

Institut für Nutztierwissenschaften der Universität Hohenheim
Fachgebiet Populationsgenomik bei Nutztieren
Prof. Dr. Grashorn

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



DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
der Fakultät Agrarwissenschaften
der Universität Hohenheim

vorgelegt von

CAROLIN RITTESER

Dipl. agr. biol.

aus Nördlingen

Baden-Württemberg

Hohenheim, Oktober 2015

Die Dissertation wurde mit dankenswerter Unterstützung der Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung (BLE) angefertigt.

Die vorliegende Arbeit wurde am 10.02.2016 von der Fakultät
Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim als „Dissertation zur Erlangung
des Grades eines Doktors der Agrarwissenschaften“ angenommen.

Tag der mündlichen Prüfung: 15. April 2016

Leiter des Kolloquiums:	Prof. Dr. St. Böttinger
Berichterstatter, 1. Prüfer:	apl. Prof. Dr. M. Grashorn
Mitberichterstatter, 2. Prüfer:	Prof. Dr. W. Zollitsch
3. Prüfer:	Prof. Dr. M. Rodehutscord

Inhaltsverzeichnis

	Tabellenverzeichnis	III
	Verzeichnis der Tabellen im Anhang	V
	Abbildungsverzeichnis	VII
	Abkürzungsverzeichnis	VIII
1	Einleitung	1
2	Literatur	3
2.1	Grundlagen der Proteinverdauung beim Geflügel	3
2.2	Protein- und Aminosäurenverdaulichkeit	5
2.3	Einfluss auf die Verdaulichkeit	6
2.4	Protein- und Aminosäurenbedarf	8
2.5	Methoden der Protein- und Aminosäurenverdaulichkeits- Bestimmung	10
2.6	Für den ökologischen Landbau interessante Futtermittel	12
2.7	Wissenschaftlicher Kenntnisstand zur Protein- und Aminosäuren-Verdaulichkeit von Ökofuttermitteln für die Bio- Hühnermast	17
2.8	Weitere Ansätze zur Umsetzung der 100%- Biofütterung	18
3	Material und Methoden	21
3.1	Getestete Futtermittel	21
3.2	Behandlungen	22
3.3	Tiere und Stallungen	25
3.4	Chymusgewinnung	26
3.5	Chemische Analysen	27
3.6	Auswertung	28
4	Ergebnisse	29
4.1	Nährstoffgehalte der Rohfuttermittel	30
4.2	Tiergewichte und Futtermittelverbrauch	33
4.3	Kontrollgruppe und Wiederholungen	37
4.4	Verdaulichkeitswerte	42

5	Diskussion	55
5.1	Nährstoffgehalte der Rohfuttermittel	55
5.2	Tiergewichte	57
5.3	Verdaulichkeit des Rohproteins und der Aminosäuren	57
5.3.1	Bewertung der Einflussfaktoren	57
5.3.2	Verdaulichkeit.....	60
5.3.3	Aussagefähigkeit der ermittelten Verdaulichkeitswerte	63
5.3.4	Bewertung der geprüften Futtermittel	63
5.3.5	Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse	64
6	Zusammenfassung	67
7	Summary	70
8	Quellenverzeichnis	72
	Anhang	91
	Danksagung	116
	Lebenslauf	118

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anbauregion und -jahr der getesteten Futtermittel	22
Tabelle 2: Zielwerte für die Aminosäuregehalte im Mischfutter (g/kg Futter)	23
Tabelle 3: Zusammensetzung der Basismischung (g/kg)	24
Tabelle 4: Verteilung der Futtermittel auf die Durchgänge	25
Tabelle 5: Nährstoffgehalte der Rohfuttermittel (% der TM)	30
Tabelle 6: Aminosäuregehalte der getesteten Futtermittel (% der TM) ...	32
Tabelle 7: Tiergewichte, Futter (g) und tägliche Zunahmen (%) in der Starterphase	33
Tabelle 8: Tiergewichte, Futter (g) und tägliche Zunahmen (%) in der Growerphase	35
Tabelle 9: Rohprotein- und Aminosäurenverdaulichkeit (%) der Kontrollgruppen in der Starterphase	37
Tabelle 10: Rohprotein- und Aminosäurenverdaulichkeit (%) der Kontrollgruppen in der Growerphase	39
Tabelle 11: Anzahl der Behandlungswiederholungen	41
Tabelle 12: pcV (%) von Weizen, Roggen, Triticale und Sommergerste in der 3. LW	42
Tabelle 13: pcV (%) von Rispenhirse, Dinkel und Ganzkornsilage in der 3. LW	43
Tabelle 14: pcV (%) von Kleegrassilage (behandelt und unbehandelt), Luzerneblätter und Linsenausputz in der 3. LW	45
Tabelle 15: pcV (%) von Braunhirse, Buchweizen, Nacktgerste und Nackthafer in der 3. LW	47
Tabelle 16: pcV (%) von Weizen, Roggen, Triticale und Sommergerste in der 6. LW	48
Tabelle 17: pcV (%) von Rispenhirse, Dinkel und Ganzkornsilage in der 6. LW	49
Tabelle 18: pcV (%) von Kleegrassilage (behandelt und unbehandelt), Luzerneblätter und Linsenausputz in der 6. LW	50
Tabelle 19: pcV (%) von Nacktgerste, Braunhirse, Buchweizen und	

Nackthafer in der 6. LW	51
Tabelle 20: Gehalt an verdaulichen Aminosäuren/ Rohprotein (% der TM) für die Starterphase	53
Tabelle 21: Gehalt an verdaulichen Aminosäuren/ Rohprotein (% der TM) für die Growerphase	54
Tabelle 22: Anteil von Methionin am Gesamtprotein (%)	65

Tabellenanhang

Tabelle A1: Anzahl der Analysenwiederholungen pro Zulagestufe des Prüffuttermittels für die einzelnen Aminosäuren	91
Tabelle A2: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung der Braunhirse	94
Tabelle A3: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung der Braunhirse	94
Tabelle A4: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung des Buchweizens	95
Tabelle A5: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung des Buchweizens	95
Tabelle A6: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung des Dinkels	96
Tabelle A7: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung des Dinkels	96
Tabelle A8: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung der Mais-Ganzkornsilage	97
Tabelle A9: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung der Mais-Ganzkornsilage	97
Tabelle A10: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung der Kleegrassilage (behandelt)	98
Tabelle A11: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung der Kleegrassilage (behandelt)	98
Tabelle A12: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung der Kleegrassilage (unbehandelt)	99
Tabelle A13: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung der Kleegrassilage (unbehandelt)	99
Tabelle A14: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung der Linsen	100
Tabelle A15: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung der Linsen	100
Tabelle A16: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung der getrockneten Luzerneblätter.....	101

Tabelle A17: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung der getrockneten Luzerneblätter	101
Tabelle A18: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung der Nacktgerste	102
Tabelle A19: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung der Nacktgerste	102
Tabelle A20: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung des Nackthafters	103
Tabelle A21: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung des Nackthafters	103
Tabelle A22: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung des Roggens	104
Tabelle A23: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung des Roggens	104
Tabelle A24: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung der Rispenhirse	105
Tabelle A25: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung der Rispenhirse	105
Tabelle A26: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung der Sommergerste	106
Tabelle A27: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung der Sommergerste	106
Tabelle A28: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung der Triticale	107
Tabelle A29: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung der Triticale	107
Tabelle A30: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung des Weizens	108
Tabelle A31: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung des Weizen.....	108
Tabelle A32: Hauptnährstoffgehalte der Versuchsstarterrationen (in % der TM)	109
Tabelle A33: Mineralstoff- und Energiegehalte der Versuchsstarterrationen (in % der TM bzw. in MJ)	110

Tabelle A34: Gehalte der vier erst-limitierenden Aminosäuren in den Versuchsstarterrationen (in % der TM)	111
Tabelle A35: Hauptnährstoffgehalte der Versuchsgrowerrationen (in % der TM)	112
Tabelle A36: Mineralstoffgehalte und Energiegehalt der Versuchsgrowerrationen (in % der TM bzw. in MJ)	113
Tabelle A37: Gehalte der vier erst-limitierenden Aminosäuren in den Growerrationen (in % der TM)	114
Tabelle A38: Hauptnährstoffgehalte der kommerziellen Starter- und Grower-Alleinfutter (Meika, Großaitlingen)	115

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau des Verdauungstraktes beim Geflügel	3
Abbildung 2: Regressionen zwischen aufgenommenem und verdaulichem Lysin bzw. Threonin für die Mais-Ganzkornsilage und den Dinkel...	44
Abbildung 3: Regressionen zwischen aufgenommenem und verdaulichem Arginin bzw. Methionin für die extrudierte Kleegrassilage und den Linsenausputz	46

Abkürzungsverzeichnis

Ala	Alanin
Arg	Arginin
Art. Nr.	Artikelnummer
AS	Aminosäure
Asp	Asparaginsäure
C	Stoffmengenkonzentration
Cl	Chlor
Ca	Calcium
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CuSO ₄	Kupfersulfat
Cys	Cystin
DG	Durchgang
DLG	Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft
EG	Europäische Gemeinschaft
et al.	Et alii, und andere
G	Grower
GE	General Electric
Glu	Glutaminsäure
Gly	Glycin
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GVO	gentechnisch veränderter Organismus
H ₂ O	Wasser
H ₂ O ₂	Wasserstoffperoxid
H ₂ SO ₄	Schwefelsäure
His	Histidin
Ile	Isoleucin
JMP	John´s Macintosh Project
K ₂ SO ₄	Kaliumsulfat
Leu	Leucin
Lys	Lysin
Met	Methionin
Mol	Einheit der Stoffmenge

N	Atomarer Stickstoff
n	Formelzeichen der Stoffmenge
N ₂	molekularer Stickstoff
Nr.	Nummer
O ₂	Sauerstoff
P	Phosphor
pH	negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration
Phe	Phenylalanin
Pro	Prolin
S	Starter
Ser	Serin
Thr	Threonin
TiO ₂	Titandioxid
TM	Trockenmasse
Trp	Tryptophan
Tyr	Tyrosin
V.Ö.P.	Verbund Ökologische Praxisforschung
Val	Valin
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
VK	Verdaulichkeitskoeffizient
VO	Verordnung
XA	Rohasche
XF	Rohfaser
XP	Rohprotein
ZM	Zentrifugalmühle

1. Einleitung

Eine der Herausforderungen des ökologischen Landbaus ist zweifelsohne die Versorgung der Tiere mit essentiellen Nährstoffen. Hierbei spielt weniger die Energieversorgung an sich eine Rolle, als eher die bedarfsgerechte Versorgung mit hochwertigem Protein und essentiellen Aminosäuren (Schumacher et al., 2011), die eine hohe Verdaulichkeit aufweisen sollten. Beim Masthuhn ist als erstlimitierende Aminosäure Methionin von besonderem Interesse.

Obwohl im Ökologischen Landbau überwiegend langsam wachsende Rassen eingesetzt und geringere Leistungen als in der konventionellen Landwirtschaft erzielt werden, muss der Nährstoffbedarf der Tiere dennoch als hoch angesehen werden (Van de Weerd et al., 2009). Eine Unterversorgung der Broiler mit den zum Wachstum notwendigen Aminosäuren kann nicht nur zu verminderten Leistungen und den daraus resultierenden wirtschaftlichen Folgen führen (Rodenburg et al., 2008; O'Brien et al., 2006), sondern auch zu erhöhter Krankheitsanfälligkeit und einer Beeinträchtigung des Wohlbefindens (Schumacher et al., 2011; van de Weerd et al., 2009; Spoolder, 2007). Vor allem Jungtiere in den ersten Lebenswochen sind hiervon besonders betroffen, da der Bedarf in dieser Zeit am höchsten ist.

Das größte Problem in der Tierfütterung besteht darin, dass es keine pflanzlichen Futtermittel gibt, die den Bedarf an Methionin bei wachsendem Geflügel decken können. In der konventionellen Erzeugung ist es daher üblich, freies Methionin in Form von DL-Methionin dem Futter zuzusetzen. In der ökologischen Erzeugung wurde dieser Weg schon in der Basis-Öko-Verordnung (VO (EG) Nr. 834/2007) ausgeschlossen. Ferner wurde auch der Einsatz von bestimmten Proteinfuttermitteln, die durch chemische Extrusion gewonnen werden, wie die Extraktionsschrote, nicht erlaubt. Um dennoch näherungsweise eine Bedarfs-deckende Versorgung der Tiere sicherstellen zu können, wurde eine Ausnahmeregelung in die Verordnung aufgenommen, nach der bestimmte Proteinfuttermittel aus konventionellem Anbau (Positivliste) zur Schließung der Eiweißlücke verwendet werden durften. Die Übergangsregelung sah vor, dass zunächst bis zu 15 % der Futtermittel (bezogen auf TM) aus konventionellem Anbau stammen durfte. Dieser Anteil wurde dann zunächst auf 5 % reduziert und sollte ab 1. Januar 2015 0 % betragen. Allerdings hat sich

gezeigt, dass die Kenntnisse zu den vorhandenen Öko-Futtermitteln und der Verdaulichkeit deren Nährstoffe (insbesondere Aminosäuren) immer noch nicht ausreichend sind, um wachsendes Geflügel Bedarfs-gerecht ernähren zu können. Die Übergangslösung (5 % konventionelle Futtermittel) wurde daher noch einmal bis zum 31. Dezember 2017 verlängert (VO (EG) Nr. 836/2014).

Ökologisch angebaute Futtermittel, die einen höheren Gehalt an Methionin aufweisen, sind generell nur begrenzt verfügbar. Der Anbau von nicht-GMO Bio-Soja wird zwar inzwischen auch in Deutschland ausgeweitet, die Erträge sind aber auf Grund der gegebenen Standort- und Klimabedingungen oft unbefriedigend. Andere interessante Proteinfuttermittel als Verarbeitungsnebenprodukte (wie z.B. Öko-Maiskleber, Öko-Kartoffeleiweiß, Biertreber) sind häufig nicht in ausreichenden Mengen vorhanden. Der Import von biologisch angebauten Proteinträgern aus dem Ausland wird kritisch betrachtet, da zum einen die Gegebenheiten in den dortigen Öko-Verordnungen und -Kontrollen sehr unterschiedlich zu denen in Deutschland sein können und andererseits der Export von Futtermitteln aus fernen Ländern prinzipiell den Leitsätzen des ökologischen Landbaues widerspricht.

Futter besteht aber nicht nur aus Proteinfuttermitteln, sondern zu einem erheblichen Umfang aus Energiefuttermitteln, die das Basisvolumen der Ration darstellen. Getreide nimmt daher auch im ökologischen Landbau den größten Anteil des Futters ein. Es stellt sich daher die Frage, inwieweit im ökologischen Landbau angebaute Getreidearten nennenswerte Gehalte an essentiellen Aminosäuren aufweisen und wie deren Verdaulichkeit für die Hühnermast einzuschätzen ist. Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, die Nährstoffgehalte verschiedener im ökologischen Landbau angebauter heimischer Futtermittel zu bestimmen und die Verdaulichkeit des Proteins und der Aminosäuren für die ökologische Hühnermast zu ermitteln. Es wurde erwartet, dass die ermittelten Erkenntnisse einen wesentlichen Beitrag zur Grundversorgung von Masthühnern mit Protein und Aminosäuren auf der Basis der verfügbaren Aminosäuren liefern werden.

2. Literatur

2.1 Grundlagen der Proteinverdauung beim Geflügel

Der Verdauungsapparat des Geflügels weist im Vergleich zu Säugetieren einige anatomische Besonderheiten auf. Der Verdauungstrakt ist untergliedert in: Schnabel, Speiseröhre, Kropf (Speicherfunktion), Drüsenmagen (enzymatische Aufspaltung), Muskelmagen (mechanische Zerkleinerung), Dünndarm und Dickdarm.

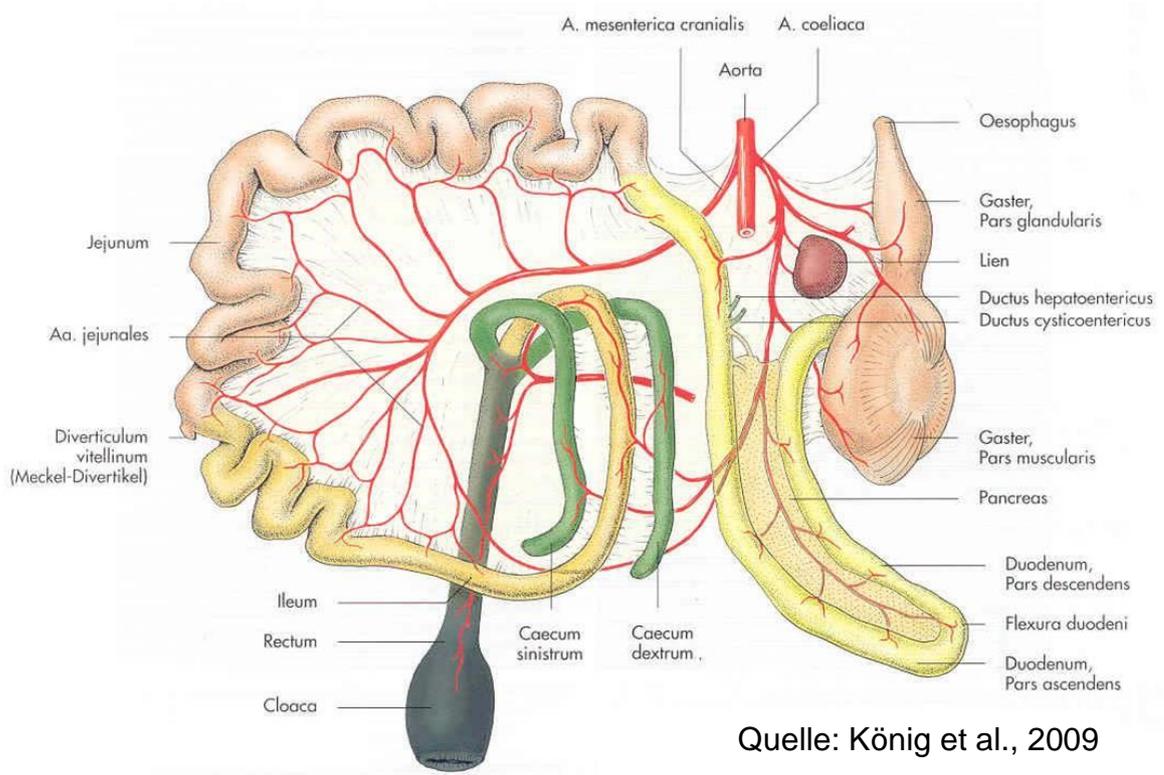


Abbildung 1: Aufbau des Verdauungstraktes beim Geflügel

Wesentlicher Ort der enzymatischen Verdauung und Nährstoffresorption ist der Dünndarm. Dieser stellt zwar den längsten Abschnitt des Verdauungssystems dar, ist jedoch beim Geflügel verglichen mit Säugetieren relativ kurz und misst beim Huhn ca. das 5,5-fache der Körperlänge. Er setzt sich aus zwei Unterabschnitten, dem Duodenum (Zwölffingerdarm) und dem Jejunioileum (Lehr- und Hüftdarm) zusammen. Das Ende bilden die beim Geflügel paarig vorhandenen Blinddärme. Das Duodenum beginnt am Ausgang des Muskelmagens, formt im Folgenden eine die Pankreas einschließende Schleife und endet mit der Mündung des Gallengangs und zwei bis drei Pankreasleitern,

die sich zu einer Papille vereinen (*Papilla duodenalis*). Dort beginnt das Jejunoleum. Dieses besitzt etwa in der Hälfte eine kleine Ausstülpung, das sogenannte Meckel'sche Divertikulum, ein Überbleibsel des Dottersackes. Dieser Punkt erlaubt eine Einteilung in Jejunum und Ileum (Simon und Zentek, 2013).

Das Geflügel nimmt die Nahrung in der Regel unzerkleinert mit dem Schnabel auf. Sie wird mit Hilfe von Speichel zum Kropf transportiert. Dieser hat eine Speicherfunktion und gibt fortdauernd kleinere Mengen Nahrung an den weiteren Verdauungstrakt ab. Dadurch wird auch der pH-Wert im Drüsenmagen reguliert. Bis hierher kommt es noch zu keiner bedeutsamen Proteinverdauung. Vom Kropf gelangt das eingeweichte Futter in den Drüsenmagen. Hier wird Pepsinogen synthetisiert, welches durch ebenfalls dort hergestellte Salzsäure zum aktiven Enzym Pepsin umgewandelt wird. Erst hierdurch wird die Proteinverdauung eingeleitet und Eiweiße in Peptidbindungen gespalten. Da die Passage des Drüsenmagens aber nur von kurzer Dauer ist, findet die eigentliche Wirkung der proteolytischen Enzyme erst im Muskelmagen statt. Hier kommt es zur mechanischen Zerkleinerung und Durchmischung der Bestandteile. Möglich wird dies durch die Auskleidung des Muskelmagens mit dicker gefurchter Hornhaut und mit Hilfe von Grit, kleinen Steinchen, die die Hühner mit dem Futter aufnehmen. Beim Eintritt des Nahrungsbreis in das Duodenum wird die enzymatische Proteinverdauung fortgesetzt (Simon und Zentek, 2013; Cheeke und Dierenfeld, 2010).

Mit dem Bauchspeicheldrüsensekret gelangen die Vorstufen von Chymotrypsin, Elastase und Trypsin in den Dünndarm, die nach Aktivierung durch Autokatalyse oder Enterokinasen zur Spaltung von Proteinen fähig sind. Diese Enzyme spalten die Peptidbindungen innerhalb des Proteins (Endopeptidasen). Die Carboxypeptidasen A und B, die ebenfalls aus dem Pankreassekret stammen, setzen mit ihrer proteolytischen Wirkung außen am Protein an (Exopeptidasen). Im weiteren Verlauf werden die bis hierher entstandenen Abbauprodukte durch Membran-gebundene und intrazelluläre Enzyme weiter zu Aminosäuren gespalten. Bis zum Ende des Dünndarms ist die Verdauung und Resorption des Proteins abgeschlossen. Im darauffolgenden Abschnitt, dem Dickdarm, werden keine Verdauungsenzyme sezerniert. Er und vor allem

die Blinddärme sind vielmehr Hauptort der mikrobiellen Fermentation und Rohfaserverdauung (Simon und Zentek, 2013; Cheeke und Dierenfeld, 2010). Kluth et al. (2005) konnten in ihren Versuchen zeigen, dass in den letzten beiden Dritteln des Abschnittes zwischen Meckel'schem Divertikulum und Einmündung der Blinddärme die Verdauung des Proteins und der Aminosäuren abgeschlossen ist, weshalb dieser Abschnitt zur Chymusentnahme für Verdauungsversuche verwendet werden sollte.

2.2 Protein- und Aminosäureverdaulichkeit

Vom Huhn wird nicht die komplette Menge an aufgenommenen Nährstoffen tatsächlich genutzt. Abhängig von zahlreichen Einflussgrößen, wird ein Teil unverdaut mit den Exkrementen wieder ausgeschieden. Die Relation zwischen der Menge an aufgenommenen Nährstoffen und der Menge an wieder ausgeschiedenen Nährstoffen wird allgemein als Nährstoffverdaulichkeit bezeichnet. Da sich in den Ausscheidungen aber auch Substanzen endogenen Ursprungs befinden können, die vor allem die Eiweiß-/Aminosäurezusammensetzung und -menge in den Exkrementen beeinflussen, spricht man in diesem Fall von der sogenannten scheinbaren Verdaulichkeit. Wird der Wert korrigiert, indem die gesamte Menge an endogenen Nährstoffen abgezogen wird, so spricht man von wahrer Verdaulichkeit (Simon und Zentek, 2013; Stangl, 2011). Diese Substanzen endogenen Ursprungs, die in den Dünndarm abgegeben werden, stellen sogenannte endogene Verluste dar.

Die endogenen Aminosäureverluste bestehen aus zwei Fraktionen (Stein et al., 2007; Jansman et al., 2002). Die basalen endogenen Verluste werden in Abhängigkeit der aufgenommenen Trockenmasse ausgeschieden (Mosenthin et al., 2000). Zur quantitativen Bestimmung kommen die Fütterung von stickstofffreien Rationen, von hochverdaulichen Proteinen oder die Regressionsmethode nach Stein et al. (2007) in Betracht.

Die spezifischen endogenen Verluste sind abhängig von der Zusammensetzung des verzehrten Futters, wie z.B. dem Fasergehalt (Kluth und Rodehutscord, 2009). Ihre Bestimmung ist nur schwer und indirekt möglich (Stein et al., 2007; Siriwan et al., 1994). Wird bei der Berechnung der Verdaulichkeit um den

Faktor der basalen endogenen Verluste korrigiert, so spricht man von standardisierter Verdaulichkeit (Stein et al., 2007; Lemme et al., 2004).

Für die Bestimmung der Verdaulichkeit der Proteine und Aminosäuren wird üblicherweise der Chymus bereits vor den Blinddärmen entnommen, was als praececale oder ileale Verdaulichkeit bezeichnet wird (Stangl, 2011). Auf diese Weise können die Einflüsse der Mikroflora der Blinddärme und des Dickdarms auf die endogenen Ausscheidungen außer Acht gelassen werden.

2.3 Einflussfaktoren auf die Verdaulichkeit

Es gibt einige Faktoren, die sich auf die Verdaulichkeit des Futters bzw. des Proteins und der Aminosäuren beim Geflügel auswirken können. Dabei spielt das Tier selbst, die Art und Beschaffenheit des Futters und die Umwelt, in der sich das Tier aufhält, eine große Rolle (Jeroch et al., 2008).

Die Nährstoffverdaulichkeit eines Futtermittels ist nicht für alle Geflügelarten gleich. Sie unterscheidet sich zum Beispiel für Broiler, Enten (Kluth und Rodehutschord, 2006b) und Gänse (Jamroz et al. 2002). Auch die Hühnerrasse scheint einen Einfluss zu haben (Kim und Corzo, 2012; Al-Marzooqi et al., 2011; Ravindran et al., 1999a; Doeschate et al., 1993). Doch selbst innerhalb derselben Rasse können verschiedene Begebenheiten unterschiedliche Verdaulichkeiten verursachen. So hängt zum Beispiel die Verdaulichkeit der Nährstoffe vom Alter der Tiere ab (Kim und Corzo, 2012; Duplecz et al., 2006; Huang et al., 2005; Batal und Parsons, 2002; Zuprizal et al., 1992), wobei je nach Futtermittel eine Verbesserung oder Verschlechterung vorliegen kann. Das Geschlecht der Tiere kann ebenfalls einen Einfluss haben (Kim und Corzo, 2012; Ravindran et al., 2004). Ferner unterscheiden sich die Aminosäureverdaulichkeit zwischen Mastgeflügel, Legehennen (Huang et al., 2007) und Hähnen (Huang et al., 2006) bzw. zwischen Masthühnern, Legehennen und caeectomierten Hähnen (Adedokun et al., 2009).

Des Weiteren wirken sich die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Futters selbst sehr unterschiedlich auf die Verdaulichkeit der Aminosäuren und des Rohproteins aus. Zusammensetzung, Gehalt und Herkunft (Rochell et al., 2012; Montagne et al., 2003; Yu et al., 2002; Wang und Parsons, 1998; Jørgensen et al., 1996; Shafey und McDonald, 1991) der enthaltenen

Rohnährstoffe können die Verdaulichkeit beeinflussen. Ebenfalls können sich im Futtermittel enthaltene sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe (z.B. antinutritive Inhaltsstoffe, pharmakologisch wirksame Inhaltsstoffe) auf die Verdauungsphysiologie auswirken. Beispielsweise verringert der in manchen Körnerleguminosen enthaltene Trypsininhibitor die Eiweißverdaulichkeit (Palliyeguru et al., 2011; Clarke und Wiseman, 2005; Wiseman et al., 2003; Clarke und Wiseman, 2001). Im Weizen und auch im Roggen können Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP) einen antinutritiven Effekt haben (Gutiérrez-Alamo et al., 2008; Steinfeldt, 2001; Choct, 1997; Annison, 1993). Diese sehr heterogene Gruppe von Substanzen kommt überwiegend in den Zellwänden von Pflanzen vor und beinhaltet Cellulose, 1-3- und 1-4- β -Glucane, Arabinoxylane (Pentosane), Mannane, Galactane, Xyloglucane, Inulin und Pectine. Die lösliche Fraktion der Nicht-Stärke-Polysaccharide (Pentosane, 1-3- und 1-4- β -Glucane) führt im Darm zu einer Viskositätserhöhung des Chymus. Dies führt zu einer Verminderung der Diffusionsrate von Substraten und Enzymen des Verdauungssystems. Hierdurch wird eine effektive Wechselwirkung dieser beiden Stoffgruppen unterbunden und die Verdaulichkeit sinkt (Choct, 1997).

Extrudieren (Ahmed et al., 2014a; Al-Marzooqi und Wiseman, 2009) oder andere Wärmebehandlungen (Liu et al., 2013; Iyayi et al., 2008) können die Verdaulichkeit verbessern. Aber auch die Zugabe von verschiedenen Enzymen kann zu einer Verbesserung der Verdaulichkeitswerte führen. So kann der Einsatz von Pectinasen, Glucanasen, Hemicellulasen (Mendez Dominguez et al., 2009), Mannasen (Saki et al., 2005) oder Xylanasen (Ravindran et al., 1999a; Bedford et al., 1998) die Verdaulichkeit von löslichen NSP fördern. Auch der Einsatz von Phytasen führt zu einer erhöhten Verdaulichkeit von Protein bzw. Aminosäuren im Futter (Hassanabadi et al., 2008; Ravindran et al., 1999b).

Des Weiteren ist es möglich, dass die Verdaulichkeit von der Form des Futters abhängt. So wurde in mehreren Versuchen nachgewiesen, dass sich die N-Verdaulichkeit durch Pelletieren des Futters verringert (Abdollahi et al., 2014; Abdollahi et al., 2013; Abdollahi et al., 2011). Zelenka (2003) konnte in seinen Versuchen durch Pelletieren jedoch eine Verbesserung der Proteinverdaulichkeit zeigen. Offensichtlich spielen hier noch andere Dinge eine

Rolle, die die Verdaulichkeit von pelletiertem Futter beeinflussen. So werden beispielsweise harte Pellets besser verdaut als weiche, da sie die Retentionszeit des Futters erhöhen (Parsons et al., 2006). Das Verfüttern ganzer Körner an junge Broiler kann wiederum durch Vergrößerung des Muskelmagens die Verdaulichkeit der Aminosäuren verbessern (Biggs und Parsons, 2009). Allerdings funktioniert dieser Effekt nur bis zu einer bestimmten Partikelgröße (1,042 µm), danach sinkt die Verdaulichkeit der Nährstoffe wieder (Parsons et al., 2006). Sicherlich spielt auch die Temperatur, bei der das Futtermittel pelletiert wird eine Rolle, da diese bei der Futtermittelverarbeitung einen entscheidenden Einfluss auf die Rohprotein- und Aminosäurenverdaulichkeit haben kann (Wang und Parsons, 1998).

Auch die Umwelt, in der sich das Tier aufhält, wirkt sich auf die Verdauung aus. Stehen die Hühner unter Hitzestress, so sinkt die Verdaulichkeit von Rohprotein und Aminosäuren (Soleimani et al., 2010; Gonzalez-Esquerria und Leeson, 2006; Bonnet et al., 1997; Zuprizal et al., 1993).

Auch der Gehalt an bestimmten Mineralstoffen kann eine Rolle spielen. So konnten Shafey und McDonald (1991) in ihren Versuchen zeigen, dass sich erhöhte Konzentrationen an Calcium und Phosphor negativ auf die Aminosäurenverdaulichkeit bei Broilern auswirken können. Ravindran et al. (2004) konnten ebenfalls einen Zusammenhang zwischen dem Phosphorgehalt und der Verdaulichkeit feststellen. Ein Beimischen von Silicatmineralien zum Futter kann wiederum die Proteinverdaulichkeit bei Masthühnern steigern (Safaeikatouli et al., 2012).

Schlussendlich wirkt sich auch die Methode der Bestimmung auf den ermittelten Wert der Verdaulichkeit aus, weshalb eine Standardisierung der Methodik notwendig ist. Es wurde bereits mehrfach nachgewiesen, dass die Bestimmung der ilealen Verdaulichkeit vorteilhaft gegenüber der quantitativen Methode mit Exkrementensammlung ist (Saki et al., 2009).

2.4 Protein- und Aminosäurebedarf

Das im Futter enthaltene Protein dient den Tieren als Aminosäurenlieferant. Diese sind für das Wachstum und den Erhalt von Haut, Muskeln, Gewebe, Federn etc. erforderlich. Zur Proteinsynthese werden bei Vögeln 22

Aminosäuren benötigt, 10 davon sind essentiell (Arg, His, Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Thr, Trp und Val), zwei sind semi-essentiell (Cystin und Tyrosin), können also aus anderen essentiellen Aminosäuren gebildet werden (Methionin und Phenylalanin). Methionin ist beim Masthuhn die erstlimitierende Aminosäure und bestimmt daher den Nutzen und die Verfügbarkeit aller anderen Aminosäuren (Blair, 2008).

Der Bedarf an Aminosäuren und Rohprotein hängt maßgeblich von Alter und Entwicklungsstadium der Masttiere ab. Des Weiteren spielt auch der Genotyp eine wichtige Rolle (Blair, 2008). Ferner hat die Jahreszeit, in der die Tiere gemästet werden, einen Einfluss auf die empfohlene Menge an bestimmten Aminosäuren in der Ration (Dozier et al., 2009).

Ein Mangel an Aminosäuren im Futter hat negative Auswirkungen auf Wachstum und Gesundheit. So kann zum Beispiel das Füttern einer Ration mit niedrigem Proteingehalt zu vermindertem Fleischansatz (Bregendahl et al., 2002), im Falle von Lysin besonders im Bereich des Brustmuskels führen (Tesseraud et al., 1999; Tesseraud et al., 1996). Je nach Art der Aminosäure und Ausmaß des Mangels, kann es zu verminderten Antikörperbildungen gegen verschiedene Krankheiten kommen (Konashi et al., 2000; Tsiagbe et al., 1987; Bhargava et al., 1971; Bhargava et al., 1970).

Kenntnisse zum Aminosäurenbedarf der Tiere sind die Voraussetzung für eine optimale Gestaltung von Futterrationen. Während recht umfangreiche Tabellenwerke für schnell-wachsende Masthuhn-Genotypen vorliegen, sind Fütterungsempfehlungen für langsam wachsende Masthuhn-Genotypen sehr begrenzt. Han und Baker (1991) ermittelten zwar für langsam wachsende Masthühner ungefähr den gleichen Lysinbedarf wie bei schnellwachsenden Genotypen, aber dies ist eher unwahrscheinlich. In den Untersuchungen von Grashorn und Clostermann (2002) wurde mit gegenüber schnell wachsenden Masthybriden um ca. 20 % abgesenkten Nährstoffgehalten im Futter bei verschiedenen langsam wachsenden Masthuhngenotypen sehr gute Leistungen erzielt.

Doch nicht nur der Gehalt einzelner Aminosäuren spielt für das Wachstum der Tiere eine wichtige Rolle, sondern auch die Verhältnisse der Aminosäuregehalte zueinander. Wenn das im Futterprotein enthaltene Aminosäuremuster exakt dem Bedarf des Tieres entspricht, ist die biologische

Wertigkeit des Proteins am höchsten. Man spricht in diesem Fall vom „Idealprotein“. Die Leistung kann dann weder durch Zulagen, noch durch Reduzieren einzelner Aminosäuren gesteigert werden (Stangl, 2014; Jeroch et al., 2008). Eine Veränderung der Menge einer oder mehrerer Aminosäuren führt dann eher zu einer Verschlechterung der Protein- bzw. Aminosäurenverwertung. Dies kann durch verschiedene Aspekte erklärt werden. Der Überschuss einer Aminosäure im Futter kann allgemein die Futteraufnahme hemmen. In den Geweben kommt es dann zu einer Konkurrenz zwischen den einzelnen Aminosäuren um Nährstofftransportsysteme und die Verstoffwechslung anderer Aminosäuren wird so reduziert. Dieser Aminosäureantagonismus liegt z.B. zwischen Lysin und Arginin, Leucin und Isoleucin/ Valin und Serin und Threonin vor (Stangl, 2014; Jeroch et al., 2008).

2.5 Methoden der Protein-/ Aminosäurenverdaulichkeits-Bestimmung

Zur Bestimmung der in-vivo Verdaulichkeit von Rohprotein bzw. der Aminosäuren gibt es verschiedene Möglichkeiten. Der Grundgedanke all dieser Methoden stützt sich auf den Vergleich zwischen der vom Tier aufgenommenen Menge und der Menge, die vom Tier wieder unverdaut ausgeschieden wird. Prinzipiell ist dies möglich, indem entweder die Exkreme oder der Inhalt des Ileums nach der Fütterung des Testfuttermittels gesammelt werden (Ravindran und Bryden, 1999).

Das einfachste Verfahren ist die Sammlung der Exkreme. Hierzu können intakte oder operativ modifizierte Tiere, denen die Blinddärme entfernt (Caecectomie), der Darmausgang (Kolostomie) und/oder die Harnleiter verlegt worden sind (um Harn und Kot zu trennen), verwendet werden. Der operative Eingriff hat den Vorteil gegenüber der Exkreme-Sammlung bei den intakten Tieren, dass bei den caecetomierten Tieren die Protein- und Aminosäurenbildung durch Bakterien wegfällt und bei den kolostomierten Tieren der aus dem Stoffwechsel der Tiere stammende Stickstoff ermittelt werden kann. Bei den intakten und bei den operierten Tieren kann die Bestimmung entweder quantitativ erfolgen, indem die Tiere zunächst einer Fastenphase ausgesetzt werden und im Folgenden für einen bestimmten

Zeitraum (24 bis 48 Stunden) nach der Verabreichung einer direkt in den Kropf gegebenen, definierten Futtermenge (30 bis 50 g), die Exkremente gesammelt werden (precision fed rooster assay) (Sibbald, 1979; Likuski und Dorrell, 1978), oder indem unverdauliche Marker zum Einsatz kommen. Kuiken et al. (1948) waren die ersten, die eine Methode zur Verdaulichkeitsbestimmung mittels Exkrementensammlung bei intakten Tieren entwickelten. Diese Methode ist einfach, an vielen Tieren anwendbar und erfordert keine Tötung oder operative Eingriffe (McNab, 1994). Allerdings kann sie nur bei adulten Tiere angewendet und die ermittelte Verdaulichkeit kann kaum auf wachsende Tiere übertragen werden. Ferner weisen die Verdaulichkeitswerte für Futtermittel mit niedrigen Proteingehalten eine große Variabilität auf (Parsons, 2002). Von Nachteil ist auch die Verfälschung der Aminosäuremengen und des Aminosäuremusters in den Exkrementen der Tiere durch den beigemengten Harn und durch in den Blinddärmen durch Bakterien gebildetes Protein und Aminosäuren (Ebadi et al., 2007; Parsons et al., 1981; Sibbald, 1979). Das Entfernen der Blinddärme (Ceacetomie) und das Trennen von Darm- und Harnaussgang (Kolostomie) kann hier Abhilfe schaffen, ist aber beim wachsenden Broiler nicht anwendbar. Hinzu kommt, dass ein operativer Eingriff und bei den kolostomierten Tieren eine intensive post-operative Versorgung erforderlich sind.

Durch die direkte Gewinnung des Chymus am terminalen Ileum können die Einflüsse der Blinddarmflora und des beigemischten Harns ebenfalls umgangen werden. Es ist inzwischen auch belegt, dass das Analysieren des Chymus exaktere Ergebnisse als das Analysieren der Exkremente liefert (Saki et al., 2009; Kadim et al., 2002; Ravindran et al., 1999c). Zur Gewinnung des Chymus muss entweder eine Kanüle am terminalen Ende des Ileums eingesetzt oder aber die Tiere getötet und der entsprechende Dünndarmabschnitt entnommen werden (Gurnsey et al., 1985; Raharjo und Farrell, 1984). Das operative Einsetzen einer Kanüle ist jedoch nicht nur sehr arbeitsaufwändig und beim wachsenden Geflügel kaum praktikabel (Kluth und Rodehutschord, 2006a), es kann auch zu verschiedenen Problemen, wie Verstopfen oder Veränderungen des Darmes durch den Fremdkörper kommen (Tanksley et al., 1981). Bei beiden Bestimmungsmethoden wird ein unverdaulicher Marker eingesetzt, dessen Gehalt sowohl in der Ration als auch im Chymus bestimmt werden muss.

Die im Chymus analysierten Gehalte an Aminosäuren sind allerdings noch durch die endogenen Verluste verfälscht. Diese können auf zwei verschiedene Arten berücksichtigt bzw. korrigiert werden. Die erste Möglichkeit ist die Bestimmung der endogenen Verluste in den Exkrementen bzw. im Chymus indem die Tiere entweder gefastet wurden, eine hochverdauliche Ration aus Casein oder eine komplett Stickstoff-freie Ration erhalten haben (Ravindran und Bryden, 1999). Die andere Möglichkeit besteht darin, die Verdaulichkeitswerte mittels linearem Regressionsansatz zu errechnen. Die basalen endogenen Verluste müssen dann nicht berücksichtigt werden (Ravindran und Bryden, 1999), da sich diese als Y-Achsenabschnitt im Koordinatensystem abzeichnen (Kluth und Rodehutscord, 2006a; Rodehutscord et al., 2004). Hierzu muss das zu testende Futtermittel in mindestens zwei Zulagestufen gefüttert werden.

2.6 Für den ökologischen Landbau interessante Futtermittel

Traditionsgemäß stellen Getreide als Energielieferanten den größten Anteil an Futtermitteln in Geflügelrationen dar. Im Grunde ist Getreide die Grundmasse einer Geflügelfuttermittelration. Die in Getreiden in der Regel enthaltenen Nicht-Stärke-Polysaccharide, hier vor allem die Arabinoxylane, können über eine Erhöhung der Viskosität des Darminhaltes beim Broiler die Verdaulichkeit der Nährstoffe aber vermindern. Daher kann die mögliche Einsatzhöhe einzelner Getreide in der Geflügelfütterung begrenzt sein (Rosenfelder et al., 2013; Gutierrez-Alamo et al., 2008; Steinfeldt, 2001). Im Gegensatz zur konventionellen Erzeugung wird im ÖL eine deutliche größere Palette an Getreidearten angebaut. In Abhängigkeit von der Situation des Einzelbetriebs kann die Verwendung dieser als Futtermittel daher durchaus interessant sein. Im Folgenden werden die Charakteristika von Getreidearten und Leguminosen aus dem ÖL zusammengefasst, die in der vorliegenden Studie näher untersucht werden sollten.

Weizen ist weit verbreitet und zählt mit seinem hohen Stärkegehalt zu den Energielieferanten. Der Rohproteingehalt liegt bei ca. 120 g/kg TM (Rosenfelder et al., 2013; Steinfeldt, 2001) und ist wie bei allen anderen Kulturarten abhängig von einer Reihe von Faktoren, wie z.B. Genetik, Umwelt oder

Düngung (Rosenfelder et al., 2013; Gutierrez-Alamo et al., 2008). Die biologische Wertigkeit des Proteins ist aber als relativ gering einzuschätzen (Haumann et al., 2011). Weizen liefert häufig die Grundausrüstung an Aminosäuren im Mischfutter.

Dinkel ist eine Weizenart und wird auch als Spelzgetreide bezeichnet, da das Korn fest mit den Hüllspelzen verwachsen ist (Miedaner und Longin, 2012). Der Rohproteingehalt liegt bei durchschnittlich über 16 % der TM (Hammed und Simsek, 2014; Abdel-Aal und Hucl, 2002; Bonafaccia et al. 2000; Ranhotra et al., 1996a; Ranhotra et al., 1996b) und ist somit höher als bei gewöhnlichem Weizen. Auch der Gehalt an Gesamtaminosäuren und essentiellen Aminosäuren ist höher als bei Weizen (Berecz et al., 2001). Dinkel zeichnet sich durch Anspruchslosigkeit, Robustheit und der Fähigkeit, große Mengen Stickstoff einzulagern, aus (Reisdorff und Lieberei, 2012; Münzing et al., 2009; Börner et al., 2008a).

Mit 11 % oder weniger hat Roggen den geringsten Gehalt an Rohprotein unter den heimischen Getreidearten, besitzt jedoch ein hochwertiges Aminosäuremuster und verhältnismäßig hohe Gehalte an Lysin, Methionin und Threonin (Haumann et al., 2011; Börner et al., 2008b). Er zählt zu einer der unempfindlichsten und robustesten Getreidearten mit sehr geringen Nährstoffansprüchen und wächst nahezu auf allen Bodenarten (Reisdorff und Lieberei, 2012; Haumann et al., 2011; Börner et al. 2008b; Bushuk, 2001). Allerdings können auch die hier enthaltenen antinutritiven Substanzen (Pentosane und Pektine) eine verlangsamte Darmassage und somit eine schlechtere Verdaulichkeit bewirken (Józefiak et al., 2007; Lee et al., 2004).

Tritikale, 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 (McGoverin et al., 2011) und liegt somit über dem der beiden Ausgangssorten. Auch die Aminosäurezusammensetzung ist bei Tritikale günstiger als bei Weizen und Roggen (McGoverin et al., 2011; Djekic et al., 2011). Zwar wird in der Literatur sehr oft darauf hingewiesen, dass auch antinutritive Faktoren in Tritikale zur Verdaulichkeitsabnahme der Nährstoffe und Leistungseinbußen führen können (McGoverin et al., 2011), allerdings stehen dem etliche Belege gegenüber, dass Tritikale ein vorteilhaftes Geflügelfutter darstellt (Djekic et al., 2011; Oettler, 2005).

Die Sommergerste wird auf Grund ihrer ökologischen Anpassungsfähigkeit bevorzugt in Mittelgebirgslagen angebaut. Sie enthält einen höheren Anteil an Lysin als z.B. Weizen und einen Rohproteingehalt von ca. 9,6-10,5 %. Im Mischfutter sollte auf Grund des hohen Gehaltes an Rohfaser und β -Glukanen der Gersteanteil 20 % nicht überschreiten (Christen et al., 2008a), 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 β -Glukanen (Wirkijowska et al., 2012; Oscarsson et al., 1996).

Der Einsatz von Hafer ist in der Tierfütterung durch den erhöhten Gehalt an Rohfaser im Spelzanteil eingeschränkt, da diese nur schlecht verdaulich ist (Christen et al., 2008b; 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 abtrennen (Kirkkari et al., 2004). Im Gegensatz zu Hafer zeigt Nackthafer einen höheren Anteil an Rohprotein (ca. 14 %) und einen deutlich niedrigeren Gehalt an Rohfaser, der nur ca. ein Viertel von dem der bespelzten Form beträgt (Biel et al., 2009). Durch einen hohen Anteil an Lysin-, Leucin- und Isoleucin besitzt das Nackthaferprotein eine höhere biologische Wertigkeit als das anderer Getreidesorten (Haumann et al., 2011) und wäre damit ein potentielles Futtermittel für den Ökolandbau.

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 und Tanumihardjo, 2010; Schwarz, 2013; Zhai und Zhang, 2007). Dennoch ist Mais eine für den ökologischen Landbau geeignete Futterpflanze, da sie geringe Ansprüche an ihre Umwelt hat (Jacobs und Remmersmann, 2013). Des Weiteren enthält Mais 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).

Auch das Pseudocereal Buchweizen kehrt - nach zunächst schwindendem Interesse - auf Grund gesundheitlicher Vorzüge für den Menschen als „functional food“ und glutenfreie Alternative wieder in die deutsche Landwirtschaft zurück. Es hat eine unter den Kulturarten einzigartig hohe biologische Wertigkeit und ein ausgeglichenes Aminosäurenverhältnis mit hohen Anteilen an essentiellen Aminosäuren. Vor allem der Lysingehalt kann den der anderen Getreidesorten um fast 100 % übersteigen (Alvarez-Jubete et al., 2010; Christa und Soral-Šmietana, 2008; Zeller, 2001; Zeller und Hsam, 2004). Der Proteingehalt in den Buchweizenkörnern liegt bei Werten um die 12 %, kann aber je nach Sorte zwischen 8,5 und 18,9 % schwanken (Ahmed et al., 2014b). Die Pflanze ist sehr anspruchslos und entzieht dem Boden nur wenig Wasser und Nährstoffe (Christa und Soral-Šmietana, 2008; Krkošková und Mrazova, 2005), was sie zusätzlich für den ökologischen Landbau geeignet erscheinen lässt. Nachteilig sind hingegen die durch den hohen Gehalt an antinutritiven Substanzen hervorgerufene schlechte Verdaulichkeit des Proteins, die bereits bei mehreren Organismen nachgewiesen wurde (Ahmed et al., 2014b; Christa und Soral-Šmietana, 2008; Eggum et al., 1980; Krkošková und Mrazova, 2005; Steadman et al., 2001a; Steadman et al., 2001b), ein geringer Kornertrag und bei der Ernte auftretende technische Probleme, die durch die ungleichmäßige Reifung der Früchte verursacht wird (Ahmed et al., 2014b).

Das Interesse am Hirseanbau ließ zwar im 18./19. Jahrhundert zugunsten des Kartoffelanbaues nach, kehrt jedoch in jüngster Zeit durch gesundheitliche Vorzüge für die Humanernährung wieder zurück. Die Hirsepflanze benötigt als Kurztagspflanze nur eine relativ kurze Vegetationszeit und kann sich an viele Boden- und Klimaverhältnisse anpassen. Sie liefert auch unter trockenen Bedingungen höchste Erträge und ist relativ resistent gegenüber Krankheiten und Schädlingen. Das Getreide zeichnet sich durch einen hohen Gehalt an essentiellen AS, vor allem Methionin, aus und könnte daher für den ökologischen Landbau als Futtermittel von Bedeutung sein. Rispenhirse enthält ca. 11,5 % (TM) Rohprotein (Ahmed et al., 2014b; Amadou 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. Bei ihr ist deshalb der hohe Gehalt an antinutritiven Substanzen, wie Tanninen und Phenolen zu berücksichtigen (Münzing, 2004), der zur Beeinträchtigung der Verdauung führen kann.

Leguminosen sind ein wichtiger Bestandteil der Fruchtfolge im ökologischen Landbau. Eine Stickstoffdüngung kann auf Grund der Fähigkeit, durch die Symbiose mit den Rizobien Luftstickstoff zu fixieren, reduziert werden. Durch Zersetzung der Pflanzenreste im Boden und Freigabe der darin enthaltenen hohen Gehalte an Protein, gilt dies auch bei der Folgefrucht (Voisin et al., 2014; Böhm, 2009; Kolbe et al., 2002). Des Weiteren sorgen Leguminosen für eine Verbesserung der Beschaffenheit, Durchlüftung und Durchwässerung des Bodens (Kahnt, 2008). Die bekanntesten und am weitesten verbreiteten Leguminosen sind Ackerbohnen, Erbsen, Lupinen und Wicken. Diese Pflanzenarten zeichnen sich durch einen hohen Proteingehalt und in der Regel hohe Gehalte an Lysin aus. Der Methionin-Gehalt ist eher geringer. Ein Nachteil sind auch die hohen Gehalte an antinutritiven Inhaltsstoffen. Die genannten Leguminosenarten wurden in der vorliegenden Untersuchung nicht berücksichtigt, da hier, unter anderem im Rahmen von BÖL-Forschungsprojekten (Rodehutschord, 2007) umfassende Informationen gewonnen wurden. Allerdings existiert eine ganze Reihe an anderen Leguminosenarten, die im ÖL verbreitet angebaut werden.

Sowohl Kleegras, als auch Luzerne haben hohe Gehalte an Rohprotein, die um die 20% betragen (Jatkauskas et al., 2013; Miemann, 2013) und bringen verhältnismäßig hohe Erträge bei relativ niedrigen Ansprüchen (Kahnt, 2008). Nachteilig sind die hohen Rohfaser- und Rohascheanteile. Letztere führen durch Erhöhung des pH-Wertes der Magensäure zu einer verschlechterten Verdaulichkeit (Udall und McCay, 1953). Noch höhere Eiweißwerte weisen die Linsen mit etwa 25 – 30 % auf (Hefnawy, 2011; Roy et al., 2010; Wang et al., 2009; Wang und Daun, 2006; Kolbe et al., 2002). Da die Linse kalkreiche Böden benötigt, eignet sich ihr Anbau auf der Schwäbischen Alb besonders gut. Allerdings wird sie fast ausschließlich für den menschlichen Konsum angebaut (Alblinse). Als Tierfutter werden nur die Reste, die bei der Reinigung und Aufbereitung anfallen oder Körner mit schlechterer Qualität verwendet (Janzen

et al., 2006). Für Monogastrier sind Körnerleguminosen sehr gut verdaulich (Kolbe et al., 2002), allerdings sind nur geringe Mengen an schwefelhaltigen Aminosäuren enthalten (Roy et al., 2010; Kolbe et al., 2002).

2.7 Wissenschaftlicher Kenntnisstand zur Protein- und Aminosäuren-Verdaulichkeit von Öko-Futtermitteln für die Bio-Hühnermast

Die vorliegende Forschungsarbeit wurde im Rahmen des BÖLN-Programms „Förderung der nachhaltigen und einheimischen Eiweißversorgung in der Monogastrierernährung im Ökologischen Landbau“ durchgeführt. Die Arbeit sollte im Hinblick auf das Ziel einer 100 %igen Biofütterung dazu beitragen, den Kenntnisstand zum Gehalt und zur Verdaulichkeit von Rohprotein und Aminosäuren von verschiedenen Energie- und Proteinfuttermitteln für den Einsatz in der Öko-Hühnermast zu erweitern.

Es existieren zwar bereits Datenbanken, wie z.B. die DLG-Futterwerttabellen, Tabellen von Evonik und Ajinomoto Heartland (Ajinomoto Animal Nutrition), zum Gehalt von Rohprotein und Aminosäuren und deren Verdaulichkeit beim Geflügel für verschiedene Kulturarten, jedoch beinhalten diese überwiegend bzw. ausschließlich Daten zu konventionell angebauten Futtermitteln. Auf Grund der unterschiedlichen Anbaubedingungen unterscheiden sich diese jedoch in ihren Nährstoffgehalten in der Regel deutlich von denen aus ökologischem Anbau (Ciolek et al., 2012; Bodenmüller, 2000; Strobel et al., 2001; Böhm et al., 2007).

Für sehr viele Futtermittel liegen auch bereits Werte für die Verdaulichkeit (z.B. Rhone-Poulenc, Heartland Lysine, NRC, Parsons, 1991) vor. Allerdings handelt es sich auch hierbei meist um konventionell angebaute Kulturarten. Da sich diese aber, wie bereits erwähnt, in ihrer Zusammensetzung unterscheiden können und dies wiederum die Verdaulichkeit beeinflussen kann (siehe 2.3.), ist nicht klar, ob die damit bestimmten Verdaulichkeitswerte auch auf ökologische Futtermittel anwendbar sind.

Bei den Tabellenwerten ist zu beachten, dass die dort angegebenen Werte auf Literaturlauswertungen beruhen. Die Studien wurden zudem überwiegend mit adulten Tieren durchgeführt. Dies bedeutet, dass die experimentellen

Grundlagen in der Regel sehr unterschiedlich sind. Dies betrifft vor allem die angewandte Methodik zur Bestimmung der Verdaulichkeitskoeffizienten.

Ferner wurden die Futtermittel teilweise in Mischungen, teilweise aber auch als Einzelkomponente verfüttert. Allerdings kann es sein, dass sich die Verdaulichkeitswerte einiger Aminosäuren von Futtermitteln in einer Mischung von den Verdaulichkeitswerten desselben Futtermittels als Einzelkomponente unterscheiden (Hong et al., 2002). Laut Stein et al. (2005) und Furuya und Kaji (1991) konnte bei Schweinen gezeigt werden, dass dies vor allem bei scheinbaren Verdaulichkeitswerten eine Rolle spielt.

Die Werte werden zudem an Tieren verschiedener Rassen, verschiedenen Alters und Geschlechts bestimmt. Teilweise ist aus den Angaben nicht klar ersichtlich, ob es sich um wahre, scheinbare oder standardisierte Verdaulichkeitswerte handelt.

Um eine Vergleichbarkeit der Verdaulichkeitswerte verschiedener Futtermittel beim Broiler zu erreichen, schlagen Kluth und Rodehutsord (2006a) wie beim Schwein (GfE, 2002) eine Standardisierung der verwendeten Bestimmungsmethode vor.

2.8 Weitere Ansätze zur Umsetzung der 100%- Biofütterung

Parallel zur Erweiterung des Kenntnisstandes zum Nährstoffgehalte und der Nährstoffverdaulichkeit von Öko-Futtermitteln müssen bei der Umsetzung der 100 % Biofütterung im ökologischen Landbau noch weitere Ansätze verfolgt werden. In erster Linie wird versucht, eiweißreiche Futtermittelpflanzen, wie z.B. Soja oder auch die heimischen Körnerleguminosen Lupine, Ackerbohne und Erbse züchterisch zu verbessern und verstärkt in der Tierernährung einzusetzen (Griese et al., 2014; Schuhmacher et al., 2011). Zum einen wird darauf abgezielt, die Erträge bzw. die Ertragsstabilität zu erhöhen, zum anderen wird versucht, die enthaltenen antinutritiven Substanzen, die den Einsatz in der Tierfütterung stark begrenzen können, zu reduzieren. Vor allem bei letzterem wurden bereits deutliche Fortschritte erreicht. Auch bei Energiefutterpflanzen, wie zum Beispiel Mais, wird der Rohproteingehalt bzw. die Aminosäurezusammensetzung züchterisch bearbeitet. Allerdings sind Nährstoffgehalt und –zusammensetzung häufig negativ mit dem Ertrag

korreliert. Des Weiteren wurden auch verschiedene Fütterungsversuche mit feinsamigen Leguminosen durchgeführt. Neben Klee (in Form von Kleegrassilage oder separierter Blattmasse) und Esparsettensamen (geschält oder ungeschält) sind vor allem die Luzerne als Eiweißquelle interessant. Bislang wurden hierzu jedoch noch keine Verdaulichkeitsversuche beim Masthuhn durchgeführt (Griese et al., 2014).

Pflanzliche Verarbeitungsnebenprodukte aus ökologischer Herstellung, wie verschiedene Presskuchen und getrocknete Schlempen, sind in ihrer regionalen Verfügbarkeit stark begrenzt. Manche werden nur im Ausland produziert und müssen importiert werden (Leinkuchen, Sesampresskuchen), wobei es allerdings gerade im ökologischen Landbau erstrebenswert wäre, auf regional angebaute Produkte zurückzugreifen (Zollitsch, 2007). Bei manchen Nebenprodukten, wie zum Beispiel Maisstärke, ist schlicht das Hauptprodukt in der Biobranche kaum gefragt und deshalb nur spärlich vorhanden. Rapspresskuchen und Sonnenblumenkuchen können auf Grund antinutritiver Inhaltsstoffe (Bitterstoffe bzw. Glycoside) nur mäßig in der Ration eingesetzt werden (Griese et al., 2014; Richter et al., 1996).

Für ökologisch erzeugte, tierische Nebenprodukte, wie Schlachtnebenprodukte oder Fischmehl kommt neben dem Aspekt der geringen regionalen Verfügbarkeit noch die Skepsis des Verbrauchers hinzu (Schuhmacher et al., 2011). Momentan ist die Verfütterung tierischer Nebenprodukte in der EU generell nicht erlaubt. Molke und Eiprodukte sind zum einen sehr kostspielig und stehen zusätzlich in Konkurrenz zur menschlichen Ernährung. Außerdem birgt die Verwendung von Eiprodukten ein gewisses Risiko der Salmonellenbelastung (Griese et al., 2014; Schuhmacher et al., 2011).

Auch die Verfütterung von bakteriellem Eiweiß ist prinzipiell ein denkbarer Ansatz um die Eiweißlücke bei 100 % Biofütterung zu schließen. Bei bakteriell fermentiertem Methionin werden jedoch mit großer Wahrscheinlichkeit GVOs verwendet, was einen Einsatz in der ökologischen Tierhaltung auch in Zukunft unmöglich macht. Eine Alternative ist der Einsatz von mit Methionin angereichertem Bakterieneiweiß, das allerdings bislang noch nicht zugelassen ist. Versuche hierzu sind im Jahr 2016 geplant (Griese et al., 2014).

Auch Insekten bzw. deren Larven stellen eine geeignete Proteinquelle dar. Vor allem die Entwicklungsstadien der Soldatenfliege scheinen sehr geeignet zu

sein, da sie sehr schnell wachsen, aber kaum Ansprüche bezüglich ihrer Nahrungsquelle haben. Sie können mit Überresten, wie Hühnermist, Brotresten oder Kompost gefüttert werden. Fütterungsversuche hierzu gab es bereits in Deutschland und der Schweiz. Zurzeit ist aber auch die Verfütterung von Larvenmehlen nicht erlaubt (Griese et al., 2014).

Von seitens der Tiere selbst ist es sinnvoll eine langsam wachsende Rasse zu verwenden, da diese einen geringeren Bedarf besitzen, der damit auch einfacher gedeckt werden kann. Zuchtziele sind beim Tier vor allem eine höhere Futtermittelverwertung und eine hohe Futteraufnahme, da diese Schwankungen in der Qualität des Futters ausgleichen kann (Griese et al., 2014). Allerdings fehlen noch Untersuchungen zur Ableitung des aktuellen Nährstoffbedarfs.

Nicht zuletzt werden auch gewisse Fütterungsstrategien herangezogen, um die Effizienz bzw. Verwertung der Futtermittel zu steigern. So konnten Bellof und Schmidt (2005) nachweisen, dass Rationen mit abgesenktem Energiegehalt bei gleichbleibendem Verhältnis von Energie zu essentiellen AS, eine Fütterung mit 100 % Biofutter erlauben, ohne Einbußen bei der Leistung zu verzeichnen.

3. Material und Methoden

Die vorliegende Untersuchung wurde von der BLE mit Förderkennzeichen 2811OE070 ‚Bestimmung präcecaler Verdaulichkeitskoeffizienten für heimische Energie- und Proteinfuttermittel für die Bio-Hühnermast‘ im Rahmen des BÖLN-Programms ‚Förderung nachhaltiger und einheimischer Eiweißversorgung in der Monogastrierernährung im Ökologischen Landbau‘ finanziell gefördert. Die Auswahl der meisten Prüffuttermittel erfolgte in Kooperation mit Naturland-Berater Werner Vogt-Kaute (Marktgemeinschaft mbH der Naturland-Betriebe, Hohenkammer), der auch die erforderlichen Chargen organisierte. Hinzu kamen Futtermittel, die in anderen Teilprojekten des Förderprogramms näher untersucht wurden (Prof. Bellof, Frau Weltin, HS Weihenstephan-Triesdorf; Prof. Sundrum, Dr. Sommer, Universität Kassel).

3.1 Getestete Futtermittel

Als Testfuttermittel wurden ökologisch angebaute/r Weizen (WW), Roggen (WR), Triticale (WT), Dinkel (DI), Braunhirse (BH), Rispenhirse (RH), Buchweizen (BW), Nackthafer (NH), Sommergerste (SG), Nacktgerste (NG), Mais-Ganzkorn-Silage (GKS), Linsenausputz (LA), Luzerneblätter (LB), behandelte Klee gras-Silage (KB) und unbehandelte Klee gras-Silage (KU) eingesetzt, die zwischen 2010 und 2013 in verschiedenen Regionen Deutschlands angebaut und geerntet wurden (Tabelle 1).

Alle Kulturarten wurden direkt vor der Versuchsfütterung geschrotet und in die Versuchsfuttermitteln eingemischt. Dinkel und Braunhirse lagen in ungeschältem Zustand vor. Bei der Klee grassilage handelte es sich um den 4. Schnitt und eine Mischung aus 90 % Luzerne und 10 % Weißklee. Die unbehandelte Klee grassilage wurde vor der Silierung lediglich auf 6 mm gehäckselt. Die behandelte Klee grassilage wurde zusätzlich in einem Doppelschneckenextruder der Firma Lehmann Maschinenbau behandelt. Druck und hohe Temperaturen bis zu 100°C sollten ein Aufschließen der Zellwandbestandteile und eine Verbesserung der Nährstoffverdaulichkeit bewirken. Die Klee grassilagen wurden von der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (Prof. Bellof; BÖLN FKZ 11OE077) zur Verfügung gestellt. Die

getrockneten Luzerneblätter kamen von der Universität Kassel (Prof. Sundrum, Dr. Sommer; BÖLN FKZ 11OE055).

Tabelle 1: Anbauregion und -jahr der getesteten Futtermittel

	Anbauregion	Anbaujahr
Braunhirse	85461 Bockhorn	2011
Buchweizen	Sachsen	2011
Dinkel**	92266 Ensdorf	2011
Kleegrassilage, beh*	85402 Kranzberg-Viehhausen	2012
Kleegrassilage, unbeh*	85402 Kranzberg-Viehhausen	2012
Linsenausputz	89584 Lauterach	2012
Luzerneblätter	Universität Kassel	2013
Mais-Ganzkornsilage	82024 Taufkirchen	2012
Nacktgerste	89584 Lauterach	2011
Nackthafer	97799 Zeitlofs-Detter	2011
Rispenhirse	Cottbus	2011
Sommergerste**	97729 Ramsthal	2010
Winterroggen**	86681 Fünfstetten	2011
	97729 Ramsthal	2012
Wintertritikale**	97799 Zeitlofs-Detter	2011
Winterweizen**	97702 Münnerstadt	2011

* 4. Schnitt

** zertifiziertes Saatgut

3.2 Behandlungen

Für die vorliegenden Versuche wurde ein Gehalt für die vier erstlimitierenden Aminosäuren und das Rohprotein angesetzt, der auf Erfahrungen aus vorangegangenen Fütterungsversuchen mit dieser langsam wachsenden

Hühnerrasse beruhte (Tabelle 2). Es wurde davon ausgegangen, dass mit diesen Zielwerten im Futter der Bedarf der Tiere gedeckt werden kann.

Tabelle 2: Zielwerte für die Aminosäuregehalte im Mischfutter (g/kg Futter)

	0-3 Wochen	4-8 Wochen
AMEN (MJ)	12	12,4
Methionin	4	3,4
Lysin	10,6	8,4
Threonin	6,9	5,7
Tryptophan	1,6	1,5

Nach Kluth et al. (2009) wurde eine auf Maisstärke, Weizenkleber und vollfetten Sojabohnen basierende Grundration mit allen nötigen Nährstoffen erstellt (Tabelle 3). Essentielle Aminosäuren wurden ergänzt, um den empfohlenen Gehalten für die langsam wachsenden Broiler auch bei niedrigster Zulagestufe gerecht zu werden. Dieser Grundration wurde das zu testende Futtermittel in drei Zulagestufen (300 g/kg, 500 g/kg und 700 g/kg) zugemischt, sodass drei verschiedene Futtermischungen pro Kulturart angefertigt wurden.

Tabelle 3: Zusammensetzung der Basismischung (ohne Maisstärke und Prüffuttermittel) (g/kg)

Bio-Sojabohne, vollfett	170
Weizenkleber	72
Sonnenblumenöl	10
Monocalciumphosphat	20
Futterkalk, fein	14
Kochsalz	3
Spurenelementevormischung*	0,8
Vitaminvormischung**	1,8
Cholinchlorid	2
Natriumbikarbonat	1
Titandioxid	5

*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

**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-Panthenat, 500 mg Folsäure, 50.000 mcg Biotin

Der Grundration wurde Maisstärke zugesetzt, die entsprechend der Zulagestufen der Testfuttermittel reduziert wurde (400, 200 und 0 g/kg). Somit gilt das zu testende Futtermittel als alleinige Quelle der Proteinstigerung.

Auf Grund des hohen Rohfasergehaltes bzw. niedrigen Energiegehaltes der Kleegrassilagen und der Luzerneblätter wurden diese Futtermittel in niedrigeren Dosierungen zur Futtermischung beigefügt (100 g/kg, 300 g/kg und 500 g/kg).

Im Folgenden sind diese Rationen entsprechend der zunehmenden Konzentration an Testfuttermittel mit 1, 2 oder 3 bezeichnet. Die genauen Zusammensetzungen der einzelnen Futtermittel sind dem Anhang zu entnehmen.

Als unverdaulicher Marker wurde Titandioxid mit 5 g/kg 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 35.-42. Lebenstag) durchgeführt. Jede Behandlung hatte 6 Wiederholungen.

Alle Futtermittel wurden in insgesamt 9 Durchgängen, die zwischen August 2012 und Oktober 2014 durchgeführt wurden, getestet (Tabelle 4). In den Durchgängen 1, 2 und 6 wurde nur in der Starterphase geprüft.

Tabelle 4: Verteilung der Futtermittel auf die Durchgänge

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	S	S	S	G	S	G	S	G	S
	S	S	S	G	S	G	S	G	S
BH				X	X				
BW				X		X			
DI		X		X					
GKS								X	X
KB							X	X	
KU							X	X	
LA						X			X
LB									X
NG					X	X			
NH		X		X					
WR		X							X
RH					X	X			
SG			X	X					
WT			X	X					
WW	X				X				

S = Starter G = Grower

3.3 Tiere und Stallungen

Der Tierversuch war vom zuständigen Regierungspräsidium Tübingen mit der Kennnummer HOH 1/12 genehmigt.

Die Untersuchungen wurden in einem Aufzuchtstall der Versuchsstation für Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim, Standort Unterer Lindenhof, durchgeführt. Der Stall war Fensterlos, die Klima- und Beleuchtungsbedingungen wurden nach dem Betriebsstandard eingestellt. 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/ m². Wasser und Futter standen immer ad libitum zur Verfügung.

Es wurden Tiere der langsam wachsenden Rasse ISA JA 957 (Brüterei Couvoirs de l'Est e Scherbeck, 67370 Willgottheim, Frankreich) verwendet. Die Tiere wurden als Eintagsküken eingestallt und zunächst in größeren Gruppen in mit Hobelspänen eingestreuten Bodenabteilen gehalten. In den ersten beiden Wochen wurde allen Tieren handelsüblicher Starter (Firma Meika, Großaitingen; Zusammensetzung siehe Anhang) gefüttert. Am 10. Lebenstag wurde ein Teil der Tiere in kleinere Abteile (150 cm * 150 cm) mit jeweils 15 Tieren umgestallt. Die Gruppengröße betrug in der ersten Phase (15.-21. Lebenstag) 15 Tiere, in der zweiten (35.-42. Lebenstag) 6 Tiere pro Abteil. Die Tierzahl wurde in der 3. Lebenswoche gegenüber der Originalmethode von Rodehutsord et al. (2004) erhöht, um auf Grund der niedrigeren Zunahmen der langsam wachsenden Tiere ausreichend Chymus gewinnen zu können. Die Tiere wurden so verteilt, dass sowohl die Durchschnittsgewichte der Gruppen als auch das durchschnittliche Gewicht innerhalb einer Gruppe ähnlich waren. Die Tiere wurden 5 Tage vor Versuchsbeginn (Gruppengewicht), zu Versuchsbeginn (Gruppengewicht) und am Schlachttag (Einzeltiergewicht) gewogen.

Ab dem 15. Lebenstag erhielten die Tiere der ersten Altersstufe die jeweiligen Prüffuttrationen. Die Tiere der zweiten Altersstufe wurden bis zum 34. Lebenstag mit Grower der Firma Maika (Zusammensetzung siehe Anhang) gefüttert und erhielten danach die Prüffuttrationen.

3.4 Chymusgewinnung

Am 21. bzw. 42. Lebenstag wurden alle Tiere mit einer Gasmischung (35 % CO₂, 20 % O₂ und 35 % N₂) betäubt und mit reinem CO₂ getötet. Nach Eröffnen der Körperhöhle wurden umgehend die letzten beiden Drittel des Abschnitts 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 mit einem 0,5 mm- (Chymus) bzw. 1 mm- (Futter) Sieb (Retsch ZM 200, Haraeus Instruments) gemahlen.

3.5 Chemische Analysen

Bestimmung der Aminosäuren:

Die Bestimmung der Aminosäuregehalte in Futter und Chymus erfolgte an der Landesanstalt für Landwirtschaftliche Chemie (Einrichtung 710) in Hohenheim nach der Verordnung (EG) Nr. 152/2009 der Kommission. Es wurden alle 20 proteinogenen Aminosäuren bestimmt.

Zur Bestimmung von Methionin und Cystin müssen die Proben vor der Hydrolyse oxidiert werden. Nicht oxidiert werden dürfen die Proben zur Tyrosinbestimmung.

Oxidation: 0,1 bis 1 g der Proben wurden auf 0,2 mg genau eingewogen und in eine 100 ml Flasche mit Schraubverschluss gegeben, die im Eisbad auf 0°C abgekühlt wurde. Währenddessen wurde die Oxidationsmischung erstellt, indem 0,5 ml Wasserstoffperoxid (Massenanteil = 30 %) mit 4,5 ml phenolhaltiger Ameisensäurelösung (Gemisch aus 889 g Ameisensäure (Massenanteil = 98-100 %) und 111 g Wasser) und 4,73 g Phenol gemischt wurde. 5 ml dieser Oxidationsmischung wurden zur Probe hinzugefügt und mit dem Glasspatel vermischt. Die Flasche wurde anschließend samt Spatel mit einer luftdichten Folie verschlossen und 16 Stunden bei 0°C im Kühlschrank gelagert. Das noch vorhandene Oxidationsreagenz wurde im Anschluss durch Zugabe von 0,84 g Natriumdisulfit zersetzt.

Hydrolyse der oxidierten Proben: Zunächst wurde aus 492 ml Schwefelsäure (c= 6 mol), 1 g Phenol und 1 L Wasser eine Hydrolysemischung hergestellt. 25 ml dieser Lösung wurden zur oxidierten Probe gegeben und gemischt.

Hydrolyse der nicht oxidierten Proben: 0,1 bis 1 g der Proben wurden auf 0,2 mg genau in eine 100 ml Flasche mit Schraubverschluss eingewogen und mit 25 ml der Hydrolysemischung vermengt.

Anschließend wurde bei beiden mit einer geschlossenen Hydrolyse fortgeföhren. Die Flaschen werden bei 110°C in den Trockenschrank gestellt, wobei zur Vermeidung eines Druckaufbaus der Deckel während der ersten Stunde nur aufgelegt wurde. Nach einer Stunde wurden die Deckel fest

zugedreht und die Gefäße verblieben weitere 23 Stunden im Trockenschrank (forcierte Umluft, auf $\pm 2^{\circ}\text{C}$ regelbar). Danach wurden sie ohne Deckel zum Abkühlen ins Eisbad gestellt.

pH-Wert-Einstellung: Unter Konstanthaltung einer Temperatur von 40°C wurden jedem Hydrolysat 17 ml Natriumhydroxidlösung zugegeben. Darauf folgend wurde der pH-Wert bei Raumtemperatur mittels Natriumhydroxidlösung auf 2,2 eingestellt.

Bestimmung der Rohnährstoffe:

Die Gehalte an Rohnährstoffen (XP, XF, XA) wurden nach VDLUFA mittels Weender Futtermittelanalyse (Naumann und Bassler, 1976) am Zentrallabor der Versuchsstation für Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim, Standort Unterer Lindenhof, ermittelt. Die Berechnung des Rohproteinanteils erfolgte anhand der Formel $N * 6,25$.

Bestimmung von Titandioxid:

Zur Bestimmung des Gehaltes an TiO_2 in Futter und Chymus wurden zunächst 0,8 g Probe, 6 g K_2SO_4 , 25 ml konzentrierte H_2SO_4 und 2 ml $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ (25%ig) in ein Kjehldahlgefäß eingewogen und erhitzt. Ab dem Zeitpunkt, an dem sich die anfangs schwarze Mischung klar grünlich verfärbte, wurde der Inhalt 3 weitere Stunden gekocht. Nach dem Abkühlen wurde die Probe überführt und mit destilliertem Wasser auf 100ml aufgefüllt. Zum anschließenden Filtrieren wurden spezielle Filterpapiere (Art.Nr. 10602802, GE Healthcare Europe GmbH) verwendet.

Zur Erstellung einer Kalibriergeraden wurden 3 Standards (20, 60 und 100 mg/100 ml) hergestellt. 1 ml des Filtrats, 0,2 ml H_2SO_4 (2 n) und 0,2 ml H_2O_2 (30 %ig) wurden in Küvetten eingewogen, gemischt und 30 Minuten stehen gelassen. Für jede Probe wurden zwei Wiederholungen erstellt. Alle Proben und die Standards wurden bei 405 nm im Photometer gemessen. Wasser diente zur Bestimmung des Blindwertes.

3.6 Auswertung

Die Verdaulichkeitswerte wurden für jedes Abteil bestimmt. Zur Berechnung der Menge an aufgenommener/m Aminosäure (AS)/ Rohprotein (RP) wurde die Futteraufnahme (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/Tag) mit dem jeweiligen Verdaulichkeitskoeffizienten. Dieser wurde unter Anwendung folgender Formel errechnet:

$$VK_{AS \text{ Futter}} = 1 - [(TiO_2 \text{ Futter} * AS_{\text{Chymus}})/(TiO_2 \text{ Chymus} * AS_{\text{Futter}})]$$

wobei:

$TiO_2 \text{ Futter}$	Gehalt an Titandioxid im Futter in g/kg
$TiO_2 \text{ Chymus}$	Gehalt an Titandioxid im Chymus in g/kg
AS_{Futter}	Gehalt an Aminosäure/Rohprotein im Futter in g/kg
AS_{Chymus}	Gehalt an Aminosäure/Rohprotein im Chymus in g/kg

Im anschließenden Schritt wurde die Menge an aufgenommener/m AS/ RP gegen die Menge an präcecal verdauter AS/RP abgetragen und eine Regressionslinie angepasst. Die Regression wurde mit dem Statistik-Programm JMP 5.0 berechnet.

Die Steigungen dieser Regressionslinie multipliziert mit dem Faktor 100 gelten als präcecale Verdaulichkeitswerte. Die Werte für Taurin wurden bei der Berechnung nicht berücksichtigt, da die Methode bei dieser Aminosäure zu keinen plausiblen Ergebnissen führte.

4. Ergebnisse

In den folgenden Ergebnistabellen sind zwar immer die ermittelten Werte für alle analysierten Aminosäuren angegeben, zur Übersichtlichkeit wird aber im Text in der Regel nur auf die vier erstlimitierenden Aminosäuren Lysin, Methionin, Tryptophan und Threonin eingegangen. Zum Teil werden auch nicht alle Ergebnisse im Text angesprochen, sondern auf den Tabellenanhang verwiesen.

4.1 Nährstoffgehalte der Rohfuttermittel

Linsenausputz, Kleegrassilagen und Luzerneblätter weisen wie erwartet die höchsten Rohproteingehalte auf (Tabelle 5). Beim Getreide ist vor allem bei Braunhirse und bei den beiden spelzarmen Getreidesorten Nackthafer und Nacktgerste der Rohproteingehalt hoch. Auffällig niedrige Werte liegen dagegen für Roggen und Triticale vor.

Tabelle 5: Nährstoffgehalte der Rohfuttermittel (% 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
DI	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
WR	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
WT	88,05	9,23	2,12	2,79	3,32	71,81	0,17	0,40
WW	87,35	11,18	1,92	2,87	3,75	71,80	0,17	0,37

Die Blattleguminosen zeichnen sich sowohl durch einen hohen Rohfaser- als auch durch einen hohen Rohaschegehalt aus. Auch für Braunhirse, Dinkel und Buchweizen wurden ungünstig hohe Rohfasergehalte ermittelt.

Die niedrigsten Zuckergehalte hatten Braunhirse, Buchweizen, Nackthafer und Rispenhirse, den mit Abstand höchsten hatte der Winterroggen. Die Luzerneblätter und die Kleegrassilage (behandelt und unbehandelt) hatten sehr niedrige Stärkegehalte. Nur der Linsenausputz erreichte annähernd das Niveau der Getreide/ Pseudogetreide. Den höchsten Stärkegehalt wies Triticale, dicht gefolgt von Weizen auf. Auch die Maisganzkornsilage enthielt mit beinahe 70 % Stärke fast so viel wie Weizen und Triticale. Der Calciumgehalt verhielt sich ähnlich zum Rohaschegehalt und lag bei den Blattleguminosen weit über dem der übrigen Futtermittel. Einen herausragenden Wert für Phosphor erreichte der Linsenausputz mit nahezu 0,6 %. Insgesamt unterschieden sich aber die geprüften Futtermittel nur wenig im Phosphorgehalt.

Die Aminosäuremuster der Futtermittel (Tabelle 6) waren sehr unterschiedlich. Den höchsten Methioningehalt hatte die Braunhirse, gefolgt von den Kleegrassilagen, den Luzerneblättern und der Rispenhirse. Den geringsten Methioningehalt wies der Winterroggen auf. Ähnlich niedrige Werte lagen für Triticale und Ganzkornsilage vor. Bei den meisten anderen Prüffuttermitteln lag der Methioningehalt zwischen 0,15 und 0,20 %. Die höchsten Lysingehalte (>1,0 %) wurden für die Kleegrassilage, die Luzerneblätter und den Linsenausputz ermittelt. Die Threoningehalte schwankten zwischen 0,25 und 0,90 %. Die höchsten Werte wurden wieder für die Kleegrassilage, die Luzerneblätter und den Linsenausputz gefunden, direkt gefolgt von der Braunhirse und der Rispenhirse. Die Tryptophangehalte schwankten zwischen 0,08 und 0,33 % und waren wieder bei den Leguminosen am höchsten. Werden die vier erstlimitierenden Aminosäuren Methionin, Lysin, Threonin und Tryptophan gemeinsam betrachtet, so treten vor allem die Kleegrassilagen, die Luzerneblätter und der Linsenausputz in den Vordergrund. Die Gehalte der anderen Aminosäuren schwankten ebenfalls deutlich zwischen den Futtermitteln, wobei ebenfalls in der Regel bei den Leguminosen die höchsten Gehalte registriert wurden.

Tabelle 6: Aminosäuregehalte der getesteten Futtermittel (% der TM)

	Asp	Thr	Ser	Glu	Gly	Ala	Cys	Val	Met	Ile	Leu	Tyr	Phe	His	Lys	Arg	Pro	Trp
BH	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
BW	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
DI	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
KB	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
KU	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
LA	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
LB	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
GKS	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
NG	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
NH	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
RH	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
SG	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
WR	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
WT	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
WW	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 Einstallung wogen die Eintagsküken durchschnittlich 38,5 g (Tabelle 7). Das Durchschnittsgewicht der Tiere am 10. Lebenstag lag bei $142,7 \text{ g} \pm 23,4$, wobei die Tiere des ersten Versuchsdurchganges, in dem Weizen getestet wurde, etwas leichter waren und die 100 g nicht überschritten.

Tabelle 7: Tiergewichte, Futter (g) und tägliche Zunahmen (%) in der Starterphase

	Tiergewichte			GZ***	Futter	
	10. LT*	15. LT*	21. LT**		FA/Tier/Tag*	FVW
BH 1	184,6 ± 1,6	313,7 ± 5,3	503,8 ± 55,5	1,6	46,3 ± 1,8	1,7
BH 2	183,2 ± 1,5	310,9 ± 7,4	505,4 ± 70,0	1,6	46,5 ± 2,2	1,7
BH 3	183,3 ± 1,8	311,0 ± 6,3	512,2 ± 57,6	1,6	46,8 ± 1,9	1,6
BW 1	183,7 ± 1,5	312,6 ± 5,2	504,3 ± 50,8	1,6	46,3 ± 1,0	1,7
BW 2	182,6 ± 2,5	313,0 ± 6,5	512,0 ± 50,5	1,6	47,0 ± 1,2	1,7
BW 3	182,3 ± 1,6	308,5 ± 5,5	512,8 ± 58,2	1,7	46,9 ± 1,7	1,6
DI 1	123,7 ± 4,4	210,3 ± 6,2	451,7 ± 73,9	2,1	53,4 ± 4,1	1,5
DI 2	122,6 ± 3,5	208,0 ± 5,9	455,1 ± 60,6	2,2	53,6 ± 2,1	1,5
DI 3	127,4 ± 5,8	215,5 ± 12,1	475,7 ± 53,5	2,2	53,8 ± 1,2	1,4
GKS 1	139,7 ± 2,8	199,4 ± 4,6	351,1 ± 77,0	1,8	39,8 ± 5,4	1,8
GKS 2	142,1 ± 2,6	203,3 ± 5,7	371,8 ± 90,3	1,8	40,4 ± 2,0	1,7
GKS 3	139,4 ± 3,3	200,2 ± 4,6	383,7 ± 81,7	1,9	41,5 ± 1,7	1,6
KB 1	135,0 ± 2,8	203,6 ± 8,3	412,0 ± 61,0	2,0	44,2 ± 1,5	1,5
KB 2	133,8 ± 2,5	202,3 ± 5,7	402,8 ± 49,2	2,0	44,0 ± 1,7	1,5
KB 3	133,0 ± 3,0	198,7 ± 6,1	374,1 ± 54,4	1,9	42,6 ± 1,2	1,7
KU 1	133,2 ± 2,8	199,9 ± 5,1	408,3 ± 61,6	2,0	43,6 ± 1,6	1,5
KU 2	131,6 ± 3,3	196,5 ± 5,8	396,2 ± 59,3	2,0	43,0 ± 2,2	1,5
KU 3	135,0 ± 2,5	201,5 ± 5,1	363,8 ± 46,5	1,8	42,0 ± 2,2	1,8
LA 1	128,1 ± 3,3	213,8 ± 5,7	388,6 ± 87,9	1,8	40,5 ± 2,4	1,6
LA 2	127,4 ± 2,7	204,5 ± 4,4	475,4 ± 65,7	2,3	49,3 ± 0,8	1,3
LA 3	126,7 ± 4,1	210,4 ± 5,4	491,3 ± 63,2	2,3	49,8 ± 1,2	1,2
LB 1	156,8 ± 1,8	315,8 ± 4,8	519,9 ± 62,0	1,6	48,7 ± 2,6	1,7
LB 2	156,2 ± 2,1	314,8 ± 6,6	375,6 ± 46,4	1,2	30,4 ± 2,3	3,5
LB 3	156,7 ± 2,3	317,9 ± 5,3	312,0 ± 39,5	1,0	21,7 ± 2,2	-

Fortsetzung Tabelle 7

NG 1	163,4 ± 2,4	294,8 ± 10,3	527,5 ± 57,6	1,8	49,3 ± 1,9	1,5
NG 2	163,7 ± 3,1	288,6 ± 7,8	528,6 ± 63,8	1,8	49,3 ± 1,5	1,4
NG 3	158,6 ± 5,7	288,6 ± 11,6	533,9 ± 67,6	1,8	49,5 ± 1,5	1,4
NH 1	128,1 ± 6,4	212,0 ± 11,7	475,3 ± 66,4	2,2	54,4 ± 3,2	1,4
NH 2	124,7 ± 4,1	213,1 ± 6,8	489,8 ± 61,5	2,3	53,9 ± 3,5	1,4
NH 3	125,0 ± 6,1	211,7 ± 7,8	500,0 ± 55,0	2,4	53,0 ± 2,9	1,3
WR 1	124,5 ± 2,7	210,2 ± 5,7	419,1 ± 61,7	2,0	51,6 ± 3,6	1,7
WR 2	125,1 ± 4,4	204,9 ± 11,9	415,0 ± 56,1	2,0	50,9 ± 4,3	1,7
WR 3	126,0 ± 5,5	216,4 ± 11,2	420,8 ± 65,0	1,9	50,9 ± 4,8	1,7
RH 1	159,9 ± 6,7	287,7 ± 19,1	507,6 ± 67,8	1,8	48,5 ± 1,9	1,5
RH 2	163,5 ± 5,6	295,5 ± 10,5	523,5 ± 56,6	1,8	48,8 ± 1,5	1,5
RH 3	160,4 ± 6,9	277,6 ± 16,3	526,0 ± 65,6	1,9	48,9 ± 2,3	1,4
SG 1	147,2 ± 4,2	255,4 ± 10,3	481,9 ± 72,3	1,9	52,6 ± 1,5	1,6
SG 2	143,8 ± 4,2	253,0 ± 13,4	494,9 ± 60,7	2,0	53,6 ± 1,1	1,6
SG 3	145,6 ± 4,4	254,4 ± 10,6	503,9 ± 61,4	2,0	53,5 ± 1,5	1,5
WT 1	144,7 ± 5,3	252,0 ± 10,4	477,5 ± 62,1	1,9	52,4 ± 1,0	1,6
WT 2	144,2 ± 3,9	254,7 ± 10,3	496,7 ± 66,4	2,0	53,7 ± 1,2	1,6
WT 3	144,6 ± 3,4	253,7 ± 10,8	503,8 ± 59,9	2,0	54,5 ± 2,1	1,5
WW 1	94,0 ± 5,8	111,2 ± 6,1	369,6 ± 53,4	3,3	42,4 ± 2,1	1,1
WW 2	92,2 ± 2,6	116,4 ± 9,4	413,9 ± 54,7	3,6	46,5 ± 2,7	1,1
WW 3	92,7 ± 3,4	113,6 ± 3,5	429,1 ± 58,3	3,8	46,6 ± 2,2	1,0

* Mittelwert aus den Gruppengewichten

** Mittelwert aus den Einzeltiergewichten

*** während der Versuchsphase

GZ Zunahme in Relation zum Ausgangsgewicht

FA Futtermittelaufnahme

FVW Futtermittelnutzung

Bis zu Versuchsbeginn am 15. Lebenstag nahmen die Tiere im Schnitt 96 g zu und erreichten damit ein Gewicht von ca. 239 g.

Die täglichen Zunahmen in der Versuchsphase (15. – 21. LT) lagen bei Weizen, Nackthafer und Linsen am höchsten, wobei diese mit der Zulagestufe des jeweiligen Futtermittels stiegen. Dies zeigte sich tendenziell auch bei den anderen Futtermitteln mit Ausnahme der Kleeegrassilagen und der

Luzerneblätter, bei denen die tägliche Zunahme mit der höheren Zulagestufe sank. Bei den Luzerneblättern wurde in der höchsten Zulagestufe sogar eine geringfügige Gewichtsabnahme der Tiere von 0,8 g/Tag in der Versuchsphase verzeichnet. Dementsprechend waren bei den beiden höheren Zulagestufen der Luzerneblätter auch die Futterraufnahme und die Futterverwertung während des Versuches am schlechtesten. Bei allen übrigen Futtermitteln und der niedrigsten Stufe der Luzerneblätter lagen die tägliche Futterraufnahme bei ca. 48 g und die Futterverwertung bei durchschnittlich bei 1,5.

Am 31. Lebenstag wogen die Tiere im Durchschnitt 876 g, allerdings mit einer großen Spannweite (630,4 – 1040,3 g) (Tabelle 8). Zu Versuchsbeginn wogen die Tiere durchschnittlich 1171,3, wobei die Gewichte auch hier eine starke Variation aufwiesen (859,6 – 1374,7 g).

Tabelle 8: Tiergewichte, Futter (g) und tägliche Zunahmen (%) in der Growerphase

	Tiergewichte			GZ***	Futter	
	31. LT*	36. LT*	42.LT**		FA/Tier*	FVW
BH 1	937,3 ± 10,7	1310,8 ± 15,8	1748,9 ± 210,1	1,3	137,1 ± 8,0	2,2
BH 2	928,5 ± 14,7	1298,3 ± 6,8	1763,1 ± 180,8	1,4	141,4 ± 5,9	2,1
BH 3	925,5 ± 16,0	1292,6 ± 38,6	1784,7 ± 177,5	1,4	144,6 ± 8,4	2,1
BW 1	979,7 ± 11,5	1287,9 ± 12,8	1684,8 ± 296,7	1,3	121,4 ± 6,5	2,1
BW 2	981,3 ± 11,1	1265,6 ± 21,4	1668,2 ± 214,8	1,3	119,7 ± 8,4	2,1
BW 3	972,0 ± 12,3	1274,5 ± 18,5	1682,4 ± 202,0	1,3	120,1 ± 5,5	2,1
DI 1	921,8 ± 9,4	1193,5 ± 14,8	1701,6 ± 262,4	1,4	140,7 ± 9,37	1,9
DI 2	929,6 ± 7,2	1202,0 ± 23,9	1762,2 ± 156,7	1,5	148,9 ± 4,44	1,9
DI 3	921,6 ± 4,3	1188,4 ± 32,1	1879,9 ± 197,6	1,6	150,3 ± 3,17	1,5
GKS 1	631,7 ± 24,6	863,0 ± 16,3	1190,3 ± 188,3	1,4	100,3 ± 6,3	2,1
GKS 2	630,4 ± 24,0	861,4 ± 5,4	1225,9 ± 184,4	1,4	100,0 ± 10,4	1,9
GKS 3	654,6 ± 11,4	863,4 ± 10,1	1243,6 ± 194,3	1,4	104,8 ± 4,5	1,9
KB 1	677,8 ± 21,1	931,5 ± 19,6	1359,2 ± 184,0	1,5	121,3 ± 4,1	2,0
KB 2	667,1 ± 13,5	912,7 ± 22,5	1350,9 ± 188,1	1,5	123,1 ± 4,7	2,0
KB 3	679,5 ± 11,5	930,6 ± 18,5	1281,0 ± 147,6	1,4	119,1 ± 3,5	2,4
KU 1	676,1 ± 21,1	912,4 ± 53,0	1351,7 ± 202,2	1,5	120,3 ± 5,6	1,9
KU 2	679,0 ± 13,5	955,4 ± 17,2	1386,7 ± 162,0	1,5	121,3 ± 6,7	2,0
KU 3	670,3 ± 11,5	909,1 ± 23,1	1280,6 ± 146,9	1,4	118,0 ± 6,4	2,2

Fortsetzung Tabelle 8

LA 1	633,2 ± 28,2	859,6 ± 11,6	1239,8 ± 197,8	1,4	102,0 ± 5,9	1,9
LA 2	650,8 ± 11,6	860,3 ± 12,8	1301,3 ± 170,5	1,5	109,1 ± 4,4	1,7
LA 3	650,3 ± 17,7	863,1 ± 10,8	1315,1 ± 218,2	1,5	112,8 ± 3,4	1,7
LB 1	1019,2 ± 50,5	1344,3 ± 67,4	1762,4 ± 189,5	1,3	123,1 ± 7,5	2,1
LB 2	992,4 ± 35,6	1300,5 ± 71,5	1404,8 ± 170,5	1,1	88,1 ± 20,5	5,9
LB 3	983,8 ± 29,6	1306,4 ± 28,5	1240,6 ± 161,3	0,9	68,0 ± 9,5	-7,2
NG 1	980,4 ± 15,3	1285,4 ± 15,0	1661,2 ± 202,6	1,3	118,5 ± 6,5	2,2
NG 2	971,6 ± 10,0	1285,2 ± 15,8	1696,1 ± 179,1	1,3	123,2 ± 6,1	2,1
NG 3	974,9 ± 9,1	1280,5 ± 24,5	1699,1 ± 218,9	1,3	119,5 ± 7,0	2,0
NH 1	934,7 ± 14,1	1297,1 ± 15,8	1734,4 ± 191,4	1,3	132,9 ± 6,5	2,1
NH 2	927,0 ± 18,9	1300,6 ± 43,9	1759,8 ± 184,8	1,4	135,5 ± 7,3	2,1
NH 3	943,0 ± 13,5	1302,9 ± 17,3	1700,0 ± 233,8	1,3	121,3 ± 12,8	2,1
WR 1	1040,3 ± 25,7	1342,2 ± 60,8	1786,5 ± 250,4	1,3	130,4 ± 3,8	2,1
WR 2	1035,3 ± 19,8	1374,7 ± 58,6	1762,9 ± 207,9	1,3	123,4 ± 10,2	2,2
WR 3	1007,1 ± 38	1338,4 ± 52,6	1705,3 ± 190,2	1,3	118,8 ± 7,6	2,3
RH 1	983,1 ± 10,9	1276,3 ± 24,9	1687,1 ± 197,1	1,3	120,8 ± 7,3	2,1
RH 2	961,3 ± 7,0	1269,8 ± 20,2	1681,0 ± 200,4	1,3	119,5 ± 5,8	2,0
RH 3	966,4 ± 7,9	1272,9 ± 11,6	1663,4 ± 195,6	1,3	115,8 ± 7,1	2,1
SG 1	916,6 ± 9,7	1208,7 ± 68,7	1667,1 ± 154,8	1,4	133,1 ± 10,0	2,0
SG 2	930,4 ± 9,3	1208,6 ± 28,0	1741,7 ± 254,8	1,4	137,9 ± 7,2	1,8
SG 3	919,9 ± 8,9	1186,8 ± 12,9	1749,0 ± 185,6	1,5	139,7 ± 3,3	1,7
WT 1	918,1 ± 8,3	1189,2 ± 18,7	1696,3 ± 181,7	1,4	135,5 ± 3,8	1,9
WT 2	928,7 ± 9,1	1199,2 ± 14,4	1759,9 ± 260,0	1,5	142,1 ± 3,5	1,8
WT 3	921,4 ± 7,1	1196,9 ± 16,0	1765,4 ± 235,9	1,5	142,7 ± 6,6	1,8
WW 1	906,8 ± 15,5	1320,5 ± 34,8	1775,6 ± 219,1	1,3	140,9 ± 2,4	2,2
WW 2	934,9 ± 12,7	1286,2 ± 19,6	1774,5 ± 202,2	1,4	141,6 ± 8,3	2,0
WW 3	929,3 ± 10,6	1301,3 ± 25,8	1785,6 ± 190,2	1,4	136,7 ± 5,4	2,0

* Mittelwert aus den Gruppengewichten

** Mittelwert aus den Einzeltiergewichten

*** während der Versuchsphase

GZ Zunahme in Relation zum Ausgangsgewicht

FA Futtermittelaufnahme

FVW Futtermittelverwertung

Die höchsten täglichen Zunahmen wurden für die Futtermischung mit Dinkel registriert. Die niedrigsten Zunahmen wurden auch in der Growerphase wieder bei den Luzerneblättern erzielt. Wie in der Starterphase gab es auch hier bei der höchsten Dosierung in der Versuchsphase eine leichte Gewichtsabnahme und die geringste Futteraufnahmemenge. Ebenso war die Futtermittelnutzung bei den beiden höheren Zulagestufen der Luzerneblätter wieder am schlechtesten. Für alle übrigen Futtermittel lag die Futtermittelnutzung bei etwa 2 kg Futteraufnahme/ kg Lebendzuwachs.

4.3 Kontrollgruppe und Wiederholungen

Aufgrund unerwartet hohen Futterverzehrs der Tiere bzw. für die Analysen nicht ausreichender Chymusmenge, sind teilweise nicht alle 6 Wiederholungen pro Futtermittel vorhanden. Dies ist sowohl bei den Kontrollen (Tabelle 9 und Tabelle 10) als auch bei einzelnen Prüffuttermitteln der Fall. Vor allem für die Bestimmung des Rohproteins war zum Teil nicht genügend Probenmaterial verfügbar. Die Kontrollgruppen wurde aufgenommen, um ggfs. vorliegende Durchgangseffekte erkennen zu können. Dies würde prinzipiell die Möglichkeit ergeben, die Ergebnisse der anderen Prüffuttermittel auf Durchgangseffekte zu korrigieren.

Tabelle 9: Rohprotein- und Aminosäurenverdaulichkeit (%) der Kontrollgruppen in der Starterphase

	Anzahl	Mittelwert	Standardfehler	Variationskoeffizient
<u>Rohprotein</u>				
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

Fortsetzung Tabelle 9

Methionin

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

Lysin

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

Fortsetzung Tabelle 9

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

Der Standardfehler und somit auch der Variationskoeffizient für die Verdaulichkeitswerte der Kontrollgruppen fallen zwischen den einzelnen Durchgängen sehr unterschiedlich aus, liegen jedoch in einem akzeptablen Bereich. Die ermittelten Verdaulichkeitswerte zeigen keine bedeutend nach unten oder oben hin herausfallenden Werte. Dies legt nahe, dass auch für die Verdaulichkeitswerte der Testfuttermittel kaum Durchgangseffekte vorlagen.

Die durchschnittlichen Werte für die präcecale Verdaulichkeit der Weizenkontrollgruppen lagen in der Starterphase für Rohprotein bei ca. 86 %, für Methionin bei ca. 93 %, für Lysin bei ca. 88 %, für Threonin bei ca. 83 % und für Tryptophan bei etwa 82 %.

In der Growerphase lagen die Verdaulichkeitswerte mit rund 85 % für Rohprotein, 91 % für Methionin, 87 % für Lysin, 78 % für Threonin und 81 % für Tryptophan nur geringfügig unter den Werten für die Starterphase.

Tabelle 10: Rohprotein- und Aminosäurenverdaulichkeit (%) der Kontrollgruppen in der Growerphase

	Anzahl	Mittelwert	Standardfehler	Variationskoeffizient
<u>Rohprotein</u>				
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

Fortsetzung Tabelle 10

Methionin

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

Lysin

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

Threonin

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

Wie bereits erwähnt, konnten aus verschiedenen Gründen nicht für alle Futtermittelbehandlungen die Proben aller 6 Wiederholungen analysiert werden. In Tabelle 11 ist die Anzahl an Wiederholungen des Rohproteins und der vier erstlimitierenden Aminosäuren für jedes Futtermittel aufgeführt. Für alle anderen Aminosäuren sind die Werte im Anhang aufgeführt.

Tabelle 11: Anzahl der Behandlungswiederholungen

		XP			Met			Lys			Thr			Trp		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
BH	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
BW	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
DI	S	3	1	3	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	G	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
GKS	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	4	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
KB	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	4	6	6	6	6	6	6	6	6	5	6	6	5	6	6
KU	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
LA	S	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
LB	S	6	6	5	6	6	5	6	6	5	6	6	5	6	6	5
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
NG	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
NH	S	3	3	4	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5
	G	3	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
WR	S	3	1	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
RH	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	6	5	6	6	5	6	6	5	6	6	5	6	6	5	6
SG	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
WT	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
WW	S	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	G	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

S = Starter, G = Grower

4.4 Verdaulichkeitswerte

Die praececalen Verdaulichkeitswerte für Weizen in der dritten Lebenswoche (Tabelle 12) wiesen sehr hohe Werte auf. Die vier erstlimitierenden Aminosäuren waren allesamt über 92 % verdaulich. Noch bessere Werte wurden für Triticale ermittelt. Die Sommergerste zeigte Werte zwischen 60,96 % für Isoleucin und 86,53 % für Methionin. Der getestete Roggen war allgemein bezüglich der enthaltenen Aminosäuren verhältnismäßig schlecht verdaulich. Am besten wurde hier die Glutaminsäure mit 75,77 % und auch Lysin mit 74,91 % verdaut.

Tabelle 12: pcV (%) für Weizen, Roggen, Triticale und Sommergerste in der 3. LW

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

* ermittelte Werte nicht plausibel

Die Rohprotein- und auch die Aminosäurenverdaulichkeit bei Rispenhirse (Tabelle 13) waren, außer für Lysin, eher mittelmäßig.

Bei Dinkel zeigte das Rohprotein vergleichbare Werte zur Rispenhirse, für Methionin, Lysin und Threonin wurden allerdings sehr ungünstige Verdaulichkeitswerte ermittelt. Lediglich Tryptophan war mit 89,32 % vergleichsweise gut verdaulich. Für Mais-Ganzkornsilage wurden für alle Aminosäuren und das Rohprotein sehr gute Verdaulichkeitswerte bestimmt. Der niedrigste Wert lag für Cystin vor und betrug 88,92 %.

Tabelle 13: pcV (%) von Rispenhirse, Dinkel und Ganzkornsilage in der 3. LW

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

* ermittelte Werte nicht plausibel

Der Dinkel wie auch der Roggen zeigten bei der Berechnung der linearen Regression für die meisten Aminosäuren niedrige lineare Zusammenhänge zwischen Aminosäureaufnahme und Aminosäurenverdaulichkeit und somit niedrigere Werte für das korrigierte Bestimmtheitsmaß (R²). In Abbildung 2 sind beispielhaft die Regressionslinien für Lysin und Threonin des Dinkels im Vergleich zu denen der Ganzkornsilage dargestellt.

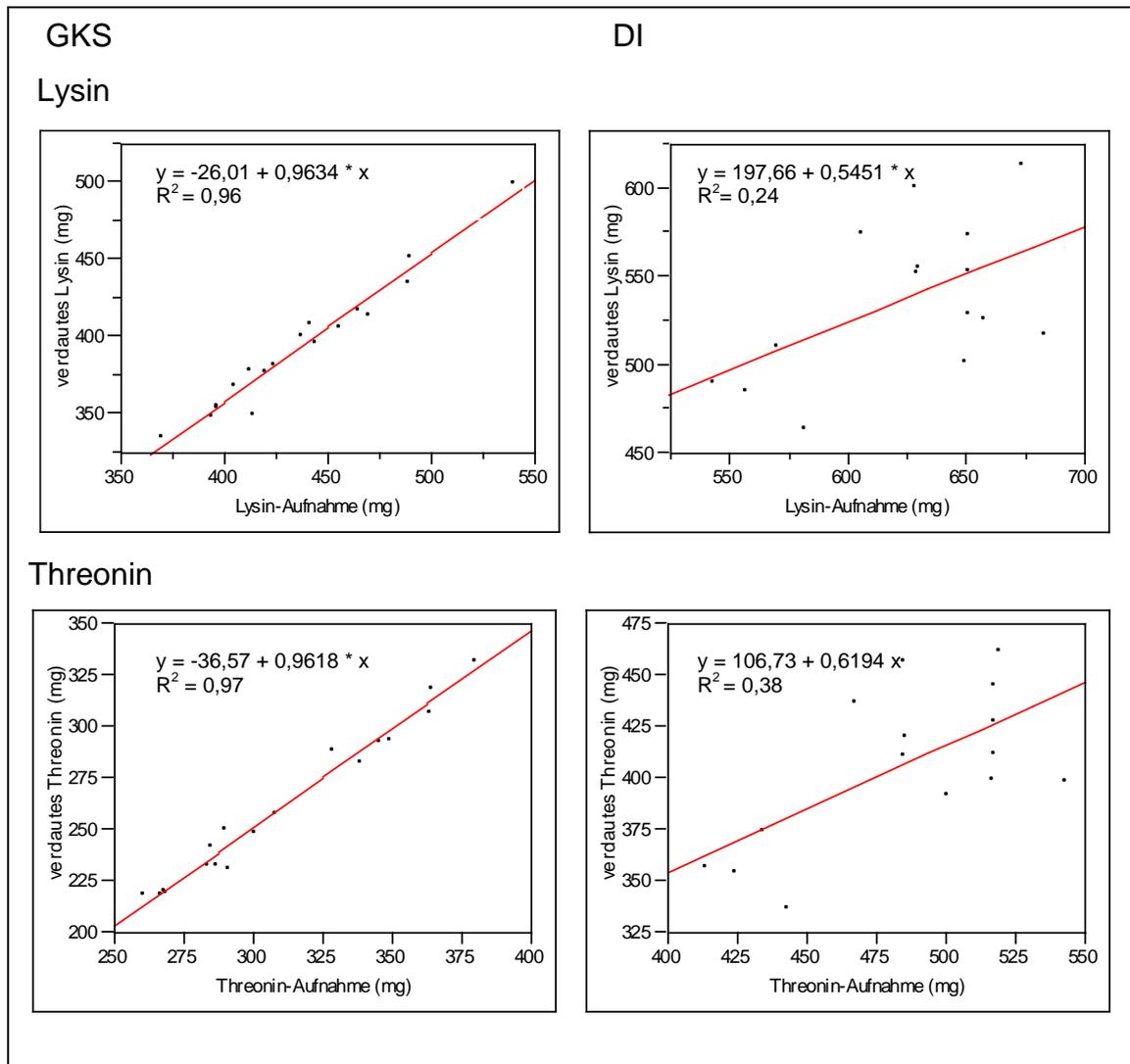


Abbildung 2: Regressionen zwischen aufgenommenem und verdaulichem Lysin bzw. Threonin für die Mais-Ganzkornsilage und den Dinkel

Für beide Kleegrassilagen (Tabelle 14) lagen relativ niedrige praececale Verdaulichkeitswerte vor, wobei die behandelte Variante für alle Aminosäuren und Rohprotein eindeutig schlechtere Ergebnisse erzielte. 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 Kleegrassilage zu 59,07 % verdaut, bei der extrudierten Silage nur zu 43,84 %. Für das Arginin der behandelten Silage konnte bei der Berechnung kaum ein linearer Zusammenhang zwischen AS-Aufnahme und AS-Verdaulichkeit festgestellt werden ($R^2 = 0,11$). Abbildung 3 zeigt die Beziehungen zwischen aufgenommenem und verdaulichem Arginin

bzw. Methionin für die behandelte Kleeegrassilage im Vergleich zum Linsenausputz.

Rohprotein, Methionin und Lysin der Luzerneblätter waren zu über 90 % verdaulich.

Tabelle 14: pcV (%) von Kleeegrassilage (behandelt und unbehandelt), Luzerneblätter und Linsenausputz in der 3. LW

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

* ermittelte Werte nicht plausibel

Doch auch Threonin und Tryptophan wiesen mit 84,35 % und 87,03 % noch hohe Werte auf. Beim Linsenausputz lagen die Werte ein wenig darunter. Der höchste Wert lag hier für Methionin mit 88,95 % vor. Den niedrigsten Wert besaß Tryptophan mit 71,83 %.

Braunhirse, Buchweizen und Nackthafer (Tabelle 15) zeigen allgemein gute Verdaulichkeitswerte, wobei allerdings der Nackthafer mit 91,15 % den höchsten Verdaulichkeitswert für Methionin aufwies. Bei Braunhirse wurde das Lysin sehr gut verdaut und auch die Werte für Rohprotein, Methionin und

Tryptophan lagen in einem günstigen Bereich. Bei Buchweizen wurde nur für wenige Aminosäuren eine Verdaulichkeit von 80 % ermittelt. Bei Nacktgerste lag die Rohproteinverdaulichkeit mit ca. 71 % im mittleren Bereich. Ähnliche Werte lagen für Lysin, Threonin und Tryptophan vor. Methionin war mit 80,57 % etwas besser verdaulich.

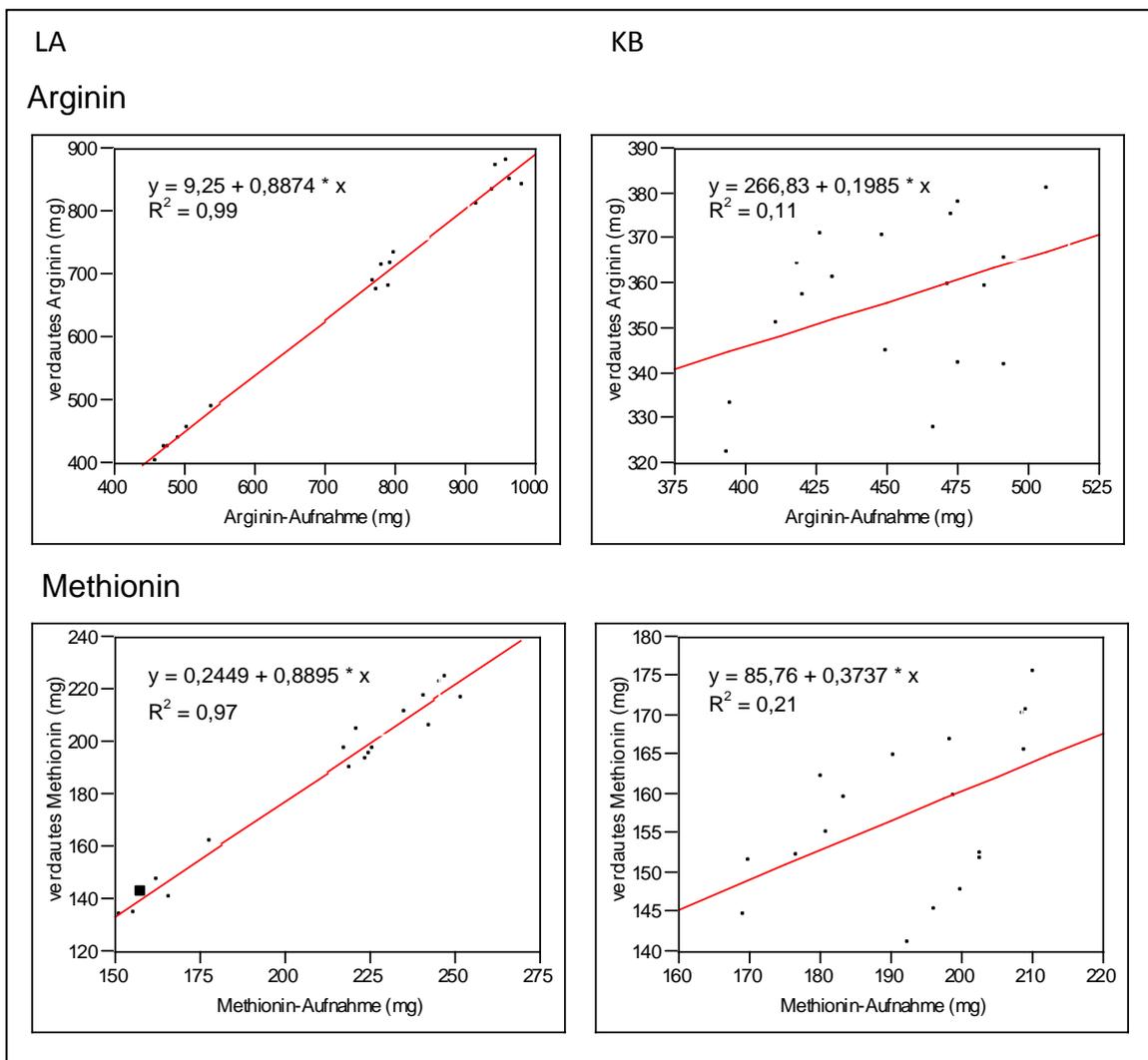


Abbildung 3: Regressionen zwischen aufgenommenem und verdaulichem Arginin bzw. Methionin für die extrudierte Kleegrassilage und den Linsenausputz

Tabelle 15: pcV (%) von Braunhirse, Buchweizen, Nacktgerste und Nackthafer in der 3. LW

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

* ermittelte Werte nicht plausibel

Generell war kein Trend bezüglich der Veränderung der Verdaulichkeit des Rohproteins und der Aminosäuren von der dritten zur sechsten Lebenswoche zu verzeichnen. Manche Futtermittel zeigten für einige oder die meisten Aminosäuren eine eindeutige Verbesserung oder Verschlechterung, andere hingegen zeigten kaum Unterschiede. Verbesserung und Verschlechterung der Verdaulichkeitswerte wechselten sich unter den Aminosäuren ab.

Bei Weizen hatte in der sechsten Lebenswoche (Tabelle 16) zwar die Verdaulichkeit der Aminosäuren Methionin, Lysin und Cystin zugenommen, jedoch waren alle anderen Aminosäuren und das Rohprotein um einige Prozentpunkte schlechter verdaulich als bei den drei Wochen alten Tieren. Während dort noch fast alle Aminosäuren zu über 90 % verdaulich waren, waren es bei den älteren Broilern nur noch wenige, die die 90 % - Schwelle überschritten. Auch bei Triticale wurden in der Growerphase die Aminosäuren, die in der Starterphase noch besser verdaulich waren als die von Weizen,

eindeutig schlechter verdaut und unterschritten sogar die Werte für Weizen. Für den Roggen wurden zwar auch bei den sechs Wochen alten Tieren allgemein nur mittelmäßig bis schlechte Verdaulichkeitswerte bestimmt, jedoch waren diese, mit Ausnahme von Methionin und Lysin, höher als in der dritten Lebenswoche. In ähnlicher Weise war bei der Sommergerste die Verdaulichkeit der Aminosäuren für die sechs Wochen alten Tiere besser als für die drei Wochen alten, jedoch war die Verbesserung nur geringfügig und die beiden Aminosäuren Tryptophan und Prolin wurden sogar etwas schlechter von den Hühnern verwertet.

Tabelle 16: pcV (%) von Weizen, Roggen, Triticale und Sommergerste in der 6. LW

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

* ermittelte Werte nicht plausibel

Obwohl in der sechsten Lebenswoche die meisten Aminosäuren der Rispenhirse (Tabelle 17) besser verdaulich waren als in der dritten, zeigte sich vor allem bei Lysin eine Verringerung. Die Methionin-Verdaulichkeit war dagegen höher. Auch die Aminosäuren-Verdaulichkeit des Dinkels stieg, mit

Ausnahme von zwei Aminosäuren, deutlich an. Für die sechs Wochen alten Mastbroiler lagen die Verdaulichkeitswerte der Aminosäuren für Dinkel in einem durchaus passablen Bereich. Bei der Ganzkornsilage wurde ein geringfügiger Rückgang der Verdaulichkeit registriert, die aber dennoch im oberen Bereich lag.

Tabelle 17: pcV (%) von Rispenhirse, Dinkel und Ganzkornsilage in der 6. LW

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

Die Verdaulichkeits-Werte für die Kleegrassilagen haben sich in der sechsten Lebenswoche geändert (Tabelle 18). Während die unbehandelte Variante niedrigere Werte für die älteren Tiere aufwies, waren diejenigen für die extrudierte Silage etwas höher und überstiegen für Methionin nun sogar den Wert der unbehandelten Silage. Sowohl bei den Luzerneblättern als auch beim Linsenausputz lagen ähnliche Verdaulichkeits-Werte wie in der Starterphase vor. Manche Aminosäuren zeigen ein wenig höhere Werte, manche ein wenig niedrigere. Die in der Regel niedrigen Bestimmtheitsmaße deuten aber auf geringe Verlässlichkeit der Schätzwerte hin.

Tabelle 18: pcV (%) von Kleegrassilage (behandelt und unbehandelt), Luzerneblättern und Linsenausputz in der 6. LW

	KB		KU		LB		LA	
	pcV	R ²						
XP	42,64	0,75	48,95	0,73	87,75	0,85	85,76	0,97
Met	49,89	0,28	47,51	0,65	92,56	0,91	90,26	0,99
Lys	44,56	0,14	32,97	0,31	86,94	0,83	86,03	0,99
Thr	42,28	0,80	48,95	0,68	76,63	0,74	79,70	0,99
Asp	50,59	0,87	57,35	0,82	81,06	0,85	82,60	0,99
Ser	44,32	0,85	49,55	0,70	87,09	0,86	80,43	0,99
Glu	56,06	0,51	52,08	0,66	95,54	0,97	85,79	0,99
Gly	27,37	0,59	39,98	0,54	79,70	0,81	80,04	0,99
Ala	59,41	0,94	63,10	0,88	82,14	0,83	81,52	0,99
Cys	21,02	0,06	-*	-*	90,14	0,67	74,12	0,96
Val	33,59	0,73	61,07	0,86	84,06	0,87	83,94	0,99
Ile	31,42	0,61	63,32	0,89	86,81	0,92	83,75	0,99
Leu	46,36	0,83	60,57	0,86	88,23	0,92	84,64	0,99
Tyr	42,06	0,84	47,20	0,67	86,35	0,90	82,86	0,99
Phe	34,71	0,81	57,29	0,82	89,96	0,93	82,43	0,98
His	15,30	0,17	19,97	0,08	92,29	0,93	85,10	0,99
Arg	30,07	0,46	43,64	0,45	90,95	0,92	88,54	0,99
Pro	43,19	0,71	52,77	0,73	96,34	0,96	80,93	0,99
Trp	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 eine gute Nährstoff-Verdaulichkeit. Das Rohprotein und die drei erstlimitierenden AS waren zu über 80 % verdaulich. Allerdings waren die Werte für Lysin, Threonin und Tryptophan sehr viel niedriger als noch in der Starterphase. Der Buchweizen zeigte auch in dieser Phase nur mittlere Verdaulichkeiten, die meist zwischen ca. 70 und 80 % lagen. Die Nacktgerste zeigte für die sechste Lebenswoche ebenfalls niedrigere Ergebnisse als in der dritten Lebenswoche. Die Methioninverdaulichkeit war ähnlich zu der des Buchweizens. Ein Getreide, das in der Growerphase für alle AS optimale Verdaulichkeitskoeffizienten aufwies, war der Nackthafer. Die erstlimitierenden AS und auch das Rohprotein waren zu über 90 % verdaulich.

Tabelle 19: pcV (%) von Nacktgerste, Braunhirse, Buchweizen und Nackthafer in der 6. LW

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

Beim Vergleich der berechneten Gehalte an verdaulichen Aminosäuren für die Futtermittel fallen für die Starterphase (Tabelle 20), vor allem die Braunhirse, der Linsenausputz und die getrockneten Luzerneblätter positiv auf. Der Linsenausputz besaß sowohl für Rohprotein, als auch für Lysin und Threonin den höchsten Gehalt der hier getesteten Futtermittel. Den höchsten Gehalt an verdaulichem Methionin wies die Braunhirse mit 0,31 % der Trockenmasse auf, den höchsten Gehalt an verdaulichem Tryptophan hatten die Luzerneblätter. Eher ungünstig waren Dinkel und die extrudierte Kleegrassilage zu bewerten. Beide enthielten nur ca. ein Drittel des Methioningehaltes der Braunhirse. Der Dinkel enthielt die niedrigsten Gehalte an verdaulichem Methionin und Lysin. Noch schlechter sahen die Werte für den Roggen aus. Dieser besaß sowohl für das Rohprotein, Threonin und Tryptophan die geringsten Werte aller untersuchten Futtermittel. Auch die verdaulichen Gehalte der anderen Aminosäuren waren nur gering.

In der Growerphase (Tabelle 21) wiesen ebenfalls Linsenausputz und Luzerneblätter hohe Gehalte an verdaulichen Aminosäuren auf, zusätzlich aber auch noch der Nackthafer und der Buchweizen. Während der Buchweizen vor allem einen hohen Gehalt an verdaulichem Methionin besaß, waren für den Nackthafer relativ hohe Werte für alle vier erstlimitierenden AS zu verzeichnen. Weniger zufriedenstellend hingegen sahen wiederum die Werte für den Roggen in der Growerphase aus. Sowohl für Rohprotein, als auch für alle untersuchten Aminosäuren waren nur geringe verdauliche Anteile enthalten. Durch ihre niedrigen Gehalte an verdaulichem Methionin scheinen auch die Kleegrassilagen bei den sechs Wochen alten Masttieren nicht zu einer ausreichenden Versorgung beizutragen.

Tabelle 20: 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 21: Gehalt an verdaulichen Aminosäuren /Rohprotein (% der TM) für die Growerphase

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	0,49	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 Nährstoffgehalte der Rohfuttermittel

Die analysierten Futtermittel zeigen bezüglich ihrer Nährstoffe sehr unterschiedliche Werte. Nicht für alle Kulturarten sind in der Literatur vergleichbare Daten aus dem ökologischen Landbau vorhanden.

Sowohl für Weizen (Mazzoncini et al., 2015; Peigné et al., 2014; Bilsborrow et al., 2013; Konvalina et al., 2012; Saki et al., 2009; Krejčířová et al., 2006, Berecz et al., 2001; Steinfeldt, 2001; AMINODat[®] 4.0), als auch für Gerste (Al-Marzooqui et al., 2010; Åssveen, 2009; Saki et al., 2009; Hansen et al., 2002; AMINODat[®] 4.0) liegen in der Literatur Werte aus konventionellem Anbau vor, die mit den bestimmten Werten sehr gut vergleichbar sind. Die Rohprotein und Aminosäuregehalte für Weizen überstiegen im vorliegenden Versuch die im ökologischen Landbau bestimmten Werte (Mazzoncini et al., 2015; Bilsborrow et al., 2013; Krejčířová et al., 2006; Strobel et al., 2001). Allerdings wurde in den eigenen Versuchen zertifiziertes Saatgut verwendet.

Für Nacktgerste lagen für die vier erstlimitierenden Aminosäuren ähnliche Werte wie für die Sommergerste vor, nur der Rohproteingehalt lag mit fünf Prozent doch deutlich höher. Ein sehr ähnlicher Wert für den Rohproteingehalt der Nacktgerste wurde auch von Oscarsson et al. (1996) ermittelt.

Die Tabellenwerte für konventionell angebaute Triticale (Widodo et al., 2015; Jósefiak et al., 2007; AMINODat[®] 4.0) und Hirsen (Kalinova und Moudry, 2006, AMINODat[®] 4.0) liegen leicht über den im Versuch analysierten Werten, wobei der Methioningehalt der Braunhirse den Tabellenwerten noch recht nahe kommt.

Dagegen liegen die ermittelten Nährstoffgehalte des Roggens weit unter den Ergebnissen anderer Versuche aus konventioneller Erzeugung (Brestenský et al., 2013) und auch aus ökologischem Anbau. Scheinbar handelte es sich beim verwendeten Roggen um eine Ernte mit sehr schlechter Proteinqualität.

Der Nackthafer zeigte mit 13,9 % Rohprotein vergleichbare Werte zu den konventionell angebauten Nackthafersorten in den Versuchen von Biel et al. (2009), Hetland und Svihus (2001) und Zarkadas et al. (1995). Für ökologisch angebauten Nackthafer der Sorte Polar konnten Micek et al. (2012) eine Rohproteingehalt von 15,2 % nachweisen. Die Werte der vier erstlimitierenden

Aminosäuren waren ähnlich zu denen von Biel et al. (2009) und Givens et al. (2004) und überschritten mit 2 g/kg sogar die dort analysierten Werte für Methionin. Bei Givens et al. (2004) wurden die Inhaltsstoffe für den Nackthafer aus Anbauverfahren mit und ohne Stickstoffdüngung analysiert. Die Lysin-, Threonin- und Tryptophangehalte der eigenen Versuche liegen näher an denen des Anbauverfahrens ohne Stickstoffdüngung.

Der Rohproteingehalt des Buchweizens entspricht in etwa den Gehalten, die auch in anderen Experimenten mit konventionellen Quellen bestimmt wurden (Zielinski et al., 2009; Bonafaccia und Fabjan, 2003; Steadman et al., 2001b; Takumi et al., 1994; Eggum et al., 1980). Eggum et al. (1980) und Pomeranz und Robbins (1972) fanden ähnliche Werte für die vier bzw. drei erstlimitierenden Aminosäuren.

Der geprüfte Dinkel scheint im Vergleich zur Literatur relativ geringe Gehalte an Rohprotein (Bonafaccia et al., 2000; Ranhotra et al., 1996a; Ranhotra et al., 1996b; Abdel-Aal et al., 1995) und Aminosäuren (Berecz et al., 2001; Bonafaccia et al., 2000) zu haben. Allerdings sind diese Versuche unter konventionellen Bedingungen durchgeführt worden. Außerdem spielt auch beim Dinkel die Wahl der Sorte und des Anbauortes im Hinblick auf die Höhe und Zusammensetzung des enthaltenen Proteins eine große Rolle (Ranhotra et al., 1996b).

Der Rohproteingehalt des geprüften Maises scheint ähnlich (Lasek et al., 2012; Kriegshauser et al., 2006) bzw. sogar über den Werten für konventionell angebauten Mais zu liegen (Vasan et al., 2008; Zhai und Zhang, 2007; Li et al., 2006; Cowieson, 2005; Han et al., 1987; AMINODat[®] 4.0). Die Aminosäuregehalte sind mit denen aus konventionellen Anbau zu vergleichen (Lasek et al., 2012; Kim, 2010; Panda et al., 2011; Vasan et al., 2008; Zhai und Zhang, 2007; Kriegshauser et al., 2006; Li et al., 2006).

Die Nährstoffgehalte der Kleegrassilagen und der Luzerneblätter entsprachen in etwa den Werten von Blattleguminosen aus dem konventionellen Anbau (Avci et al., 2013; Jatkauskas et al., 2013; Krawutschke et al., 2013; Urdl et al., 2009; AMINODat[®] 4.0). Auch die Nährstoffgehalte des Linsenausputzes sind mit den Angaben für konventionell angebaute Linsen vergleichbar (Bhatty und Christison, 1984; Nwokolo und Smartt, 1996).

5.2 Tiergewichte

In den durchgeführten Versuchen erreichten die Tiere am 15., 21., 36. und 42. Lebenstag ein Durchschnittsgewicht von jeweils 239 g, 456 g, 1171 g und 1597 g. Die Referenzwerte des Züchters liegen bei 318 g, 602 g, 1317 g und 1697 g, wobei diese Angaben für konventionelle Fütterung gelten (www.hubbardbreeders.com). Die Durchschnittsgewichte der Versuchstiere lagen somit etwas niedriger, wobei allerdings die prozentuale Differenz mit zunehmendem Alter abnahm. Bis zum 14. Tag wurde den Versuchstieren der vorgefertigte Starter gefüttert. Ab dem 14. Lebenstag erhielten die gewogenen Tiere die Starter-Prüfrationen. Das Nährstoffangebot in den ökologischen Futtermitteln war offensichtlich für die jungen Tiere nicht ausreichend hoch angesetzt. Ab dem 28. Lebenstag erhielten die Tiere dann Growerfutter. Durch den sinkenden Nährstoffbedarf und möglicherweise eine verbesserte Fähigkeit die Nährstoffe zu verdauen, konnten die Tiere den Gewichtsrückstand im Vergleich zur konventionellen Fütterung kompensieren.

Die Gewichtszunahme während der Prüfphasen war für fast alle Futtermittel akzeptabel, was darauf schließen lässt, dass selbst bei niedrigster Zulagestufe ausreichend Nährstoffe vorhanden waren. Mit zunehmender Konzentration des Prüffuttermittels in der Ration wurde der Nährstoffgehalt optimiert und die Gewichtszunahmen stiegen. Ausnahmen waren die Luzerneblätter und die Kleegrassilagen. Sie führten bei zunehmender Konzentration zu einer verminderten Gewichtszunahme und in der höchsten Zulage sogar zu einer Gewichtsreduktion der Broiler. Grund hierfür ist höchstwahrscheinlich der hohe Rohfasergehalt dieser Futtermittel. Dieser bewirkte eine verringerte Nährstoffdichte und die Tiere waren nicht in der Lage genügend Futter und damit genügend Nährstoffe aufzunehmen.

5.3 Verdaulichkeit des Rohproteins und der Aminosäuren

5.3.1 Bewertung der Einflussfaktoren

Die ermittelten Verdaulichkeitswerte weisen eine große Variation, sowohl zwischen den Aminosäuren als auch zwischen den Futtermitteln, auf. Zu den meisten Futtermitteln gibt es noch keine vergleichbaren Verdaulichkeitswerte

beim Broiler und nur sehr wenige der vorhandenen Werte wurden unter den Bedingungen des ökologischen Landbaues und/oder mit der gleichen Methode bestimmt. Die Ergebnisse dieser Arbeit sind daher nur bedingt mit denen aus der Literatur vergleichbar und beziehen sich auf die angegebene Hühnerrasse, Bestimmungsmethode und die verwendeten Futtermittel. Im Folgenden sollen daher die eigenen Ergebnisse vor allem in Hinblick auf ihre Aussagefähigkeit und zur Bedeutung der geschätzten Werte für die praktische Fütterung der langsam wachsenden Rasse im Ökologischen Landbau beurteilt werden. Auf eine Differenzierung zwischen der dritten und sechsten Lebenswoche wird dabei verzichtet, da die Unterschiede diesbezüglich eher gering waren. Diese Begebenheit wurde so nicht erwartet, da in der Literatur sehr oft auf das Alter als Einflussfaktor für die Verdaulichkeit hingewiesen wird (Batal und Parsons, 2002). In den durchgeführten Versuchen gab es zwar Futtermittel, die bei den älteren Tieren eine verbesserte Verdaulichkeit aufweisen, jedoch ebenso viele, deren Verdaulichkeit in der Growerphase schlechter oder fast identisch mit der Starterphase war. Es ist demnach also kein eindeutiger Trend zu verzeichnen. Auch in der Literatur liegen teilweise widersprüchliche Ergebnisse hierzu vor. Bisherige Versuche zum Einfluss des Alters der Broiler auf die Aminosäurenverdaulichkeit legen nahe, dass die Verdaulichkeit zunächst bis zum 10. Lebenstag steigt und sich dann auf einem Plateau bewegt (Batal und Parsons, 2002). In der 2. (Dublecz et al, 2006) bzw. 3. Lebenswoche (Zuprizal et al., 1992) verringert sich die Verdaulichkeit wieder bis zur 6. Lebenswoche, worauf sie dann wieder ansteigt (Dublecz et al, 2006). Huang et al. (2005) verglichen die scheinbaren Verdaulichkeitswerte von Broilern im Alter von 14, 28 und 42 Lebenstagen unter anderem für Weizen, Hirse und Mais. Beim Vergleich der Ergebnisse für den 14. und 42. Lebenstag fällt auf, dass die Verdaulichkeit beim Weizen etwas geringer wurde, beim Mais sich etwas verbesserte und bei der Hirse in etwa unverändert blieb. Es ist also auch hier keine eindeutige Tendenz erkennbar. Moughan et al. (2014) verglichen weitere Untersuchungen zum Einfluss des Alters von Broilern auf die Aminosäurenverdaulichkeit und kamen zu dem Entschluss, dass die Effekte dann verschwinden, wenn bei der Bestimmung um die endogenen Verluste korrigiert wird. Bei den vorliegenden Versuchen können zwar die basalen endogenen Verluste außer Betracht gelassen werden, jedoch wurde keine

Korrektur um die spezifischen endogenen Verluste durchgeführt. Diese sind jedoch sowohl von der Zusammensetzung des jeweiligen Futtermittels (Kluth und Rodehutschord, 2009), als auch vom Alter der Tiere (Adedokun et al., 2007) abhängig und demnach auch bei den analysierten Futtermitteln unterschiedlich hoch.

Des Weiteren können die ermittelten Verdaulichkeitswerte durch das Geschlecht der Tiere beeinflusst worden sein (Kim und Corzo, 2012; Ravindran et al., 2004). In den durchgeführten Versuchen wurden die Geschlechter nicht explizit bestimmt und separiert. Es waren also in den Abteilen nicht immer ausgeglichene Verhältnisse von männlichen und weiblichen Tieren vorhanden. Dies trifft vor allem auf die Starterphase zu. Die Tiere hätten hier mittels Kloaken-Sexing geschlechtlich getrennt werden müssen, da eine Separierung anhand der Befiederung bei dieser Hühnerrasse nicht möglich ist. In der sechsten Lebenswoche konnten den Abteilen anhand von Körpergröße und -form jeweils drei männliche und drei weibliche Tiere zugeordnet werden. Allgemein wurde aber von vornherein davon ausgegangen, dass sich ein möglicher Effekt der Geschlechter über die Wiederholungen hinweg ausgleicht. Wie man anhand der Tiergewichte (Tabelle 7 und Tabelle 8) sehen kann, waren die Tiere nicht nur innerhalb eines Durchganges sehr inhomogen, vor allem zwischen den Durchgängen gab es teilweise sehr große Unterschiede. Eine Ursache ist, dass nicht bei jeder Charge dieselben Elterntiere zum Einsatz kamen. Ein Einfluss auf die ermittelten Verdaulichkeitswerte kann jedoch weitestgehend ausgeschlossen werden, da die Kontrollgruppen, die bei jedem Durchgang mit geprüft wurden, keine auffälligen Abweichungen bezüglich ihrer Verdaulichkeitswerte voneinander aufwiesen.

In den Chymusproben der mit Roggen und Dinkel gefütterten Tieren wurde außerdem ein auffälliger Gehalt an Einstreu entdeckt. Die Ursache für dieses Verhalten und ob tatsächlich die Futtermittel per se eine Rolle spielten ist unklar. Es ist zwar bekannt, dass Hühner Roggen nicht so gerne fressen und, wenn sie die Möglichkeit haben, diesen liegen lassen. Das Futter im Versuch war aber pelletiert, so dass diese Möglichkeit nicht gegeben war. Die enthaltenen anti-nutritive Inhaltsstoffe kommen eher als Ursache in Frage. Diese haben unter Umständen die Verdauung beeinträchtigt, so dass die Tiere zum Ausgleich Einstreu gefressen haben. Die Futteraufnahme selber war aber

nicht beeinträchtigt. Fakt ist jedoch, dass die Tiere mit der verzehrten Einstreu auch Kotreste aufgenommen haben und damit das Ergebnis verfälschten, indem sie einerseits zusätzliche Rohfaser und andererseits mit dem Kot bereits ausgeschiedene Aminosäuren und Titandioxid wiederaufgenommen haben. Allerdings ist dieser Effekt geringer einzuschätzen, da wie bereits erwähnt, die Futteraufnahme der Tiere gegenüber den anderen Futtermitteln nicht abwich.

5.3.2 Verdaulichkeit

In der AMINODat[®] 4.0 Datensammlung liegen für Gerste (6. LW), Mais (3. und 6. LW), Rispenhirse (6. LW) und Weizen (3. und 6. LW) Werte für die standardisierte ileale Verdaulichkeit vor, die sich in einem ähnlichen Bereich bewegen. Der Nackthafer scheint ähnliche Verdaulichkeiten zu besitzen wie der dort aufgeführte Hafer und auch die Braunhirse zeigt für die dritte Lebenswoche vergleichbare Werte wie die Hirse der Datensammlung.

Kluth et al. (2009) bestimmten die prececale Aminosäurenverdaulichkeit von verschiedenen Weizensorten bei drei Wochen alten, schnellwachsenden Mastbroilern (Ross308). Bei einer Sorte wurde kein Enzym zugegeben. Die Werte liegen allesamt ca. 10 % unter den in der vorliegenden Untersuchung bestimmten Werten. Möglicherweise spielt hier die Rasse der Hühner und auch die Weizensorte eine wichtige Rolle. Auch zwischen den Weizensorten, die Kluth et al. (2009) untersucht haben, konnten Unterschiede in der Verdaulichkeit der Aminosäuren ermittelt werden.

Der Mais zeigte mit seinen fast ausnahmslos über 90 % liegenden Werten sehr gute Verdaulichkeiten. Ähnliche ileale Verdaulichkeits-Werte konnten auch von Kim (2010) für drei Maissorten bestimmt werden. Die Verdaulichkeit vieler Aminosäuren ist fast identisch, manche liegen geringfügig unter den eigens bestimmten. Eine Abweichung könnte sich dadurch ergeben haben, dass zur Bestimmung der Inhalt des kompletten Ileums verwendet wurde und nicht wie in den eigenen Versuchen nur die beiden letzten Drittel. Nach Kluth et al. (2005) und Rezvani et al. (2008) ist im ersten Drittel die Verdauung der Aminosäuren noch nicht komplett abgeschlossen.

Das Extrudieren der Kleegrassilage führte nicht wie erwartet zu einer verbesserten Verdaulichkeit der Aminosäuren und des Proteins. Normalerweise

kann ein schonendes Extrudieren die Verfügbarkeit von Nährstoffen verbessern (Ahmed et al., 2014b; Singh et al., 2007; Armour et al., 1998; Håkansson et al., 1987; Srihara und Alexander, 1984). Doch vor allem im Starterfutter scheint die Verarbeitung sogar einen stark negativen Effekt zu haben. Die Verdaulichkeit aller bestimmten Aminosäuren fällt bei Fütterung der extrudierten Kleegrassilage im Vergleich zur unbehandelten Silage deutlich ab. Erklärt werden kann dies dadurch, dass bei zu hohen Temperaturen die Verfügbarkeit von Protein und Aminosäuren, vor allem aber von Lysin abnimmt (Singh et al., 2007; Araba und Dale, 1990; Camire et al., 1990). Dies hängt mit der Maillardreaktion zusammen, die unter hohen Temperaturen stattfindet (Camire et al., 1990; Cheftel; 1986). Des Weiteren beeinflusst die bei Erhitzung stattfindende Stärkeverkleisterung die Absorptionsrate im Dünndarm (Johnson und Gee, 1981). Sie kann die endogenen Ausscheidungen erhöhen (Low, 1989) und die Viskosität des Darminhaltes steigern, was dazu führt, dass Verdauungsenzyme nicht effektiv arbeiten können (El-Khalek und Janssens, 2010).

Bei dem Kleegrassilage-Growerfutter konnte zwar kein so starker Rückgang der Verdaulichkeit durch das Extrudieren beobachtet werden, jedoch lag die Verdaulichkeit der meisten Aminosäuren bei der extrudierten Variante ebenfalls etwas niedriger. Nur Rohprotein, Methionin, Lysin und Glutaminsäure wurden bei der bearbeiteten KGS besser verdaut.

Allgemein wurde der hohe Gehalt an Rohprotein und Aminosäuren der Kleegrassilagen durch eine schlechte Verdaulichkeit relativiert. Als Ursache hierfür kommt der hohe Gehalt an Rohfaser in Frage, da dieser die Verdaulichkeit der Aminosäuren herabsetzen kann. Jørgensen et al., (1996) konnten in ihren Versuchen mit Broilern nachweisen, dass sich die Verdaulichkeit aller Nährstoffe mit einem steigenden Rohfasergehalt verschlechtert. Doch nicht nur die Höhe des Rohfasergehaltes war hier von Bedeutung, sondern auch die Herkunft und damit die Zusammensetzung der Rohfaser. Eine entscheidende Rolle spielt hierbei die Löslichkeit der enthaltenen Faserfraktion. Dies erklärt, warum die getrockneten Luzerneblätter trotz ähnlich hoher Rohfasergehalte eine deutlich bessere Verdaulichkeit aufweisen. Bei den Luzerneblättern hatte mit zunehmender Konzentration in der Ration die Futterraufnahme abgenommen. Vermutlich war das Futtervolumen so

hoch, dass die Nährstoffaufnahme deutlich vermindert wurde. Die gleichzeitig beobachtete hohe Aminosäurenverdaulichkeit kann über eine bessere Verwertung der Aminosäuren bei marginaler Versorgung erklärt werden, obwohl die absolute Höhe doch überrascht hat. Kotrecycling kann eher ausgeschlossen werden, da keine abweichenden Titanoxid-Gehalte im Chymus vorgefunden wurden.

Beim Buchweizen wird der zunächst vielversprechende Gehalt an Aminosäuren durch eine relativ schlechte Verdaulichkeit relativiert. Auch bei anderen Spezies (Skrabanja et al., 2000) und in vitro-Versuchen (Ikeda et al., 1986) wurden mäßige Verdaulichkeitswerte für den Buchweizen ermittelt. Ursachen sind der ebenfalls hohe Gehalt an Rohfaser (siehe Tab. 5) (Eggum et al., 1980) und an antinutritiven Substanzen, wie Trypsininhibitoren und Tanninen (Ikeda et al., 1991; Eggum et al., 1980), die die Proteinverdaulichkeit hemmen.

Roggen und Dinkel wiesen vor allem in der Starterphase sehr schlechte Verdaulichkeitswerte mit sehr niedrigen Bestimmtheitsmaßen auf. Seit langem ist bekannt, dass Roggen in der Geflügelfütterung negative Effekte auf Zuwachs und Futtermittelverwertung haben kann. Vor allem Jungtiere sind hier betroffen. Grund für diese Effekte sind die im Roggen enthaltenen Nicht-Stärke-Polysaccharide, vor allem Arabinoxylane (Lee, 2014; Lee et al., 2004; Moran et al., 1969; Annison und Choct, 1991; Grootwassink et al., 1989; Pettersson und Åman, 1989; Pettersson et al., 1988). Diese können die Aminosäurenverdaulichkeit mindern (Antoniou et al., 1981). Tatsächlich sind auch in den eigenen Versuchen die täglichen Zunahmen der Tiere im Vergleich zu den anderen Getreiden etwas geringer. Der Dinkel hatte im Vergleich zu anderen Getreidearten einen hohen Rohfasergehalt, der durch die Spelzen, die nicht ablösbar sind, verursacht wurde. Sehr wahrscheinlich ist dieser für die schlechte Verdaulichkeit dieses Futtermittels verantwortlich.

Bei mehreren Futtermitteln sticht hervor, dass besonders Cystin im Vergleich zu den anderen Aminosäuren eine relativ niedrige Verdaulichkeit zu haben scheint. 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

Einige der berechneten Aminosäuren-Verdaulichkeitswerte liegen bei einem Wert von über 100 %. Sie wurden in den Tabellen nicht aufgeführt. Dies ist vom Prinzip nicht möglich, da ansonsten im Ileum negative Gehalte vorliegen müssten. Ursächlich hierfür dürfte die angewendete lineare Regressionsrechnung sein. Bei allen aufgeführten Werten handelt es sich um Schätzwerte der praececalen Verdaulichkeit, die wie in 3.2. beschrieben, aus 3 Zulagestufen mit jeweils 6 Wiederholungen bestimmt wurden. Eine Verdaulichkeit von über 100 % ist also in diesem Falle so zu deuten, dass die entsprechende Aminosäure nahezu vollständig vom Tier verdaut wurde. Ähnliches gilt für die negativen Werte der behandelten Kleegrassilage in der Starterphase. Die Rohfasergehalte der drei Zulagestufen betragen 3,82 % der TM in der ersten, 7,64 % in der zweiten und 11,58 % in der dritten Stufe. Entsprechend stiegen auch die durch das Extrudieren entstandenen negativen Effekte/ Inhaltsstoffe und senkten dabei die Verdaulichkeit mit zunehmendem Gehalt ab. Dadurch wurde die Steigung der angepassten Regressionslinie negativ. Eine weitere Erklärung hierfür könnte das bereits erwähnte Aufnehmen des eigenen Kotes und der Einstreu sein. Allerdings scheint diese Erklärung unzureichend, da die Verdaulichkeitswerte nicht für alle Aminosäuren eines Futtermittels über 100 % lagen, sondern nur vereinzelt. Auffällig war jedoch, dass dies meistens die Aminosäure Lysin betraf. Eine Ursache hierfür ist nicht bekannt. Allerdings stellt sich die Frage, ob es nicht von Vorteil sein könnte, diese Untersuchungen in Einstreu-loser Haltung durchzuführen.

5.3.4 Bewertung der geprüften Futtermittel

Der Vergleich der geprüften Futtermittel anhand der Gehalte an verdaulichen Aminosäuren zeigt, dass vor allem die Braunhirse, die Rispenhirse und die Luzerneblätter als Methionin-reiche Futtermittel für die Bio-Hühnermast interessant sind. Sie können mit ihrem Gehalt die empfohlenen Mengen an verdaulichen Aminosäuren für langsam wachsende Masthühner nahezu abdecken und so die anderen Eiweißfuttermittel zumindest teilweise ersetzen. Der Linsenausputz, der Buchweizen, die unbehandelte Kleegrassilage und die

Luzerneblätter enthalten hohe Mengen an Lysin, die die empfohlenen Gehalte in der Ration sogar überschreiten. Die Luzerneblätter sollten jedoch nicht in hohen Konzentrationen in der Ration enthalten sein, da sie durch ihren hohen Rohfasergehalt die Futteraufnahme und damit das Wachstum der Tiere hemmen. Bei den anderen Futtermitteln stellt sich überwiegend die Frage nach der (regionalen) Verfügbarkeit. Die Linsen selbst werden ausschließlich zum menschlichen Verzehr angebaut. Ihre Produktion wäre zur alleinigen Nutzung als Tierfutter zu kostenaufwendig. Verwendbar ist daher nur der als „Abfall“ anfallende Ausputz. Ähnlich sieht es bei der Braunhirse aus. Sie ist ein Nischenprodukt für die Humanernährung und wird dort mehr oder weniger als gesundheitsförderndes Nahrungsergänzungsmittel angeboten (www.biohof-Lex.de). Dementsprechend sind auch die Zuchtziele dieser Futter- bzw. Lebensmittel stark auf die Bedürfnisse der menschlichen Ernährung ausgerichtet, was sich nachteilig auf die Nutzung in der Tierproduktion auswirken kann, da hier teilweise Inhaltsstoffe nachgefragt werden, die in der Tierernährung als unerwünscht gelten. Die durchgeführten Untersuchungen sollten hier auch lediglich einen Überblick darüber geben, welche Futtermittel in der Bio-Hühnermast eingesetzt werden können, wenn diese verfügbar sind. Fast alle der getesteten Futtermittel hatten mindestens ähnliche Gehalte an verdaulichen Aminosäuren wie Weizen und erscheinen somit allesamt für den Einsatz in Futtermitteln für langsam wachende Masthuhnrasen geeignet. Hierdurch ergeben sich im Ökologischen Landbau mehr Möglichkeiten für die Rationsgestaltung, da die verschiedenen Futtermittel untereinander ausgetauscht werden können.

5.3.5 Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die getesteten ökologischen Futtermittel liegen zwar in ihren Gehalten teilweise unter denen aus konventionellem Anbau, weisen aber sehr ähnliche Werte für deren Verdaulichkeit auf. Des Weiteren konnte ein Effekt des Alters auf die Verdaulichkeit nicht nachgewiesen werden. Hieraus lässt sich schließen, dass für die Berechnung der Rationen durchaus die Werte aus Datenbanken mit konventionellen Futtermitteln herangezogen werden können. Des Weiteren ist zu vermerken, dass die Relationen zwischen enthaltenen Aminosäuren und

dem Rohprotein bei den getesteten ökologischen Futtermitteln sehr ähnlich zu denen aus konventionellen Futtermitteln sind (Tabelle 22). Eine Analyse aller Einzelaminosäuren jeder Charge scheint daher nicht notwendig. Die Bestimmung der Rohnährstoffe dürfte zur Abschätzung des jeweiligen Aminosäuregehalts genügen. Allerdings sollte dies zunächst noch in weiteren Untersuchungen geprüft werden.

Tabelle 22: Anteil von Methionin am enthaltenen Gesamt-Protein (%)

	Tabellenwerte*	analysierte Werte
Braunhirse	1,69	1,76
Buchweizen	2,3	1,71
Dinkel	1,8	1,48
Linsen	0,85	0,7
Luzerne	1,58	1,54
Rispenhirse	2,13	2,37
Gerste	1,59	1,64
Roggen	1,58	1,53
Tritikale	1,65	1,63
Weizen	1,48	1,52

* AminoDat 4.0®; Abdel-Aal und Hucl, 2002; DLG-Futterwerttabelle; Kalinova und Moudry, 2006; Zeller, 2001

Ein gewisser Zuschlag zu den angegebenen Mengen ist jedoch zu empfehlen, da suboptimale Managementbedingungen die Nährstoffverwertung beeinträchtigen.

Ferner sollte beachtet werden, dass andere Masthuhngenotypen abweichende Bedarfswerte haben können, auch wenn die vorliegenden Ergebnisse auf Grund der vergleichbaren Verdaulichkeitswerte aussagen, dass für die unterschiedlichen Genotypen oder Altersgruppen dieselben Verdaulichkeitswerte anwendbar sind. Ebenso ist zu beachten, dass die Verdaulichkeit eines Einzelfuttermittels in einem Mischfutter auf Grund der Wechselwirkung zwischen den einzelnen Futterbestandteilen von den im Verdauungsversuch geschätzten Werten abweichen kann.

Die gewonnenen Ergebnisse liefern ohne Frage einen wichtigen Beitrag zur Optimierung der Eiweißversorgung in der Bio-Hühnermast, vor allem in der Anfangsmast. Dennoch besteht weiterer Forschungsbedarf. In erster Linie ist hier die Ableitung von Bedarfswerten für Rohprotein und Aminosäuren für langsam wachsende Masthühner zu nennen. Dies dürfte ein Schlüssel für weitere Forschungen zur Nährstoffversorgung sein. Ferner sollte weiter untersucht werden, ob bei den Futtermitteln ein konstantes Verhältnis zwischen Methionin und dem enthaltenem Gesamtprotein vorliegt und ob dies auch für weitere Aminosäuren, wie z.B. Lysin, Threonin und Tryptophan, zutrifft. Die beobachtete Aufnahme von Einstreu durch einige Versuchstiergruppen indiziert eine Durchführung der Verdauungsversuche in Einstreu-losen Systemen, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass die Ergebnisse durch die Aufnahme von Einstreu verfälscht werden. Ggfs. gibt es auch schon Erkenntnisse hierzu, auf die zurückgegriffen werden kann.

Ferner sollten in Zukunft auch noch weitere Bio-Futtermittel untersucht werden, wie z.B. Amarant, Esparsette oder ähnliche, die auf einzelnen Betrieben unter Umständen für die Tierfütterung zur Verfügung stehen. Hierdurch könnte die Auswahl an Grundfuttermitteln für die Bio-Hühnermast weiter erhöht werden. Die Vielfalt der zur Verfügung stehenden Futtermittel kann die Grundversorgung der Tiere mit Methionin sichern und so die Eiweißlücke verringern bis schließen.

6. Zusammenfassung

Um die Eiweißlücke in der ökologischen Hühnermast zu schließen, wurden 15 Futtermittel bezüglich ihrer Rohprotein- und Aminosäuregehalte und den dazugehörigen praececalen Verdaulichkeitswerten analysiert. Getestet wurden sowohl herkömmliche Getreidearten, wie Weizen, Roggen, Dinkel, Triticale, Sommergerste, unbespelzte Arten, wie die Nacktgerste und der Nackthafer, wie auch in Vergessenheit geratene Getreide bzw. Pseudogetreidearten, wie Braun- und Rispenhirse und der Buchweizen, Maisganzkornsilage, Linsenausputz, getrocknete Luzerneblätter und Kleegrassilage (behandelt und unbehandelt). 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 eingesetzt.

Die Bestimmung der Verdaulichkeit erfolgte nach Rodehutschord et al. (2004). Es wurde eine Grundration hergestellt, der das zu testende Futtermittel im Austausch zu Maisstärke in 3 Konzentrationen 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 mit einer Mischung aus Sauerstoff, Stickstoff und Kohlendioxid betäubt und anschließend mit reinem CO₂ getötet. Der Abschnitt zwischen Meckel'schem 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, Aminosäuren und Titandioxid bestimmt. Mit den im Chymus und im Futter enthaltenen Mengen an Aminosäuren und Rohprotein, im Bezug zum unverdaulichen Marker, wurde die Menge an verdaulichem Rohprotein bzw. an verdauter Aminosäure berechnet und im Koordinatensystem gegen die aufgenommene Menge abgetragen. Anschließend wurde eine Regressionslinie angepasst, deren Steigung die praececale Verdaulichkeit angibt

Die Gehalte der Nährstoffe in den ökologisch angebauten Kulturarten verhalten sich teilweise unterschiedlich im Vergleich zu denen aus konventionellem Anbau. Während manche Arten sehr viel niedrigere Werte aufzeigen, weisen andere ähnliche oder gar höhere Nährstoffgehalte auf. Den höchsten Rohproteingehalt wies der Linsenausputz auf, gefolgt von den Kleegrassilagen und den getrockneten Luzerneblättern. Allerdings war bei den Luzerneblättern auch der höchste Rohfasergehalt zu verzeichnen. Die Braunhirse, die Rispenhirse, die Kleegrassilagen und die getrockneten Luzerneblätter enthielten am meisten Methionin. Die höchsten Lysingehalte lagen für den Linsenausputz, die Kleegrassilagen und die Luzerneblätter vor.

Die Verdaulichkeitswerte der Futtermittel zeigen eine große Variation. Schlechte Ergebnisse für beide Altersstufen liegen sowohl für Dinkel und Roggen als auch für die Kleegrassilagen vor, wofür wahrscheinlich ein erhöhter Gehalt an antinutritiven Inhaltsstoffen verantwortlich ist. Das Extrudieren der Kleegrassilage verschlechterte die Verdaulichkeit sogar noch. Bei Buchweizen und Kleegrassilage wird ein durchaus beachtlicher Gehalt an Rohprotein und Aminosäuren durch eine mäßige bis schlechte Verdaulichkeit relativiert. Als geeignete Futtermittel, die sowohl durch ihren Gehalt als auch die hohe Verdaulichkeit der Aminosäuren zu einer ausreichenden Versorgung beitragen können, stellten sich die Braunhirse, Rispenhirse, der Linsenausputz und vor allem die getrockneten Luzerneblätter heraus. Letztere müssen auf Grund ihrer Steigerung des Futtermittelvolumens mit Bedacht in der Ration eingesetzt werden, da sie bei hohen Anteilen im Futter zu einer unzureichenden Nährstoffaufnahme führen können und damit das Wachstum der Tiere beeinträchtigen.

Allgemein kann jedoch festgehalten werden, dass die Verdaulichkeitswerte der ökologischen Futtermittel sehr ähnlich zu denen der konventionell angebauten Futtermittel sind. Eine generelle Steigerung bzw. Abnahme der Rohprotein- und Aminosäurenverdaulichkeit zwischen der dritten und sechsten Lebenswoche konnte durch die ermittelten Ergebnisse nicht belegt werden. Keines der getesteten Futtermittel wies einen Methioningehalt auf, der erheblich zur Methioninversorgung der Tiere beitragen kann. Dennoch können alle der getesteten Futtermittel mit ihrem Aminosäuregehalt als Ersatz für Weizen eingesetzt werden, wodurch die Auswahl der nutzbaren Futtermittel in der

Rationsgestaltung steigt. Hieraus ergeben sich Ansätze für einzelbetriebliche Lösungen. Es können gegebenenfalls lokal angebaute Futtermittel, die einen höheren Nährstoffgehalt oder eine idealere Nährstoffzusammensetzung aufweisen, in die Rationen aufgenommen werden. Damit kann die Versorgung der Masttiere mit Methionin verbessert werden.

7. Summary

Supply with essential amino acids is difficult in organic broiler production due to legal restraints. Therefore, a comprehensive knowledge on nutrients contents and digestibility of organic feedings stuffs is necessary. To improving the supply of slow growing broiler chicken (Isa Ja 957) in organic poultry production with essential amino acids the ileal digestibility (ID) of 15 organically cultivated feedstuffs was determined using a linear regression approach. The ID was determined for three and six week old chickens. The feedstuffs included common cereal species such as wheat, rye, spelt and summer barley, hull-less cereals such as naked barley and naked oats, forgotten cereals or pseudo-cereals such as brown top millet, pearl millet and buckwheat but also corn silage, strip waste of lentils, alfalfa leaves, and clover grass silage (extruded and untreated).

The cultivars were added to a basal diet in 3 concentrations (30, 50 and 70%; 10, 30 and 50% for alfalfa leaves and clover grass silage) in exchange to corn starch. Therefore, the increase for crude protein (CP) and amino acids (AA) resulted from the cultivar only. Titanium dioxide was used as an indigestible marker. Each diet was fed ad libitum between day 15 and 21 d of age to 6 pens of 15 chickens or between day 36 and 42 d of age to 6 pens of 6 chickens, each. On day 21 and/or day 42 birds were killed by carbon dioxide, the chymus was collected and pooled for the 15 or 6 chickens per pen, respectively and analyzed on pen basis. Contents of crude protein, amino acids and titanium dioxide have been determined. The slope of the regression line between the amount of AA intake by feed and the amount of AA digested up to the ileum is considered to be the true ileal digestibility.

The crude nutrient contents of the organically grown feedstuffs show different results in comparison to conventionally grown ones. Some of them show lower, some show similar and some even higher contents of crude nutrients. The highest crude protein content was determined for lentils, followed by clover grass silage and dried alfalfa leaves. However, the alfalfa leaves also showed the highest content of crude fiber. Brown top millet, pearl millet, clover grass silage and alfalfa leaves contained the highest amount of methionine. The

highest lysine contents were found for lentils, clover grass silage and alfalfa leaves.

Values for digestibility of crude protein and amino acids varied strongly among the feedstuffs. Rye, spelt and the clover grass silages were digested only poorly by both, the three and the six week old broilers. This was probably caused by an increased content of antinutritional substances and crude fiber. Extrusion didn't have any positive effect on the amino acids digestibility of the clover grass silage, it rather impaired digestibility. For buckwheat and clover grass silage the high contents of crude protein and amino acids were compensated by poor digestibility. Brown top millet, pearl millet, strip waste of lentils and especially alfalfa leaves turned out to be appropriate feedstuffs for an adequate protein and amino acids supply in broiler nutrition. Due to the high fiber content alfalfa leaves should be used carefully in the diet. Their high crude fiber content causes an increase in feed volume and this may result in a too low feed intake of broilers to fulfill their nutritional requirements. This again can cause growth disturbances.

In general, digestibility values for the organically grown feedstuffs were found to be similar to the values of conventionally grown feedstuffs. There was no general gradient found between the three weeks and the six week old chickens. None of the tested feedstuffs showed a methionine content that was sufficient to fulfill the broilers' requirements independently. Nevertheless, all of them can contribute to the total content of amino acids in a diet and can partly replace wheat, which increases the variety of feedstuffs that can be used in the formulation of the ration enabling particularly farmers to be more flexible in the composition of their diets. The study further revealed that digestibility values from data banks of conventional feeding stuffs may be used approximately to calculate the contents of available and/or digestible amino acids in organic feeding stuffs and that, obviously, in slow growing broilers amino acids digestibility does not change with age. In conclusion, the achieved results contribute to a better supply of slow growing organic broilers with essential amino acids, especially methionine.

8. Quellenverzeichnis

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(6), 737-747.

Abdel-Aal, E. S., Hucl, P., Sosulski, F. W. (1995). Compositional and nutritional characteristics of spring einkorn and spelt wheats. *Cereal Chemistry*, 72(6), 621-624.

Abdollahi, M. R., Ravindran, V., Svihus, B. (2013). Influence of grain type and feed form on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of nitrogen, starch, fat, calcium and phosphorus in broiler starters. *Animal Feed Science and Technology*, 186(3), 193-203.

Abdollahi, M. R., Ravindran, V., Wester, T. J., Ravindran, G., Thomas, D. V. (2011). Influence of feed form and conditioning temperature on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of starch and nitrogen in broiler starters fed wheat-based diet. *Animal Feed Science and Technology*, 168(1), 88-99.

Abdollahi, M.R., Ravindran, V., Svihus, B. (2014). Influence of feed form on growth performance, ileal nutrient digestibility, and energy utilisation in broiler starters fed a sorghum-based diet. *Livestock Science*, 165, 80-86.

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(12), 2590-2597.

Adedokun, S. A., Utterback, P., Parsons, C. M., Adeola, O., Lilburn, M. S., Applegate, T. J. (2009). Comparison of amino acid digestibility of feed ingredients in broilers, laying hens and caecectomised roosters. *British Poultry Science*, 50(3), 350-358.

Ahmed, A., Khalid, N., Ahmad, A., Abbasi, N., Latif, M., Randhawa, M. (2014b). Phytochemicals and biofunctional properties of buckwheat: a review. *The Journal of Agricultural Science*, 152(3), 349-369.

Ahmed, A., Zulkifli, I., Farjam, A. S., Abdullah, N., Liang, J. B. (2014a). Extrusion enhances metabolizable energy and ileal amino acids digestibility of canola meal for broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 13(1), 44-47.

Al-Marzooqi, W., Kadim, I. T., Mahgoub, O. (2011). Influence of strain of chickens on ileal amino acids digestibility of different protein sources. *International Journal of Poultry Science*, 10(4), 276-283.

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(6), 527-532.
- Al-Marzooqi, W., Wiseman, J. (2009). Effect of extrusion under controlled temperature and moisture conditions on ileal apparent amino acid and starch digestibility in peas determined with young broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 153(1), 113-130.
- 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(4), 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 & Technology*, 21(2), 106-113.
- Amadou, I., Gounga, M. E., Le, G. W. (2013). Millets: Nutritional composition, some health benefits and processing-A Review. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 25(7), 501-508.
- AMINODat[®] 4.0. Datensammlung Aminosäuregehalte der Firma Evonik
- AMTSBLATT, D. E. U. (2009). Verordnung (EG) Nr. 152/2009 der Kommission vom 27.01. 2009 zur Festlegung der Probenahmeverfahren und Analysemethoden für die amtliche Untersuchung von Futtermitteln. *L*, 54, 130.
- Annison, G. (1993). The role of wheat non-starch polysaccharides in broiler nutrition. *Crop and Pasture Science*, 44(3), 405-422.
- 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(03), 232-242.
- Antoniou, T., Marquardt, R. R., Cansfield, P. E. (1981). Isolation, partial characterization, and antinutritional activity of a factor (pentosans) in rye grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 29(6), 1240-1247.
- Araba, M., Dale, N. M. (1990). Evaluation of protein solubility as an indicator of overprocessing soybean meal. *Poultry Science*, 69(1), 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(2), 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(5), 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(4), 487-490.
- Baltensperger, D. D. (2002). Progress with proso, pearl and other millets. *Trends in new crops and new uses*, 100-103. ASHS Press, Alexandria, VA.
- Batal, A. B., Parsons, C. M. (2002). Effects of age on nutrient digestibility in chicks fed different diets. *Poultry Science*, 81(3), 400-407.
- Bedford, M. R., Scott, T. A., Silversides, F. G., Classen, H. L., Swift, M. L., Pack, M. (1998). The effect of wheat cultivar, growing environment, and enzyme supplementation on digestibility of amino acids by broilers. *Canadian Journal of Animal Science*, 78(3), 335-342.
- Bellof, G., Schmidt, E. (2005). Eine ökologische Hühnermast mit "100%-Bio-Futter" ist möglich. *Ende der Nische, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*.
- Berez, 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(5-6), 389-398.
- Bhargava, K. K., Hanson, R. P., Sunde, M. L. (1970). Effects of methionine and valine on antibody production in chicks infected with Newcastle disease virus. *Journal of Nutrition*, 100, 241-248.
- Bhargava, K. K., Hanson, R. P., Sunde, M. L. (1971). Effects of threonine on growth and antibody production in chicks infected with Newcastle disease virus. *Poultry Science*, 50(3), 710-713.
- 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(3), 413-418.
- Biggs, P., Parsons, C. M. (2009). The effects of whole grains on nutrient digestibilities, growth performance, and cecal short-chain fatty acid concentrations in young chicks fed ground corn-soybean meal diets. *Poultry Science*, 88(9), 1893-1905.
- Bilsborrow, P., Cooper, J., Tétard-Jones, C., Średnicka-Tober, D., Barański, M., Eyre, M., Schmidt, C., Shotton, P., Volakakis, N., Cakmak, I., Ozturk, L., Leifert, C., 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. (2009). Körnerleguminosen-Stand des Wissens sowie zukünftiger Forschungsbedarf aus Sicht des Ökologischen Landbaus. *Journal für Kulturpflanzen*, 61(9), 324-331.
- 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://orprints.org/10742/>
- 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.
- 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(4), 437-441.
- Bonnet, S., Geraert, P. A., Lessire, M., Carre, B., Guillaumin, S. (1997). Effect of high ambient temperature on feed digestibility in broilers. *Poultry Science*, 76(6), 857-863.
- Börner, H., Christen, O., Hanus, H., Jung, C., Lein, V., Sieling, K. (2008a). Weizen. In: Hanus, H. (Hrsg) Handbuch des Pflanzenbaues 2: Getreide und Futtergräser, 241-321, Eugen Ulmer KG, Stuttgart.
- Börner, H., Christen, O., Hanus, H., Jung, C., Sieling, K., Wilde, P. (2008b). Roggen. In: Hanus, H. (Hrsg) Handbuch des Pflanzenbaues 2: Getreide und Futtergräser, 241-321, Eugen Ulmer KG, Stuttgart.
- Bregendahl, K., Sell, J. L., Zimmerman, D. R. (2002). Effect of low-protein diets on growth performance and body composition of broiler chicks. *Poultry science*, 81(8), 1156-1167.
- 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(1), 120-124.
- Bushuk, W. (2001). Rye Production and Uses Worldwide. *Cereal Foods World*, 46(2), 70-73.

- 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.
- Cheeke, P.R., Dierenfeld, E. (2010). Comparative animal nutrition and metabolism. Cambridge University Press, Cambridge.
- Cheftel, J. C. (1986). Nutritional effects of extrusion-cooking. *Food chemistry*, 20(4), 263-283.
- Choct, M. (1997). Feed non-starch polysaccharides: Chemical structures and nutritional significance. *Feed Milling International*, 191, 13-26.
- Christa, K., Soral-Šmietana, 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. (2008b). Hafer. In: Hanus, H. (Hrsg). Handbuch des Pflanzenbaues 2, Getreide- und Futtergräser, 431-461, Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Christen, O., Hanus, H., Wilde, P. (2008a). Gerste: Biologische und ökologische Grundlagen. In: Hanus, H., Heyland, K.U., Keller, E.R., (Hrsg.) Handbuch des Pflanzenbaus, Band 2, Getreide und Futtergräser, 384-402, Ulmer Verlag, Stuttgart.
- 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), 181-189.
- Clarke, E., Wiseman, J. (2001). Effect of varying trypsin inhibitor activity of full fat soyabeans on pancreatic weight and amino acid digestibility in broiler chicks. *British Poultry Science*; 42, 85-86.
- Clarke, E., Wiseman, J. (2005). Effects of variability in trypsin inhibitor content of soya bean meals on true and apparent ileal digestibility of amino acids and pancreas size in broiler chicks. *Animal Feed Science and Technology*, 121(1), 125-138.
- Cowieson, A. J. (2005). Factors that affect the nutritional value of maize for broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 119(3), 293-305.
- Djekic, V., Mitrovic, S., Milovanovic, M., Djuric, N., Kresovic, B., Tapanarova, A., Djermanovic, V., Mitrovic, M. (2011). Implementation of triticale in nutrition of non-ruminant animals. *African Journal of Biotechnology*, 10(30), 5697-5704.
- Doeschate, R. T., Scheele, C. W., Schreurs, V. V. A. M., Van Der Klis, J. D. (1993). Digestibility studies in broiler chickens: influence of genotype, age, sex and method of determination. *British Poultry Science*, 34(1), 131-146.

- Dozier, W. A., Corzo, A., Kidd, M. T., Tillman, P. B., Purswell, J. L., Kerr, B. J. (2009). Digestible lysine responses of male broilers from 14 to 28 days of age subjected to different environmental conditions. *The Journal of Applied Poultry Research*, 18(4), 690-698.
- 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*. World's Poultry Science Association (WPSA).
- Ebadi, M. R., Pourreza, J., Allameh, A., Edriss, M. A., Mirhadi, S. A., Rahmani, H. R. (2007). Influence of caeca micro flora and tannin on true amino acid availability in grain sorghum cultivars. In *World Poultry Science Association, Proceedings of the 16th European Symposium on Poultry Nutrition, Strasbourg, France, 26-30 August, 2007* (pp. 19-22). World's Poultry Science Association (WPSA).
- 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(01), 53-64.
- Furuya, S., Kaji, Y. (1991). Additivity of the apparent and true ileal digestible amino acid supply in barley, maize, wheat or soya-bean meal based diets for growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 32(4), 321-331.
- GfE [Gesellschaft für Ernährungsphysiologie]. Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen: Bestimmung der praecaecalen Verdaulichkeit von Aminosäuren beim Schwein - Empfehlung zur standardisierten Versuchsdurchführung. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology*. 2002, 11, 233-245.
- 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(1), 169-181.
- Gonzalez-Esquerro, R., Leeson, S. (2006). Effect of arginine: lysine and methionine source on amino acid digestibility and response to dietary electrolytes in chronically or acutely heat-stressed broilers. *Canadian Journal of Animal Science*, 86(2), 263-271.
- Grashorn, M. A., Clostermann, G. (2002). Mast-und Schlachtleistung von Broilerherkünften für die Extensivmast. *Archiv für Geflügelkunde*, 66(4), 173-181.

Greef, J. M., Hanus, H., Pickert, J. (2008). Mais. In: Hanus, H., Heyland, K.U., Keller, E.R., (Hrsg.) Handbuch des Pflanzenbaus, Band 2, Getreide und Futtergräser. Ulmer Verlag Stuttgart, 462-571.

Griese, S., Ebert, U., Fischinger, S., Geier, U., Lenz, A., Schäfer, F., Spiegel, A., Vogt-Kaute, W., Wilbois, K. (2014). Strategieoptionen zur Realisierung einer 100%igen Biofütterung bei Monogastriern im ökologischen Landbau, Übersichtsdossier des V.Ö.P.

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(3), 289-300.

Gurnsey, M. P., James, K. A., Johns, D. C. (1985). An improved method of ileal cannulation of adult cockerels. *Research in Veterinary Science*, 39(3), 390-391.

Gutierrez-Alamo, A., Perez de Ayala, P., Verstegen, 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(01), 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., Baker, D. H. (1991). Lysine requirements of fast-and slow-growing broiler chicks. *Poultry Science*, 70(10), 2108-2114.

Han, Y., Parsons, C. M., Alexander, D. E. (1987). Nutritive value of high oil corn for poultry. *Poultry Science*, 66(1), 103-111.

Hansen, P. M., Jørgensen, J. R., Thomsen, A. (2002). Predicting grain yield and protein content in winter wheat and spring barley using repeated canopy reflectance measurements and partial least squares regression. *The Journal of Agricultural Science*, 139(03), 307-318.

Hassanabadi, A., Nassiri Moghaddam, H., Kermanshahi, H., Eftekhari-Shahroodi, F., Danesh Mesgaran, M. (2008). Effect of microbial phytase on apparent digestibility of amino acid and crude protein by female broiler chickens. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7(3), 322-327.

Hassanabadi, A., Nassiri-Moghaddam, H., Kermanshahi, H., Eftekhari-Shahroodi, F., Mesgaran, D.M. (2008). Effect of microbial phytase on apparent digestibility of amino acid and crude protein by female broiler chickens. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7(3), 322-327.

- 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.
- Hefnawy, T. H. (2011). Effect of processing methods on nutritional composition and anti-nutritional factors in lentils (*Lens culinaris*). *Annals of Agricultural Sciences*, 56(2), 57-61.
- Hetland, H., Svihus, B. (2001). Effect of oat hulls on performance, gut capacity and feed passage time in broiler chickens. *British Poultry Science*, 42(3), 354-361.
- Hong, D., Ragland, D., Adeola, O. (2002). Additivity and associative effects of metabolizable energy and amino acid digestibility of corn, soybean meal, and wheat red dog for White Pekin ducks. *Journal of Animal Science*, 80(12), 3222-3229.
- Huang, K. H., Li, X., Ravindran, V., Bryden, W. L. (2006). Comparison of apparent ileal amino acid digestibility of feed ingredients measured with broilers, layers, and roosters. *Poultry Science*, 85(4), 625-634.
- 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(2), 236-245.
- Huang, K. H., Ravindran, V., Li, X., Ravindran, G., Bryden, W. L. (2007). Apparent ileal digestibility of amino acids in feed ingredients determined with broilers and layers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(1), 47-53.
- 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(6), 1527-1530.
- Ikeda, K., Sakaguchi, T., Kusano, T., Yasumoto, K. (1991). Endogenous factors affecting prorein digestibility in buckwheat. *Cereal Chemistry*. 68, 424-427.
- Iyayi, E. A., Kluth, H., Rodehutschord, M. (2008). Effect of heat treatment on antinutrients and precaecal crude protein digestibility in broilers of four tropical crop seeds. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(4), 610-616.
- Jacobs, G., Remmersmann, T. (2013). Nährstoffversorgung und Düngung. In: Lütke Entrup, N., (Hrsg) Handbuch Mais – Grundlagen, Anbau, Verwertung, Ökonomie. 3. graphische Darstellung. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 152-177.
- Jamroz, D., Jakobsen, K., Knudsen, K. E. B., Wiliczekiewicz, A., Orda, J. (2002). Digestibility and energy value of non-starch polysaccharides in young chickens, ducks and geese, fed diets containing high amounts of barley. *Comparative*

Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 131(3), 657-668.

Jansman, A. J. M., Smink, W., Van Leeuwen, P., Rademacher, M. (2002). Evaluation through literature data of the amount and amino acid composition of basal endogenous crude protein at the terminal ileum of pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 98(1), 49-60.

Janzen, E., Flakerud, G., Fisher, J., Bartsch, E. (2006). Pulse Crop Marketing Guide, NDSU Extension Service, 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., Drochner, W., Simon, O. (2008). Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere: Ernährungsphysiologie, Futtermittelkunde, Fütterung, 2. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Johnson, I. T., Gee, J. M. (1981). Effect of gel-forming gums on the intestinal unstirred layer and sugar transport in vitro. *Gut*, 22(5), 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(03), 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.

Kadim, I. T., Moughan, P. J., Ravindran, V. (2002). Ileal amino acid digestibility assay for the growing meat chicken--comparison of ileal and excreta amino acid digestibility in the chicken. *British Poultry Science*, 43(4), 588-597.

Kahnt, G. (2008). *Leguminosen im konventionellen und ökologischen Landbau*. DLG-Verlag.

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(4), 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., Fricke, M., Rodehutschord, M. (2009). Precaecal amino acid digestibility of different wheat cultivars in broilers. *Archiv für Geflügelkunde*, 73, 80-86.
- 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(4), 271-279.
- Kluth, H., Rodehutschord, M. (2006a). 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).
- Kluth, H., Rodehutschord, M. (2006b). Comparison of amino acid digestibility in broiler chickens, turkeys, and Pekin ducks. *Poultry Science*, 85(11), 1953-1960.
- Kluth, H., Rodehutschord, M. (2009). Effect of inclusion of cellulose in the diet on the inevitable endogenous amino acid losses in the ileum of broiler chicken. *Poultry Science*, 88(6), 1199-1205.
- Kolbe, H., Karalus, W., Hänsel, M., Grünbeck, A., Gramm, M., Arp, B., Krellig, B. (2002). Körnerleguminosen im Ökologischen Landbau. *Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden*.
- Konashi, S., Takahashi, K., Akiba, Y. (2000). Effects of dietary essential amino acid deficiencies on immunological variables in broiler chickens. *British Journal of Nutrition*, 83(4), 449-456.
- König, H.E., Korbel, R., Liebich, H. (2009). Anatomie der Vögel-Klinische Aspekte und Propädeutik, Zier-, Greif-, Zoo-, Wildvögel und Wirtschaftsgeflügel, 2. Auflage, Schattauer, Stuttgart.
- 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(2), 695-699.

- Krkošková, B., Mrazova, Z. (2005). Prophylactic components of buckwheat. *Food Research International*, 38(5), 561-568.
- Kuiken, K. A., Lyman, C. M., Dieterich, S., Bradford, M., Trant, M. (1948). Availability of amino acids in some foods. *The Journal of nutrition*, 36(3), 359-368.
- 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*, 575, 54.
- 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(3), 156-159.
- 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. *International Journal of Poultry Science*, 3(9), 613-618.
- Lemme, A., Ravindran, V., Bryden, W. L. (2004). Ileal digestibility of amino acids in feed ingredients for broilers. *World's Poultry Science Journal*, 60(04), 423-438.
- Li, X. L., Yuan, S. L., Piao, X. S., Lai, C. H., Zang, J. J., Ding, Y. H., Han, L.J. Han, I. K. (2006). The nutritional value of brown rice and maize for growing pigs. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 19(6), 892.
- Likuski, H. J. A., Dorrell, H. G. (1978). A bioassay for rapid determinations of amino acid availability values. *Poultry Science*, 57(6), 1658-1660.
- Liu, S. Y., Selle, P. H., Cowieson, A. J. (2013). Influence of conditioning temperatures on amino acid digestibility coefficients at four small intestinal sites and their dynamics with starch and nitrogen digestion in sorghum-based broiler diets. *Animal Feed Science and Technology*, 185(1), 85-93.
- 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(7), 1155-1165.
- McNab, J. M. (1994). Amino acid digestibility and availability studies with poultry. In: *Farm Animal Nutrition*, 185-203. CAB International.

- Mendez Dominguez, A. D., Cortes Cuevas, A., López Coello, C., Avila González, E. (2009). Effect of supplementing a enzyme mixture in sorghum+ soybean meal diets on apparent ileal amino acid and protein digestibility, metabolizable energy, and productivity in broilers. *Tecnica Pecuaria en Mexico*, 47(1), 15-25.
- 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(4), 773-786.
- Miedaner, T., Longin, F. (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(4), 590-600.
- Montagne, L., Pluske, J. R., Hampson, D. J. (2003). A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Animal Feed Science and Technology*, 108(1), 95-117.
- 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(3), 939-949.
- Mosenthin, R., Sauer, W. C., Blank, R., Huisman, J., Fan, M. Z. (2000). The concept of digestible amino acids in diet formulation for pigs. *Livestock Production Science*, 64(2), 265-280.
- Moughan, P. J., Ravindran, V., Sorbara, J. O. B. (2014). Dietary protein and amino acids - Consideration of the undigestible fraction. *Poultry Science*, 93(9), 1-11.
- Münzing, K. (2004). Zu Risiken und Nebenwirkungen bei „Braunhirse“. *Eine Stellungnahme der Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel, Detmold*, AID-Infodienst, Ernährung im Fokus 4- 12/04.
- Münzing, K., Seling, S., Unbehend, G., Kähler, A., Plaumann, S., Meyer, C. (2009). Merkblatt Biodinkel – Hochwertige Backwaren durch Optimierung von Anbau und Verarbeitung. <http://forschung.oekolandbau.de>, BÖL-Bericht-ID 16395.
- Naumann, C., Bassler, R., (1976). VDLUFA-Methodenbuch, Vol. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- 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(4), 417-436.

- Nwokolo E., Smartt J. (1996). *Food and feed from oilseeds and legumes*. Chapman and Hall Ltd.
- O'Brien, J., Aspray, C., Philipps, L. (2006). Research and development into the viability of a one hundred per cent organic ration for organic table birds within a silvo-poultry system. Vortrag: Joint Organic Congress, Odense, Denmark, May 30-31, 2006.
- Oettler, G. (2005). The fortune of a botanical curiosity–triticale: past, present and future. *The Journal of Agricultural Science*, 143(05), 329-346.
- 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.
- Palliyeguru, M. C. D., Rose, S. P., Mackenzie, A. M. (2011). Effect of trypsin inhibitor activity in soya bean on growth performance, protein digestibility and incidence of sub-clinical necrotic enteritis in broiler chicken flocks. *British Poultry Science*, 52(3), 359-367.
- 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(5), 632-638.
- Parsons, A. S., Buchanan, N. P., Blemings, K. P., Wilson, M. E., Moritz, J. S. (2006). Effect of corn particle size and pellet texture on broiler performance in the growing phase. *The Journal of Applied Poultry Research*, 15(2), 245-255.
- Parsons, C. M. (1991). Amino acid digestibilities for poultry: Feedstuff evaluation and requirements. Biokyowa Technical Review 1, 1-15. Biokyowa Press, St. Louis, MO.
- Parsons, C. M. (2002). Digestibility and bioavailability of protein and amino acids. In: McNab, J.M., Boorman, K.N. (Hrsg). *Poultry Feedstuffs: Supply, Composition and Nutritive Value* (115-136), Poultry Science Symposium Series, Vol. 26, Cromwell Press, Trowbridge, UK.
- Parsons, C. M., Potter, L. M., Brown, R. D. (1981). True metabolizable energy and amino acid digestibility of dehulled soybean meal. *Poultry Science*, 60(12), 2687-2696.
- Peigné, J., Messmer, M., Aveline, A., Berner, A., Mäder, P., Carcea, M., Narducci, V., Samson, MF., 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(4), 313-324.

- Pettersson, D., Åman, P. (1989). Enzyme supplementation of a poultry diet containing rye and wheat. *British Journal of Nutrition*, 62(01), 139-149.
- Pomeranz, Y., Robbins, G. S. (1972). Amino acid composition of buckwheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 20(2), 270-274.
- Raharjo, Y., Farrell, D. J. (1984). A new biological method for determining amino acid digestibility in poultry feedstuffs using a simple cannula, and the influence of dietary fibre on endogenous amino acid output. *Animal Feed Science and Technology*, 12(1), 29-45.
- Ranhotra, G. S., Gelroth, J. A., Glaser, B. K., Lorenz, K. J. (1996a). Nutrient composition of spelt wheat. *Journal of Food Composition and Analysis*, 9(1), 81-84.
- Ranhotra, G. S., Gelroth, J. A., Glaser, B. K., Stallknecht, G. F. (1996b). Nutritional profile of three spelt wheat cultivars grown at five different locations. *Cereal Chemistry*, 73(5), 533-535.
- Ravindran, V., Bryden, W. L. (1999). Amino acid availability in poultry - In vitro and in vivo measurements. *Crop and Pasture Science*, 50(5), 889-908.
- Ravindran, V., Cabahug, S., Ravindran, G., Bryden, W. L. (1999b). Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broilers. *Poultry Science*, 78(5), 699-706.
- Ravindran, V., Hew, L. I., Ravindran, G., Bryden, W. L. (1999c). A comparison of ileal digesta and excreta analysis for the determination of amino acid digestibility in food ingredients for poultry. *British poultry science*, 40(2), 266-274.
- Ravindran, V., Hew, L. I., Ravindran, G., Gill, R. J., Pittolo, P. H., Bryden, W. L. (1999a). Influence of xylanase supplementation on the apparent metabolisable energy and ileal amino acid digestibility in a diet containing wheat and oats, and on the performance of three strains of broiler chickens. *Crop and Pasture Science*, 50(7), 1159-1163.
- 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(5), 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(1), 28-36.
- Richter, G., Lemser, A., Bargholz, J., Carlsohn, H. (1996). Prüfung der Einsatzwürdigkeit von Rapssaat und Rapsextraktionsschrot in der Broilermast. *Das Wirtschaftseigene Futter* 42, 52-56.

- Rochell, S. J., Applegate, T. J., Kim, E. J., Dozier, W. A. (2012). Effects of diet type and ingredient composition on rate of passage and apparent ileal amino acid digestibility in broiler chicks. *Poultry Science*, 91(7), 1647-1653.
- Rodehutschord, M. (2007). Untersuchungen zur Aminosäurenverdaulichkeit bei Geflügel unterschiedlicher Herkunft und Nutzungsrichtung. Schlussbericht BÖLN-Projekt 03OE386.
- Rodehutschord, M., Kapocius, M., Timmler, R., Dieckmann, A. (2004). Linear regression approach to study amino acid digestibility in broiler chickens. *British Poultry Science*, 45(1), 85-92.
- Rodenburg, T. B., van Harn, J., Van Krimpen, M. M., Ruis, M. A. W., Vermeij, I., Spoolder, H. A. M. (2008). Comparison of three different diets for organic broilers: effects on performance and body condition. *British Poultry Science*, 49(1), 74-80.
- 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.
- Roy, F., Boye, J. I., Simpson, B. K. (2010). Bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea and lentil. *Food Research International*, 43(2), 432-442.
- Safaeikatouli, M., Boldaji, F., Dastar, B., Hassani, S. (2012). The effect of dietary silicate minerals supplementation on apparent ileal digestibility of energy and protein in broiler chickens. *International Journal of Agriculture and Biology*, 14(2), 299-302.
- Saki, A. A., Mazugi, M. T., Kamyab, A. (2005). Effect of mannanase on broiler performance, ileal and in-vitro protein digestibility, uric acid and litter moisture in broiler feeding. *International Journal of Poultry Science*, 4(1), 21-26.
- 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.
- Schumacher, U., Fidelak, C., Koopmann, R., Weißmann, F., Snigula, J., Brüggemann, R., Naatjes, M., Simoneit, C., Bender, S. (2011). Wissenstandsanalyse zur Tiergesundheit aller Nutztierarten im Ökologischen Landbau und 100% Biofütterung. Gemeinsamer Abschlussbericht der BÖLN-Verbundprojekte 10OE088 und 10OE089, www.orgprints.org
- Schwarz, F.J. (2013). Einsatz in der Geflügelfütterung. In: Entrup, N.L. (Hrsg.), Handbuch Mais: Grundlagen, Anbau, Verwertung, Ökonomie (312-343). DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

- Shafey, T. M., McDonald, M. W. (1991). The effects of dietary concentrations of minerals, source of protein, amino acids and antibiotics on the growth of and digestibility of amino acids by broiler chickens. *British Poultry Science*, 32(3), 535-544.
- Sibbald, I. R. (1979). A bioassay for available amino acids and true metabolizable energy in feedingstuffs. *Poultry Science*, 58(3), 668-673.
- Simon, A., Zentek, J. (2013). Ernährungsphysiologische Grundlagen. In: Jeroch, H. (Hrsg.), Geflügelernährung. Eugen Ulmer KG, Stuttgart.
- Singh, S., Gamlath, S., Wakeling, L. (2007). Nutritional aspects of food extrusion: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 42(8), 916-929.
- Siriwan, P., Bryden, W. L., Annison, E. F. (1994). Use of guanidinated dietary protein to measure losses of endogenous amino acids in poultry. *British Journal of Nutrition*, 71(04), 515-529.
- 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.
- Soleimani, A. F., Meimandipour, A., Idrus, Z. (2010). Effects of heat exposure and sex on ileal digestibility of amino acids of soybean meal in broiler chickens. *Archiv für Geflügelkunde*, 74(4), 249-255.
- Spoolder, H. A. (2007). Animal welfare in organic farming systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(15), 2741-2746.
- Srihara, P., Alexander, J. C. (1984). Effect of heat treatment on nutritive quality of plant protein blends. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 17(4), 237-241.
- Stangl, G.I. (2011). Die Verdauung. In: Kirchgeßner: Tierernährung.13. Aufl., 34, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- Stangl, G.I. (2014). Die Nährstoffe und ihr Stoffwechsel. In: Kirchgeßner: Tierernährung.14. Aufl., 121-134, DLG Verlag, Frankfurt am Main.
- Steadman, K. J., Burgoon, M. S., Lewis, B. A., Edwardson, S. E., Obendorf, R. L. (2001a). Minerals, phytic acid, tannin and rutin in buckwheat seed milling fractions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(11), 1094-1100.
- Steadman, K. J., Burgoon, M. S., Lewis, B. A., Edwardson, S. E., Obendorf, R. L. (2001b). Buckwheat seed milling fractions: description, macronutrient composition and dietary fibre. *Journal of Cereal Science*, 33(3), 271-278.
- Steenfeldt, S. (2001). The dietary effect of different wheat cultivars for broiler chickens. *British Poultry Science*, 42(5), 595-609.

- Stein, H. H., Fuller, M. F., Moughan, P. J., Sève, B., Mosenthin, R., Jansman, A. J. M., Fernandez, J.A., De Lange, C. F. M. (2007). Definition of apparent, true and standardized ileal digestibility of amino acids in pigs. *Livestock Science*, 109(1), 282-285.
- Stein, H. H., Pedersen, C., Wirt, A. R., Bohlke, R. A. (2005). Additivity of values for apparent and standardized ileal digestibility of amino acids in mixed diets fed to growing pigs. *Journal of Animal Science* 83(10), 2387-2395.
- 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.
- Takumi, K., Udaka, J., Tsuji, H., Kanoh, M., Manabe, S., Koga, T., Oka, T. (1994). Fractionation and characterization of buckwheat proteins. *Memoirs of the Faculty of Education, Ehime University. Series III, Natural science* 15(1), 99-109.
- Tanksley, T. D., Knabe, D. A., Purser, K., Zebrowska, T., Corley, J. R. (1981). Apparent digestibility of amino acids and nitrogen in three cottonseed meals and one soybean meal. *Journal of Animal science*, 52(4), 769-777.
- Tesseraud, S., Le Bihan-Duval, E., Peresson, R., Michel, J., Chagneau, A. M. (1999). Response of chick lines selected on carcass quality to dietary lysine supply: live performance and muscle development. *Poultry Science*, 78(1), 80-84.
- Tesseraud, S., Maa, N., Peresson, R., Chagneau, A. M. (1996). Relative responses of protein turnover in three different skeletal muscles to dietary lysine deficiency in chicks 1. *British Poultry Science*, 37(3), 641-650.
- Tsiagbe, V. K., Cook, M. E., Harper, A. E., Sunde, M. L. (1987). Efficacy of cysteine in replacing methionine in the immune responses of broiler chicks. *Poultry Science*, 66(7), 1138-1146.
- Udall, R., Mc Cay, C. (1953). The feed value of fresh bone. *Journal of Nutrition*, 49, 197-208.
- Urdl, D. M., Huber, G., Wenzl, W., Steiner, B., Stark, H. (2009). Bestimmung der Eiweißverdaulichkeit von Kleesilage und Luzernegrünmehl durch Mastschweine. Abschlussbericht des Forschungsprojektes Nr. 3546 der Lehr- und Forschungszentrums für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, www.dafne.at
- Van de Weerd, H. A., Keatinge, R., Roderick, S. (2009). A review of key health-related welfare issues in organic poultry production. *World's Poultry Science Journal*, 65(04), 649-684.
- 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(5), 701.
- Voisin, A. S., Guéguen, J., Huyghe, C., Jeuffroy, M. H., Magrini, M. B., Meynard, J. M., Mougél, C., Pellerin, S., Pelzer, E. (2014). Legumes for feed, food, biomaterials and bioenergy in Europe: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(2), 361-380.
- 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(3), 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(4), 842-848.
- Wang, X., Parsons, C. M. (1998). Effect of raw material source, processing systems, and processing temperatures on amino acid digestibility of meat and bone meals. *Poultry Science*, 77(6), 834-841.
- 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(1). 60-73.
- Wirkijowska, A., Rzedzicki, Z., Kasprzak, M., Błaszczak, W. (2012). Distribution of (1-3)(1-4)- β -d-glucans in kernels of selected cultivars of naked and hulled barley. *Journal of Cereal Science*, 56(2), 496-503.
- Wiseman, J., Al-Marzooqi, W., Welham, T., Domoney, C. (2003). The apparent ileal digestibility, determined with young broilers, of amino acids in near-isogenic lines of peas (*Pisum sativum* L) differing in trypsin inhibitor activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(7), 644-651.
- Yu, B., Lee, T. T. T., Chiou, P. S. (2002). Effects of sources of protein and enzyme supplementation on protein digestibility and chyme characteristics in broilers. *British Poultry Science*, 43(3), 424-431.
- 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(2), 415-421.
- Zelenka, J. (2003). Effect of pelleting on digestibility and metabolisable energy values of poultry diet. *Czech Journal of Animal Science*, 48(6), 239-242.
- 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. (2007). 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(3), 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(11), 4771-4776.

Zollitsch, W. (2007). Challenges in the nutrition of organic pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(15), 2747-2750.

Zuprizal, Larbier, M., Chagneau, A. M. (1992). Effect of age and sex on true digestibility of amino acids of rapeseed and soybean meals in growing broilers. *Poultry Science*, 71(9), 1486-1492.

Zuprizal, Larbier, M., Chagneau, A. M., Geraert, P. A. (1993). Influence of ambient temperature on true digestibility of protein and amino acids of rapeseed and soybean meals in broilers. *Poultry Science*, 72(2), 289-295.

Tabellenanhang

Tabelle A1: Anzahl der Analysenwiederholungen pro Zulagestufe des Prüffuttermittels für die einzelnen Aminosäuren

		Asp			Ser			Glu			Gly			Ala		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
BH	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
BW	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
DI	S	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
GKS	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
KB	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	5	6	6	5	6	6	6	6	6	5	6	6	5	6	6
KU	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
LA	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
LB	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
NG	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
NH	S	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
WR	S	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
RH	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	6	5	6	6	5	6	6	5	6	6	5	6	6	5	6
SG	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
WT	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
WW	S	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Tabelle A1: Fortsetzung

		Cys			Val			Ile			Leu			Tyr		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
BH	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
BW	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
DI	S	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
GKS	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
KB	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	6	6	6	5	6	6	5	6	6	5	6	6	5	6	6
KU	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
LA	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
LB	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
NG	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
NH	S	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	3	3	5
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
WR	S	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	2	5
	G	6	6	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
RH	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	6	5	6	6	5	6	6	5	6	6	5	6	6	5	6
SG	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
WT	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
WW	S	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Tabelle A1: Fortsetzung

		Phe			His			Arg			Pro		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
BH	S	6	6	6	6	6	6	6	6	4	6	6	6
	G	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
BW	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
DI	S	5	4	4	5	4	4	5	5	5	5	5	5
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
GKS	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
KB	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	5	6	6	5	6	4	5	6	6	5	6	6
KU	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
LA	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
LB	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
NG	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
NH	S	3	3	5	3	3	5	4	5	5	4	5	5
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
WR	S	4	2	5	4	2	5	5	5	5	5	5	5
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
RH	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	6	5	6	6	5	6	6	5	6	6	5	6
SG	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
WT	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	G	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
WW	S	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Tabelle A2: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung der Braunhirse

	BH1		BH2		BH3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	6,700	16,640	6,700	16,640	6,700	16,640
Weizenkleber	2,900	7,202	2,900	7,202	2,900	7,202
Sonnenblumenöl	0,400	0,993	0,400	0,993	0,400	0,993
Maisstärke	16,000	39,738	8,000	19,869	0,000	0,000
Sommergerste	12,000	29,803	20,000	49,672	28,000	69,541
Mono-Ca-Phosphat	0,800	1,987	0,800	1,987	0,800	1,987
Futterkalk (fein)	0,550	1,366	0,550	1,366	0,550	1,366
Kochsalz	0,125	0,310	0,125	0,310	0,125	0,310
Spurenelemente-VM	0,035	0,087	0,035	0,087	0,035	0,087
Vitamin-VM	0,071	0,176	0,071	0,176	0,071	0,176
Lysin	0,245	0,608	0,245	0,608	0,245	0,608
Threonin	0,068	0,169	0,068	0,169	0,068	0,169
Methionin	0,050	0,124	0,050	0,124	0,050	0,124
Cholinchlorid	0,080	0,199	0,080	0,199	0,080	0,199
Natriumbikarbonat	0,040	0,099	0,040	0,099	0,040	0,099
Titandioxid	0,200	0,497	0,200	0,497	0,200	0,497

Tabelle A3: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung der Braunhirse

	BH1		BH2		BH3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	6,950	17,166	6,950	17,166	6,950	17,166
Weizenkleber	2,900	7,163	2,900	7,163	2,900	7,163
Sonnenblumenöl	0,430	1,062	0,430	1,062	0,430	1,062
Maisstärke	16,200	40,014	8,057	19,901	0,000	0,000
Sommergerste	12,100	29,887	20,243	50,000	28,300	69,901
Mono-Ca-Phosphat	0,900	2,223	0,900	2,223	0,900	2,223
Futterkalk (fein)	0,290	0,716	0,290	0,716	0,290	0,716
Kochsalz	0,120	0,296	0,120	0,296	0,120	0,296
Spurenelemente-VM	0,033	0,082	0,033	0,082	0,033	0,082
Vitamin-VM	0,073	0,180	0,073	0,180	0,073	0,180
Lysin	0,125	0,309	0,125	0,309	0,125	0,309
Threonin	0,016	0,040	0,016	0,040	0,016	0,040
Methionin	0,024	0,059	0,024	0,059	0,024	0,059
Cholinchlorid	0,081	0,200	0,081	0,200	0,081	0,200
Natriumbikarbonat	0,041	0,101	0,041	0,101	0,041	0,101
Titandioxid	0,203	0,501	0,203	0,501	0,203	0,501

Tabelle A4: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung des Buchweizens

	BW1		BW2		BW3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	6,700	16,661	6,700	16,661	6,700	16,661
Weizenkleber	2,900	7,212	2,900	7,212	2,900	7,212
Sonnenblumenöl	0,400	0,995	0,400	0,995	0,400	0,995
Maisstärke	16,000	39,788	8,000	19,894	0,000	0,000
Buchweizen	12,000	29,841	20,000	49,735	28,000	69,629
Mono-Ca-Phosphat	0,800	1,989	0,800	1,989	0,800	1,989
Futterkalk (fein)	0,550	1,368	0,550	1,368	0,550	1,368
Kochsalz	0,125	0,311	0,125	0,311	0,125	0,311
Spurenelemente-VM	0,035	0,087	0,035	0,087	0,035	0,087
Vitamin-VM	0,071	0,177	0,071	0,177	0,071	0,177
Lysin	0,180	0,448	0,180	0,448	0,180	0,448
Threonin	0,064	0,159	0,064	0,159	0,064	0,159
Methionin	0,068	0,169	0,068	0,169	0,068	0,169
Cholinchlorid	0,080	0,199	0,080	0,199	0,080	0,199
Natriumbikarbonat	0,040	0,099	0,040	0,099	0,040	0,099
Titandioxid	0,200	0,497	0,200	0,497	0,200	0,497

Tabelle A5: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung des Buchweizens

	BW1		BW2		BW3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	7,378	17,157	7,378	17,157	7,378	17,157
Weizenkleber	3,080	7,162	3,080	7,162	3,080	7,162
Sonnenblumenöl	0,460	1,070	0,460	1,070	0,460	1,070
Maisstärke	17,220	40,043	8,620	20,045	0,000	0,000
Buchweizen	12,900	29,997	21,500	49,995	30,120	70,040
Mono-Ca-Phosphat	0,950	2,209	0,950	2,209	0,950	2,209
Futterkalk (fein)	0,310	0,721	0,310	0,721	0,310	0,721
Kochsalz	0,130	0,302	0,130	0,302	0,130	0,302
Spurenelemente-VM	0,035	0,081	0,035	0,081	0,035	0,081
Vitamin-VM	0,078	0,181	0,078	0,181	0,078	0,181
Lysin	0,062	0,144	0,062	0,144	0,062	0,144
Threonin	0,011	0,026	0,011	0,026	0,011	0,026
Methionin	0,045	0,105	0,045	0,105	0,045	0,105
Cholinchlorid	0,085	0,198	0,085	0,198	0,085	0,198
Natriumbikarbonat	0,045	0,105	0,045	0,105	0,045	0,105
Titandioxid	0,215	0,500	0,215	0,500	0,215	0,500

Tabelle A6: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung des Dinkels

	DI1		DI2		DI3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	6,100	16,791	6,100	16,791	6,100	16,791
Weizenkleber	2,600	7,157	2,600	7,157	2,600	7,157
Sonnenblumenöl	0,360	0,991	0,360	0,991	0,360	0,991
Maisstärke	14,400	39,637	14,400	39,637	14,400	39,637
Dinkel	10,800	29,727	10,800	29,727	10,800	29,727
Mono-Ca-Phosphat	0,720	1,982	0,720	1,982	0,720	1,982
Futterkalk (fein)	0,500	1,376	0,500	1,376	0,500	1,376
Kochsalz	0,108	0,297	0,108	0,297	0,108	0,297
Spurenelemente-VM	0,030	0,083	0,030	0,083	0,030	0,083
Vitamin-VM	0,064	0,176	0,064	0,176	0,064	0,176
Lysin	0,210	0,578	0,210	0,578	0,210	0,578
Threonin	0,107	0,295	0,107	0,295	0,107	0,295
Methionin	0,044	0,121	0,044	0,121	0,044	0,121
Cholinchlorid	0,070	0,193	0,070	0,193	0,070	0,193
Natriumbikarbonat	0,036	0,099	0,036	0,099	0,036	0,099
Titandioxid	0,181	0,498	0,181	0,498	0,181	0,498

Tabelle A7: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung des Dinkels

	DI1		DI2		DI3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	7,500	17,051	7,500	17,051	7,500	17,051
Weizenkleber	3,100	7,048	3,100	7,048	3,100	7,048
Sonnenblumenöl	0,460	1,046	0,460	1,046	0,460	1,046
Maisstärke	17,600	40,013	8,800	20,006	0,000	0,000
Dinkel	13,200	30,010	22,000	50,016	30,800	70,022
Mono-Ca-Phosphat	0,970	2,205	0,970	2,205	0,970	2,205
Futterkalk (fein)	0,310	0,705	0,310	0,705	0,310	0,705
Kochsalz	0,135	0,307	0,135	0,307	0,135	0,307
Spurenelemente-VM	0,035	0,080	0,035	0,080	0,035	0,080
Vitamin-VM	0,080	0,182	0,080	0,182	0,080	0,182
Lysin	0,140	0,318	0,140	0,318	0,140	0,318
Threonin	0,078	0,177	0,078	0,177	0,078	0,177
Methionin	0,023	0,052	0,023	0,052	0,023	0,052
Cholinchlorid	0,090	0,205	0,090	0,205	0,090	0,205
Natriumbikarbonat	0,045	0,102	0,045	0,102	0,045	0,102
Titandioxid	0,220	0,500	0,220	0,500	0,220	0,500

Tabelle A8: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung der Mais-Ganzkornsilage

	GKS1		GKS2		GKS3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	7,500	16,551	7,500	16,551	7,500	16,551
Weizenkleber	3,250	7,172	3,250	7,172	3,250	7,172
Sonnenblumenöl	0,450	0,993	0,450	0,993	0,450	0,993
Maisstärke	18,000	39,723	9,000	19,861	0,000	0,000
Dinkel	13,500	29,792	22,500	49,654	31,500	69,515
Mono-Ca-Phosphat	0,990	2,185	0,990	2,185	0,990	2,185
Futterkalk (fein)	0,550	1,214	0,550	1,214	0,550	1,214
Kochsalz	0,140	0,309	0,140	0,309	0,140	0,309
Spurenelemente-VM	0,040	0,088	0,040	0,088	0,040	0,088
Vitamin-VM	0,080	0,177	0,080	0,177	0,080	0,177
Lysin	0,275	0,607	0,275	0,607	0,275	0,607
Threonin	0,095	0,210	0,095	0,210	0,095	0,210
Methionin	0,085	0,188	0,085	0,188	0,085	0,188
Cholinchlorid	0,089	0,196	0,089	0,196	0,089	0,196
Natriumbikarbonat	0,045	0,099	0,045	0,099	0,045	0,099
Titandioxid	0,225	0,497	0,225	0,497	0,225	0,497

Tabelle A9: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung der Mais-Ganzkornsilage

	GKS1		GKS2		GKS3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	7,500	16,549	7,500	16,549	7,500	16,549
Weizenkleber	3,250	7,171	3,250	7,171	3,250	7,171
Sonnenblumenöl	0,450	0,993	0,450	0,993	0,450	0,993
Maisstärke	18,000	39,717	9,000	19,858	0,000	0,000
Dinkel	13,500	29,788	22,500	49,646	31,500	69,504
Mono-Ca-Phosphat	1,220	2,692	1,220	2,692	1,220	2,692
Futterkalk (fein)	0,500	1,103	0,500	1,103	0,500	1,103
Kochsalz	0,140	0,309	0,140	0,309	0,140	0,309
Spurenelemente-VM	0,045	0,099	0,045	0,099	0,045	0,099
Vitamin-VM	0,085	0,188	0,085	0,188	0,085	0,188
Lysin	0,150	0,331	0,150	0,331	0,150	0,331
Threonin	0,040	0,088	0,040	0,088	0,040	0,088
Methionin	0,055	0,121	0,055	0,121	0,055	0,121
Cholinchlorid	0,114	0,252	0,114	0,252	0,114	0,252
Natriumbikarbonat	0,047	0,104	0,047	0,104	0,047	0,104
Titandioxid	0,225	0,496	0,225	0,496	0,225	0,496

Tabelle A10: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung der Kleegrassilage (behandelt)

	KB1		KB2		KB3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	11,000	23,529	11,000	23,529	11,000	23,529
Mais (Hohenheim)	7,000	14,973	7,000	14,973	7,000	14,973
Weizenkleber	2,500	5,348	2,500	5,348	2,500	5,348
Sonnenblumenöl	0,600	1,283	0,600	1,283	0,600	1,283
Maisstärke	18,400	39,358	9,200	19,679	0,000	0,000
Kleegrassil beh	4,600	9,840	13,800	29,519	23,000	49,198
Mono-Ca-Phosphat	1,200	2,567	1,200	2,567	1,200	2,567
Futterkalk (fein)	0,400	0,856	0,400	0,856	0,400	0,856
Kochsalz	0,160	0,342	0,160	0,342	0,160	0,342
Spurenelement-VM	0,045	0,096	0,045	0,096	0,045	0,096
Vitamin-VM	0,090	0,193	0,090	0,193	0,090	0,193
Lysin	0,180	0,385	0,180	0,385	0,180	0,385
Threonin	0,095	0,203	0,095	0,203	0,095	0,203
Methionin	0,080	0,171	0,080	0,171	0,080	0,171
Cholinchlorid	0,120	0,257	0,120	0,257	0,120	0,257
Natriumbikarbonat	0,050	0,107	0,050	0,107	0,050	0,107
Titandioxid	0,230	0,492	0,230	0,492	0,230	0,492

Tabelle A11: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung der Kleegrassilage (behandelt)

	KB1		KB2		KB3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	11,530	23,202	11,530	23,202	11,530	23,202
Mais (Hohenheim)	7,340	14,771	7,340	14,771	7,340	14,771
Weizenkleber	2,620	5,272	2,620	5,272	2,620	5,272
Sonnenblumenöl	0,630	1,268	0,630	1,268	0,630	1,268
Maisstärke	20,000	40,247	10,000	20,124	0,000	0,000
Kleegrassil beh	5,000	10,062	15,000	30,185	25,000	50,309
Mono-Ca-Phosphat	1,260	2,536	1,260	2,536	1,260	2,536
Futterkalk (fein)	0,420	0,845	0,420	0,845	0,420	0,845
Kochsalz	0,170	0,342	0,170	0,342	0,170	0,342
Spurenelement-VM	0,050	0,101	0,050	0,101	0,050	0,101
Vitamin-VM	0,094	0,189	0,094	0,189	0,094	0,189
Lysin	0,060	0,121	0,060	0,121	0,060	0,121
Threonin	0,045	0,091	0,045	0,091	0,045	0,091
Methionin	0,055	0,111	0,055	0,111	0,055	0,111
Cholinchlorid	0,126	0,254	0,126	0,254	0,126	0,254
Natriumbikarbonat	0,052	0,105	0,052	0,105	0,052	0,105
Titandioxid	0,241	0,485	0,241	0,485	0,241	0,485

Tabelle A12: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung der Kleegrassilage (unbehandelt)

	KU1		KU2		KU3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	11,000	23,553	11,000	23,553	11,000	23,553
Mais (Hohenheim)	7,000	14,988	7,000	14,988	7,000	14,988
Weizenkleber	2,500	5,353	2,500	5,353	2,500	5,353
Sonnenblumenöl	0,600	1,285	0,600	1,285	0,600	1,285
Maisstärke	18,400	39,398	9,200	19,699	0,000	0,000
Kleegrassil unbeh	4,600	9,849	13,800	29,548	23,000	49,247
Mono-Ca-Phosphat	1,200	2,569	1,200	2,569	1,200	2,569
Futterkalk (fein)	0,400	0,856	0,400	0,856	0,400	0,856
Kochsalz	0,160	0,343	0,160	0,343	0,160	0,343
Spurenelement-VM	0,045	0,096	0,045	0,096	0,045	0,096
Vitamin-VM	0,090	0,193	0,090	0,193	0,090	0,193
Lysin	0,180	0,385	0,180	0,385	0,180	0,385
Threonin	0,050	0,107	0,050	0,107	0,050	0,107
Methionin	0,078	0,167	0,078	0,167	0,078	0,167
Cholinchlorid	0,120	0,257	0,120	0,257	0,120	0,257
Natriumbikarbonat	0,050	0,107	0,050	0,107	0,050	0,107
Titandioxid	0,230	0,492	0,230	0,492	0,230	0,492

Tabelle A13: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung der Kleegrassilage (unbehandelt)

	KU1		KU2		KU3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	11,530	23,221	11,530	23,221	11,530	23,221
Mais (Hohenheim)	7,340	14,783	7,340	14,783	7,340	14,783
Weizenkleber	2,620	5,277	2,620	5,277	2,620	5,277
Sonnenblumenöl	0,630	1,269	0,630	1,269	0,630	1,269
Maisstärke	20,000	40,280	10,000	20,140	0,000	0,000
Kleegrassil unbeh	5,000	10,070	15,000	30,210	25,000	50,349
Mono-Ca-Phosphat	1,260	2,538	1,260	2,538	1,260	2,538
Futterkalk (fein)	0,420	0,846	0,420	0,846	0,420	0,846
Kochsalz	0,170	0,342	0,170	0,342	0,170	0,342
Spurenelement-VM	0,050	0,101	0,050	0,101	0,050	0,101
Vitamin-VM	0,094	0,189	0,094	0,189	0,094	0,189
Lysin	0,065	0,131	0,065	0,131	0,065	0,131
Threonin	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Methionin	0,055	0,111	0,055	0,111	0,055	0,111
Cholinchlorid	0,126	0,254	0,126	0,254	0,126	0,254
Natriumbikarbonat	0,052	0,105	0,052	0,105	0,052	0,105
Titandioxid	0,241	0,485	0,241	0,485	0,241	0,485

Tabelle A14: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung der Linsen

	LA1		LA2		LA3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	6,800	16,917	6,800	16,917	6,800	16,917
Weizenkleber	2,900	7,214	2,900	7,214	2,900	7,214
Sonnenblumenöl	0,400	0,995	0,400	0,995	0,400	0,995
Maisstärke	16,000	39,804	8,000	19,902	0,000	0,000
Linsenausputz	12,000	29,853	20,000	49,755	28,000	69,657
Mono-Ca-Phosphat	0,800	1,990	0,800	1,990	0,800	1,990
Futterkalk (fein)	0,603	1,500	0,603	1,500	0,603	1,500
Kochsalz	0,137	0,341	0,137	0,341	0,137	0,341
Spurenelemente-VM	0,039	0,097	0,039	0,097	0,039	0,097
Vitamin-VM	0,077	0,192	0,077	0,192	0,077	0,192
Lysin	0,030	0,075	0,030	0,075	0,030	0,075
Threonin	0,010	0,025	0,010	0,025	0,010	0,025
Methionin	0,070	0,174	0,070	0,174	0,070	0,174
Cholinchlorid	0,087	0,216	0,087	0,216	0,087	0,216
Natriumbikarbonat	0,044	0,109	0,044	0,109	0,044	0,109
Titandioxid	0,200	0,498	0,200	0,498	0,200	0,498

Tabelle A15: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung der Linsen

	LA1		LA2		LA3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	6,800	16,904	6,800	16,904	6,800	16,904
Weizenkleber	2,900	7,209	2,900	7,209	2,900	7,209
Sonnenblumenöl	0,400	0,994	0,400	0,994	0,400	0,994
Maisstärke	16,000	39,774	8,000	19,887	0,000	0,000
Linsenausputz	12,000	29,831	20,000	49,718	28,000	69,605
Mono-Ca-Phosphat	1,000	2,486	1,000	2,486	1,000	2,486
Futterkalk (fein)	0,470	1,168	0,470	1,168	0,470	1,168
Kochsalz	0,137	0,341	0,137	0,341	0,137	0,341
Spurenelemente-VM	0,032	0,080	0,032	0,080	0,032	0,080
Vitamin-VM	0,080	0,199	0,080	0,199	0,080	0,199
Lysin	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Threonin	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Methionin	0,047	0,117	0,047	0,117	0,047	0,117
Cholinchlorid	0,114	0,283	0,114	0,283	0,114	0,283
Natriumbikarbonat	0,047	0,117	0,047	0,117	0,047	0,117
Titandioxid	0,200	0,497	0,200	0,497	0,200	0,497

Tabelle A16: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung der getrockneten Luzerneblätter

	LB1		LB2		LB3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	11,000	23,546	11,000	23,546	11,000	23,546
Mais (Hohenheim)	7,000	14,984	7,000	14,984	7,000	14,984
Weizenkleber	2,500	5,351	2,500	5,351	2,500	5,351
Sonnenblumenöl	0,600	1,284	0,600	1,284	0,600	1,284
Maisstärke	18,400	39,385	9,200	19,693	0,000	0,000
Luzerneblätter	4,600	9,846	13,800	29,539	23,000	49,232
Mono-Ca-Phosphat	1,200	2,569	1,200	2,569	1,200	2,569
Futterkalk (fein)	0,400	0,856	0,400	0,856	0,400	0,856
Kochsalz	0,160	0,342	0,160	0,342	0,160	0,342
Spurenelement-VM	0,045	0,096	0,045	0,096	0,045	0,096
Vitamin-VM	0,090	0,193	0,090	0,193	0,090	0,193
Lysin	0,185	0,396	0,185	0,396	0,185	0,396
Threonin	0,055	0,118	0,055	0,118	0,055	0,118
Methionin	0,083	0,178	0,083	0,178	0,083	0,178
Cholinchlorid	0,120	0,257	0,120	0,257	0,120	0,257
Natriumbikarbonat	0,050	0,107	0,050	0,107	0,050	0,107
Titandioxid	0,230	0,492	0,230	0,492	0,230	0,492

Tabelle A17: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung der getrockneten Luzerneblätter

	LB1		LB2		LB3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	11,530	23,221	11,530	23,221	11,530	23,221
Mais (Hohenheim)	7,340	14,782	7,340	14,783	7,340	14,783
Weizenkleber	2,620	5,277	2,620	5,277	2,620	5,277
Sonnenblumenöl	0,630	1,269	0,630	1,269	0,630	1,269
Maisstärke	20,000	40,279	10,000	20,140	0,000	0,000
Luzerneblätter	5,000	10,070	15,000	30,210	25,000	50,349
Mono-Ca-Phosphat	1,260	2,538	1,260	2,538	1,260	2,538
Futterkalk (fein)	0,420	0,846	0,420	0,846	0,420	0,846
Kochsalz	0,170	0,342	0,170	0,342	0,170	0,342
Spurenelement-VM	0,050	0,101	0,050	0,101	0,050	0,101
Vitamin-VM	0,094	0,190	0,094	0,189	0,094	0,189
Lysin	0,060	0,121	0,060	0,121	0,060	0,121
Threonin	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Methionin	0,060	0,121	0,060	0,121	0,060	0,121
Cholinchlorid	0,126	0,253	0,126	0,254	0,126	0,254
Natriumbikarbonat	0,052	0,100	0,052	0,105	0,052	0,105
Titandioxid	0,241	0,486	0,241	0,485	0,241	0,485

Tabelle A18: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung der Nacktgerste

	NG1		NG2		NG3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	6,700	16,719	6,700	16,719	6,700	16,719
Weizenkleber	2,900	7,236	2,900	7,236	2,900	7,236
Sonnenblumenöl	0,400	0,998	0,400	0,998	0,400	0,998
Maisstärke	15,800	39,426	7,800	19,464	0,000	0,000
Nacktgerste	12,000	29,944	20,000	49,906	27,800	69,370
Mono-Ca-Phosphat	0,800	1,996	0,800	1,996	0,800	1,996
Futterkalk (fein)	0,550	1,372	0,550	1,372	0,550	1,372
Kochsalz	0,125	0,312	0,125	0,312	0,125	0,312
Spurenelemente-VM	0,035	0,087	0,035	0,087	0,035	0,087
Vitamin-VM	0,070	0,175	0,070	0,175	0,070	0,175
Lysin	0,230	0,574	0,230	0,574	0,230	0,574
Threonin	0,075	0,187	0,075	0,187	0,075	0,187
Methionin	0,070	0,175	0,070	0,175	0,070	0,175
Cholinchlorid	0,080	0,200	0,080	0,200	0,080	0,200
Natriumbikarbonat	0,040	0,100	0,040	0,100	0,040	0,100
Titandioxid	0,200	0,499	0,200	0,499	0,200	0,499

Tabelle A19: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung der Nacktgerste

	NG1		NG2		NG3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	6,820	16,721	6,820	16,721	6,820	16,721
Weizenkleber	2,950	7,233	2,950	7,233	2,950	7,233
Sonnenblumenöl	0,410	1,005	0,410	1,005	0,410	1,005
Maisstärke	16,080	39,425	7,880	19,320	0,000	0,000
Nacktgerste	12,200	29,912	20,400	50,017	28,280	69,338
Mono-Ca-Phosphat	1,020	2,501	1,020	2,501	1,020	2,501
Futterkalk (fein)	0,560	1,373	0,560	1,373	0,560	1,373
Kochsalz	0,130	0,319	0,130	0,319	0,130	0,319
Spurenelemente-VM	0,036	0,088	0,036	0,088	0,036	0,088
Vitamin-VM	0,070	0,172	0,070	0,172	0,070	0,172
Lysin	0,110	0,270	0,110	0,270	0,110	0,270
Threonin	0,025	0,061	0,025	0,061	0,025	0,061
Methionin	0,050	0,123	0,050	0,123	0,050	0,123
Cholinchlorid	0,080	0,196	0,080	0,196	0,080	0,196
Natriumbikarbonat	0,040	0,098	0,040	0,098	0,040	0,098
Titandioxid	0,205	0,503	0,205	0,503	0,205	0,503

Tabelle A20: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung des Nackthafer

	NH1		NH2		NH3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	6,100	16,816	6,100	16,816	6,100	16,816
Weizenkleber	2,600	7,168	2,600	7,168	2,600	7,168
Sonnenblumenöl	0,360	0,992	0,360	0,992	0,360	0,992
Maisstärke	14,400	39,698	7,200	19,849	0,000	0,000
Nackthafer	10,800	29,773	18,000	49,622	25,200	69,471
Mono-Ca-Phosphat	0,720	1,985	0,720	1,985	0,720	1,985
Futterkalk (fein)	0,500	1,378	0,500	1,378	0,500	1,378
Kochsalz	0,108	0,298	0,108	0,298	0,108	0,298
Spurenelemente-VM	0,030	0,083	0,030	0,083	0,030	0,083
Vitamin-VM	0,064	0,176	0,064	0,176	0,064	0,176
Lysin	0,180	0,496	0,180	0,496	0,180	0,496
Threonin	0,062	0,171	0,062	0,171	0,062	0,171
Methionin	0,063	0,174	0,063	0,174	0,063	0,174
Cholinchlorid	0,070	0,193	0,070	0,193	0,070	0,193
Natriumbikarbonat	0,036	0,099	0,036	0,099	0,036	0,099
Titandioxid	0,181	0,499	0,181	0,499	0,181	0,499

Tabelle A21: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung des Nackthafer

	NH1		NH2		NH3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	7,900	17,162	7,900	17,162	7,900	17,162
Weizenkleber	3,300	7,169	3,300	7,169	3,300	7,169
Sonnenblumenöl	0,490	1,064	0,490	1,064	0,490	1,064
Maisstärke	18,400	39,972	9,200	19,986	0,000	0,000
Nackthafer	13,800	29,979	23,000	49,965	32,200	69,951
Mono-Ca-Phosphat	1,020	2,216	1,020	2,216	1,020	2,216
Futterkalk (fein)	0,330	0,717	0,330	0,717	0,330	0,717
Kochsalz	0,136	0,295	0,136	0,295	0,136	0,295
Spurenelemente-VM	0,037	0,080	0,037	0,080	0,037	0,080
Vitamin-VM	0,083	0,180	0,083	0,180	0,083	0,180
Lysin	0,097	0,211	0,097	0,211	0,097	0,211
Threonin	0,020	0,043	0,020	0,043	0,020	0,043
Methionin	0,051	0,111	0,051	0,111	0,051	0,111
Cholinchlorid	0,092	0,200	0,092	0,200	0,092	0,200
Natriumbikarbonat	0,046	0,100	0,046	0,100	0,046	0,100
Titandioxid	0,230	0,500	0,230	0,500	0,230	0,500

Tabelle A22: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung des Roggens

	WR1		WR2		WR3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	6,100	16,784	6,100	16,784	6,100	16,784
Weizenkleber	2,600	7,154	2,600	7,154	2,600	7,154
Sonnenblumenöl	0,360	0,991	0,360	0,991	0,360	0,991
Maisstärke	14,400	39,621	7,200	19,811	0,000	0,000
Roggen	10,800	29,716	18,000	49,527	25,200	69,337
Mono-Ca-Phosphat	0,720	1,981	0,720	1,981	0,720	1,981
Futterkalk (fein)	0,500	1,376	0,500	1,376	0,500	1,376
Kochsalz	0,108	0,297	0,108	0,297	0,108	0,297
Spurenelemente-VM	0,030	0,083	0,030	0,083	0,030	0,083
Vitamin-VM	0,083	0,228	0,083	0,228	0,083	0,228
Lysin	0,210	0,578	0,210	0,578	0,210	0,578
Threonin	0,075	0,206	0,075	0,206	0,075	0,206
Methionin	0,070	0,193	0,070	0,193	0,070	0,193
Cholinchlorid	0,070	0,193	0,070	0,193	0,070	0,193
Natriumbikarbonat	0,036	0,099	0,036	0,099	0,036	0,099
Titandioxid	0,182	0,501	0,182	0,501	0,182	0,501

Tabelle A23: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung des Roggens

	WR1		WR2		WR3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	6,838	17,086	6,838	17,086	6,838	17,086
Weizenkleber	2,840	7,096	2,840	7,096	2,840	7,096
Sonnenblumenöl	0,421	1,052	0,421	1,052	0,421	1,052
Maisstärke	16,000	39,980	8,000	19,990	0,000	0,000
Roggen	12,000	29,985	20,000	49,975	28,000	69,965
Mono-Ca-Phosphat	0,884	2,209	0,884	2,209	0,884	2,209
Futterkalk (fein)	0,284	0,710	0,284	0,710	0,284	0,710
Kochsalz	0,121	0,302	0,121	0,302	0,121	0,302
Spurenelemente-VM	0,032	0,080	0,032	0,080	0,032	0,080
Vitamin-VM	0,072	0,180	0,072	0,180	0,072	0,180
Lysin	0,115	0,287	0,115	0,287	0,115	0,287
Threonin	0,040	0,100	0,040	0,100	0,040	0,100
Methionin	0,053	0,132	0,053	0,132	0,053	0,132
Cholinchlorid	0,080	0,200	0,080	0,200	0,080	0,200
Natriumbikarbonat	0,040	0,100	0,040	0,100	0,040	0,100
Titandioxid	0,200	0,500	0,200	0,500	0,200	0,500

Tabelle A24: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung der Rispenhirse

	RH1		RH2		RH3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	6,700	16,704	6,700	16,704	6,700	16,704
Weizenkleber	2,900	7,230	2,900	7,230	2,900	7,230
Sonnenblumenöl	0,400	0,997	0,400	0,997	0,400	0,997
Maisstärke	15,800	39,392	7,800	19,447	0,000	0,000
Rispenhirse	12,000	29,918	20,000	49,863	27,800	69,309
Mono-Ca-Phosphat	0,800	1,995	0,800	1,995	0,800	1,995
Futterkalk (fein)	0,550	1,371	0,550	1,371	0,550	1,371
Kochsalz	0,125	0,312	0,125	0,312	0,125	0,312
Spurenelemente-VM	0,035	0,087	0,035	0,087	0,035	0,087
Vitamin-VM	0,070	0,175	0,070	0,175	0,070	0,175
Lysin	0,250	0,623	0,250	0,623	0,250	0,623
Threonin	0,085	0,212	0,085	0,212	0,085	0,212
Methionin	0,075	0,187	0,075	0,187	0,075	0,187
Cholinchlorid	0,080	0,199	0,080	0,199	0,080	0,199
Natriumbikarbonat	0,040	0,100	0,040	0,100	0,040	0,100
Titandioxid	0,200	0,499	0,200	0,499	0,200	0,499

Tabelle A25: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung der Rispenhirse

	RH1		RH2		RH3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	7,650	16,699	7,650	16,699	7,650	16,699
Weizenkleber	3,310	7,225	3,310	7,225	3,310	7,225
Sonnenblumenöl	0,460	1,004	0,460	1,004	0,460	1,004
Maisstärke	18,000	39,293	8,840	19,297	0,000	0,000
Rispenhirse	13,740	29,993	22,900	49,989	31,740	69,286
Mono-Ca-Phosphat	1,140	2,489	1,140	2,489	1,140	2,489
Futterkalk (fein)	0,630	1,375	0,630	1,375	0,630	1,375
Kochsalz	0,145	0,317	0,145	0,317	0,145	0,317
Spurenelemente-VM	0,040	0,087	0,040	0,087	0,040	0,087
Vitamin-VM	0,080	0,175	0,080	0,175	0,080	0,175
Lysin	0,155	0,338	0,155	0,338	0,155	0,338
Threonin	0,040	0,087	0,040	0,087	0,040	0,087
Methionin	0,055	0,120	0,055	0,120	0,055	0,120
Cholinchlorid	0,090	0,196	0,090	0,196	0,090	0,196
Natriumbikarbonat	0,045	0,098	0,045	0,098	0,045	0,098
Titandioxid	0,230	0,502	0,230	0,502	0,230	0,502

Tabelle A26: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung der Sommergerste

	SG1		SG2		SG3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	7,600	16,793	7,600	16,793	7,600	16,793
Weizenkleber	3,250	7,181	3,250	7,181	3,250	7,181
Sonnenblumenöl	0,450	0,994	0,450	0,994	0,450	0,994
Maisstärke	17,900	39,553	9,000	19,887	0,000	0,000
Sommergerste	13,500	29,830	22,400	49,496	31,400	69,383
Mono-Ca-Phosphat	0,900	1,989	0,900	1,989	0,900	1,989
Futterkalk (fein)	0,620	1,370	0,620	1,370	0,620	1,370
Kochsalz	0,140	0,309	0,140	0,309	0,140	0,309
Spurenelemente-VM	0,040	0,088	0,040	0,088	0,040	0,088
Vitamin-VM	0,080	0,177	0,080	0,177	0,080	0,177
Lysin	0,245	0,541	0,245	0,541	0,245	0,541
Threonin	0,090	0,199	0,090	0,199	0,090	0,199
Methionin	0,080	0,177	0,080	0,177	0,080	0,177
Cholinchlorid	0,090	0,199	0,090	0,199	0,090	0,199
Natriumbikarbonat	0,045	0,099	0,045	0,099	0,045	0,099
Titandioxid	0,226	0,499	0,226	0,499	0,226	0,499

Tabelle A27: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung der Sommergerste

	SG1		SG2		SG3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	6,500	17,109	6,500	17,109	6,500	17,109
Weizenkleber	2,700	7,107	2,700	7,107	2,700	7,107
Sonnenblumenöl	0,400	1,053	0,400	1,053	0,400	1,053
Maisstärke	15,200	40,008	7,600	20,004	0,000	0,000
Sommergerste	11,400	30,006	19,000	50,011	26,600	70,015
Mono-Ca-Phosphat	0,840	2,211	0,840	2,211	0,840	2,211
Futterkalk (fein)	0,270	0,711	0,270	0,711	0,270	0,711
Kochsalz	0,115	0,303	0,115	0,303	0,115	0,303
Spurenelemente-VM	0,030	0,079	0,030	0,079	0,030	0,079
Vitamin-VM	0,068	0,179	0,068	0,179	0,068	0,179
Lysin	0,100	0,263	0,100	0,263	0,100	0,263
Threonin	0,023	0,061	0,023	0,061	0,023	0,061
Methionin	0,042	0,111	0,042	0,111	0,042	0,111
Cholinchlorid	0,076	0,200	0,076	0,200	0,076	0,200
Natriumbikarbonat	0,038	0,100	0,038	0,100	0,038	0,100
Titandioxid	0,190	0,500	0,190	0,500	0,190	0,500

Tabelle A28: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung der Triticale

	WT1		WT2		WT3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	7,600	16,799	7,600	16,799	7,600	16,799
Weizenkleber	3,250	7,184	3,250	7,184	3,250	7,184
Sonnenblumenöl	0,450	0,995	0,450	0,995	0,450	0,995
Maisstärke	17,900	39,566	9,000	19,893	0,000	0,000
Triticale	13,450	29,730	22,350	49,402	31,350	69,296
Mono-Ca-Phosphat	0,900	1,989	0,900	1,989	0,900	1,989
Futterkalk (fein)	0,620	1,370	0,620	1,370	0,620	1,370
Kochsalz	0,140	0,309	0,140	0,309	0,140	0,309
Spurenelemente-VM	0,040	0,088	0,040	0,088	0,040	0,088
Vitamin-VM	0,080	0,177	0,080	0,177	0,080	0,177
Lysin	0,265	0,586	0,265	0,586	0,265	0,586
Threonin	0,100	0,221	0,100	0,221	0,100	0,221
Methionin	0,085	0,188	0,085	0,188	0,085	0,188
Cholinchlorid	0,090	0,199	0,090	0,199	0,090	0,199
Natriumbikarbonat	0,045	0,099	0,045	0,099	0,045	0,099
Titandioxid	0,226	0,500	0,226	0,500	0,226	0,500

Tabelle A29: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung der Triticale

	WT1		WT2		WT3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	6,500	17,095	6,500	17,095	6,500	17,095
Weizenkleber	2,700	7,101	2,700	7,101	2,700	7,101
Sonnenblumenöl	0,400	1,052	0,400	1,052	0,400	1,052
Maisstärke	15,200	39,977	7,600	19,988	0,000	0,000
Triticale	11,400	29,983	19,000	49,971	26,600	69,959
Mono-Ca-Phosphat	0,840	2,209	0,840	2,209	0,840	2,209
Futterkalk (fein)	0,270	0,710	0,270	0,710	0,270	0,710
Kochsalz	0,115	0,302	0,115	0,302	0,115	0,302
Spurenelemente-VM	0,030	0,079	0,030	0,079	0,030	0,079
Vitamin-VM	0,068	0,179	0,068	0,179	0,068	0,179
Lysin	0,115	0,302	0,115	0,302	0,115	0,302
Threonin	0,030	0,079	0,030	0,079	0,030	0,079
Methionin	0,050	0,132	0,050	0,132	0,050	0,132
Cholinchlorid	0,076	0,200	0,076	0,200	0,076	0,200
Natriumbikarbonat	0,038	0,100	0,038	0,100	0,038	0,100
Titandioxid	0,190	0,500	0,190	0,500	0,190	0,500

Tabelle A30: Zusammensetzung der Starterrationen für die Prüfung des Weizens

	WW1		WW2		WW3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	6,100	16,817	6,100	16,817	6,100	16,817
Weizenkleber	2,600	7,168	2,600	7,168	2,600	7,168
Sonnenblumenöl	0,360	0,992	0,360	0,992	0,360	0,992
Maisstärke	14,700	40,526	7,200	19,849	0,000	0,000
Weizen	10,500	28,947	18,000	49,624	25,200	69,473
Mono-Ca-Phosphat	0,720	1,985	0,720	1,985	0,720	1,985
Futterkalk (fein)	0,500	1,378	0,500	1,378	0,500	1,378
Kochsalz	0,108	0,298	0,108	0,298	0,108	0,298
Spurenelemente-VM	0,030	0,083	0,030	0,083	0,030	0,083
Vitamin-VM	0,064	0,176	0,064	0,176	0,064	0,176
Lysin	0,180	0,496	0,180	0,496	0,180	0,496
Threonin	0,062	0,171	0,062	0,171	0,062	0,171
Methionin	0,063	0,174	0,063	0,174	0,063	0,174
Cholinchlorid	0,070	0,193	0,070	0,193	0,070	0,193
Natriumbikarbonat	0,036	0,099	0,036	0,099	0,036	0,099
Titandioxid	0,180	0,496	0,180	0,496	0,180	0,496

Tabelle A31: Zusammensetzung der Growerrationen für die Prüfung des Weizens

	WW1		WW2		WW3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Sojabohne	7,900	17,150	7,900	17,150	7,900	17,150
Weizenkleber	3,300	7,164	3,300	7,164	3,300	7,164
Sonnenblumenöl	0,480	1,042	0,480	1,042	0,480	1,042
Maisstärke	18,400	39,944	18,400	39,944	18,400	39,944
Weizen	13,800	29,958	13,800	29,958	13,800	29,958
Mono-Ca-Phosphat	1,020	2,214	1,020	2,214	1,020	2,214
Futterkalk (fein)	0,330	0,716	0,330	0,716	0,330	0,716
Kochsalz	0,139	0,302	0,139	0,302	0,139	0,302
Spurenelemente-VM	0,037	0,080	0,037	0,080	0,037	0,080
Vitamin-VM	0,083	0,180	0,083	0,180	0,083	0,180
Lysin	0,129	0,280	0,129	0,280	0,129	0,280
Threonin	0,028	0,061	0,028	0,061	0,028	0,061
Methionin	0,051	0,111	0,051	0,111	0,051	0,111
Cholinchlorid	0,092	0,200	0,092	0,200	0,092	0,200
Natriumbikarbonat	0,046	0,100	0,046	0,100	0,046	0,100
Titandioxid	0,230	0,499	0,230	0,499	0,230	0,499

Tabelle A32: Hauptnährstoffgehalte der Versuchsstarrationen (in % der TM)

	TM*	XP*	XL**	XF*	XA*	Stärke*	Zucker*
BH 1	90,94	18,34	4,36	3,82	5,80	58,35	2,10
BH 2	91,02	20,72	4,25	5,66	6,43	51,35	2,41
BH 3	91,37	23,17	4,17	7,61	7,04	43,59	2,35
BW 1	90,53	18,38	5,11	4,52	5,80	56,50	2,25
BW 2	90,66	21,02	5,50	7,44	5,95	47,98	2,01
BW 3	90,33	23,67	5,91	10,21	5,62	39,72	2,55
DI 1	92,32	16,91	4,36	4,69	5,66	54,40	2,14
DI 2	92,59	19,17	4,30	6,57	6,44	45,42	2,89
DI 3	92,73	21,68	4,21	8,43	7,33	35,70	3,20
GKS 1	91,42	16,39	5,78	1,00	5,04	60,11	1,80
GKS 2	91,06	18,20	6,67	1,42	5,22	56,22	2,14
GKS 3	91,39	19,96	7,55	1,94	5,49	52,33	2,10
KB 1	90,63	19,30	6,82	3,82	6,66	46,96	2,71
KB 2	92,51	22,98	7,23	7,64	8,94	30,82	2,78
KB 3	93,26	26,94	7,63	11,58	11,35	12,92	3,21
KU 1	92,06	18,92	6,58	3,25	6,46	48,68	2,39
KU 2	91,89	23,06	6,50	7,39	8,96	31,47	2,59
KU 3	92,11	27,06	6,41	11,70	11,73	14,53	2,39
LA 1	91,39	21,70	4,81	1,94	6,29	53,23	2,66
LA 2	91,43	26,50	5,00	2,87	6,91	42,87	3,65
LA 3	91,57	31,92	5,19	3,82	7,64	33,32	4,53
LB 1	91,88	17,84	7,01	3,35	6,67	50,84	3,41
LB 2	92,83	21,24	7,80	7,06	8,85	34,04	4,50
LB 3	93,56	25,19	8,59	10,62	11,31	15,62	4,53
NG 1	90,38	18,04	4,89	1,63	5,48	57,49	2,22
NG 2	90,11	20,34	5,18	1,87	5,74	51,88	2,60
NG 3	90,29	22,41	5,45	2,08	6,09	46,08	2,56
NH 1	91,92	17,31	5,79	1,40	5,38	58,41	1,91
NH 2	91,77	20,01	6,65	1,69	5,77	50,94	2,15
NH 3	91,74	22,46	7,46	2,25	6,27	43,46	2,75
WR 1	92,18	15,69	4,86	1,31	6,24	58,90	5,10
WR 2	92,04	16,85	5,09	1,49	6,35	51,57	6,60
WR 3	91,44	18,37	5,33	1,90	5,96	45,72	8,94
RH 1	91,31	18,18	5,43	3,03	5,63	57,79	1,57
RH 2	91,02	20,39	6,08	4,40	6,02	50,83	1,63
RH 3	91,49	22,79	6,71	5,09	6,47	46,27	2,01
SG 1	90,79	16,63	4,95	1,70	5,69	57,50	2,50
SG 2	90,92	18,53	5,25	2,29	6,11	51,59	3,20
SG 3	90,12	20,41	5,54	3,37	6,51	43,35	3,89
WT 1	90,51	16,37	4,86	1,54	5,59	59,47	3,26
WT 2	90,58	18,11	5,09	2,06	5,77	54,82	4,10
WT 3	90,49	20,32	5,33	2,27	6,16	48,23	4,66
WW 1	90,09	16,76	5,01	1,72	5,21	61,96	2,05
WW 2	89,81	19,10	5,32	2,16	5,71	55,50	3,02
WW 3	89,53	21,07	5,64	2,81	6,30	49,60	3,88

* analysierte Werte

** berechnete Werte

Tabelle A33: Mineralstoff- und Energiegehalte der Versuchsterrationen (in % der TM bzw. in MJ)

	Ca*	P*	Na**	C**	ME-G**
BH 1	0,95	0,70	0,16	0,33	12,46
BH 2	0,96	0,78	0,16	0,33	11,66
BH 3	0,97	0,82	0,16	0,33	10,86
BW 1	0,96	0,74	0,16	0,30	12,63
BW 2	0,97	0,81	0,16	0,29	11,94
BW 3	0,98	0,90	0,16	0,29	11,24
DI 1	0,95	0,72	0,15	0,31	12,00
DI 2	0,96	0,77	0,15	0,31	10,94
DI 3	0,98	0,88	0,15	0,31	9,83
GKS 1	0,93	0,79	0,16	0,32	13,29
GKS 2	0,95	0,85	0,16	0,32	13,05
GKS 3	0,97	0,92	0,17	0,32	12,80
KB 1	0,95	0,92	0,18	0,32	12,52
KB 2	1,16	0,96	0,18	0,32	10,50
KB 3	1,38	1,03	0,18	0,32	8,49
KU 1	0,95	0,91	0,18	0,32	12,48
KU 2	1,17	0,97	0,18	0,32	10,35
KU 3	1,39	1,09	0,18	0,32	8,22
LA 1	1,00	0,82	0,17	0,24	12,84
LA 2	1,02	0,91	0,17	0,24	12,24
LA 3	1,03	1,02	0,17	0,24	11,65
LB 1	0,83	0,90	0,18	0,32	12,70
LB 2	0,81	0,92	0,18	0,32	11,03
LB 3	0,79	0,99	0,18	0,32	9,36
NG 1	0,97	0,76	0,16	0,32	9,98
NG 2	0,95	0,87	0,16	0,32	7,56
NG 3	0,93	0,94	0,16	0,32	5,20
NH 1	0,96	0,75	0,15	0,30	13,05
NH 2	0,97	0,84	0,16	0,30	12,59
NH 3	0,98	0,92	0,16	0,30	12,06
WR 1	0,95	0,74	0,15	0,31	12,93
WR 2	0,96	0,81	0,15	0,31	12,39
WR 3	0,98	0,83	0,15	0,31	11,85
RH 1	0,97	0,72	0,15	0,33	10,14
RH 2	0,95	0,77	0,15	0,33	7,84
RH 3	0,93	0,85	0,15	0,33	5,60
SG 1	0,95	0,75	0,16	0,31	12,81
SG 2	0,96	0,83	0,16	0,31	12,20
SG 3	0,98	1,10	0,16	0,31	11,58
WT 1	0,95	0,77	0,16	0,32	13,16
WT 2	0,96	0,83	0,16	0,32	12,78
WT 3	0,97	0,90	0,16	0,32	12,40
WW 1	0,95	0,68	0,12	0,28	13,36
WW 2	0,96	0,78	0,12	0,28	13,04
WW 3	0,97	0,90	0,12	0,28	12,73

* analysierte Werte

** berechnete Werte

Tabelle A34: Gehalte der vier erst-limitierenden Aminosäuren in den Versuchsterrationen (in % der TM)

	Met		Lys		Thr		Trp	
	*	**	*	**	*	**	*	**
BH 1	0,44	0,40	1,18	1,07	0,78	0,69	0,19	0,23
BH 2	0,53	0,47	1,18	1,12	0,82	0,77	0,20	0,28
BH 3	0,56	0,55	1,23	1,17	0,91	0,86	0,25	0,33
BW 1	0,44	0,40	1,26	1,08	0,84	0,70	0,20	0,21
BW 2	0,52	0,44	1,35	1,22	0,93	0,78	0,24	0,24
BW 3	0,57	0,48	1,53	1,35	1,04	0,88	0,29	0,27
DI 1	0,38	0,41	1,18	1,05	0,90	0,69	0,19	0,22
DI 2	0,43	0,49	1,27	1,12	0,98	0,69	0,22	0,25
DI 3	0,47	0,57	1,32	1,17	1,05	0,69	0,26	0,29
GKS 1	0,47	0,40	1,18	1,06	0,83	0,69	0,16	0,18
GKS 2	0,51	0,43	1,12	1,11	0,76	0,76	0,18	0,19
GKS 3	0,55	0,46	1,24	1,16	0,92	0,82	0,18	0,20
KB 1	0,44	0,40	1,17	1,05	0,88	0,69	0,21	0,18
KB 2	0,50	0,46	1,28	1,27	1,03	0,69	0,26	0,18
KB 3	0,50	0,52	1,43	1,49	1,16	0,69	0,31	0,18
KU 1	0,45	0,40	1,16	1,05	0,78	0,68	0,22	0,21
KU 2	0,47	0,46	1,30	1,26	0,97	0,86	0,26	0,26
KU 3	0,48	0,52	1,30	1,46	1,09	1,03	0,30	0,31
LA 1	0,44	0,40	1,12	1,06	0,76	0,70	0,22	0,22
LA 2	0,49	0,43	1,42	1,38	0,94	0,87	0,27	0,26
LA 3	0,54	0,47	1,69	1,70	1,09	1,05	0,30	0,30
LB 1	0,45	0,40	1,19	1,06	0,77	0,69	0,22	0,20
LB 2	0,51	0,45	1,35	1,27	0,94	0,85	0,28	0,25
LB 3	0,57	0,50	1,56	1,48	1,11	1,01	0,36	0,30
NG 1	0,48	0,40	1,30	1,07	0,82	0,69	0,21	0,20
NG 2	0,51	0,44	1,34	1,15	0,89	0,77	0,24	0,23
NG 3	0,55	0,48	1,44	1,22	1,00	0,84	0,27	0,25
NH 1	0,47	0,40	1,14	1,06	0,77	0,69	0,20	0,21
NH 2	0,51	0,44	1,26	1,16	0,88	0,77	0,23	0,24
NH 3	0,58	0,48	1,41	1,25	0,97	0,85	0,26	0,27
WR 1	0,49	0,40	1,15	1,07	0,75	0,68	0,16	0,19
WR 2	0,50	0,43	1,15	1,13	0,78	0,73	0,17	0,21
WR 3	0,48	0,45	1,28	1,19	0,86	0,78	0,20	0,23
RH 1	0,55	0,40	1,19	1,06	0,79	0,69	0,20	0,22
RH 2	0,58	0,43	1,19	1,10	0,85	0,74	0,23	0,25
RH 3	0,63	0,46	1,26	1,14	0,93	0,79	0,27	0,29
SG 1	0,43	0,41	1,19	1,07	0,78	0,70	0,19	0,20
SG 2	0,48	0,44	1,29	1,15	0,88	0,77	0,21	0,22
SG 3	0,52	0,48	1,34	1,23	0,92	0,84	0,24	0,24
WT 1	0,44	0,40	1,25	1,07	0,83	0,71	0,17	0,19
WT 2	0,50	0,43	1,31	1,12	0,87	0,77	0,19	0,21
WT 3	0,53	0,47	1,40	1,18	0,95	0,83	0,23	0,23
WW 1	0,40	0,40	1,10	1,07	0,71	0,68	0,19	0,21
WW 2	0,45	0,44	1,19	1,14	0,79	0,76	0,21	0,24
WW 3	0,51	0,48	1,28	1,21	0,88	0,83	0,25	0,27

* analysierte Werte ** berechnete Werte

Tabelle A35: Hauptnährstoffgehalte der Versuchsgrowerrationen (in % der TM)

	TM*	XP*	XL**	XF*	XA*	Stärke*	Zucker*
BH 1	91,57	17,46	4,50	3,89	5,30	55,60	1,71
BH 2	91,08	20,05	4,41	5,95	6,01	48,58	1,99
BH 3	92,63	22,15	4,33	8,26	6,65	41,29	2,25
BW 1	90,44	18,23	5,26	4,45	5,12	53,76	1,86
BW 2	90,42	20,38	5,67	8,31	5,73	44,98	2,10
BW 3	90,09	23,24	6,08	10,25	6,09	37,47	2,36
DI 1	91,25	18,60	4,47	5,18	5,97	54,14	2,61
DI 2	90,90	20,21	4,39	6,55	6,86	44,88	2,79
DI 3	90,80	23,35	4,30	8,72	7,03	34,77	3,18
GKS 1	91,47	16,05	5,78	1,53	5,44	61,66	2,59
GKS 2	91,65	17,89	6,67	1,88	5,65	57,11	1,96
GKS 3	91,74	19,41	7,55	2,24	6,00	52,26	2,48
KB 1	91,60	18,22	6,74	3,54	6,63	47,39	2,91
KB 2	92,30	22,43	7,16	7,87	8,95	31,06	3,66
KB 3	92,56	26,80	7,58	11,92	11,3	13,85	3,42
KU 1	92,60	18,36	6,50	3,31	6,45	47,38	2,87
KU 2	92,22	23,14	6,41	7,60	8,78	31,25	3,36
KU 3	92,45	27,24	6,32	11,68	11,18	12,59	3,61
LA 1	91,71	20,41	4,80	2,20	6,32	53,52	3,23
LA 2	91,08	25,14	4,99	3,26	7,12	44,83	3,77
LA 3	91,36	30,54	5,18	4,31	8,53	32,49	4,73
LB 1	92,48	17,78	6,94	3,65	6,67	51,59	3,45
LB 2	93,03	21,32	7,74	7,89	8,91	33,77	3,76
LB 3	93,59	24,81	8,55	11,16	11,07	16,15	4,73
NG 1	90,58	17,69	4,92	1,18	5,88	55,98	2,14
NG 2	90,30	20,17	5,21	1,82	6,37	51,48	2,50
NG 3	90,18	22,37	5,49	1,91	6,54	44,00	3,07
NH 1	91,68	18,04	5,91	1,54	5,05	56,12	1,60
NH 2	91,88	20,63	6,76	2,07	5,51	47,82	2,09
NH 3	91,67	23,31	7,62	2,55	6,02	39,67	2,37
WR 1	91,84	15,81	4,95	1,08	4,99	59,69	4,92
WR 2	91,45	17,13	5,19	1,39	5,28	52,68	6,64
WR 3	91,59	18,27	5,42	2,07	5,51	47,22	8,31
RH 1	90,90	17,86	5,47	2,96	6,08	58,12	1,56
RH 2	91,36	20,21	6,12	4,41	6,50	50,37	1,83
RH 3	91,38	22,58	6,75	5,05	7,19	45,37	2,07
SG 1	90,48	17,89	5,05	2,10	5,55	56,84	2,79
SG 2	90,36	19,40	5,34	3,05	5,82	49,90	3,13
SG 3	90,31	21,40	5,64	3,78	6,04	42,54	3,83
WT 1	90,41	17,04	4,95	1,89	5,40	58,15	3,04
WT 2	89,97	18,37	5,19	2,22	5,70	54,90	3,77
WT 3	89,56	21,75	5,42	2,67	6,28	49,14	4,17
WW 1	91,72	17,84	5,08	1,32	5,03	58,59	2,23
WW 2	90,98	20,00	5,39	1,73	5,25	53,31	3,04
WW 3	91,23	22,32	5,67	2,22	5,55	46,87	3,79

* analysierte Werte

** berechnete Werte

Tabelle A36: Mineralstoffgehalte und Energiegehalt der Versuchsgrowerrationen (in % der TM bzw. in MJ)

	Ca**	P*	Na**	C**	ME-G**
BH 1	0,74	0,74	0,15	0,26	12,6
BH 2	0,75	0,81	0,15	0,26	11,79
BH 3	0,76	0,86	0,15	0,26	10,98
BW 1	0,75	0,79	0,15	0,23	12,78
BW 2	0,76	0,89	0,15	0,23	12,08
BW 3	0,78	0,96	0,15	0,23	11,37
DI 1	0,74	0,79	0,15	0,26	12,12
DI 2	0,75	0,84	0,15	0,26	11,00
DI 3	0,76	0,91	0,15	0,26	9,88
GKS 1	0,96	0,88	0,16	0,28	13,29
GKS 2	0,98	0,92	0,17	0,28	13,04
GKS 3	1,00	1,02	0,17	0,28	12,80
KB 1	0,94	0,91	0,17	0,26	12,57
KB 2	1,16	0,96	0,17	0,26	10,51
KB 3	1,38	1,01	0,17	0,26	8,45
KU 1	0,94	0,92	0,17	0,27	12,52
KU 2	1,17	0,98	0,17	0,27	10,35
KU 3	1,39	1,03	0,17	0,27	8,17
LA 1	0,95	0,95	0,17	0,24	12,82
LA 2	0,97	1,05	0,17	0,24	12,23
LA 3	0,98	1,25	0,17	0,24	11,63
LB 1	0,82	0,89	0,18	0,26	12,76
LB 2	0,80	0,92	0,18	0,26	11,05
LB 3	0,78	0,96	0,18	0,26	9,35
NG 1	0,98	0,88	0,16	0,27	10,03
NG 2	0,96	0,99	0,16	0,27	7,58
NG 3	0,94	1,05	0,16	0,27	5,23
NH 1	0,74	0,76	0,15	0,24	13,12
NH 2	0,76	0,85	0,15	0,24	12,65
NH 3	0,77	0,96	0,16	0,24	12,19
WR 1	0,74	0,81	0,15	0,26	12,99
WR 2	0,75	0,86	0,15	0,26	12,45
WR 3	0,76	0,93	0,15	0,26	11,91
RH 1	0,98	0,86	0,16	0,28	10,18
RH 2	0,96	0,91	0,16	0,28	7,86
RH 3	0,94	0,98	0,16	0,28	5,63
SG 1	0,74	0,81	0,15	0,25	12,89
SG 2	0,75	0,85	0,15	0,26	12,27
SG 3	0,76	0,96	0,15	0,26	11,65
WT 1	0,73	0,79	0,15	0,26	13,23
WT 2	0,74	0,87	0,15	0,26	12,85
WT 3	0,75	1,00	0,15	0,26	12,47
WW 1	0,74	0,75	0,15	0,26	13,34
WW 2	0,75	0,82	0,15	0,26	13,03
WW 3	0,75	0,88	0,15	0,26	12,72

* analysierte Werte

** berechnete Werte

Tabelle A37: Gehalte der vier erst-limitierenden Aminosäuren in den Growerrationen (in % der TM)

	Met		Lys		Thr		Trp	
	*	**	*	**	*	**	*	**
BH 1	0,39	0,34	0,93	0,84	0,62	0,57	0,21	0,24
BH 2	0,48	0,41	0,94	0,89	0,69	0,65	0,24	0,28
BH 3	0,53	0,49	0,98	0,94	0,77	0,74	0,26	0,33
BW 1	0,41	0,34	0,93	0,85	0,64	0,57	0,22	0,21
BW 2	0,44	0,38	1,10	0,99	0,75	0,66	0,27	0,24
BW 3	0,49	0,42	1,22	1,13	0,86	0,75	0,30	0,28
DI 1	0,30	0,34	1,00	0,85	0,79	0,57	0,16	0,22
DI 2	0,35	0,42	1,02	0,91	0,84	0,57	0,18	0,25
DI 3	0,40	0,50	1,17	0,96	0,95	0,57	0,25	0,29
GKS 1	0,36	0,34	0,89	0,84	0,62	0,58	0,15	0,18
GKS 2	0,39	0,37	0,95	0,89	0,68	0,64	0,16	0,19
GKS 3	0,43	0,40	0,97	0,94	0,73	0,70	0,19	0,20
KB 1	0,39	0,34	0,94	0,84	0,75	0,57	0,20	0,18
KB 2	0,43	0,40	1,06	1,06	0,90	0,57	0,25	0,18
KB 3	0,45	0,46	1,13	1,28	1,10	0,57	0,28	0,18
KU 1	0,39	0,34	0,97	0,84	0,69	0,57	0,19	0,21
KU 2	0,42	0,40	1,07	1,05	0,82	0,75	0,25	0,26
KU 3	0,49	0,46	1,22	1,26	1,03	0,93	0,30	0,31
LA 1	0,39	0,34	0,99	1,00	0,72	0,67	0,21	0,22
LA 2	0,45	0,37	1,32	1,32	0,92	0,85	0,26	0,26
LA 3	0,55	0,41	1,64	1,64	1,11	1,03	0,32	0,30
LB 1	0,37	0,34	0,91	0,84	0,65	0,57	0,22	0,20
LB 2	0,43	0,39	1,13	1,05	0,83	0,73	0,29	0,25
LB 3	0,49	0,44	1,29	1,27	0,98	0,90	0,35	0,30
NG 1	0,40	0,35	0,97	0,84	0,66	0,57	0,20	0,20
NG 2	0,44	0,40	1,05	0,91	0,74	0,65	0,23	0,23
NG 3	0,50	0,44	1,13	0,98	0,83	0,72	0,27	0,25
NH 1	0,39	0,34	0,91	0,84	0,64	0,57	0,20	0,21
NH 2	0,44	0,38	1,03	0,94	0,73	0,65	0,24	0,24
NH 3	0,51	4,20	1,16	1,04	0,83	0,73	0,28	0,28
WR 1	0,37	0,34	0,90	0,84	0,63	0,57	0,19	0,19
WR 2	0,38	0,36	0,98	0,90	0,70	0,62	0,20	0,21
WR 3	0,42	0,39	1,04	0,96	0,73	0,67	0,22	0,23
RH 1	0,44	0,34	0,92	0,84	0,66	0,57	0,20	0,22
RH 2	0,51	0,37	0,96	0,88	0,74	0,62	0,24	0,25
RH 3	0,58	0,40	1,00	0,92	0,80	0,67	0,27	0,29
SG 1	0,39	0,34	0,95	0,85	0,64	0,57	0,18	0,20
SG 2	0,41	0,38	1,14	0,93	0,75	0,64	0,18	0,22
SG 3	0,47	0,42	0,20	1,01	0,85	0,71	0,21	0,24
WT 1	0,40	0,35	1,03	0,85	0,69	0,57	0,17	0,19
WT 2	0,43	0,38	1,12	0,91	0,76	0,63	0,17	0,21
WT 3	0,47	0,41	1,13	0,97	0,78	0,69	0,19	0,23
WW 1	0,37	0,34	0,93	0,84	0,63	0,57	0,20	0,21
WW 2	0,47	0,38	1,14	0,91	0,80	0,65	0,21	0,24
WW 3	0,46	0,42	1,04	0,98	0,76	0,72	0,25	0,27

* analysierte Werte

** berechnete Werte

Tabelle A38: Hauptnährstoffgehalte der kommerziellen Starter- und Grower-Alleinfutter (Meika, Großaitlingen)

	G1	G2
ME/MJ*	11,40	11,60
XP %**	24,60	22,73
XL %*	8,00	6,50
XF %**	5,65	7,52
XA % **	9,01	6,85
Zucker %**	4,73	6,93
Stärke %**	32,14	31,34
Met %*	0,38	0,36
Ca %**	1,85	0,90
P %**	1,14	0,91

* Angaben des Herstellers

** eigene Analysen

Danksagung

Zunächst möchte ich mich bei der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung bedanken, die im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und anderer Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN) die Finanzierung dieses Projektes ermöglicht hat (Kenn-Nr: 2811OE070).

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Grashorn für die Überlassung des Themas, das damit verbundene Vertrauen und die freundliche Betreuung und Unterstützung.

Vielen Dank an Herrn Prof. Dr. Zollitsch und Herrn Prof. Dr. Rodehutschord für die Zweit- bzw. Drittkorrektur meiner Arbeit.

Ich danke Herrn Prof. Dr. Bessei und Herrn Prof. Dr. Hasselmann für die Aufnahme am Fachbereich als Doktorandin.

Sowohl Herrn Prof. Dr. Bellof und Frau Weltin der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, als auch Herrn Prof. Dr. Sundrum und Herrn Dr. Sommer der Universität Kassel danke ich vielmals für die Bereitstellung der Futtermittel aus den Teilprojekten. Ebenso möchte ich Herrn Vogt-Kaute der Naturland-Beratung für das Organisieren aller übrigen Futtermittel danken.

Für die Analysen der Proben möchte ich mich recht herzlich bei den Mitarbeitern der Abteilung Futtermitteluntersuchung der LA Chemie an der Universität Hohenheim, insbesondere bei Herrn Dr. Schwadorf, bedanken.

Mein herzlicher Dank gilt ebenfalls den Mitarbeitern des Unteren Lindenhofes, Abteilung Kleintiere, für die Betreuung der Tiere, die Mithilfe bei den Versuchsvorbereitungen und- durchführungen sowie Frau Abele vom Zentrallabor für die Probenaufbereitung und die Bestimmung der Titanoxidgehalte.

Für fachliche und praktische Unterstützung während den Versuchen möchte ich mich vielmals bei den Mitarbeitern des Fachbereichs für Tierernährung, vor allem bei Frau Dr. Witzig bedanken.

Des Weiteren gilt mein aufrichtiger Dank allen Mitarbeitern des Fachbereiches für Populationsgenomik bei landwirtschaftlichen Nutztieren, allen voran Frau Daniela Rivatelli, die mir immer sowohl mit praktischer als auch freundschaftlicher Unterstützung und Motivation zur Seite stand und damit einen wichtigen Beitrag zum Gelingen meiner Arbeit geleistet hat. Außerdem

möchte ich mich recht herzlich bei Frau Mieke Binzer für die statistische Beratung bedanken.

Zu guter Letzt möchte ich mich von ganzem Herzen bei all meinen Freunden und vor allem bei meiner Familie bedanken, die mich während der gesamten Zeit unterstützt, motiviert und begleitet haben.

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Carolin Ritteser
Geburtsdatum: 17.06.1984
Geburtsort: Nördlingen

Ausbildung:

2004: **Abitur** am Kopernikusgymnasium Wasseralfingen
10/2005 bis 07/2011: **Studium der Agrarbiologie** an der Universität
Hohenheim; Spezialisierung: Tierhaltung, Umwelt-
und Tierhygiene, Parasitologie; Abschluss: Diplom
04/2012 bis 10/2015: **Dissertation** am Institut für Nutztierwissenschaften,
Universität Hohenheim

Praktika:

08/2009 bis 10/2009: **Landwirtschaftlicher Ausbildungsbetrieb**
(Feldwieser GbR), Bopfingen-Oberdorf
01/2010 bis 03/2010: **Landwirtschaftliches Zentrum Baden-
Württemberg (LAZBW)**, Aulendorf und Wangen im
Allgäu