I., Davies, T.W., Laverick, R.M. (2004). Effect of variety, nitrogen fertiliser and various agronomic factors on the nutritive value of husked and naked oats grain. *Animal Feed Science and Technology* 113, 169-181.
- Greef, J.M., Hanus, H., Pickert, J. (2008). Mais. In: Hanus, H., Heyland, K.U., Keller, E.R., (Hrsg.) *Handbuch des Pflanzenbaus, Bd. 2, Getreide und Futtergräser*. Ulmer Verlag Stuttgart, 462-571
- Grootwassink, J. W., Campbell, G. L., Classen, H. L. (1989). Fractionation of crude pentosanase (arabinoxylanase) for improvement of the nutritional value of rye diets for broiler chickens. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 46, 289-300
- Gutierrez-Alamo, A., Perez de Ayala, P., Versteegen, M.W.A., Den Hartog, L.A., Villamide, M.J. (2008). Variability in wheat: factors affecting its nutritional value. *World's Poultry Science Journal* 64, 20-39.
- Håkansson, B., Jägerstad, M., Öste, R., Åkesson, B., Jonsson, L. (1987). The effects of various thermal processes on protein quality, vitamins and selenium content in whole-grain wheat and white flour. *Journal of Cereal Science* 6(3), 269-282.
- Hammed, A.M., Simsek, S. (2014). Hulled Wheats: A Review of Nutritional Properties and Processing Methods. *Cereal Chemistry* 91(2), 97-104
- Han, Y., Parsons, C.M., Alexander, D.E. (1987). Nutritive value of high oil corn for poultry. *Poultry Science* 66, 103-111.

- Hanus, H. (2008). Handbuch des Pflanzenbaues. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- Haumann, G., Dietzsch, H., Schäfer, B.C., Schönberger, H., Kropf, U., Honermeier, B., Herrmann, A., Messner, H., Rath, J. (2011). Halm- und Körnerfrüchte. In: Lütke Entrup, N. (Hrsg) Lehrbuch des Pflanzenbaues, Band 2: Kulturpflanzen. AgroConcept GmbH, Bonn, 311-488
- Hetland, H., Svihus, B. (2001). Effect of oat hulls on performance, gut capacity and feed passage time in broiler chickens. *British Poultry Science* 42, 354-361.
- Huang, K.H., Ravindran, V., Li, X., Bryden, W.L. (2005). Influence of age on the apparent ileal amino acid digestibility of feed ingredients for broiler chickens. *British Poultry Science* 46, 236-245.
- Ikeda, K., Oku, M., Kusano, T., Yasumoto, K. (1986). Inhibitory potency of plant antinutrients towards the in vitro digestibility of buckwheat protein. *Journal of Food Science* 51, 1527-1530.
- Janzen, E., Flakerud, G., Fisher, J., Bartsch, E. (2006). Pulse Crop Marketing Guide, NDSU Extension Service. [www.ag.ndsu.edu](http://www.ag.ndsu.edu)
- Jatkauskas, J., Vrotniakiene, V., Ohlsson, C., Lund, B. (2013). The effects of three silage inoculants on aerobic stability in grass, clover-grass, lucerne and maize silages. *Agricultural and Food Science* 22(1), 137-144.
- Jeroch, H., Simon, A., Zentek, J. (2013). Geflügelernährung. Eugen Ulmer KG, Stuttgart, ISBN 978-3-8001-7869-8
- Johnson, I.T., Gee, J.M. (1981). Effect of gel-forming gums on the intestinal unstirred layer and sugar transport in vitro. *Gut* 22, 398-403.
- Jørgensen, H., Zhao, X.Q., Knudsen, K.E.B., Eggum, B.O. (1996). The influence of dietary fibre source and level on the development of the gastrointestinal tract, digestibility and energy metabolism in broiler chickens. *British Journal of Nutrition* 75, 379-395.
- Jozefiak, D., Rutkowski, A., Jensen, B.B., Engberg, R.M. (2007). Effects of dietary inclusion of triticale, rye and wheat and xylanase supplementation on growth performance of broiler chickens and fermentation in the gastrointestinal tract. *Animal Feed Science and Technology* 132(1), 79-93.
- Kalinova, J., Moudry, J. (2006). Content and quality of protein in proso millet (*Panicum miliaceum* L.) varieties. *Plant Foods for Human Nutrition* 61(1), 43-47.
- Kim, E. J. (2010). Amino acid digestibility of various feedstuffs using different methods (Doctoral dissertation, University of Illinois at Urbana-Champaign).
- Kim, E.J., Corzo, A. (2012). Interactive effects of age, sex, and strain on apparent ileal amino acid digestibility of soybean meal and an animal by-product blend in broilers. *Poultry Science* 91, 908-917
- Kirkkari, A.M., Peltonen-Sainio, P., Lehtinen, P. (2004). Dehulling capacity and storability of naked oat. *Agricultural and Food Science* 13(1-2), 198-211.

- Kluth, H., Mehlhorn, K., Rodehutschord, M. (2005). Studies on the intestine section to be sampled in broiler studies on precaecal amino acid digestibility. *Archives of Animal Nutrition* 59, 271-279.
- Kluth, H., Rodehutschord, M. (2006). Bedeutung methodischer Aspekte in Untersuchungen zur praecaecalen Verdaulichkeit von Aminosäuren beim Geflügel (relevance of methodological details for studying amino acid digestibility in poultry). ISSN 1392-2130. *Veterinarija ir Zootechnika*. T. 35 (57).
- Kolbe, H., Karalus, W., Hänsel, M., Grünbeck, A., Gramm, M., Arp, B., Krellig, B. (2002). Körnerleguminosen im Ökologischen Landbau. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden.
- Konvalina, P., Stehno, Z., Capouchová, I., Moudry, J. (2012). Wheat Growing and Quality in Organic Farming. *Research in Organic Farming*, 105-122
- Krawutschke, M., Kleen, J., Weiher, N., Loges, R., Taube, F., Gierus, M. (2013). Changes in crude protein fractions of forage legumes during the spring growth and summer regrowth period. *The Journal of Agricultural Science* 151(01), 72-90.
- Krejčířová, L., Capouchová, I., Petr, J., Bicanová, E., Kvapil, R. (2006). Protein composition and quality of winter wheat from organic and conventional farming. *Žemdirbystė* 93, 285-296.
- Kriegshauser, T.D., Tuinstra, M.R., Hancock, J.D. (2006). Variation in nutritional value of sorghum hybrids with contrasting seed weight characteristics and comparisons with maize in broiler chicks. *Crop Science* 46, 695-699.
- Krkošková, B., Mrazova, Z. (2005). Prophylactic components of buckwheat. *Food Research International* 38, 561-568.
- Lasek, O., Barteczko, J., Borowiec, F., Smulikowska, S., Augustyn, R. (2012). The nutritive value of maize cultivars for broiler chickens. *Journal of Animal and Feed Sciences* 21, 345-360.
- Lee, K.W., Everts, H., Kappert, H.J., Van Der Kuilen, J., Lemmens, A.G., Frehner, M., Beynen, A.C. (2004). Growth performance, intestinal viscosity, fat digestibility and plasma cholesterol in broiler chickens fed a rye-containing diet without or with essential oil components. *Int. J. Poult. Sci.* 3, 613-618
- Lee, K.W. (2014). Feed Passage Rate in Broiler Chickens Fed on Rye-Based Diet Supplemented with Essential Oil Components. *International Journal of Poultry Science* 13, 156-159.
- Low, A.G. (1989). Secretory response of the pig gut to non-starch polysaccharides. *Animal Feed Science and Technology* 23(1), 55-65.
- Mazzoncini, M., Antichi, D., Silvestri, N., Ciantelli, G., Sgherri, C. (2015). Organically vs conventionally grown winter wheat: Effects on grain yield, technological quality, and on phenolic composition and antioxidant properties of bran and refined flour. *Food chemistry* 175, 445-451.

- McGoverin, C.M., Snyders, F., Muller, N., Botes, W., Fox, G., Manley, M. (2011). A review of triticale uses and the effect of growth environment on grain quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91, 1155-1165.
- Micek, P., Kulig, B., Woźnica, P., Sajdak, A. (2012). The nutritive value for ruminants of faba bean (*Vicia faba*) seeds and naked oat (*Avena nuda*) grain cultivated in an organic farming system. *Journal of Animal and Feed Sciences* 21, 773-786.
- Miedaner, Th., F. Longin (2012). *Unterschätzte Getreidearten: Einkorn, Emmer, Dinkel & Co.* Agrimedia Verlag, Clenze.
- Mielmann, A. (2013). The utilisation of lucerne (*Medicago sativa*): a review. *British Food Journal* 115, 590-600.
- Moran, E. T., Lall, S. P., Summers, J. D. (1969). The feeding value of rye for the growing chick: Effect of enzyme supplements, antibiotics, autoclaving and geographical area of production. *Poultry Science* 48, 939-949.
- Moughan, P.J., Ravindran, V., Sorbara, J.O.B. (2014). Dietary protein and amino acids - Consideration of the undigestible fraction. *Poultry Science* 93, 1-11
- VdLUFA (1993). *Die chemische Untersuchung von Futtermitteln III. Methodenbuch der VdLUFA*
- Nuss, E.T., Tanumihardjo, S.A. (2010). Maize: a paramount staple crop in the context of global nutrition. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 9, 417-436.
- Nwokolo, E., Smartt J. (1996). *Food and feed from oilseeds and legumes.* Chapman & Hall Ltd.
- Oscarsson, M., Andersson, R., Salomonsson, A.C., Åman, P. (1996). Chemical composition of barley samples focusing on dietary fibre components. *Journal of Cereal Science* 24(2), 161-170.
- Panda, A.K., Raju, M.V.L.N., Rao, S.R., Lavanya, G., Reddy, E.P.K., Sunder, G.S. (2011). Nutritional evaluation and utilisation of quality protein maize, Nityashree hybrid maize, and normal maize in broiler chickens. *British Poultry Science* 52, 632-638.
- Peigné, J., Messmer, M., Aveline, A., Berner, A., Mäder, P., Carcea, M., Narducci, V., Samson, M.F., Thomsen, I.K., David, C. (2014). Wheat yield and quality as influenced by reduced tillage in organic farming. *Organic Agriculture* 4(1), 1-13.
- Pettersson, D., Åman, P. (1988). Effects of enzyme supplementation of diets based on wheat, rye or triticale on their productive value for broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology* 20, 313-324.
- Pettersson, D., Åman, P. (1989). Enzyme supplementation of a poultry diet containing rye and wheat. *British Journal of Nutrition* 62, 139-149.
- Pomeranz, Y., Robbins, G. S. (1972). Amino acid composition of buckwheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 20, 270-274.
- Ranhotra, G.S., Gelroth, J.A., Glaser, B.K., Lorenz, K.J. (1996). Nutrient composition of spelt wheat. *Journal of Food Composition and Analysis* 9(1), 81-84.



- Ravindran, V., Wu, Y.B., Hendriks, W.H. (2004). Effects of sex and dietary phosphorus level on the apparent metabolizable energy and nutrient digestibility in broiler chickens. *Archives of Animal Nutrition* 58, 405-411.
- Reisdorff, C., Lieberei, R. (2012). *Nutzpflanzen*. Stuttgart, Thieme-Verlag
- Rezvani, M., Kluth, H., Elwert, C., Rodehutschord, M. (2008). Effect of ileum segment and protein sources on net disappearance of crude protein and amino acids in laying hens. *British Poultry Science* 49, 28-36.
- Rodehutschord, M., Kapocius, M., Timmler, R., Dieckmann, A. (2004). Linear regression approach to study amino acid digestibility in broiler chickens. *British Poultry Science* 45, S. 85–92.
- Rodehutschord, M. (2007). Untersuchungen zur Aminosäurenverdaulichkeit bei Geflügel unterschiedlicher Herkunft und Nutzungsrichtung. Abschluss-Bericht BÖL-Projekt 514-43.20/03OE386.
- Rosenfelder, P., Eklund, M., Mosenthin, R. (2013). Nutritive value of wheat and wheat by-products in pig nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology* 185(3), 107-125.
- Saki, A., Ranjbari, T., Tabatabaei, M., Ahmadi, A., Aflaki, F., Rabani, M., Abbasinezhad, M., Mahmoud, H. (2009). Composition of metabolic energy value and amino acid digestibility of wheat, wheat screening and barley between ileum and faeces of broiler chicken. *Japan Poultry Science* 46, 188-192
- Schwarz, F.J. (2013). Einsatz in der Geflügelfütterung. In: Entrup, N.L. (Hrsg.), *Handbuch Mais: Grundlagen, Anbau, Verwertung, Ökonomie* (312-343). Frankfurt am Main : DLG-Verlag
- Singh, S., Gamlath, S., Wakeling, L. (2007). Nutritional aspects of food extrusion: a review. *International Journal of Food Science and Technology* 42, 916-929.
- Skrabanja, V., Lærke, H.N., Kreft, I. (2000). Protein-polyphenol interactions and in vivo digestibility of buckwheat groat proteins. *Pflügers Archiv* 440(1), 129-131.
- Steadman, K.J., Burgoon, M.S., Lewis, B.A., Edwardson, S.E., Obendorf, R.L. (2001). Minerals, phytic acid, tannin and rutin in buckwheat seed milling fractions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81, 1094-1100.
- Steenfeldt, S. (2001). The dietary effect of different wheat cultivars for broiler chickens. *British Poultry Science* 42, 595-609.
- Strobel, E., Ahrens, P., Hartmann, G., Kluge, H., Jeroch, H. (2001). Gehalt an Inhaltsstoffen von Weizen, Roggen und Hafer bei Anbau unter konventionellen und den Bedingungen des ökologischen Landbaus. *Bodenkultur* 53, 221-231.
- Udall, R. H., McCay, C. M. (1953). The feed value of fresh bone. *The Journal of Nutrition* 49, 197-208.
- Vasan, P., Mandal, A.B., Dutta, N., Maiti, S.K., Sharma, K. (2008). Digestibility of amino acids of maize, low tannin sorghum, pearl millet and finger millet in caecectomized roosters. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences* 21, 701.

- Wang, N., Daun, J. K. (2006). Effects of variety and crude protein content on nutrients and anti-nutrients in lentils (*Lens culinaris*). *Food Chemistry* 95, 493-502.
- Wang, N., Hatcher, D. W., Toews, R., Gawalko, E. J. (2009). Influence of cooking and dehulling on nutritional composition of several varieties of lentils (*Lens culinaris*). *LWT-Food Science and Technology* 42, 842-848
- Widodo, A.E., Nolan, J.V., Iji, P.A. (2015). The nutritional value of new varieties of high-yielding triticale: Nutrient composition and in vitro digestibility. *South African Journal of Animal Science* 45, 74-81
- Wirkijowska, A., Rzedzicki, Z., Kasprzak, M., Błaszczak, W. (2012). Distribution of (1-3)(1-4)- $\beta$ -d-glucans in kernels of selected cultivars of naked and hulled barley. *Journal of Cereal Science* 56, 496-503.
- WPSA (1984). The prediction of apparent metabolizable energy values for poultry in compound feed. *World's Poultry Science Journal* 43, 241–253.
- Zarkadas, C. G., Yu, Z., Burrows, V. D. (1995). Protein quality of three new Canadian-developed naked oat cultivars using amino acid compositional data. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 43, 415-421.
- Zeller, F.J. (2001). Buchweizen (*Fagopyrum esculentum* Moench) - Nutzung, Genetik, Züchtung. *Die Bodenkultur* 52, 259-276.
- Zeller, F.J., Hsam, S.L.K. (2004). Buchweizen - die vergessene Kulturpflanze: Funktionelles Lebensmittel. *Biologie in unserer Zeit* 34(1), 24-31.
- Zhai, S.W., Zhang, M.L. (2009). Comparison of true metabolisable energy and true amino acid availability between normal maize and quality protein maize (Shandan 17). *Italian Journal of Animal Science* 6, 289-294.
- Zielinski, H., Michalska, A., Amigo-Benavent, M., del Castillo, M.D., Piskula, M.K. (2009). Changes in protein quality and antioxidant properties of buckwheat seeds and groats induced by roasting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57, 4771-4776.

## 10. Veröffentlichungen zum Projekt

### Tagungen

Ritteser, C., Grashorn, M.A. (2013). Bestimmung der präcecalen Aminosäurenverdaulichkeit von Ökofuttermitteln für die Hühnermast (Vortrag). Vortragstagung von DGfZ und GfT, Göttingen, 4. und 5. September

Grashorn, M.A., Ritteser, C. (2014). Verdaulichkeit der Aminosäuren von verschiedenen Energie- und Öko-Futtermitteln für die Öko-Hühnermast. 7. Wintertagung Ökologischer Landbau Baden-Württemberg, Hohenheim, 26. Februar

Grashorn, M.A., Ritteser, C. (2014). Bestimmung der präcecalen Aminosäurenverdaulichkeit von Ökofuttermitteln für die Hühnermast (Vortrag). 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Wiesbaden-Naurod, 5.-8. März

Ritteser, C., Grashorn, M.A. (2014). Determination of the protein and amino acid digestibility of organically produced cultivars in broiler chicken (Poster). 14. EPC, Stavanger (Norwegen), 23.- 27. Juni

Ritteser, C., Grashorn, M.A. (2014). Bestimmung der präcecalen Aminosäurenverdaulichkeit von Öko-Futtermitteln für langsam wachsende Masthuhngenotypen (Vortrag). VDLUFA-Kongress, Stuttgart-Hohenheim, 16.- 19. September

### Berichte bei Projekt-Workshops

Bonn, 7. März 2013

Fulda, 18. Februar 2014

**11. Tabellenanhang**

Tabelle A1. Für die Tierversuche zu Grunde gelegte Bedarfszahlen für Energie, Rohprotein und die vier erst-limitierenden Aminosäuren in den Prüferioden 3. und 6. Lebenswoche

	15.-21. LT	36.-42. LT
Umsetzbare Energie (MJ/kg)	11,5	12,0
Rohprotein (g/kg)	200	180
Methionin (g/kg)	3,7	2,9
Lysin (g/kg)	10,2	7,4
Threonin (g/kg)	6,6	5,9
Tryptophan (g/kg)	1,5	1,3

Tabelle A2. Tiergewichte (g), tägliche Futtermittelaufnahme (g) und Futtermitterverwertung (g/g) in der Starterphase

	Tiergewichte			Futter	
	10. LT*	15. LT*	21. LT**	FA/Tier/Tag*	FVW
BH 1	185 ± 1,6	314 ± 5,3	504 ± 55,5	46,3 ± 1,8	1,7
BH 2	183 ± 1,5	311 ± 7,4	505 ± 70,0	46,5 ± 2,2	1,7
BH 3	183 ± 1,8	311 ± 6,3	512 ± 57,6	46,8 ± 1,9	1,6
BW 1	184 ± 1,5	313 ± 5,2	504 ± 50,8	46,3 ± 1,0	1,7
BW 2	183 ± 2,5	313 ± 6,5	512 ± 50,5	47,0 ± 1,2	1,7
BW 3	182 ± 1,6	309 ± 5,5	513 ± 58,2	46,9 ± 1,7	1,6
DI 1	124 ± 4,4	210 ± 6,2	452 ± 73,9	53,4 ± 4,1	1,5
DI 2	123 ± 3,5	208 ± 5,9	455 ± 60,6	53,6 ± 2,1	1,5
DI 3	127 ± 5,8	216 ± 12,1	476 ± 53,5	53,8 ± 1,2	1,4
GKS 1	140 ± 2,8	199 ± 4,6	351 ± 77,0	39,8 ± 5,4	1,8
GKS 2	142 ± 2,6	203 ± 5,7	372 ± 90,3	40,4 ± 2,0	1,7
GKS 3	139 ± 3,3	200 ± 4,6	384 ± 81,7	41,5 ± 1,7	1,6
KB 1	135 ± 2,8	204 ± 8,3	412 ± 61,0	44,2 ± 1,5	1,5
KB 2	134 ± 2,5	202 ± 5,7	403 ± 49,2	44,0 ± 1,7	1,5
KB 3	133 ± 3,0	199 ± 6,1	374 ± 54,4	42,6 ± 1,2	1,7
KU 1	133 ± 2,8	200 ± 5,1	408 ± 61,6	43,6 ± 1,6	1,5
KU 2	132 ± 3,3	197 ± 5,8	396 ± 59,3	43,0 ± 2,2	1,5
KU 3	135 ± 2,5	202 ± 5,1	364 ± 46,5	42,0 ± 2,2	1,8
LA 1	128 ± 3,3	214 ± 5,7	389 ± 87,9	40,5 ± 2,4	1,6
LA 2	127 ± 2,7	205 ± 4,4	475 ± 65,7	49,3 ± 0,8	1,3
LA 3	127 ± 4,1	210 ± 5,4	491 ± 63,2	49,8 ± 1,2	1,2
LB 1	157 ± 1,8	316 ± 4,8	520 ± 62,0	48,7 ± 2,6	1,7
LB 2	156 ± 2,1	315 ± 6,6	376 ± 46,4	30,4 ± 2,3	3,5
LB 3	157 ± 2,3	318 ± 5,3	312 ± 39,5	21,7 ± 2,2	-

NG 1	163 ± 2,4	295 ± 10,3	528 ± 57,6	49,3 ± 1,9	1,5
NG 2	164 ± 3,1	289 ± 7,8	529 ± 63,8	49,3 ± 1,5	1,4
NG 3	159 ± 5,7	289 ± 11,6	534 ± 67,6	49,5 ± 1,5	1,4
NH 1	128 ± 6,4	212 ± 11,7	475 ± 66,4	54,4 ± 3,2	1,4
NH 2	125 ± 4,1	213 ± 6,8	490 ± 61,5	53,9 ± 3,5	1,4
NH 3	125 ± 6,1	212 ± 7,8	500 ± 55,0	53,0 ± 2,9	1,3
WR 1	125 ± 2,7	210 ± 5,7	419 ± 61,7	51,6 ± 3,6	1,7
WR 2	125 ± 4,4	205 ± 11,9	415 ± 56,1	50,9 ± 4,3	1,7
WR 3	126 ± 5,5	216 ± 11,2	421 ± 65,0	50,9 ± 4,8	1,7
RH 1	160 ± 6,7	288 ± 19,1	508 ± 67,8	48,5 ± 1,9	1,5
RH 2	164 ± 5,6	296 ± 10,5	524 ± 56,6	48,8 ± 1,5	1,5
RH 3	160 ± 6,9	278 ± 16,3	526 ± 65,6	48,9 ± 2,3	1,4
SG 1	147 ± 4,2	255 ± 10,3	482 ± 72,3	52,6 ± 1,5	1,6
SG 2	144 ± 4,2	253 ± 13,4	495 ± 60,7	53,6 ± 1,1	1,6
SG 3	146 ± 4,4	254 ± 10,6	504 ± 61,4	53,5 ± 1,5	1,5
WT 1	145 ± 5,3	252 ± 10,4	478 ± 62,1	52,4 ± 1,0	1,6
WT 2	144 ± 3,9	255 ± 10,3	497 ± 66,4	53,7 ± 1,2	1,6
WT 3	145 ± 3,4	254 ± 10,8	504 ± 59,9	54,5 ± 2,1	1,5
WW 1	94,0 ± 5,8	111 ± 6,1	367 ± 53,4	42,4 ± 2,1	1,1
WW 2	92,2 ± 2,6	116 ± 9,4	414 ± 54,7	46,5 ± 2,7	1,1
WW 3	92,7 ± 3,4	114 ± 3,5	429 ± 58,3	46,6 ± 2,2	1,0

\* Mittelwert aus den Gruppengewichten

\*\* Mittelwert aus den Einzeltiergewichten

Tabelle A3. Tiergewichte (g), tägliche Futtermittelaufnahme (g) und Futtermittelverwertung (g/g) in der Growerphase

	Tiergewichte			Futter	
	31. LT*	36. LT*	42.LT**	FA/Tier/Tag*	FVW
BH 1	937 ± 10,7	1311 ± 15,8	1749 ± 210	137 ± 8,0	2,2
BH 2	929 ± 14,7	1298 ± 6,8	1763 ± 181	141 ± 5,9	2,1
BH 3	925,5 ± 16,0	1293 ± 38,6	1785 ± 178	145 ± 8,4	2,1
BW 1	980 ± 11,5	1288 ± 12,8	1685 ± 297	121 ± 6,5	2,1
BW 2	981 ± 11,1	1266 ± 21,4	1668 ± 215	120 ± 8,4	2,1
BW 3	972 ± 12,3	1275 ± 18,5	1682 ± 202	120 ± 5,5	2,1
DI 1	922 ± 9,4	1194 ± 14,8	1702 ± 262	141 ± 9,4	1,9
DI 2	930 ± 7,2	1202 ± 23,9	1762 ± 157	149 ± 4,4	1,9
DI 3	922 ± 4,3	1188 ± 32,1	1880 ± 198	150 ± 3,2	1,5
GKS 1	632 ± 24,6	863 ± 16,3	1190 ± 188	100 ± 6,3	2,1
GKS 2	630 ± 24,0	861 ± 5,4	1226 ± 184	100 ± 10,4	1,9
GKS 3	655 ± 11,4	863 ± 10,1	1244 ± 194	105 ± 4,5	1,9
KB 1	678 ± 21,1	932 ± 19,6	1359 ± 184	121 ± 4,1	2,0
KB 2	667 ± 13,5	913 ± 22,5	1351 ± 188	123 ± 4,7	2,0
KB 3	680 ± 11,5	931 ± 18,5	1281 ± 148	119 ± 3,5	2,4
KU 1	676 ± 21,1	912 ± 53,0	1352 ± 202	120 ± 5,6	1,9
KU 2	679 ± 13,5	955 ± 17,2	1387 ± 162	121 ± 6,7	2,0
KU 3	670 ± 11,5	909 ± 23,1	1281 ± 147	118 ± 6,4	2,2
LA 1	633 ± 28,2	860 ± 11,6	1240 ± 198	102 ± 5,9	1,9
LA 2	651 ± 11,6	860 ± 12,8	1301 ± 171	109 ± 4,4	1,7
LA 3	650 ± 17,7	863 ± 10,8	1315 ± 218	113 ± 3,4	1,7
LB 1	1019 ± 50,5	1344 ± 67,4	1762 ± 190	123 ± 7,5	2,1
LB 2	992 ± 35,6	1301 ± 71,5	1405 ± 171	88,1 ± 20,5	5,9
LB 3	984 ± 29,6	1306 ± 28,5	1241 ± 161	68,0 ± 9,5	-7,2

NG 1	980 ± 15,3	1285 ± 15,0	1661 ± 203	119 ± 6,5	2,2
NG 2	972 ± 10,0	1285 ± 15,8	1696 ± 179	123 ± 6,1	2,1
NG 3	975 ± 9,1	1281 ± 24,5	1699 ± 219	120 ± 7,0	2,0
NH 1	935 ± 14,1	1297 ± 15,8	1734 ± 191	133 ± 6,5	2,1
NH 2	927 ± 18,9	1301 ± 43,9	1760 ± 185	136 ± 7,3	2,1
NH 3	943 ± 13,5	1303 ± 17,3	1700 ± 234	121 ± 12,8	2,1
WR 1	1040 ± 25,7	1342 ± 60,8	1787 ± 250	130 ± 3,8	2,1
WR 2	1035 ± 19,8	1375 ± 58,6	1763 ± 208	123 ± 10,2	2,2
WR 3	1007 ± 38	1338 ± 52,6	1705 ± 190	119 ± 7,6	2,3
RH 1	983 ± 10,9	1276 ± 24,9	1687 ± 197	121 ± 7,3	2,1
RH 2	961 ± 7,0	1270 ± 20,2	1681 ± 200	120 ± 5,8	2,0
RH 3	966 ± 7,9	1273 ± 11,6	1663 ± 196	116 ± 7,1	2,1
SG 1	917 ± 9,7	1209 ± 68,7	1667 ± 155	133 ± 10,0	2,0
SG 2	930 ± 9,3	1209 ± 28,0	1742 ± 255	138 ± 7,2	1,8
SG 3	920 ± 8,9	1187 ± 12,9	1749 ± 186	140 ± 3,3	1,7
WT 1	918 ± 8,3	1189 ± 18,7	1696 ± 182	136 ± 3,8	1,9
WT 2	929 ± 9,1	1199 ± 14,4	1760 ± 260	142 ± 3,5	1,8
WT 3	921 ± 7,1	1197 ± 16,0	1765 ± 236	143 ± 6,6	1,8
WW 1	907 ± 15,5	1320,5 ± 34,8	1776 ± 219	141 ± 2,4	2,2
WW 2	935 ± 12,7	1286,2 ± 19,6	1775 ± 202	142 ± 8,3	2,0
WW 3	929 ± 10,6	1301,3 ± 25,8	1786 ± 190	137 ± 5,4	2,0

\* Mittelwert aus den Gruppengewichten

\*\* Mittelwert aus den Einzeltiergewichten



Tabelle A4. Rohprotein- und Aminosäuren-Verdaulichkeit (%) der Kontrollgruppen in der Starterphase

	Anzahl	Mittelwert	Standardfehler	Variationskoeffizient
<b>Rohprotein</b>				
gesamt	49	86,09	0,35	0,029
DG 1	5	85,71	0,74	0,019
DG 2	4	87,56	0,98	0,022
DG 3	5	88,11	0,57	0,015
DG 4	6	83,50	1,02	0,030
DG 5	6	85,59	0,37	0,011
DG 6	6	87,75	0,64	0,018
DG 7	5	86,58	0,94	0,024
DG 8	6	88,11	0,29	0,008
DG 9	6	82,78	0,78	0,023
<b>Methionin</b>				
gesamt	52	92,53	0,48	0,038
DG 1	5	92,29	0,63	0,015
DG 2	5	91,08	1,20	0,030
DG 3	6	94,01	0,34	0,009
DG 4	6	90,12	0,91	0,025
DG 5	6	92,87	0,32	0,009
DG 6	6	93,42	0,49	0,013
DG 7	6	90,13	0,79	0,021
DG 8	6	99,86	0,01	0,0001
DG 9	6	88,69	0,59	0,016
<b>Lysin</b>				
gesamt	52	87,52	0,43	0,036
DG 1	5	87,52	0,77	0,020
DG 2	5	86,90	1,60	0,041
DG 3	6	90,00	0,67	0,018
DG 4	6	85,65	1,21	0,035
DG 5	6	88,15	0,53	0,015
DG 6	6	90,45	0,75	0,020
DG 7	6	85,35	0,95	0,027
DG 8	6	90,26	0,38	0,010
DG 9	6	83,33	0,95	0,028

## Threonin

gesamt	52	82,57	0,46	0,034
DG 1	5	82,41	1,05	0,029
DG 2	5	83,72	1,35	0,036
DG 3	6	85,24	0,78	0,022
DG 4	6	79,97	1,08	0,033
DG 5	6	82,91	0,61	0,018
DG 6	6	85,40	0,68	0,019
DG 7	6	79,27	1,09	0,034
DG 8	6	85,69	0,33	0,009
DG 9	6	78,68	1,10	0,034

## Tryptophan

gesamt	51	82,29	0,48	0,042
DG 1	5	80,82	0,82	0,023
DG 2	5	83,81	1,54	0,041
DG 3	5	85,60	0,82	0,021
DG 4	6	78,16	0,95	0,030
DG 5	6	82,11	0,61	0,018
DG 6	6	84,66	0,78	0,023
DG 7	6	82,18	1,14	0,034
DG 8	6	84,90	0,55	0,016
DG 9	6	78,94	1,76	0,055

---

---

DG = Durchgang

Tabelle A5. Rohprotein- und Aminosäuren-Verdaulichkeit (%) der Kontrollgruppen in der Growerphase

	Anzahl	Mittelwert	Standardfehler	Variationskoeffizient
<b>Rohprotein</b>				
gesamt	33	84,69	0,59	0,040
DG 3	5	81,37	1,33	0,037
DG 4	6	83,41	0,97	0,028
DG 5	6	82,95	0,72	0,021
DG 7	5	86,35	0,55	0,014
DG 8	5	89,24	1,60	0,040
DG 9	6	85,33	0,92	0,026
<b>Methionin</b>				
gesamt	35	91,34	0,43	0,028
DG 3	5	88,04	1,14	0,029
DG 4	6	91,43	0,99	0,027
DG 5	6	90,99	0,54	0,015
DG 7	6	91,84	0,87	0,023
DG 8	6	94,18	0,63	0,016
DG 9	6	91,02	0,81	0,022
<b>Lysin</b>				
gesamt	35	86,66	0,57	0,039
DG 3	5	82,36	1,17	0,032
DG 4	6	86,37	1,02	0,029
DG 5	6	87,76	0,46	0,013
DG 7	6	85,85	1,73	0,049
DG 8	6	89,96	0,95	0,026
DG 9	6	86,95	0,98	0,028
<b>Threonin</b>				
gesamt	35	78,44	0,73	0,055

DG 3	5	72,56	1,79	0,055
DG 4	6	78,07	1,16	0,036
DG 5	6	76,91	1,08	0,034
DG 7	6	79,30	1,56	0,048
DG 8	6	82,65	0,99	0,029
DG 9	6	80,17	1,59	0,049

## Tryptophan

gesamt	35	80,60	0,86	0,063
DG 3	5	73,41	2,62	0,080
DG 4	6	77,17	1,04	0,033
DG 5	6	80,02	1,24	0,038
DG 7	6	82,96	1,27	0,038
DG 8	6	84,99	1,03	0,030
DG 9	6	83,86	0,99	0,029

---

---

DG = Durchgang