

Aus dem Institut für Tierernährung  
des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

**Einfluss variierender Protein-, Calcium- und Phosphorgehalte auf die Leistung, die  
Nährstoffverdaulichkeit und Ganzkörperzusammensetzung beim männlichen  
Lohmann Dual Huhn**

**Inaugural-Dissertation**

zur Erlangung des Grades eines

Doktors der Veterinärmedizin

an der

Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Julia Urban

Tierärztin

aus Berlin

Berlin 2018

Journal-Nr.: 4022

**Gedruckt mit Genehmigung  
des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin**

**Dekan:** Univ.-Prof. Dr. Jürgen Zentek  
**Erster Gutachter:** Univ.-Prof. Dr. Jürgen Zentek  
**Zweiter Gutachter:** Prof. Dr. M.A. Grashorn  
**Dritter Gutachter:** Univ.-Prof. Dr. Hafez Mohamed Hafez

Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus): boilers, nutrition, feeding, digestibility, food composition, fattening performance, growth, body weight

**Tag der Promotion:** 23.07.2018

**Meiner Familie**

## Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis .....	IV
Abbildungsverzeichnis .....	VI
Abkürzungsverzeichnis .....	VII
1 Einleitung .....	1
2 Literaturübersicht .....	2
2.1 Geschichte der Ernährung des Haushuhnes .....	2
2.2 Verdauung und Resorption .....	3
Anatomische Gegebenheiten und Physiologie der Verdauung .....	3
2.3 Ernährung des Haushuhnes und assoziierte Leistungsparameter .....	5
2.3.1 Konventionelle Mastlinien .....	5
2.3.2 Zweinutzungshuhn und langsam wachsende Rassen .....	7
2.4 Unterschiede zwischen Broilern und Zweinutzungshühnern in Bezug auf die im Rahmen des Projektes zu untersuchenden Leistungsparameter .....	22
2.4.1 Einfluss der Proteingehalte im Futter .....	22
2.4.2 Einfluss von Calcium und Phosphor .....	24
2.4.3 Praecaecale Verdaulichkeit der Nährstoffe .....	25
2.4.4 Analyse der Nährstoffe im Tierkörper .....	27
2.4.5 Ausscheidung von Stickstoff und Phosphor .....	28
3 Fragestellung der Arbeit .....	31
4 Material und Methoden .....	32
4.1 Tiermaterial und Haltungsbedingungen .....	32
4.1.1 Durchgang 1 .....	32
4.1.2. Durchgang 2 .....	33
4.2 Fütterung .....	34
4.2.1 Durchgang 1 .....	34
4.2.2 Durchgang 2 .....	34

4.3	Erhebung der Leistungsdaten .....	35
4.4	Schlachtung und Probenentnahme .....	35
4.4.1	Durchgang 1 .....	35
4.4.2	Durchgang 2 .....	35
4.5	Chemisch – analytische Methoden.....	36
4.5.1	Analyse der Rohnährstoffe der Versuchsdäten.....	36
4.5.3	Bestimmung von Stärke .....	37
4.5.4	Bestimmung der Mengen- und Spurenelemente .....	38
4.5.5	Bestimmung der Aminosäuren.....	38
4.5.6	Verdauungsphysiologische Parameter.....	39
4.5.7	Ganzkörperanalyse .....	40
4.6	Statistische Auswertung .....	40
5	Ergebnisse.....	41
5.1	Ergebnisse des ersten Durchganges .....	41
5.1.1	Futteranalysen.....	41
5.1.2	Leistungsdaten .....	42
5.1.3	Verdauungsphysiologische Parameter.....	46
5.1.4	Ganzkörperanalyse .....	46
5.1.5	Stickstoff- und Phosphorgehalte in der Digesta von Ileum, Colon und in den Exkrementen.....	47
5.2	Ergebnisse des zweiten Durchganges .....	48
5.2.1	Futteranalysen.....	48
5.2.2	Leistungsdaten .....	50
5.2.3	Verdauungsphysiologische Parameter.....	53
5.2.4	Ganzkörperanalyse .....	54
5.2.5	Stickstoff- und Phosphorgehalte in der Digesta von Ileum, Colon und in den Exkrementen.....	55
6	Diskussion .....	56
6.1	Diskussion der Versuchsbedingungen und des Studiendesigns.....	56

6.2	Diskussion der Ergebnisse .....	56
6.2.1	Einfluss variierender Protein- und Mineralstoffgehalte auf Leistungsparameter 56	
6.2.2	Einfluss variierender Protein- und Mineralstoffgehalte auf verdauungsphysiologische Parameter .....	62
6.2.3	Einfluss variierender Protein- und Mineralstoffgehalte auf die Ganzkörperzusammensetzung .....	64
6.2.4	Einfluss variierender Protein- und Mineralstoffgehalte auf Stickstoff- und Phosphorgehalte in den Exkrementen .....	65
6.3	Schlussfolgerung und Ausblick .....	66
7	Zusammenfassung .....	67
8	Summary .....	69
9	Literaturverzeichnis.....	70
10	Anhang.....	85
10.1	Verwendete Geräte und Materialien.....	85
11	Veröffentlichungen .....	90
12	Danksagung .....	91
13	Selbstständigkeitserklärung .....	92

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Richtwerte für ausgewählte Energie und Nährstoffgehalte ..... 5

Tabelle 2: Futteraufwand und Futteraufnahme von Broilern ..... 6

Tabelle 3: Übersicht über Zielsetzungen, genutzte Genotypen, Anzahl und Geschlecht der Tiere in Studien mit Zweinutzungshühnern und langsam wachsenden Rassen... 8

Tabelle 4: Zusammensetzung eingesetzter Futtermittel in Untersuchungen mit Zweinutzungshühnern und langsam wachsenden Rassen ..... 13

Tabelle 5: Leistungsdaten der Zweinutzungshühner und langsam wachsenden Rassen aus verschiedenen Untersuchungen..... 19

Tabelle 6: Praecaecale Verdaulichkeit der Rohnährstoffe bei Broilern aus verschiedenen Publikationen ..... 26

Tabelle 7: Verdaulichkeit der organischen Substanz, des Rohproteins und des Rohfettes bei unterschiedlichen Genotypen und variierender Fütterung nach Halle und Dänicke (2001) ..... 27

Tabelle 8: Chemische Zusammensetzung der ganzen Tierkörper von konventionellen Broilern in verschiedenen Studien..... 27

Tabelle 9: Phosphorgehalte und Gesamt-Retention nach Leske und Coon (2002) für unterschiedliche Phosphor-Quellen ..... 29

Tabelle 10: Phosphorgehalte und Gesamt-Retention nach Mutucumarana et al. (2014) für unterschiedliche Phosphor-Quellen ..... 30

Tabelle 11: Impfprogramm der Lohmann Dual Masthähnchen in Durchgang 1 ..... 33

Tabelle 12: Impfprogramm der Lohmann Dual Masthähnchen in Durchgang 2 ..... 34

Tabelle 13: Übersicht über entnommene Proben und deren Verwendung, Durchgang 1 & 235

Tabelle 14: Inhaltsstoffe und analytische Zusammensetzung der verwendeten Futtermittel - Durchgang 1..... 41

Tabelle 15: Mittlere Leistungsdaten der Broiler der drei Fütterungsgruppen (Mittelwerte<sup>1</sup>)... 42

Tabelle 16: Mittlere Leistungsdaten der sich langsamer entwickelnden Broilergruppe der drei Fütterungsgruppen (Mittelwerte<sup>1</sup>)..... 45

Tabelle 17: Mittlere Leistungsdaten der sich schneller entwickelnden Broilergruppe der drei Fütterungsgruppen (Mittelwerte<sup>1</sup>)..... 45

Tabelle 18: Mittlere pH-Werte der Digesta der Broiler (Mittelwerte <sup>1</sup> ).....	46
Tabelle 19: Prozentuale ileale und totale Verdaulichkeit der Nährstoffe der Broiler (Mittelwerte <sup>1</sup> ) .....	46
Tabelle 20: Körperzusammensetzung der Broiler (Mittelwerte <sup>1</sup> (g/kg TS)).....	47
Tabelle 21: Stickstoff- und Phosphorgehalte in unterschiedlichen Darmabschnitten und in den Exkrementen der Broiler (Mittelwerte <sup>1</sup> ) .....	47
Tabelle 22: Inhaltsstoffe und analytische Zusammensetzung der verwendeten Futtermittel in Durchgang 2.....	48
Tabelle 23: Mittlere Leistungsdaten der Broiler der vier Fütterungsgruppen (Mittelwerte <sup>1</sup> )...	50
Tabelle 24: Mittlere pH-Werte der Digesta der Broiler (Mittelwerte <sup>1</sup> ).....	53
Tabelle 25: Prozentuale ileale und totale Verdaulichkeit der Nährstoffe der Broiler (Mittelwerte <sup>1</sup> ) .....	54
Tabelle 26: Körperzusammensetzung der Broiler (Mittelwerte <sup>1</sup> (g/kg TS)).....	54
Tabelle 27: Stickstoff- und Phosphorgehalte in unterschiedlichen Darmabschnitten und in den Exkrementen der Broiler (Mittelwerte <sup>1</sup> ) .....	55
Tabelle 28: Vergleich der Körpermassen von Lohmann Dual Tieren .....	56
Tabelle 29: Berechnung des Proteinbedarfes, konventionelle Broiler und Lohmann Dual im Vergleich .....	61
Tabelle 30: Geräte und Materialien zur Ermittlung der Leistungsdaten.....	85
Tabelle 31: Geräte und Materialien für die Untersuchung der Versuchsdäten .....	85
Tabelle 32: Geräte und Materialien für die Bestimmung der praecaecalen Verdaulichkeit, des pH-Wertes und des Trockensubstanzgehaltes .....	86
Tabelle 33: Geräte und Materialien für die Aufbereitung der Proben für die Ganzkörperanalyse .....	88



**Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Mathematische Formeln zur Berechnung der Verdaulichkeit ..... 25

Abbildung 2: Daten zu Temperatur und Luftfeuchtigkeit in Durchgang 1 ..... 32

Abbildung 3: Daten zu Temperatur und Luftfeuchtigkeit in Durchgang 2 ..... 33

Abbildung 4: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 14 ..... 43

Abbildung 5: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 21 ..... 43

Abbildung 6: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 28 ..... 43

Abbildung 7: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 35 ..... 43

Abbildung 8: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 42 ..... 44

Abbildung 9: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 49 ..... 44

Abbildung 10: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 56 ..... 44

Abbildung 11: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 63 ..... 44

Abbildung 12: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 70 ..... 44

Abbildung 13: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 77 ..... 44

Abbildung 14: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 1 ..... 51

Abbildung 15: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 7 ..... 51

Abbildung 16: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 14 ..... 51

Abbildung 17: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 21 ..... 51

Abbildung 18: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 28 ..... 52

Abbildung 19: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 35 ..... 52

Abbildung 20: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 42 ..... 52

Abbildung 21: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 49 ..... 52

Abbildung 22: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 56 ..... 52

Abbildung 23: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 63 ..... 52

**Abkürzungsverzeichnis**

AS	Aminosäure/n
Ca	Calcium
CL <sup>-</sup>	Chlorid
FA	Futtermaufnahme
GfE	Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
HCl	Salzsäure
H <sup>+</sup>	Wasserstoffion
Lys	Lysin
ME MJ	Metabolizable Energy Megajoule = umsetzbare Energie in Megajoule
Met	Methionin
MCP	Monocalciumphosphat
M/DCP	Mono-/Dicalciumphosphat
N	Stickstoff
NfE	stickstofffreie Extraktstoffe
NPP	Nicht-Phytin Phosphat
oS	organische Substanz
Rfa	Rohfaser
Rfe	Rohfett
Rp	Rohprotein
SCFA	Short Chain Fatty Acids (kurzkettige Fettsäuren)
sV	scheinbare Verdaulichkeit
TS	Trockensubstanz
wV	wahre Verdaulichkeit

## 1 Einleitung

Im Gegensatz zum früheren Bestreben aufgrund hoher Futterkosten die Leistung von Masthühnern möglichst effizient zu gestalten (de Verdal et al., 2010), gibt es seit einigen Jahren Bemühungen, die Geflügelhaltung tierschonender zu strukturieren. Pro Jahr werden in Deutschland ca. 48 - 50 Millionen männliche Küken von Legehybriden am ersten Lebenstag getötet, da sie nicht effizient genug Futter verwerten, um wirtschaftlich gemästet werden zu können (Damme und Ristic, 2003; Schäublin et al., 2005; Destatis, 2018). Da es hierzu keine genauen Zahlen gibt, wird von der Zahl der jährlich geborenen Legehennen auf die Zahl der getöteten Hähne geschlossen.

Ethische Bedenken, nicht nur von Verbraucherseite, sondern auch seitens der Politik, Landwirtschaft, Wissenschaft und nicht zuletzt die Inhalte des §1 des Tierschutzgesetzes, machen ein Überdenken dieser gängigen Praxis nötig (Leenstra et al., 2011; European Parliament Intergroup on the Welfare and Conservation of Animals, 2012). So gibt es in Nordrhein-Westfalen bereits seit 2013 eine Ordnungsverfügung, um das Töten der männlichen Legehybriden zu unterbinden (Ministerium für Klimaschutz, 2013). Allerdings fehlen bisher wirtschaftliche Alternativen. Die zwei vielversprechendsten sind die Züchtung und Haltung eines Zweinutzungshuhnes sowie die Geschlechtsbestimmung im Ei (Woelders et al., 2007; König, 2012).

Im Rahmen des Integhof-Projektes („Integhof - Geflügelhaltung neu strukturiert: Integration als Maßnahme zum Tierschutz“) zur Verbesserung tiergerechter Haltungsverfahren für Nutztiere, unterstützt durch Mittel des Zweckvermögens des Bundes bei der Landwirtschaftlichen Rentenbank und fachliche Betreuung durch die Bundesanstalt für Ernährung und Landwirtschaft Ernährung (ptBLE), soll das Zweinutzungshuhn näher untersucht werden, da es hierzu kaum wissenschaftliche Daten gibt. Zweinutzungshühner verbinden die Eigenschaften beider Hybride; die weiblichen Tiere werden für die Eiproduktion herangezogen, während die männlichen Tiere gemästet werden können (König, 2012; Icken, 2013). Durch die negative genetische Korrelation zwischen Lege- und Mastleistung (Gerken, 1991) werden Zweinutzungshühner in derselben Mastzeit nicht die gleichen Gewichte erreichen wie konventionelle Broiler, hierfür brauchen sie in etwa doppelt so lange (Gerken et al., 2003; Icken, 2013).

Futterkosten haben einen hohen Anteil an den Gesamtkosten der Fleischproduktion von Broilern (Attia et al., 1991). Sowohl Protein als auch Phosphor stellen wichtige Kostenfaktoren in der Rationsgestaltung von Geflügel dar (Shastak und Rodehutsord, 2013). Calcium und Phosphor korrelieren im Stoffwechsel eng miteinander und sollten daher in Kombination betrachtet werden (Suttle, 2010; Bradbury et al., 2014). Außerdem sind die Nährstoffbedürfnisse von traditionellen und konventionellen Hühnerrassen unterschiedlich (Rama Rao et al., 2006), was den Schluss zulässt, dass auch die Nährstoffbedürfnisse der Zweinutzungshühnern von denen der konventionellen Broiler abweichen.

Aus den genannten Gründen stand der Einfluss von variierenden Protein-, Calcium- und Phosphorgehalten im Futter auf die Leistung, Nährstoffverdaulichkeit und Ganzkörperzusammensetzung von Lohmann Dual Hähnen im Vordergrund der vorliegenden Untersuchung.

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Geschichte der Ernährung des Haushuhnes

Bis in das 20. Jahrhundert hinein wurden Hühner nicht kommerziell genutzt, sondern in kleinen Gruppen zur Selbstversorgung auf dem eigenen Anwesen gehalten, meist ohne Fokussierung auf eine bedarfsgerechte Fütterung. Literatur zur Ernährung der Haushühner im Mittelalter bis Anfang des 20. Jahrhunderts beruht hauptsächlich auf Beobachtungen und Erfahrungswerten der Autoren (Wiemann, 2005). Eine frühe Beschreibung der Fütterung gab an, dass alles Anfallende auf einem Hof als Futter genutzt werden könne. Ein Zusatz von Getreide, besonders Hafer, in der Legeperiode führe dazu, dass ein „gutes“ Huhn 100 – 150 Eier pro Jahr legen könne (Le Clerc de Buffon, 1787). Mitte des 19. Jahrhunderts wurde ein von einem französischen Geflügelzüchter verfasstes Buch herausgegeben. Dieses beschäftigt sich mit der Haltung und auch der Ernährung von Haushühnern. Zu dieser Zeit war die Geflügelproduktion in Frankreich schon etwas weiter fortgeschritten und Hühner wurden nicht nur in kleinen Gruppen, sondern in Herden von bis zu 6000 Tieren gehalten (Wiemann, 2005). Bis in die 20er Jahre des 20. Jahrhunderts war die kommerzielle Geflügelzucht wenig verbreitet, sodass keine wissenschaftlichen Arbeiten zum Thema der Geflügelernährung durchgeführt wurden (Baldamus, 1896). Allerdings wurde durch die intensivere Nutzung von Hühnern in Nachbarstaaten, wie z.B. Frankreich, der wirtschaftliche Nutzen der Haushühner in Deutschland bedeutsamer.

Laut der Übersichtsarbeit von Wiemann (2005) über die historische Entwicklung der Ernährung des Haushuhnes, begann erst im Laufe der 1920er Jahre das wissenschaftliche Interesse an einer Optimierung der Hühnerzucht und damit auch der Ernährung zu steigen. In Fütterungsversuchen wurden vor allem verschiedene Getreidesorten, aber auch Proteinquellen, wie z.B. Fischmehle, im Hinblick auf ihren Einfluss auf die Leistung untersucht. Ab Mitte der 20er Jahre wurden nunmehr auch viele Bücher bezüglich einer verbesserten Fütterung des Haushuhnes veröffentlicht, diese stammen zum Großteil aus Deutschland, weitere aus den USA und Frankreich. Bereits damals fanden unterschiedliche Autoren heraus, dass es für eine hohe Mast- bzw. Eileistung unabdingbar ist, zu einer herkömmlichen Getreideration eiweißhaltige Futtermittel zu ergänzen und zudem auf ein ausgewogenes Mineralstoff- und Vitaminverhältnis zu achten. Erste Versuche mit Mischfuttermitteln wurden gegen Ende der 1920er Jahre durchgeführt (Wiemann, 2005).

Zunächst wurde die Entwicklung eines Zweinutzungshuhnes angestrebt. Als man jedoch herausfand, dass Mast- und Legeleistung genetisch negativ korreliert sind (Barbato, 1999; Siegel, 2014; Siegmann und Neumann, 2014), entstanden getrennte Linien für die Fleisch- und Eiproduktion. Zur Auftrennung der Geschlechter wurde das „Asiatische Kloakensexen“ entwickelt. Hier konnten nun die männlichen Tiere mit hohem Jugendwachstum und weibliche Tiere mit hoher Reproduktionsleistung selektiert werden (Siegel, 2014).

Seitdem gibt es eine stetige Optimierung und Weiterentwicklung in der Tierernährung: Verhältnisse der eingesetzten Komponenten werden getestet, neue Komponenten auf ihre Tauglichkeit überprüft und Zusatzstoffe entwickelt. Somit wurde durch angepasste Fütterung und Beeinflussung der Genetik erreicht, dass Legehybride im Jahr 2014 im Durchschnitt 292,6 Eier pro Jahr legten und ein Masthybrid bei seiner Schlachtung im Alter von 35 Tagen eine Endmasse von 1900 bis 2400 g erlangte (COBB, 2013; Aviagen, 2014; Siegel, 2014; Destatis, 2017).

## 2.2 Verdauung und Resorption

### Anatomische Gegebenheiten und Physiologie der Verdauung

Im Zuge der Evolution hat sich der Verdauungsapparat der Vögel an ihre Ernährungsweise angepasst und weist im Vergleich zum Säugetier einige Besonderheiten auf (Larbier und Leclercq, 1992). So beginnt beim Huhn der Verdauungstrakt mit dem Schnabel, bestehend aus Keratin. Lippen sind nicht ausgebildet. Die Schnabelhöhle steht durch Fehlen eines Gaumensegels in offener Verbindung mit dem Pharynx und wird daher als Oropharynx bezeichnet (Larbier und Leclercq, 1992; König et al., 2008). Da in der Schnabelhöhle keine Zähne vorhanden sind, wird die Ingesta, eingeweicht durch Sekrete von mukösen Drüsen, weitgehend unzerkleinert in den Ösophagus weiterbefördert. Der Ösophagus kann in einen kranialen, zervikalen und einen kaudalen thorakalen Teil unterteilt werden. Er ist ein sehr dehnbarer Schlauch und bevor er, wie beim Säugetier, in den Magen mündet, erweitert er sich zum Kropf. Im Kropf wird das Futter eingeweicht und kann über mehrere Stunden gespeichert werden, sodass Vögel sehr viel Futter auf einmal zu sich nehmen können. Wie lange das Futter dort verweilt, hängt unter anderem vom Füllungsgrad des Muskelmagens und der Darreichungsform des Futters ab (Larbier und Leclercq, 1992).

Der nächste Abschnitt des Verdauungsapparates ist der Drüsenmagen. Hier beginnt die enzymatische Verdauung durch den Magensaft, welcher aus  $H^+$ ,  $Cl^-$  und Pepsinogen besteht. Zusätzlich wird von den Zellen der Magenwand ein hydrogencarbonatreiches Sekret sezerniert, welches die Magenschleimhaut schützen soll, und der „intrinsic factor“ zur Unterstützung der Resorption von Vitamin B12. Anders als bei Säugetieren, wo Salzsäure (HCl) und Pepsinogen aus unterschiedlichen Zellen sezerniert werden, finden sich beim Vogel schlauchförmige Zellen, die alle Bestandteile des Magensaftes sezernieren (Aitken, 1958; Imai et al., 1991; König et al., 2008). Ähnlich wie im Magen der Säugetiere haben Vögel einen sehr niedrigen pH-Wert im Drüsenmagen, dieser schwankt zwischen 1,9 und 4,5 (Svihus, 2011). Dieses ermöglicht, mit dem Futter aufgenommene Pathogene zu inaktivieren, außerdem wird unter diesen Umständen Pepsinogen zu Pepsin aktiviert. Da die Ingesta zu diesem Zeitpunkt noch nicht zerkleinert wurde, findet im Drüsenmagen nur eine eingeschränkte Verdauung statt und der Inhalt wird zügig in den Muskelmagen transportiert (Von Engelhardt, 2015). Dieser erhält seinen Namen durch die starke *Tunica muscularis*, welche aus glatten Muskelfasern besteht. Es können vier einzelne Stränge unterschieden werden: *M. crassus caudodorsalis* bzw. *cranioventralis* und *M. tenuis craniodorsalis* bzw. *caudoventralis* (Larbier und Leclercq, 1992; Nickel et al., 2004; Svihus, 2011). Die mechanische Zerkleinerung des Futters geschieht durch Kontraktionen des Muskelmagens, wobei die innerste Schicht, die Kutikula, bestehend aus Koilin, als Reibefläche dient. Um diesen Vorgang zu unterstützen, nehmen die Tiere Steine, Sand und andere harte Partikel mit dem Futter auf, den sogenannten „Grit“.

Der Darm besteht beim Vogel aus dem Dünndarm mit Duodenum, Jejunum und Ileum, gefolgt vom Dickdarm mit den paarigen Blinddärmen, dem Rektum und der Kloake. Alle Darmabschnitte, bis auf die Kloake, besitzen Schleimhautzotten. Das Duodenum liegt in einer Schleife, zwischen deren Schenkeln sich das Pankreas befindet, es endet mit der Mündung des Gallenganges. Anschließend folgt das Jejunum, dieses reicht bis zum Meckel'schen Divertikel, dem Überrest des embryonalen Dottersackganges. Das Ileum bildet den letzten Teil des Dünndarms und endet mit dem Übergang zum Zäkum (König et al., 2008; Rougière et al., 2009). Die Verdauungsvorgänge im Dünndarm beruhen auf den Inhaltsstoffen der Sekrete von Pankreas und Leber. Die Galle enthält konjugierte Gallensäuren, Gallenfarbstoffe, Phospholipide und Cholesterin. Konjugierte Gallensäuren emulgieren Triglyceride der Nahrung und unterstützen somit die Aktivität der Pankreaslipase zur Fettverdauung (Larbier

und Leclercq, 1992; Von Engelhardt, 2015). Das Pankreassekret enthält unter anderem Enzyme bzw. deren Vorstufen zur Spaltung von Peptiden, Nukleinsäuren, Stärke und Fetten, namentlich Chymotrypsinogen, Trypsinogen, Ribonuclease, Amylase und Lipase. Da der Speichel von Hühnern keine Amylase enthält, ist die Aktivität der Pankreas-Amylase besonders hervorzuheben (Jerrett und Goodge, 1973; Pubols, 1991). Ein weiterer Bestandteil des Pankreassaftes ist das Bicarbonat, welches den pH-Wert im Dünndarm auf circa 6-7 hält, dies entspricht dem Optimum für die Verdauungsenzyme. Enzyme zur Verdauung von Oligo- und Disacchariden befinden sich in der Bürstensaummembran des Dünndarms, wie z.B. Maltase, Isomaltase und Saccharase (Von Engelhardt, 2015).

Schließlich gelangt die Digesta in den Dickdarm, beginnend mit den paarigen Blinddärmen, dem Hauptort zur Verdauung von pflanzlichen Bestandteilen.

Der letzte Abschnitt Verdauungsapparates ist die Kloake, in welcher in unterschiedlichen Abteilungen sowohl Kot als auch Harn gesammelt wird, außerdem dient sie der Passage für Produkte des Reproduktionssystems (Larbier und Leclercq, 1992).

Die mikrobielle Besiedlung der einzelnen Abschnitte des Verdauungstraktes ist sehr variabel. Die meisten Bakterien finden sich in den Blinddärmen, mit einer Zahl von circa  $10^{11}$ /g Digesta. Im Dünndarm sind es dagegen nur circa  $10^8$ /g Digesta (Adil und Magray, 2012). Den Kropf besiedeln vor allem *Lactobacillus* spp., außerdem unterschiedliche *Enterobacteriaceae*, gram-positive Kokken und *Enterococcus* spp.. Im Muskelmagen dominieren *Lactobacillus* spp., *Enterococcus* spp. und zusätzlich sind hier coliforme Bakterien zu finden. Der Dünndarm dient Bakterien der Gattungen *Lactobacillus*, *Enterococcus* und unterschiedlichen Bakterien aus der Familie der *Clostridiaceae* als Habitat. Die Zusammensetzung der bakteriellen Gesellschaft der Blinddärme konnte bis jetzt noch nicht abschließend definiert werden (Bjerrum et al., 2006; Lima et al., 2010). Bei der dort ansässigen Mikrobiota handelt es sich zum Großteil um Anaerobier (Lan et al., 2002; Breves und Diener, 2015). Im Zäkum wurden in verschiedenen Studien die Phyla *Firmicutes* und *Proteobacteria* als vorherrschend benannt und zusätzlich noch Bakterien der Gattung *Bacteroides* in kulturellen Nachweisverfahren ermittelt (van der Wielen et al., 2002; Bjerrum et al., 2006; Rehman et al., 2007; Kohl, 2012; Sergeant et al., 2014; Stanley et al., 2014). Allerdings zeigen eine Reihe weiterer Untersuchungsmethoden, unter anderem molekularbiologische, dass die Vielfalt noch sehr viel größer ist als bisher angenommen (Torok et al., 2011). Mit Hilfe der 16sRNA-Sequenzierung und dem %G+C-Profilung konnten 640 verschiedene Bakterienspezies und 140 Genera im Gastrointestinaltrakt von Hühnern gefunden werden (Apajalahti et al., 2004). Einen Überblick über die zahlenmäßige Verteilung der intestinalen Mikroorganismen in den einzelnen Abschnitten des Darmes nach kulturellem Nachweis geben verschiedene Übersichtsarbeiten (Rehman et al., 2007; Choi et al., 2014).

Zur Zusammensetzung der intestinalen Mikrobiota der Zweinutzungshühner gibt es offenbar keine ausführlichen Daten. Auch in aktuellen Untersuchungen werden vor allem Fütterungsgrundlagen erarbeitet, aber dabei das Mikrobiom häufig noch außer Acht gelassen. Allerdings gibt es in verschiedenen Studien Hinweise und bereits Ergebnisse, dass der Genotyp einen Einfluss auf das Gefüge der Mikroorganismen im Darm hat. Dies ist sowohl beim Menschen und verschiedenen Tieren allgemein der Fall (Khachatryan et al., 2008; Benson et al., 2010; Spor et al., 2011), aber auch direkt beim Geflügel hat es in Studien entsprechende Ergebnisse gegeben (Zhao et al., 2013).

## 2.3 Ernährung des Haushuhnes und assoziierte Leistungsparameter

### 2.3.1 Konventionelle Mastlinien

Während Broiler zu Beginn der 20er Jahre des 20. Jahrhunderts noch eine tägliche Zunahme von etwa 9 g aufwiesen, waren es im Jahr 1973 schon 29 g (Hanke, 1974). Dieser Wert erhöhte sich bis zum Jahr 1991 auf 43 g (Flock und Seemann, 1993) und erreicht heute im Durchschnitt 55 (COBB, 2013) bis 77 g (Aviagen, 2014). Diese rapide Leistungssteigerung ist zurückzuführen auf konsequentes züchterisches Management und auch das Ergebnis einer optimal angepassten Fütterung.

Unterschiedliche Organisationen haben Empfehlungen bezüglich der Fütterung von Broilern heraus gegeben, unter anderen das National Research Council (1994) in den Vereinigten Staaten von Amerika (USA) und die GfE (1999), außerdem wurden einige Monographien zu diesem Thema veröffentlicht, wie zum Beispiel von Larbier und Leclercq (1992), Leeson und Summers (2005) und Jeroch et al. (2013). Rationen werden in der Praxis über besondere Softwareprogramme optimiert, um so eine möglichst exakte Einstellung der Inhaltsstoffe zu erreichen, sodass der Bedarf an Nährstoffen gedeckt ist, aber die Kosten möglichst gering gehalten werden (Vieira et al., 2014). Eine Zusammenfassung der wichtigsten Daten findet sich in

Tabelle 1.

**Tabelle 1: Richtwerte für ausgewählte Energie und Nährstoffgehalte**

Autoren	Alter in Wochen bzw. Tagen	Nährstoffe					
		ME MJ/kg	Rohprotein g/kg	Met g/kg	Lys g/kg	Ca g/kg	Nicht-Phytin-P g/kg
GfE (1999)	0 – 2.	12,5	230	4,60	12,8	10,3	6,20
	3. – 5.	13,0	215	4,30	11,6	8,20	5,10
	6. – 8.	13,5	205	4,10	10,5	7,50	4,80
Larbier und Leclercq (1992)	0 – 3.	13,6	220		11,5	10,0	4,20
	ab 3.	13,6	190		10,0	9,00	3,80
Leeson und Summers (2005)	0 – 18	12,7	220	5,00	13,0	9,50	4,50
	19 – 30	13,0	200	4,40	11,5	9,20	4,10
	31 – 41	13,2	180	3,80	10,0	8,90	3,80
NRC (1994)	0 – 3.		230	5,00	11,0	10,0	4,50
	3. – 6.		200	3,80	10,0	9,00	3,50
	6. – 8.		180	3,20	8,50	8,00	3,00

Der Bedarf an Nährstoffen hängt von vielen Faktoren ab, so zum Beispiel vom Haltungssystem und der Temperatur, nicht zuletzt aber auch von individuellen Faktoren, wie zum Beispiel dem Geschlecht. Aufgrund spezieller Anforderungen an die Ration in verschiedenen Lebensabschnitten wird die Fütterung bei Broilern üblicherweise aufgeteilt in drei bzw. vier Phasen: (Vorstarter), Starter, Mast und Endmast. Die genauen Zeiträume unterscheiden sich je nach Mastdauer (Leeson und Summers, 2005). Eine praxisübliche Variante für Broiler sind heute pelletierte Alleinfuttermittel (Abdollahi et al., 2010). Zwar sind Hühner Körnerfresser, allerdings kommt es bei Verabreichung von Körnerfutter häufig zu

einer starken Selektion durch die Tiere. Die kurze Erhitzung während des Pelletierens führt außerdem zu einer Hygienisierung des Futters, was insbesondere aus Gründen der Salmonellenprophylaxe vorteilhaft ist. Als Hauptkomponenten einer Ration für Mastgeflügel dienen zum Beispiel geschälter Reis, Mais und Sojaprodukte. Zusätzlich werden proteinreiche Komponenten wie Fischmehl, Blutplasma, einheimische Körnerleguminosen oder Raps eingesetzt. Verschiedene pflanzliche Öle ermöglichen die Versorgung mit essentiellen Fetten. Des Weiteren werden verschiedene Zusatzstoffe zur Leistungssteigerung, Gesundheitsprophylaxe und Unterstützung der Verdauung eingesetzt, hierbei handelt es sich zum Beispiel um Xylanasen, Probiotika, Phytobiotika oder ernährungsphysiologische Zusatzstoffe wie Aminosäuren, Spurenelemente und Vitamine (Jeroch et al., 2013).

Damit die Tiere möglichst schnell zunehmen, wird vor allem ein ad libitum Zugang zu Futter und Wasser ermöglicht (National Research Council, 1994). Leistungsparameter, welche durch Futter beeinflussbar sind, sind die Futteraufnahme, der Futteraufwand und die Körpermasse. Die Endmasse eines typischen Broilers liegt bei 1900 bis 2400 g im Alter 35 Tagen (COBB, 2013; Aviagen, 2014; Siegel, 2014; Lohmann Tierzucht, 2015). Aktuelle Daten zu Futteraufwand und Futteraufnahme finden sich in Tabelle 2.

**Tabelle 2:** Futteraufwand und Futteraufnahme von Broilern

Autor	Zeit	Futteraufwand in kg		
		♂	♀	♂ + ♀
Jeroch et al. (2013)	0 – 8 Wochen	1,96	2,14	2,05
Leeson und Summers (2005)	0 – 7 Wochen			1,84 <sup>a</sup>
				1,82 <sup>b</sup>
				1,94 <sup>c</sup>
				2,05 <sup>d</sup>
		Futteraufnahme (g/d)		
Jeroch et al. (2013)	Woche 1	23,0	23,0	23,0
	Woche 2	51,0	48,0	50,0
	Woche 3	98,0	88,0	93,0
	Woche 4	142	125	133
	Woche 5	178	158	168
	Woche 6	209	187	198
	Woche 7	226	210	218
	Woche 8	235	229	232
National Research Council (1994)	Woche 1	135 <sup>1</sup>	131	
	Woche 2	290 <sup>1</sup>	273 <sup>1</sup>	
	Woche 3	487 <sup>1</sup>	444 <sup>1</sup>	
	Woche 4	704 <sup>1</sup>	642 <sup>1</sup>	
	Woche 5	960 <sup>1</sup>	738 <sup>1</sup>	
	Woche 6	1141 <sup>1</sup>	1001 <sup>1</sup>	
	Woche 7	1281 <sup>1</sup>	1081 <sup>1</sup>	
	Woche 8	1432 <sup>1</sup>	1165 <sup>1</sup>	
	Woche 9	1577 <sup>1</sup>	1246 <sup>1</sup>	
COBB (2013)	Woche 1			
	Woche 2	63,0	57,0	60,0
	Woche 3	109	95,0	102
	Woche 4	162	140	151
	Woche 5	215	185	200



Woche 6	228	192	210
Woche 7	242	206	224
Woche 8	250	206	228

<sup>a</sup> 13,8 MJ ME/kg; <sup>b</sup> 13 MJ ME/kg; <sup>c</sup> 12,1 MJ ME/kg; <sup>d</sup> 11,3 MJ ME/kg; <sup>†</sup>Angaben in g/Woche

### 2.3.2 Zweinutzungshuhn und langsam wachsende Rassen

Es wurden einige wissenschaftliche Arbeiten über die Leistung und Beeinflussung dieser durch die Fütterung bei Zweinutzungshühnern, aber vor allem bei langsam wachsenden Rassen verfasst. Die Zielsetzungen sowie eingesetzten Genotypen sind in Tabelle 3 zu finden. Zu beachten ist, dass hauptsächlich männliche Tiere eingesetzt wurden. Es ging vor allem darum, herauszufinden, wie sich die männlichen Tiere zur Mast eignen, während die weiblichen Tiere meist zur Eiproduktion genutzt würden. Tabelle 4 stellt die eingesetzten Futtermittel dar. Variiert wurden vor allem der Energie- und Proteingehalt, um die Einflüsse dieser Faktoren auf das Wachstum bei Zweinutzungs- und langsam wachsenden Rassen untersuchen zu können. Die jeweiligen Bezeichnungen sind von den Autoren selbst gewählt und für diese Tabelle zur Übersicht übernommen. In zwei Studien wurde die Kombination aus höchstem Protein- und Energiegehalt, welche in diesem Versuch verwendet wurden, ad libitum angeboten, während die niedrigeren Kombinationen restriktiv verfüttert wurden (Roth et al., 1989; Ristic et al., 1990). Dies geschah, damit die Tiere nicht die geringen Gehalte an Energie und Protein durch eine kompensatorische Mehraufnahme an Futter ausgleichen und somit eine höhere Menge an Nährstoffen zu sich nehmen konnten als geplant. Die Leistungsparameter aus den gesamten Versuchen sind in Tabelle 5 dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass Rationen mit steigendem Proteingehalt höhere Endmassen ermöglichten. Wenn zusätzlich noch die Energiedichte stieg, erhöhten sich die Endmassen zusätzlich. Hier ist aber zu beachten, dass eine hohe Energiedichte zu einer stärkeren Ausbildung von Abdominalfett führen kann (Halle und Dänicke, 2001). Bei gleicher Fütterung erreichten Zweinutzungs- und langsam wachsende Rassen in derselben Zeit in keiner Studie Endmassen, welche denen einer konventionellen Mastlinie entsprachen. Allerdings konnte bei einer verlängerten Mastzeit mit ausreichend angepasster Ration eine Endmasse erreicht werden, welche der eines Broilers um Tag 35 nahe kommt (Ristic et al., 1990; Lewis et al., 1997; Halle und Dänicke, 2001; Damme und Ristic, 2003; Quentin et al., 2003; Fanatico et al., 2008; Koreleski et al., 2008). Auch bei Verwendung einer Ration mit relativ schlechteren Energie- und Proteingehalten war der Futteraufwand in allen Studien bei den konventionellen Mastlinien deutlich geringer. Am deutlichsten waren jedoch die Ergebnisse einer Studie mit männlichen Legehybriden, diese erreichten nach einer Mastzeit von 49 Tagen 600 – 700 g mit einer Fütterung für konventionelle Broiler (König et al., 2012). Dies deutet darauf hin, dass eine wirtschaftliche Aufzucht der männlichen Küken aus Legehennen heutzutage nicht möglich ist. Bei der Fütterung von Zweinutzungshühnern sollte folglich auf ausreichend angepasste Gehalte an Protein und Energie geachtet werden, um diese langsamer wachsenden Tiere so schnell wie möglich zu mästen. Ein weiterer Grund, der eine möglichst bedarfsdeckende Futterzusammensetzung erforderlich macht, ist, dass die langsam wachsenden und Zweinutzungsrasen, im Gegensatz zu Masttieren, weniger dazu in der Lage sind, die Futteraufnahme kompensatorisch zu erhöhen (Lewis et al., 1997; Fanatico et al., 2008). Zusätzlich sollte auf eine ausgewogene Zusammensetzung der Aminosäuren geachtet werden. Einen positiven Effekt auf die Massezunahme und den Futteraufwand hatte Methionin, was in weiteren Untersuchungen besonders berücksichtigt wurde (Koreleski und Swiatkiewicz, 2008, 2009).

**Tabelle 3:** Übersicht über Zielsetzungen, genutzte Genotypen, Anzahl und Geschlecht der Tiere in Studien mit Zweinutzungshühnern und langsam wachsenden Rassen

Autoren	Zielsetzungen	Tiermaterial					Versuchs- anzahl
		Anzahl	Geschlecht	Gruppen- aufteilung	Behandlungs- gruppen	Genotyp	
Roth et al. (1989)	Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Energie- und Proteinzufuhr auf Proteinverwertung in verlängerter Mast	72	♂	Käfige á 18	4 Käfige	Lohmann Broiler	1
Ristic et al. (1990)	Einfluss der Energie- und Proteinzufuhr auf qualitative Merkmale von Schlachtkörper und Fleisch	360	♂	Käfige á 10	4 Käfige	Lohmann Broiler	1
Lewis et al. (1997)	Einfluss von Genotyp, Ernährung, Besatzdichte auf Leistung, Verhalten und Schlachtkörperzusammensetzung bei Label Rouge und Ross	530	♂	4 Abteile á 168; 6 Abteile á 84	jedes Abteil eine Behandlung	ISA „657“ Broiler	1
		710	♂			ROSS I Broiler	
Peter et al. (1997)	Klärung, ob Ernährungsintensität Einfluss auf Schlachtkörper- und Fleischqualität hat	1200	♂	75 Abteile á 16	5 Wiederholungen pro Behandlung	Label Rouge „T 451 N“	1
Halle und Dänicke (2001)	Einfluss von Fütterungstechnik im Vergleich bei langsam bzw. schnell wachsenden Tieren	96	♂	4 Käfige á 18; 2 Abteile mit 57 bzw. 70	jeder Käfig und jedes Abteil eine Behandlung	ROSS	1
		106	♂			ISA	

Autoren	Zielsetzungen	Tiermaterial				Versuchs- anzahl	
		Anzahl	Geschlecht	Gruppen- aufteilung	Behandlungs- gruppen		
Grashorn und Clostermann (2002)	Vergleich der Mast- und Schlachtleistung von ISA-Hubbard und Ross	180	♂, ♀	36 Abteile á 60	6 Wiederholungen pro Endprodukt	ISA- Hubbard „S 257“	1
		180	♂, ♀			„S 457“	
		180	♂, ♀			„S 657“	
		180	♂, ♀			„S 957“	
		180	♂, ♀			„Redbro“	
		180	♂, ♀			ROSS „308“	
Damme und Ristic (2003)	Eignung männlicher Küken von Legelinien für die Mast	200	♂	12 Abteile á 50	4 Wiederholungen pro Endprodukt	Meister- hybrid	1
		200	♂			ISA „J 457“	
		200	♂, ♀			ROSS „PM3“	
Quentin et al. (2003)	Vergleich von schnell, mittel und langsam wachsenden Broilern	1128	♂	72 Abteile 47 F pro Abteil und 30 M bzw. S pro Abteil	8 Wiederholungen pro Behandlung	ISA- Hubbard (Fast)	1
		720	♂			ISA- Hubbard (Slow)	
		720	♂			ISA- Hubbard (FastxSlo w=M)	

Autoren	Zielsetzungen	Tiermaterial				Versuchs- anzahl	
		Anzahl	Geschlecht	Gruppen- aufteilung	Behandlungs- gruppen		
Ristic et al. (2003)	Suche nach geeigneten langsam wachsenden Hybriden für die ökologische Aufzucht und Klärung wie Nährstoff- und Energiebedarf ohne Einsatz synthetischer AS und tierischer Eiweiß-Futtermittel gedeckt werden können	2400	♂, ♀	12 Abteile á 100 (2 Durchgänge)	6 Wiederholungen pro Behandlung	ISA „J 257“	1
			♂, ♀			AVIAGE N	
			♂, ♀			SASSO	
Quentin et al. (2005)	Interaktion zwischen Rohprotein und Lysin-Level bei langsam wachsenden Broilern	1344	♂	12 Abteile á 112  48 Abteile á 28	Starter-Phase: 6 Wiederholungen pro Behandlung Mast-Phase: 6 Wiederholungen pro Behandlung	Label Rouge	1
Schäublin et al. (2005)	Vergleich von Mastleistung und Fleischqualität von Hähnen aus Legelinien und extensiven Mastlinien			4 Abteile (je eins pro Genotyp)		Hubbard I 657 Amber, Amberlin k Lohmann Silver ISA Sussex	1

Autoren	Zielsetzungen	Tiermaterial				Versuchs- anzahl	
		Anzahl	Geschlecht	Gruppen- aufteilung	Behandlungs- gruppen		Genotyp
Fanatico et al. (2008)	Effekt von Produktionssystem, Genotyp und Ernährung auf Wachstum, Lebenserwartung und Schlachtkörperzusammensetzung von Masthühnern	320	♂, ♀	16 Abteile á 20 16 Abteile á 20	4 Wiederholungen pro Behandlung pro Versuch	slow (S & G Poultry LLC) fast (Cobb)	2
Koreleski und Swiatkiewicz (2008)	Einfluss unterschiedlicher Rp-Gehalte und Met-Supplementation auf Leistung, Schlachtkörperzusammensetzung und N-Nutzung	160	♂, ♀	20 Gruppe á 8	5 Wiederholungen pro Behandlung	♂ Barret Rock × ♀ New Hampshire	1
Koreleski et al. (2008)	Suche nach Rassen die in 12 Wochen ökologischer Aufzucht schlachtreif sind	350	♂, ♀	Käfige	für alle dieselbe Behandlung	♂ Barret Rock × ♀ New Hampshire	1
Ipek et al. (2009)	Effekte von Fütterung mit zwei unterschiedlichen Rp- und Energiegehalten Effekte von Restriktion auf Futteraufwand bei Haltung mit Auslauf	420	♂	12 Abteile á 35	3 Wiederholungen pro Behandlung	Hubbard ISA Red JA	1
Koreleski und Swiatkiewicz (2009)	Einfluss unterschiedlicher Energie- und Rp-Gehalte sowie Met-Supplementation oder nicht auf Leistung, Schlachtkörperzusammensetzung und N-Nutzung	350	♂, ♀	20 Gruppe á 8	5 Wiederholungen pro Behandlung	♂ Barret Rock × ♀ New Hampshire	1

Autoren	Zielsetzungen	Tiermaterial					Versuchsanzahl
		Anzahl	Geschlecht	Gruppenaufteilung	Behandlungsgruppen	Genotyp	
König et al. (2012)	Darstellen, ob männliche Legehybride als Stubenkühen wirtschaftlich zu vermarkten wären	2350	♂	20 Abteile á 235, 10 Abteile pro Genotyp	5 Wiederholungen pro Behandlung und Genotyp	Lohmann Brown	1
		2350	♂			Lohmann Selected Leghorn	
Halle et al. (2012)	Einfluss einer gestaffelten Protein-Energie-Konzentration auf das Wachstum von männlichen Legehybriden	378	♂	63 Abteile á 12	7 Wiederholungen pro Behandlung	Lohmann Brown	1
		378	♂			Lohmann Tradition	

**Tabelle 4:** Zusammensetzung eingesetzter Futtermittel in Untersuchungen mit Zweinutzungshühnern und langsam wachsenden Rassen

Autor/en	Bezeichnung	ME (MJ/kg)	Rp (g/kg)	Ca (g/kg)	P (g/kg) <sup>0</sup>	AS- Ergänzung <sup>1</sup>	Fütterungszeit raum (Lebenstag)	Fütterungsregime
Roth et al. (1989)	1	13,5	210					
	2	13,5	168					
	3	13,4	126					
	4	11,48	210					
	5	11,48	168				42 - 56	höchste Stufe ad libitum, übrige Gruppen wurde restriktiv gefüttert
	6	11,48	126					
	7	9,45	210					
	8	9,45	168					
	9	9,45	126					
Ristic et al. (1990)	1	13,5	210					
	2	13,5	168					
	3	13,4	126					
	4	11,48	210					
	5	11,48	168				42 - 56	höchste Stufe ad libitum, übrige Gruppen wurde restriktiv gefüttert
	6	11,48	126					
	7	9,45	210					
	8	9,45	168					
	9	9,45	126					

2 LITERATURÜBERSICHT

Autor/en	Bezeichnung	ME (MJ/kg)	Rp (g/kg)	Ca (g/kg)	P (g/kg)	AS- Ergänzung <sup>1</sup>	Fütterungszeit raum (Lebenstag)	Fütterungsregime
Lewis et al. (1997)	UK <sup>2</sup> Diet Starter	12,46	246,3	8,9	5,9		1 - 14	ad libitum
	UK Diet Grower	13,28	233,1	8,9	4,7		15 - 29	
	UK Diet Finisher	13,42	206,5	8,1	4,4		30 - 48	
	LR <sup>3</sup> Diet Starter	12,12	202	9,0	4,5		1 - 27	
	LR Diet Grower	12,16	177,5	8,9	4,4		28 - 70	
	LR Diet Finisher <sup>4</sup>	12,27	155,9	8,8	4,4		71 - 83	
Peter et al. (1997)	I	10,9	150	8,3	6,1			ad libitum
	II	10,9	175	8,4	6,2			
	III	10,9	200	8,3	6,1			
	IV	10,9	225	8,3	6,1			
	V	10,9	250	8,3	6,1			
	VI	12,1	150	8,9	6,5			
	VII	12,1	175	9,0	6,5			
	VIII	12,1	200	9,1	6,5			
	IX	12,1	225	9,0	6,5			
	X	12,1	250	9,0	6,5			
	XI	13,3	150	9,7	6,9			
	XII	13,3	175	9,8	6,9			
	XIII	13,3	200	9,7	6,9			
	XIV	13,3	225	9,8	6,9			
	XV	13,3	250	9,7	6,9			



2 LITERATURÜBERSICHT

Autor/en	Bezeichnung	ME (MJ/kg)	Rp (g/kg)	Ca (g/kg)	P (g/kg)	AS- Ergänzung <sup>1</sup>	Fütterungszeit raum (Lebenstag)	Fütterungsregime
Halle und Dänicke (2001)	Starter (konv.)	13,79	249,7				1 - 10	Gruppe 1, 2, 5:
	Mast (konv.)	14,13- 14,29	235,1				11 - 56	ad libitum
	Starter (alternativ)	13,13	222,8				1-10	Gruppe 3, 4, 6:
	Mast (alternativ)	12,84- 13,12	214,4				11 - 56	restriktiv
Grashorn und Clostermann (2002)	Starter	12,2	211	10,4	7,9			ad libitum
	Grower	12,5	185	8,0	6,4			
Damme und Ristic (2003)	Starter	12	233			Met & Lys	1 - 10	ad libitum
	Grower	12	218			Met & Lys	11 - 80	
Quentin et al. (2003)	P3 Starter	11,72	201	10,3	4,5		0 - 21	
	P3 Grower	11,92	175	9,9	3,8		22 - 56	
	P3 Finisher	12,23	165	9,5	3,4		57 - 84	
	P2 Starter	11,93	209,9	11,0	4,4		0 - 7	
	P2 Grower 1	12,15	200,7	10,0	4,0		8 - 21	
	P2 Grower 2	12,3	191	9,6	4,0		22 - 42	
	P2 Finisher	13,02	181,2	9,1	3,8		43 - 84	
	P1 Starter	12,14	221,10	11	4,5		0 - 7	
	P1 Grower 1	12,56	204,8	10	4,2		8 - 21	
	P1 Grower 2	12,77	200,80	9,0	4,0		22 - 42	
	P1 Finisher	13,45	190,2	9,0	3,8		43 - 84	

2 LITERATURÜBERSICHT

Autor/en	Bezeichnung	ME (MJ/kg)	Rp (g/kg)	Ca (g/kg)	P (g/kg)	AS- Ergänzung <sup>1</sup>	Fütterungszeit raum (Lebenstag)	Fütterungsregime
Ristic et al. (2003)	Starter A	12,47	256				1 - 14	ad libitum
	Mast A	12,5	256				15 - 54	
	Starter B	12,29	258				1 - 14	
	Mast B	12,15	255				15 - 54	
Quentin et al. (2004)	Starter	12,07	231	13,0	4,4		0 - 14	ad libitum
	Grower	13,14	207,4	12,8	4,3		> 15	
Quentin et al. (2005)	Starter - <sup>6</sup>	12,12	209	11,2	4,5	Lysin	0 - 6	ad libitum
	Starter +	13,0	229	11,2	4,5	Lysin	0 - 6	
	Grower	12,54	212	11,2	4,5	Lysin	7 - 42	
	Finisher LP <sup>7</sup> A	13,04	170,5	11,2	4,0	Lysin	42 - 77	
	Finisher LP B	13,04	171,6	11,2	4,0	Lysin	42 - 77	
	Finisher LP C	13,04	172,8	11,2	4,0	Lysin	42 - 77	
	Finisher LP D	13,04	174	11,2	4,0	Lysin	42 - 77	
	Finisher HP□ A	13,04	226	11,2	3,9	Lysin	42 - 77	
	Finisher HP B	13,04	227,2	11,2	3,9	Lysin	42 - 77	
	Finisher HP C	13,04	228,4	11,2	3,9	Lysin	42 - 77	
Schäublin et al. (2005)	BIO-Poulet-Mast	12,2	220				0 - 91	ad libitum
	Weizenkörner	12,8	139				sich steigernd ab 5. Woche	

2 LITERATURÜBERSICHT

Autor/en	Bezeichnung	ME (MJ/kg)	Rp (g/kg)	Ca (g/kg)	P (g/kg)	AS- Ergänzung <sup>1</sup>	Fütterungszeit raum (Lebenstag)	Fütterungsregime
Fanatico et al. (2008)	Starter (konv.)	13,0	229	10,0	4,5		0 - 28	ad libitum
	Grower I (konv.)	13,0	194	9,0	3,5		29 - 56	
	Grower II (konv.)	13,19	174	8,0	3,0		57 - 70	
	Finisher (konv.)	13,19	157	8,0	3,0		71 - 91	
	Starter (low-n. <sup>9</sup> )	12,08	205	9,0	4,5		0 - 28	
	Grower I (low-n.)	12,15	177	8,5	3,5		29 - 56	
	Grower II (low-n.)	12,33	155	8,0	3,0		57 - 70	
	Finisher ((low-n.)	12,38	139	8,0	3,0		71 - 84	
Koreleski und Swiatkiewicz (2008)	Starter LP	12,05	207	9,2	4,2	Methionin	1 - 49	
	Mast LP	12,1	177	8,95	3,95	Methionin	50 - 83	
	Starter HP	12,05	219	9,2	4,2	Methionin	1 - 49	
	Mast HP	12,1	186	8,95	3,95	Methionin	50 - 83	
Koreleski et al. (2008)	Starter	12,3	190	9,2	4,2	DL-Methionin	0 - 49	
	Mast	12,4	170	8,9	3,9	DL-Methionin	50 - 84	
Ipek et al. (2009)	Starter Dilute	11,9	190				1 - 28	jeweils 1x Ad libitum und 1x restriktiv
	Starter High	12,8	220				1 - 28	
	Grower Dilute	12,3	170				29 - 84	
	Grower High	13,2	200				29 - 84	
Koreleski und Swiatkiewicz (2009)	Starter normal	12,5	206	9,2	4,2	DL-Methionin	1 - 49	
	Mast normal	12,6	176	8,95	3,95	DL-Methionin	50 - 83	
	Starter HP	12,5	217	9,2	4,2	DL-Methionin	1 - 49	
	Mast HP	12,6	186	8,95	3,95	DL-Methionin	50 - 83	

2 LITERATURÜBERSICHT

Autor/en	Bezeichnung	ME (MJ/kg)	Rp (g/kg)	Ca (g/kg)	P (g/kg)	AS- Ergänzung <sup>1</sup>	Fütterungszeit raum (Lebenstag)	Fütterungsregime
König et al. (2012)	Starter BD <sup>10</sup>	12,6	220	9,0	7,0		1 - 21	ad libitum
	Finisher BD	13,5	195	7,0	5,2		>22	
	Starter LHD <sup>11</sup>	12,8	210	10,5	7,5		1 - 21	
	Finisher LHD	11,4	180	10,0	7,0		>22	
Halle et al. (2012)	1	11,28	171,1				0 - 49	ad libitum
	2	11,22	187,1				0 - 49	
	3	11,07	208,5				0 - 49	
	4	12,17	168,1				0 - 49	
	5	12,48	191,5				0 - 49	
	6	12,41	206,2				0 - 49	
	7	13,14	174,8				0 - 49	
	8	13,27	193,6				0 - 49	
	9	12,82	205,4				0 - 49	

Nicht jeder Artikel zeigte die genaue Zusammensetzung der Futtermittel, sodass leere Felder bedeuten, dass zu diesem Wert keine Angabe vorhanden war.

<sup>0</sup> Gesamtphosphor; <sup>1</sup> falls keine Angabe: kein besonderer Zusatz von AS zum Futter; <sup>2</sup> United Kingdom Standard Broiler Diet; <sup>3</sup> Fütterung entsprechend der Standards des Label Rouge – Programms; <sup>4</sup> eine Gruppe mit Label Rouge - Fütterung wurde restriktiv gefüttert; <sup>5</sup> P1-3 bezeichnet die Proteinstufe; <sup>6</sup> stark unterschiedliche Starter Fütterung bzgl. Energie- und Protein-Gehalt; <sup>7</sup> Low Protein; <sup>8</sup> High Protein;

<sup>9</sup> low-nutrient; <sup>10</sup> Broiler Diet - Broiler Fütterung; <sup>11</sup> Laying Hen Diet - Legehennen-Fütterung

**Tabelle 5:** Leistungsdaten der Zweinutzungshühner und langsam wachsenden Rassen aus verschiedenen Untersuchungen

Autor/en	Fütterung / Genetik / Gruppe	Schlachtagter in Tagen	Endmasse (g) ♀ / ♂	Zunahme (g/d)	Futter- aufwand
Ristic et al. (1990)	P1E1	56	1593	-	-
	P1E2	56	1619	-	-
	P1E3	56	1808	-	-
	P2E1	56	1619	-	-
	P2E2	56	1744	-	-
	P2E3	56	1872	-	-
	P3E1	56	1739	-	-
	P3E2	56	1828	-	-
	P3E3	56	2046	-	-
Lewis et al. (1997)	I-UK-H-83 <sup>1</sup>	83	2978	-	2,64
	I-LR-H-83 <sup>1</sup>	83	2610	-	2,98
	I-UK-L-83 <sup>1</sup>	83	3222	-	2,51
	I-LR-L-83 <sup>1</sup>	83	2785	-	3,01
	R-LR-L-83 <sup>1</sup>	83	4571	-	2,91
	R-UK-H-48 <sup>1</sup>	48	2623	-	1,96
	R-LR-H-48 <sup>1</sup>	48	2324	-	2,14
	R-UK-L-48 <sup>1</sup>	48	3088	-	1,80
	R-LR-L-48 <sup>1</sup>	48	2613	-	2,11
R-LR-L-83 <sup>1</sup>	83	2826	-	2,61	
Peter et al. (1997)	I	-	2728	-	-
	II	-	2734	-	-
	III	-	2875	-	-
	IV	-	2824	-	-
	V	-	2853	-	-
	VI	-	2453	-	-
	VII	-	2776	-	-
	VIII	-	2833	-	-
	IX	-	2746	-	-
	X	-	2796	-	-
	XI	-	2337	-	-
	XII	-	2581	-	-
	XIII	-	2837	-	-
	XIV	-	2832	-	-
	XV	-	2799	-	-

Autor/en	Fütterung / Genetik / Gruppe	Schlachalter in Tagen	Endmasse (g) ♀ / ♂	Zunahme (g/d)	Futter- aufwand
Halle und Dänicke (2001)	1-Ross, ad lib, kon <sup>2</sup>	35	2030 / 1909	-	1,56
	2-Isa, ad lib, kon <sup>2</sup>	35	1717 / 1395	-	1,76
	2-Isa, ad lib, kon <sup>2</sup>	56	2895 / 2573	-	2,11
	3-Isa, restr, altern <sup>2</sup>	35	1383 / 1290		1,94
	3-Isa, restr, altern <sup>2</sup>	56	2470 / 2114		2,25
	4-Ross, restr, altern <sup>2</sup>	35	1605 / 1518		1,72
	4-Ross, restr, altern <sup>2</sup>	56	2540 / 2480		2,12
	5-Ross, ad lib, kon <sup>2</sup>	35	2061 / 1855		1,54
	6-Isa, restr, altern <sup>2</sup>	35	1314 / 1274		1,91
	6-Isa, restr, altern <sup>2</sup>	56	2470 / 2032		2,14
Grashorn und Clostermann (2002)	S 257	84	3408		3,19
	S 457	84	2453		3,29
	S 657	84	2273		3,49
	S 957	84	3615		3,04
	Redbro	84	3090		3,75
	Ross	84	4883		2,84
Damme und Ristic (2003)	Ross PM3	80	3667	52,0	2,66
	ISA J 457	80	2233	32,0	2,64
	Egg-Type	80	1234	18,0	2,80
Quentin et al. (2003)	fast P1	56	2545		
	fast P2	56	2566		
	fast P3	56	2436		
	medium P1	56	2681		
	medium P2	56	2639		
	medium P3	56	2536		
	slow P1	84	2972		
	slow P2	84	2937		
	slow P3	84	2861		

Autor/en	Fütterung / Genetik / Gruppe	Schlachalter in Tagen	Endmasse (g) ♀ / ♂	Zunahme (g/d)	Futter- aufwand
Ristic et al. (2003)	Durchgang 1 - A <sup>3</sup>	54	2199	40,0	2,01
	Durchgang 1 - B <sup>3</sup>	54	2166	39,0	2,08
	Durchgang 1 - ISA	54	2226	41,0	2,01
	Durchgang 1 - EXP	54	2139	39,0	2,09
	Durchgang 2 - A <sup>3</sup>	54	2154	39,0	2,00
	Durchgang 2 - B <sup>3</sup>	54	2135	39,0	2,03
	Durchgang 2 - ISA	54	2317	42,0	1,97
	Durchgang 2 - SASSO	54	1972	36,0	2,05
Quentin et al. (2005)	Finisher LP A	77	2455	35,6	3,10
	Finisher LP B	77	2693	42,5	2,81
	Finisher LP C	77	2798	45,0	2,71
	Finisher LP D	77	2758	44,6	2,65
	Finisher HP A	77	2046	23,6	3,57
	Finisher HP B	77	2520	37,1	2,91
	Finisher HP C	77	2753	44,0	2,68
	Finisher HP D	77	2725	43,6	2,67
Schäublin et al. (2005)	Standard	91	1941		2,94
	Amber	91	1494		4,08
	Silver	91	1460		3,96
	Sussex	91	1535		3,97
Fanatico et al. (2008)	Slow - Low N	84	2593		2,96
	Slow - konventionell	84	2888		2,76
	Fast - Low N	56	2888		2,22
	Fast - konventionell	56	2808		1,97
Koreleski und Swiatkiewicz (2008)	LP -Met	83	1914 <sup>4</sup>	5613 <sup>5</sup>	2,94
	LP +Met	83	1996 <sup>4</sup>	5619 <sup>5</sup>	2,81
	HP -Met	83	1917 <sup>4</sup>	5790 <sup>5</sup>	3,02
	HP +Met	83	2040 <sup>4</sup>	6046 <sup>5</sup>	2,96
Koreleski et al. (2008)		84	2313		3,21
Koreleski und Swiatkiewicz (2009)	LP -Met	83	2024 <sup>4</sup>	5836 <sup>5</sup>	2,88
	LP +Met	83	2057 <sup>4</sup>	5793 <sup>5</sup>	2,81
	HP -Met	83	2053 <sup>4</sup>	5976 <sup>5</sup>	2,91
	HP +Met	83	2068 <sup>4</sup>	5863 <sup>5</sup>	2,82

Autor/en	Fütterung / Genetik / Gruppe	Schlachalter in Tagen	Endmasse (g) ♀ / ♂	Zunahme (g/d)	Futter- aufwand
König et al. (2012)	Lohmann Brown	49	678		2,43
	Lohmann Selected Leghorn	49	616		2,73
	BD	49	685		2,35
	LHD	49	610		2,81
Halle et al. (2012)	180/11 LB <sup>6</sup>	49	2556	15,1	2,39
	180/11 LT <sup>7</sup>	49	3187	16,0	2,33
	180/12 LB	49	2789	15,1	2,24
	180/12 LT	49	3205	14,9	2,22
	180/12,5 LB	49	3015	13,3	2,27
	180/12,5 LT	49	2846	13,5	2,19
	200/11 LB	49	2548	16,1	2,36
	200/11 LT	49	2813	16,4	2,32
	200/12 LB	49	2728	15,9	2,15
	200/12 LT	49	2687	15,7	2,15
	200/12,5 LB	49	2856	15,3	2,01
	200/12,5 LT	49	2627	15,4	2,04
	250/11 LB	49	2357	16,9	2,35
	250/11 LT	49	2424	16,8	2,32
	250/12 LB	49	2471	16,8	2,11
	250/12 LT	49	2438	17,3	2,08
250/12,5 LB	49	2497	16,4	2,03	
250/12,5 LT	49	2415	16,3	2,02	

<sup>1</sup> I = ISA; R = Ross; UK & LR siehe Tabelle 4; H = 17 Tiere/m<sup>2</sup>; L 4,25 Tiere/m<sup>2</sup>; Zahl = Schlachalter in d

<sup>2</sup> ad lib. = ad libitum; restr. = restriktiv; konv. = konventionell; altern. = alternativ

<sup>3</sup> Bezeichnung der Futtermittelvariante

<sup>4</sup> Zunahme in g/Tier

<sup>5</sup> Futteraufnahme g/ Tier über 83 Tage

<sup>6</sup> LB = Lohmann Brown

<sup>7</sup> LT = Lohmann Tradition

## 2.4 Unterschiede zwischen Broilern und Zweinutzungshühnern in Bezug auf die im Rahmen des Projektes zu untersuchenden Leistungsparameter

### 2.4.1 Einfluss der Proteingehalte im Futter

Mit der Intensivierung der Haltung und Spezialisierung der Linien entwickelte sich auch die Zusammenstellung der Futtermittel immer weiter und wurde stetig optimiert. Einzelne Bestandteile und Nährstoffgruppen wurden genauer analysiert und auf ihre Effekte hin überprüft, insbesondere stand die Proteinversorgung im Zentrum des Interesses (Wiemann, 2005; Siegel, 2014).



Unterschiedliche Proteingehalte in Rationen für konventionell gefütterte Broiler beeinflussen die Körpermasse, die Futtermittelaufnahme und den Futtermittelverbrauch (Sterling et al., 2003; Rezaian et al., 2007; Ghahri et al., 2010; Danisman und Gous, 2013). In einer Untersuchung wurde herausgefunden, dass mit steigendem Proteingehalt innerhalb gewisser Grenzen auch die Körpermassezunahme der Tiere steigt, während die Futtermittelaufnahme sinkt. Hieraus folgt auch ein günstigeres Verhältnis von Futtermittelaufnahme zu Körpermassezunahme (Sterling et al., 2003; Rezaian et al., 2007; Ghahri et al., 2010). Allerdings konnte weiterhin gezeigt werden, dass der Futtermittelverbrauch in der höchsten der drei eingesetzten Proteinstufen (18, 20 und 22 %) wieder ungünstiger war (Ghahri et al., 2010). Dagegen zeigten andere Ergebnisse, dass die Futtermittelaufnahme unbeeinflusst vom Proteingehalt bleibt, aber bei erhöhtem Lysin-Gehalt doch wieder steigt (Sterling et al., 2003).

Ein weiterer Effekt, den alle genannten Autoren ermittelten, war ein Anstieg der abdominalen Fettschicht bei reduziertem Proteingehalt. Eine Reduktion des Proteins von 20,8 auf 18,1 % im Starterfutter bzw. von 17,8 auf 16,1 % im Mastfutter resultierte in einer Verschlechterung der Körpermassezunahme um bis zu 6% (Rezaian et al., 2007). Zwar existieren auch verschiedene Untersuchungen zum Einfluss von niedrigen Proteingehalten auf die Leistung von Broilern, welche keinen Effekt zeigten (Parr und Summers, 1991; Moran und Stilborn, 1996; Aletor et al., 2000a), aber ist doch die Zahl der Arbeiten höher, welche zeigen, dass eine Reduktion des Rohproteins zu einer Verschlechterung der Leistung führte (Widyaratne und Drew, 2011).

Für Zweinutzungsrasen und langsam wachsende Broiler gibt es einige wenige Arbeiten. Bezüglich des Einflusses des Proteingehaltes einer Ration auf die Futtermittelaufnahme konnten keine einheitlichen Ergebnisse gezeigt werden. So wurde in Versuchen mit Zweinutzungsrasen herausgefunden, dass ein hoher Proteingehalt (21,9 im vgl. zu 20,7 %) im Futter in den ersten 49 Tagen zu einer erhöhten Futtermittelaufnahme führt (Koreleski und Swiatkiewicz, 2008). Auch ab dem 50. Tag steigerte ein Proteingehalt von 18,6 im vgl. zu 17,7 % die Futtermittelaufnahme. Gleiches zeigten Quentin et al. (2003). In einer späteren Arbeit mit demselben Genotyp wurde berichtet, dass der Proteingehalt im Futter keine signifikanten Auswirkungen auf die Futtermittelaufnahme hatte (Koreleski und Swiatkiewicz, 2009).

Dass ein erhöhter Proteingehalt die Futtermittelaufnahme beeinflusst und diese erhöht, ermittelten Wissenschaftler auch bei männlichen Tieren aus Legelinien (Halle et al., 2012), wohingegen andere Arbeitsgruppen bei einer hohen Proteinkonzentration (22 %) einen Rückgang der Futtermittelaufnahme beobachteten (König et al., 2012). Sie erklärten dies durch den höheren Rp- und ME-Gehalt, welcher dafür sorgte, dass schon bei geringerer Futtermittelaufnahme der Bedarf gedeckt wurde. Die genannte Steigerung der Futtermittelaufnahme führte letztlich zu einer Verschlechterung der Leistung, da der Futtermittelverbrauch erhöht wurde. Dies wurde sowohl für Zweinutzungsrasen als auch für schnell, mittel und langsam wachsende Broiler gezeigt (Quentin et al., 2003; Koreleski und Swiatkiewicz, 2008). Im Gegensatz dazu sorgte in Versuchen mit männlichen Legern ein erhöhter Rp-Gehalt (21,5 %) für einen verringerten Futtermittelverbrauch (Halle et al., 2012), gleiches fanden Studien mit langsam wachsenden Broilern heraus (Ipek et al., 2009).

Zusätzlich wurde herausgefunden, dass Methionin-Supplementierung einen positiven Effekt auf den Futtermittelverbrauch hat (Koreleski und Swiatkiewicz, 2008, 2009). Die Methionin-Gehalte in der genannten Untersuchung beliefen sich auf 3,58 bzw. 2,59% in der Ration mit geringerem Proteingehalt (20,6 und 17,6 %) und 3,75 bzw. 2,72% in der Ration mit einem höheren Proteingehalt (21,7 und 18,6 %). Unterschiedliche Autoren zeigten, dass sich der Proteingehalt auf die Körpermassezunahme sowohl bei Zweinutzungsrasen, sowie bei langsam und auch bei schnell wachsenden Broilern auswirkt (Halle und Dänicke, 2001; Koreleski und Swiatkiewicz, 2008; Ipek et al., 2009; Halle et al., 2012; König et al., 2012). Um für männliche Legehybriden ein intensives Wachstum zu ermöglichen, ist ein

Mindestgehalt von 21,0 % Rohprotein nötig (Halle et al., 2012). Eine weitere Empfehlung ist, nicht wie in der kommerziellen Broilerfütterung den Proteingehalt nach der Starterphase abzusenken, sondern ein Niveau beizubehalten. Der Rohproteingehalt wirkt sich nicht nur positiv auf die Zunahme an sich aus (Ipek et al., 2009; König et al., 2012), sondern sorgt auch für ein gutes Fleisch/Fett- und Fleisch/Knochen-Verhältnis und einen erhöhten Proteinansatz (Roth et al., 1989; Ristic et al., 1990).

Für die vorliegenden Versuche sollten die Ergebnisse aus Studien mit männlichen Legehybriden Beachtung finden (König et al., 2012), hier wurde angenommen, dass die Fütterung einen größeren Einfluss auf den Zuwachs hat, als der Genotyp. Daher kann davon ausgegangen werden, dass die Leistung der Tiere der Zweinutzungsrasse durch die Fütterung beeinflussbar ist. Eine weitere Untersuchung fand heraus, dass Methionin-Supplementierung zu einer Steigerung der Massezunahme führt (Koreleski und Swiatkiewicz, 2009). In dieser Studie erhielt die Kontrollgruppe 0,29–0,30 g bzw. 0,21–0,22 g Methionin/MJ ME<sub>N</sub> und die Versuchsgruppe 0,32–0,33 g bzw. 0,23–0,24 g Methionin/MJ ME<sub>N</sub>. Beide Werte liegen unter den Empfehlungen der GfE (1999), sodass davon ausgegangen werden kann, dass ein höherer Anteil von Methionin an der Ration zu einer gesteigerten Zunahme führt, aber auch, dass die Empfehlungen für langsam wachsende Hühner zu hoch gesetzt sein könnten.

#### 2.4.2 Einfluss von Calcium und Phosphor

Durch ihre vielfältigen Funktionen und komplexe Beziehung stellen Calcium und Phosphor wichtige Mineralstoffe im Stoffwechsel dar (Bradbury et al., 2014). Beide Mengenelemente werden hauptsächlich für die Knochenformation genutzt (Adedokun und Adeola, 2013), aber haben noch weitere Funktionen im Tierkörper. Calcium, welches für Muskelkontraktionen, Zellkommunikation und Nervenleitung genutzt wird, liegt entweder als freies Ion vor oder gebunden an Serumproteine oder Säuren (Carafoli, 1991). Außerdem wird es für verschiedene Enzymfunktionen und Blutkoagulation benötigt (Hurwitz, 1996). Auch Phosphor ist zu hohen Anteilen im Knochen vertreten, der übrige Anteil von etwa 20 % ist auf Flüssigkeiten und Weichgewebe verteilt (Suttle, 2010).

Calcium und Phosphor wirken im Stoffwechsel des Huhnes antagonistisch, es konnte gezeigt werden, dass bei geringen Gehalten von Phosphor, normale Calciumwerte von 8 bis 10 g/kg nicht ausreichend sind, um die Stoffwechselfunktionen adäquat aufrecht zu erhalten (Driver et al., 2005a). Daher ist eine ausreichende und vor allem ausgewogene Versorgung mit Calcium und Phosphor sehr wichtig und Gegenstand vieler Untersuchungen. Hinzu kommt, dass Phosphor nicht nur eine nicht erneuerbare Ressource darstellt (Shastak und Rodehutscord, 2013), sondern auch eine Belastung für die Umwelt, wenn es über Exkrememente in diese gelangt (Delezie et al., 2012).

Die Ergebnisse zum Einfluss von Calcium und Phosphor auf die Leistung von Broilern sind variabel. So blieben Körperendmassen von Veränderungen im Calcium- und Phosphorgehalt der Rationen in einigen Untersuchungen unbeeinflusst (Skinner et al., 1992; Chen und Moran, 1995; Shafey, 1999; Dhandu und Angel, 2003; Yan et al., 2005; Zhou et al., 2008; Abdulla et al., 2016). Auch beim Einsatz sechs verschiedener Calciumgehalte in den Versuchsdiäten wurden keine Effekte auf die Körpermassezunahme verzeichnet (Driver et al., 2005b). Allerdings wurde bei der Kombination verschiedener Calcium- (7,0 und 9,0 g/kg) und Phosphorgehalte (4,5, 5,0, 5,5 und 6,0 g/kg) festgestellt, dass in Gruppen, deren Ration 9 g/kg Calcium und 5,5 bzw. 6,0 g/kg Phosphor erhielten, höhere Endmassen erreicht wurden (Abudabos, 2012a). Auch bei einer Verfütterung von 9 g/kg Calcium und 5,7 g/kg

Phosphor zeigte sich ein negativer Effekt auf die Körpermasseentwicklung der Tiere im Vergleich zu einer Verfütterung eines engeren Verhältnisses von 6,8 g/kg Calcium und 5,7 g/kg Phosphor (Delezie et al., 2012). Grundsätzlich zeigt sich anhand der vorhandenen Ergebnisse, dass eher das Verhältnis von Calcium und Phosphor zueinander, als die Gehalte an sich ein wichtiger Faktor für die Beeinflussung der Leistung, inklusive Futterraufnahme und Futterraufwand, sind (Driver et al., 2005b; Rama Rao et al., 2006; Rousseau et al., 2012; Rousseau et al., 2016).

Auch die Ergebnisse zur Futterraufnahme sind nicht einheitlich. Es wurde entweder nur Calcium oder Phosphor untersucht, oder die beiden Mineralstoffe in Kombination. Viele Ergebnisse zeigten keinen Unterschied in der Futterraufnahme, wenn Calcium- und Phosphorgehalte in den Rationen manipuliert wurden (Skinner et al., 1992; Chen und Moran, 1994, 1995; Shafey, 1999; Dhandu und Angel, 2003; Yan et al., 2005; Zhou et al., 2008; Abudabos, 2012a, b; Abdulla et al., 2016). Dagegen war die Futterraufnahme bei ROSS 308 Broilern am höchsten, wenn hohe Phosphor- (4,5 g/kg und darüber in einem Bereich von 2,4 bis 7,0 g/kg) und mittlere Calciumgehalte (bis zu 10 g/kg in einem Bereich von 6,4 bis 12 g/kg) verfüttert wurden und am geringsten, wenn hohe Calcium- und geringe Phosphorkonzentrationen im Futter enthalten waren (Bradbury et al., 2014). Auch beim Einsatz hoher Calcium- (10 und 9 g/kg) und geringer Phosphorgehalte (3,5 und 3 g/kg) konnte ein negativer Effekt auf die Futterraufnahme verzeichnet werden (Rousseau et al., 2016). Ergebnisse gleicher Art lassen sich in verschiedenen Untersuchungen wiederfinden (Shafey, 1998; Rama Rao et al., 2006; Delezie et al., 2015). Der Futterraufwand blieb von einer Reduktion des Phosphorgehaltes von 6,5 auf 5,0 g/kg unbeeinflusst (Abudabos, 2012b). Ähnliche Ergebnisse wurden von weiteren Autoren gezeigt (Shafey, 1999; Dhandu und Angel, 2003; Driver et al., 2005a; Zhou et al., 2008; Abdulla et al., 2016). Allerdings kann auch im Falle des Futterraufwandes kein einheitlicher Schluss aus der vorliegenden Literatur gezogen werden, da ein gesteigerter Calciumgehalt in der Ration zu einer Erhöhung des Futterraufwandes führte (Bradbury et al., 2014; Rousseau et al., 2016). Dieser Effekt und zusätzlich eine Verschlechterung der Werte, wenn außerdem noch der Phosphorgehalt erhöht wurde, konnte bei Ingham Broilern festgestellt werden (Shafey, 1993, 1999).

Über den Einfluss von Calcium und Phosphor auf die Leistung von Zweinutzungshühnern konnten keine Daten gefunden werden. Eine Untersuchung dieser Thematik sollte aufgrund der oben genannten Gründe durchgeführt werden.

### 2.4.3 Praecaecale Verdaulichkeit der Nährstoffe

Bei der praecaecalen Verdaulichkeit handelt es sich um eine partielle Verdaulichkeit, da hier nur die Abschnitte vor dem Blinddarm beachtet werden. Zu unterscheiden sind die scheinbare Verdaulichkeit (sV), bei welcher lediglich die Menge der Nährstoffe im Kot (K) von denen im Futter (F) abgezogen wird, und die wahre Verdaulichkeit (wV), bei welcher der Anteil der endogenen Sekretion (e) berücksichtigt wird (Kamphues, 2014).

$$sV(\%) = \frac{F-K}{F} \times 100$$

$$wV = \frac{F-(K-e)}{F} \times 100$$

**Abbildung 1:** Mathematische Formeln zur Berechnung der Verdaulichkeit

Die Verdaulichkeit von Nährstoffen wird von verschiedensten Faktoren beeinflusst, wie beispielsweise vom Genotyp, Alter und Dauer der Passage des Verdauungstraktes, aber auch das Auftreten von Erkrankungen spielt eine Rolle (Kamphues, 2014). Bei Zweinutzungsrasen ist das Alter besonders interessant, da davon ausgegangen werden muss, dass diese eine circa doppelt so lange Zeit brauchen, um eine marktfähige Schlachtmasse von ca. 2000 g zu erreichen. Daraus könnten sich Effekte auf die Verdaulichkeit ergeben, da sich die Aktivität der Verdauungsenzyme mit dem Alter verändert (Pinheiro et al., 2004). Tabelle 6 stellt die praecaecale Verdaulichkeit der wichtigsten Nährstoffgruppen beim Broiler aus verschiedenen Publikationen dar.

**Tabelle 6:** Praecaecale Verdaulichkeit der Rohnährstoffe bei Broilern aus verschiedenen Publikationen

Autor/en	praecaecale Verdaulichkeit (%)					Anmerkung
	oS	Rp	Rfe	Rfa	NfE	
Dänicke et al. (1997)	70,6	87,4	52,6	-	66,8	keine Xylanase-Ergänzung
Frömbling (2000)	83,3	78,0	93,1	18,0	85,2	1% Rfa in TS
	78,0	75,6	91,9	8,00	81,5	6% Rfa in TS
	69,5	75,2	94,4	12,0	72,5	11,5% Rfa in TS
Locatelli et al. (2004)	65,0					Fleisch- und Knochenmehl
Amad et al. (2011)	77,9		93,8			
	75,6	90,5	78,2		68,4	Fettquelle: Soja Öl
	71,1	87,9	45,2		69,2	Fettquelle: Rindertalg
	76,0	90,6	70,8		70,8	Xylanase-Ergänzung
Romero et al. (2014)	84,7		84,3			Grundlage: Mais
	83,9		80,7			Grundlage: Weizen
	88,0					Weizen
	90,0					Mais
	90,0					Sojamehl
Goodarzi Borojeni et al. (2014)	88,3		98,0			

oS = organische Substanz, Rp = Rohprotein, Rfe = Rohfett, Rfa = Rohfaser, NfE = N-freie Extraktstoffe

Auch die Bestandteile der Rationen beeinflussen zusätzlich die Verdaulichkeit (Kamphues, 2014). So sorgt ein steigender Anteil an Rohfaser (Rfa) für eine Verringerung der scheinbaren Verdaulichkeit: Sie sinkt von 81,4% auf nur noch 71,1%, wenn der Rfa-Anteil eines Mischfutters von 4,8% auf 7,8% erhöht wird (Romruen et al., 1988; Kamphues, 2014). Aber auch die Zubereitung der jeweiligen Futtermittel hat eine entscheidende Rolle für die Verdaulichkeit (Kamphues, 2014), so wurde in einer Untersuchung gezeigt, dass pelletiertes Futter eine höhere Verdaulichkeit von Rp, Rfa, Ra und Rfe aufweist als breiiges Futter (Attia et al., 2014). Veröffentlichte Daten zur Verdaulichkeit beziehen sich auf Broiler oder Legehennen, eine Arbeit beschäftigt sich mit Verdaulichkeit von oS, Rp, Rfe und AME<sub>N</sub> bei einer langsam wachsenden Rasse im Vergleich zum Broiler. Bei konventioneller, sowie alternativer Fütterung traten keine signifikanten Unterschiede in der Verdaulichkeit auf (Tabelle 7) (Halle und Dänicke, 2001).

**Tabelle 7:** Verdaulichkeit der organischen Substanz, des Rohproteins und des Rohfettes bei unterschiedlichen Genotypen und variierender Fütterung nach Halle und Dänicke (2001)

Genotyp und Fütterung	oS (%)	Rp (%)	Rfe (%)
Ross, konventionell	75,5	83,0	87,8
ISA, konventionell	75,8	84,0	86,8
ISA, alternativ, energiereduziert <sup>1</sup>	76,5	87,2	83,9
Ross, alternativ, energiereduziert <sup>1</sup>	75,6	85,1	85,0

<sup>1</sup> Zusammensetzung der Futtermittel, siehe Tabelle 4

Zur Verdaulichkeit von Nährstoffen bei Zweinutzungsrasen sind bisher offenbar keine Untersuchungen durchgeführt worden.

#### 2.4.4 Analyse der Nährstoffe im Tierkörper

Die ersten Untersuchungen, welche die Zusammensetzung von Hühnerkörpern beschreiben, wurden 1882 und 1890 veröffentlicht. Hierbei handelte es sich allerdings um die Feststellung der prozentualen Verteilung von Organen und Geweben, außerdem wurden nur sehr geringe Tierzahlen untersucht (Kuckein, 1882; Prausnitz, 1890). Erste veröffentlichte Untersuchungen zur chemischen Zusammensetzung von gesamten Tierkörpern stammen aus dem Jahr 1926 (Mitchell et al., 1926). In der Mast sollen die Broiler nicht nur hohe Endkörpermassen erreichen, sondern vor allem sollen diese Endkörpermassen einen hohen Proteinanteil aufweisen (Esmail und Chamberlain, 1987). Das Verhältnis von Fett- zu Proteinansatz ist daher ein wichtiger Parameter, welcher in verschiedensten Studien untersucht wurde (Attia et al., 1993; Berri et al., 2001). Chemische Bestandteile von gesamten Tierkörpern von Broilern sind in Tabelle 8 aus verschiedenen Studien zusammengefasst.

**Tabelle 8:** Chemische Zusammensetzung der ganzen Tierkörper von konventionellen Broilern in verschiedenen Studien

Autor/en	Lebensalter (d)	Genetik	Körperzusammensetzung (g/kg TS)		
			Protein	Fett	Asche
Chambers und Fortin (1984)	47	Broiler	504	414	74,4
Bennett und Leeson (1990)	14	Hubbard Breeder	497	369	176
	21		525	350	123
	28		567	294	138
	35		578	282	101
	42		598	270	144
	49		620	256	124
	56		650	223	134
	70	657	214	132	
Charles et al. (1992)	56	Hubbard Broiler	509	424	75,0

Attia et al. (1993)	28	Mini Bro und Red Bro	527	340	--
	49		477	404	--
Aletor et al. (2000a)	21	Lohmann Broiler	563	307	73,3
Bregendahl et al. (2002a)	21	Hubbard Broiler	581	314	--
Bregendahl et al. (2002b)	21	Hubbard Broiler	539	361	103
Kamran et al. (2008a)	26	Hubbard Broiler	528	285	--
Kamran et al. (2008b)	27	Hubbard Broiler	598	231	90,0
Butzen et al. (2015)	16	Cobb 500	587	336	--
	28		592	332	--
	42		582	350	--

Arbeiten über Analysen der Nährstoffe im gesamten Tierkörper bei Zweinutzungshühnern konnten bei der Literaturrecherche nicht gefunden werden.

#### 2.4.5 Ausscheidung von Stickstoff und Phosphor

Im Hinblick auf die verlängerte Mast und die damit einhergehende vermehrte Ausscheidung von Stickstoff und Phosphor sollten Untersuchungen zur Exkretion und Beeinflussung dieser bei Zweinutzungshühnern durchgeführt werden. Denn sowohl Stickstoff als auch Phosphor sind aus der Geflügelhaltung stammende Substanzen, welche die Umwelt stark belasten können. Betroffen ist hiervon nicht nur das Wasser, sondern auch die Luft und der Boden (Paik, 2001).

Nur etwa 25 - 30 % des aufgenommenen Stickstoffs verbleiben im Körper, der übrige Anteil von 70 – 75 % geht verloren oder wird ausgeschieden. Ausgeschieden werden nicht verdauliche Anteile des Futters, vor allem auch endogene Sekrete durch einen andauernden Proteinumsatz in der Muskulatur und den Aminosäurekatabolismus (Parsons, 1995; Nahm, 2007). Es wurde eine effektive Verwertung des Stickstoffs von 34 % beschrieben, was bedeutet, dass 34 % des aufgenommenen Stickstoffs in Tierprodukte umgewandelt wird (Van der Hoek, 1998). Der ausgeschiedene Stickstoff verteilt sich auf Harn und Kot, wobei der jeweilige Anteil 75 bzw. 25 % beträgt (Jeroch et al., 2013). Im Harn liegt der Stickstoff vor allem als Harnsäure vor und stellt somit die Grundlage für verschiedene flüchtige, stickstoffhaltige Substanzen, welche zur Umweltbelastung beitragen (Patterson, 2002; Jeroch et al., 2013). Ein Ansatz um die Ausscheidung von Stickstoff zu minimieren, ist das um die 1960er Jahre von Mitchell und H. M. Scott entwickelte Illinois Ideal Chick Protein. Hier soll genau die Menge an Protein gefüttert werden, welche das Tier für Erhaltungsbedarf und Wachstum benötigt, ohne dass es zu Mangel oder Überschuss kommt. In diesem Konzept wird Lysin als Basis-Aminosäure genutzt, anhand welcher der Bedarf aller anderen Aminosäuren ermittelt wird (Emmert und Baker, 1997; Firman und Boling, 1998). Eine weitere Methode ist es, Rohprotein insgesamt zu verringern, sodass eine bedarfsdeckende Menge an Rohprotein eingesetzt wird, aber ein ausgewogenes Verhältnis an Aminosäuren im Futter vorhanden sein muss. Hierdurch wird der Überschuss an Stickstoff im Körper und

somit die Ausscheidung gering gehalten wird (Ferket et al., 2002). Eine heute übliche Möglichkeit ist der Einsatz von synthetischen Aminosäuren (Hartung und Phillips, 1994), allerdings ist hier zu bedenken, dass eine Reduktion des Rohprotein in Rationen um bis zu 4 % möglich ist, aber nur ein gewisser Anteil der Aminosäuren durch synthetische ersetzt werden kann (Patterson, 2002).

Phosphor wird fast ausschließlich mit dem Kot ausgeschieden und die Verwertung liegt in einem Bereich von circa 20 – 40 % (Jeroch et al., 2013). In einer Studie wurde eine unterschiedliche Retention von Phosphor aus verschiedenen Quellen ermittelt: synthetisches Monocalciumphosphat (MCP) und drei kommerziell erhältliche Mono/Dicalciumphosphat-Mischungen(M/DCP) (Leske und Coon, 2002) (Tabelle 9).

**Tabelle 9:** Phosphorgehalte und Gesamt-Retention nach Leske und Coon (2002) für unterschiedliche Phosphor-Quellen

Ration	P-Quelle	Phosphorgehalt (%)	Gesamt-P-Retention (%)
1		0,323	53,2
2		0,328	54,5
3		0,375	67,6
4		0,422	62,5
5	MCP	0,667	52,0
6		0,784	52,7
7		0,900	39,8
8		1,134	45,0
9		0,326	60,7
10		0,346	59,8
11	M/DCP-1	0,376	66,0
12		0,396	61,6
13		0,326	54,4
14		0,346	53,8
15	M/DCP-2	0,376	59,7
16		0,395	60,5
17		0,327	63,8
18		0,348	66,8
19	M/DCP-3	0,380	63,7
20		0,402	61,7

In einem Fütterungsversuch mit Rationen basierend auf Mais bzw. Raps und jeweils vier unterschiedlichen Phosphorstufen wurden folgende Werte für Phosphorretention ermittelt (Tabelle 10):

**Tabelle 10:** Phosphorgehalte und Gesamt-Retention nach Mutucumarana et al. (2014) für unterschiedliche Phosphor-Quellen

Ration	Basis	Phosphorgehalt (g/kg)	Gesamt-P-Retention (%)
1	Mais	0,60	45,1
2		1,20	67,5
3		1,80	54,5
4		2,40	60,5
1	Raps	1,31	64,8
2		2,62	67,9
3		3,92	63,5
4		5,24	51,2

Um die Ausscheidung von Phosphor zu verringern, ist der Einsatz von Phytasen möglich. Diese lösen den an Phytinsäure gebundenen Phosphor, welcher dann für den Organismus zur Verfügung steht. Dadurch ist es möglich, mineralische Phosphorquellen in der Fütterung zu reduzieren und damit auch die Ausscheidung zu verringern (Foy et al., 2014). Mit diesem Verfahren kann die Ausscheidungsrate um bis zu 50 % gesenkt werden (Vadas et al., 2004; Angel et al., 2006). Weitere Daten zur Reduktion der Ausscheidung dieser beiden Stoffe finden sich in einer Übersichtsarbeit (Nahm, 2007), während entsprechende Daten bei Zweinutzungsrasen bis jetzt noch nicht vorhanden sind.



### 3 Fragestellung der Arbeit

Die Literaturübersicht zeigt, dass Daten zur Nährstoffversorgung von Zweinutzungshühnern nicht ausreichend vorhanden sind. Allerdings zeigen die beschriebenen Ergebnisse, dass eine Beeinflussung der Leistung, Nährstoffverdaulichkeit und Ganzkörperzusammensetzung bei konventionellen Broilern und langsam wachsenden Rassen durch variierendes Fütterungsmanagement möglich ist. Anhand der Literaturrecherche ergeben sich für das Projekt folgende Hypothesen:

1. Zweinutzungshühner haben aufgrund des verlangsamten Wachstums einen geringeren Bedarf an Nährstoffen als konventionelle Broiler.
2. Durch Fütterungsveränderungen lassen sich Leistung, Nährstoffverdaulichkeit und Ganzkörperzusammensetzung von Zweinutzungshühnern beeinflussen.
3. Eine entsprechend angepasste Fütterung kann die Ausscheidung von Phosphor und Stickstoff senken.

Die vorliegende Fütterungsstudie wurde daher mit folgenden Zielen durchgeführt:

1. Unterschiede in der Beeinflussbarkeit der Leistung, Nährstoffverdaulichkeit und Ganzkörperzusammensetzung von Zweinutzungshühnern im Vergleich zu konventionellen Broiler darzustellen.
2. Unterschiede in der Ausscheidung von Phosphor und Stickstoff zu ermitteln und ggf. durch entsprechende Fütterungsanpassungen zu vermindern.
3. Den Nährstoffbedarf von Zweinutzungshühnern näher einzugrenzen, insbesondere, ob er sich von den Empfehlungen für konventionelle Broiler unterscheidet.

## 4 Material und Methoden

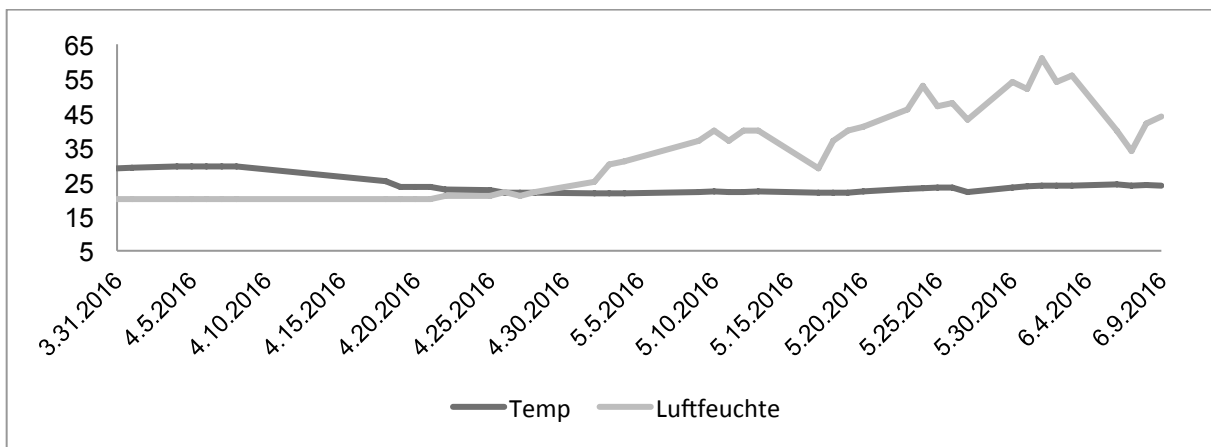
### 4.1 Tiermaterial und Haltungsbedingungen

Der Fütterungsversuch mit beiden Durchgängen zur Bestimmung der Leistungsparameter, Nährstoffverdaulichkeit und Ganzkörperzusammensetzung erfolgte unter der Genehmigungsnummer G 02031/15 und wurde durch das Landesamt für Gesundheit und Soziales in Berlin genehmigt. Die gesamte Fütterungsstudie erfolgte am Institut für Tierernährung der Freien Universität Berlin.

#### 4.1.1 Durchgang 1

Für den Versuch wurden jeweils 479 männliche Dual-Hähne (Lohmann Dual) zufällig in 24 Abteile á 20 Tiere auf Miscanthushäcksel eingestallt. Es ergab sich eine Zahl von 20 bzw. 19 Lohmann Dual Hähnchen pro Abteil. Durch das Privathof-Konzept von Wiesenhof war eine maximale Besatzdichte von 15 Tiere/m<sup>2</sup> vorgegeben, mit einer Belegdichte von zehn Tieren/m<sup>2</sup> wurde diesen Vorgaben entsprochen. Bei drei Futtermitteln (siehe 4.2) ergab sich aus den genannten Angaben eine Anzahl von acht Wiederholungen pro Behandlung.

Temperaturdaten, Luftfeuchte- und Impfprogramm sind in Abbildung 2 und Tabelle 11 zu finden. Nach neun Tagen wurde das Lichtprogramm umgestellt auf einen 16-Stunden-Tag. Nach zwölf Tagen wurde es auf einen 18 Stunden Tag erweitert. Nach 14 Tagen wurden die Rotlicht-Lampen entfernt und Sitzstangen mit zwei unterschiedlichen Sitzhöhen wurden eingebaut.



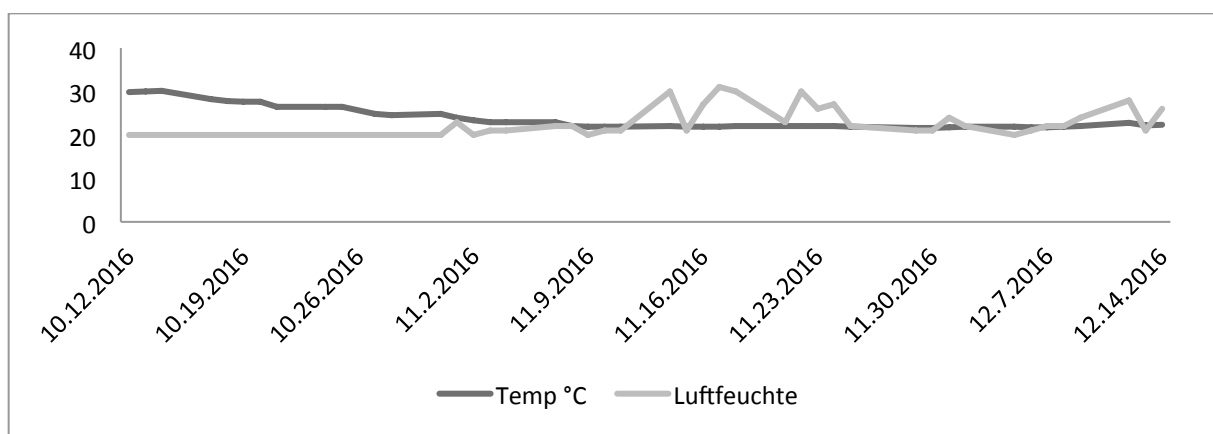
**Abbildung 2:** Daten zu Temperatur und Luftfeuchtigkeit in Durchgang 1

**Tabelle 11:** Impfprogramm der Lohmann Dual Masthähnchen in Durchgang 1

Datum	Lebenstag	Impfung gegen	Hersteller	Impfstoff	Methode
31.03.2016	0 (Brüterei)	Marek'sche Krankheit (MD)	MSD	Rismavac + CA126	Subkutan
		Newcastle Krankheit (ND)		Hitchner B1	Spray
13.04.2016	13	Newcastle Krankheit (ND)	Zoetis	Hitchner B1	Trinkwasser
20.04.2016	20	Infektiöse Bronchitis (IB)	MSD	Ma 5	Trinkwasser
13.05.2016	44	Infektiöse Bronchitis (IB) + Newcastle Krankheit (ND)	MSD	Ma 5 + Clone 30	Trinkwasser

## 4.1.2. Durchgang 2

Im zweiten Durchgang wurden 459 männliche LD zufällig in 24 Abteile á 20 bzw. 19 Tiere eingestallt. Die Besatzdichte betrug etwas weniger als zehn Tiere/m<sup>2</sup>. Temperaturdaten, Luftfeuchte- und Impfprogramm sind in Abbildung 3 und Tabelle 12 zu finden. Nach zwölf Tagen wurde das Lichtprogramm umgestellt auf einen 18 Stunden Tag.

**Abbildung 3:** Daten zu Temperatur und Luftfeuchtigkeit in Durchgang 2

**Tabelle 12:** Impfprogramm der Lohmann Dual Masthähnchen in Durchgang 2

Datum	Lebenstag	Impfung gegen	Hersteller	Impfstoff	Methode
12.10.2016	0 (Brütereier)	Marek'sche Krankheit (MD)	MSD	Rismavac + CA126	Subkutan
		Newcastle Krankheit (ND)		Hitchner B1	Spray
26.10.2016	13	Newcastle Krankheit (ND)	Zoetis	Hitchner B1	Trinkwasser
02.11.2016	20	Infektiöse Bronchitis (IB)	MSD	Ma 5	Trinkwasser
25.11.2016	44	Infektiöse Bronchitis (IB) + Newcastle Krankheit (ND)	MSD	Ma 5 + Clone 30	Trinkwasser

## 4.2 Fütterung

### 4.2.1 Durchgang 1

Für den ersten Durchgang wurde eine Standard Mastfuttermischung für Broiler als Kontrollfütterung (A) verwendet. Zusätzlich wurden zwei weitere Rationen mit um 5 (B) bzw. 10 (C) % reduziertem Proteingehalt verfüttert. Marker für die Verdaulichkeit war Titaniumdioxid. Das Futter wurde in Form von Pellets verfüttert. Die Zusammensetzung der verwendeten Inhaltsstoffe zeigt Tabelle 14 in Kapitel 5.1.1.

### 4.2.2 Durchgang 2

In einem zweiten Durchlauf wurden die Rationen entsprechend der Ergebnisse des ersten Versuches weiter angepasst. Es entstanden vier Rationen, eine Kontroll-Ration (A), welche im Proteingehalt Ration B aus dem ersten Durchgang entsprach. Eine weitere mit einem um 15 % reduziertem Proteingehalt (B), eine dritte mit ausschließlich reduziertem Calcium- und Phosphorgehalt (C) und letztlich eine Ration in welcher sowohl der Proteingehalt um 15 % gesenkt wurde, als auch der Calcium- und Phosphorgehalt (D). Das Futter wurde in Form von Pellets verfüttert. Die entsprechenden Zusammensetzungen der Rationen A – D sind Tabelle 22 zu entnehmen.

### 4.3 Erhebung der Leistungsdaten

Einmal pro Woche wurden die Parameter zur Errechnung der Leistungsdaten erhoben. Die Tiere wurden jede Woche einzeln gewogen. Zur Errechnung der durchschnittlichen Futtermittelaufnahme wurden die Futtereinwaage und die Rückwaage des Futters notiert sowie die Anzahl der Tiere pro Box ermittelt. Zur Berechnung der Futtermittelaufnahme und -verwertung wurde die tatsächlich vorhandene Anzahl an Tieren beachtet, Abgänge sind somit berücksichtigt. Der Futtermittelverbrauch wurde wie folgt berechnet:

$$\text{mittlerer Futtermittelverbrauch} = \frac{\text{mittlere Futtermittelaufnahme (g)}}{\text{mittlere Körpermassezunahme (g)}}$$

### 4.4 Schlachtung und Probenentnahme

#### 4.4.1 Durchgang 1

Für das Gesamtprojekt wurde das Zielgewicht für den ersten Durchgang auf circa 2000 g festgesetzt. Am 77. Tag wurden 216 Lohmann Dual Hähne geschlachtet. Das Ileum und das Colon wurden nach Eröffnen der Bauchhöhle entnommen und der jeweilige Inhalt in Probengefäße entleert. Anschließend wurden die Proben bei -20°C zur weiteren Bearbeitung eingefroren. Tabelle 13 zeigt eine Übersicht der entnommenen Proben.

#### 4.4.2 Durchgang 2

Das Zielgewicht für den zweiten Durchgang, festgesetzt durch das Gesamtprojekt, lag bei circa 2000g. Die Tiere erreichten das Zielgewicht bereits an Tag 63, es wurden 216 Tiere geschlachtet. Die Probenentnahme und Lagerung entsprach den Bedingungen des ersten Versuches (Tabelle 13).

**Tabelle 13:** Übersicht über entnommene Proben und deren Verwendung, Durchgang 1&2

Nutzung	Probenart	Anzahl der Tiere
Weender Analyse / Verdaulichkeit der Nährstoffe	Ileuminhalt Koloninhalt	N = 192 (Poolprobe 8 Tiere pro Abteil)
Ganzkörperzu- sammensetzung	Körper	N = 24 (1 Tier pro Abteil)
Ausscheidung von Stickstoff und Phosphor	Kot	N = 24 (1 Sammelkotprobe pro Box)
	Koloninhalt	N = 192 (Poolprobe 8 Tiere pro Abteil)

## 4.5 Chemisch – analytische Methoden

Eine Übersicht über die für die jeweiligen Verfahren verwendeten Materialien und Geräte befindet sich im Anhang in Tabelle 30 bis 33.

### 4.5.1 Analyse der Rohnährstoffe der Versuchsdieten

Die Futterproben wurden sofort nach der Mischung in einen Probenbeutel abgepackt und analysiert, um Verfälschungen der Ergebnisse durch Entmischung zu vermeiden. Die Hälfte der entnommenen Menge wurde als Rückstellprobe eingefroren. Ergebnisse der Analyse der Futtermittel sind in Tabelle 14 und Tabelle 22 in Kapitel 5.1 bzw. 5.2 zu finden. Die Analyse der Versuchsdieten wurde als Doppelbestimmung durchgeführt.

Die Methoden richteten sich nach den Empfehlungen der VDLUFA, Methodenbuch III (Naumann und Bassler, 2012). Sowohl die verwendeten Futtermittel als auch die Digestaprobe wurden vor ihrer Bearbeitung auf eine Partikelgröße von 0,5 mm Durchmesser zermahlen.

#### Trockensubstanz (TS)

Nach Einwaage (E) von 1-2 g der Proben in tarierte Wiegegläschen (T1) wurden sie für vier Stunden bei 103°C mit offenem Deckel getrocknet. Die anschließende Abkühlung im Exsikkator wurde bei geschlossenem Deckel durchgeführt. Zuletzt erfolgte die Auswaage (T2) und Berechnung der TS in g/kg anhand folgender Formel:

$$\text{TS (g/kg)} = \frac{T2-T1}{E} \times 1000$$

#### Rohasche (Ra)

Zur Bestimmung der Rohasche wurde 1 g gemahlene Futter bzw. getrockneter Kot in tarierte Wiegegläschen (T1) eingewogen (E). Die Veraschung fand für sechs Stunden im Muffelofen bei 600°C statt. Nach dem Abkühlen im Exsikkator wurden die Proben zurückgewogen (T2).

$$\text{Rohasche (g/kg)} = \frac{T2-T1}{E} \times 1000$$

#### Rohfett (Rfe)

Es wurde je 1 g pro Probe in einen Filterbeutel eingewogen und anschließend verschweißt. Der Filterbeutel wurde in eine Soxhletextraktionshülse gelegt, wo die Fettextraktion mittels Petrolether durchgeführt wurde. Nach der Extraktion im Soxhlet-Extraktionssystem, welche nach circa drei Stunden abgeschlossen war, wurden die Proben für eine halbe Stunde bei 103 °C im Trockenschrank getrocknet und anschließend zurückgewogen. Der Rohfettgehalt wurde durch Ermittlung der Differenz zwischen den Gewichten der Probengefäße vor und nach der Extraktion berechnet.

#### Rohprotein (Rp)

Zur Bestimmung des Rohproteins wurden circa 300 mg der Probe und 250 mg Glutaminsäure als Standard eingewogen. Anhand der Dumas-Methode wurde der Stickstoffgehalt in einem Makro-Elementaranalysator gemessen und anschließend mit dem Faktor 6,25 multipliziert, um den Gehalt an Rohprotein zu erhalten.

#### Rohfaser (Rfa)

0,5 g der jeweiligen Probe wurden in einen Filterbeutel eingewogen und verschweißt. Die Proben wurden zur Entfettung für zehn Minuten in Petrolether extrahiert und anschließend luftgetrocknet. Danach wurden die Filterbeutel in den Suspender des Rohfaseranalysators gegeben und das Gerät gestartet. Nach Beendigung des Programmes (Kochen des Filterbeutels zunächst in 1,25%iger Schwefelsäure und anschließend in 1,25%iger Natronlauge) wurden die Filterbeutel für fünf Minuten in Aceton eingeweicht, um sämtliches Wasser zu entfernen. Die Trocknung fand bei 105°C für eine Stunde im Trockenschrank statt. Nach dem Abkühlen wurden die Filterbeutel gewogen und anschließend für sechs Stunden bei 600°C im Porzellantiegel verascht. Nach der Rückwaage erfolgte die Berechnung des Wertes für den Rohfasergehalt, indem der Wert für das Gewicht der Rohasche von dem Wert für das Gewicht des getrockneten Inhalts des Filterbeutels subtrahiert wurde.

#### 4.5.2 Bestimmung der Energie im Futtermittel

Zur Ermittlung der Energie werden die Werte für Rohprotein, Rohfett, Stärke und Zucker (Saccharose) in folgende Formel eingesetzt:

$$ME_n \text{ (MJ/kg)} = 0,01551 \text{ Rp} + 0,03431 \text{ Rfe} + 0,01669 \text{ Stärke} + 0,01301 \text{ Zucker}$$

#### 4.5.3 Bestimmung von Stärke

Die Bestimmung der Stärke erfolgte mittels eines polarimetrischen Verfahrens in Doppelbestimmung. Die Proben wurden mit Hilfe von 25 %iger Salzsäure (HCl) in einem Siedebad aufgeschlossen. Durch Zusatz von Carrez-I- & Carrez-II-Lösung kommt es zur Klärung der Probe, welche anschließend filtriert wurde. Die optische Drehung der Lösung wurde mittels Polarimeter in einem 200-mm-Rohr gemessen. In einem zweiten Schritt wurde die Probe mithilfe von 40 %igem Ethanol extrahiert und anschließend mit Salzsäure versetzt. Die Probe wurde erneut geklärt und filtriert, bevor die optische Drehung bestimmt werden konnte. Der Stärkegehalt der Probe wird mittels folgender Formel berechnet:

$$\text{Stärke (\%)} = \frac{2000 \times (P - P')}{[\alpha]_{\text{D}}^{20^\circ}}$$

P = gesamte optische Drehung in Kreisgraden

P' = Optische Drehung in Kreisgraden der in 40 %igem Ethanol löslichen Substanzen

$[\alpha]_{\text{D}}^{20^\circ}$  = Spezifisches Drehungsvermögen der reinen Stärke

#### 4.5.4 Bestimmung der Mengen- und Spurenelemente

Nach der oben beschriebenen Veraschung wurde den Proben 7 ml *aqua bidest.* und 2,1 ml HCl zugesetzt. In einem Sandbad verblieben die Proben für 50 Minuten bei 210 – 220 °C. Das Überführen der Proben in einen Messkolben wurde unter Verwendung eines Falten- oder Rundfilters durchgeführt.

Messung von Calcium, Natrium, Magnesium, Kalium, Kupfer, Zink und Eisen

Mithilfe des Atomabsorptionsspektrometers wurde der Gehalt von Calcium, Natrium, Magnesium, Kalium, Kupfer, Zink und Eisen in der Aschelösung ermittelt.

Bestimmung von Phosphor

Im Anschluss an den oben genannten Aufschlussprozess wurden die Proben mit Vanadatmolybdat-Reagenz, bestehend aus Salpetersäure und den Phosphor-Komplexbildnern Ammoniumvanadat und Ammoniummolybdat, vermischt. Nach mindestens zehn Minuten wurde die Extinktion der gelb gefärbten Flüssigkeit bei  $\lambda = 436 \text{ nm}$  gemessen. Die Gelbfärbung entsteht durch die Reaktion von Phosphor zu einem gefärbten Komplex. Mittels der entstandenen Kalibriergerade wurde der Phosphorgehalt mit Bezug auf die Einwaage ermittelt.

Bestimmung von Stickstoff

Wie oben zur Bestimmung des Rohproteins beschrieben, wurde der Stickstoffgehalt mittels der Dumas-Methode in einem Makro-Elementaranalysator gemessen.

#### 4.5.5 Bestimmung der Aminosäuren

Zur Bestimmung des Gehaltes an Aminosäuren wurde eine Ionenaustauschchromatographie mit Nachsäulen-Derivatisierung verwendet. Es wurden 500 mg der jeweiligen Probe in eine 100 ml Schottflasche eingewogen, sowie 500 mg Immunowall® in eine weitere. Methionin und Cystin wurden gemeinsam bestimmt, während für die restlichen Aminosäuren eine weitere, gemeinsame Schottflasche verwendet wurde. Zur Bestimmung von Methionin und Cystin wurde eine Oxidationslösung hinzugegeben und der Oxidationsprozess nach 24 Stunden in der Kühlung (4 °C) beendet. Anschließend wurden alle Proben mit einer Hydrolyselösung versehen. Nach einer Stunde Trocknung bei geöffnetem Deckel bei 110 °C wurden die Proben für weitere 23 Stunden bei geschlossenem Deckel getrocknet. Da die



Aminosäuren über ein Natriumcitrat-Puffersystem aufgetrennt wurden, wurden die Proben nach der Trocknung mit 20 ml 7,5 molarer Natronlauge und Citratpuffer-Lösung aufgefüllt. Die Auftrennung erfolgte in einer Lithiumsäule bei unterschiedlichen pH-Werten und Temperaturen. Im Anschluss wurden die mit Ninhydrin gefärbten Aminosäuren bei 440 nm, für Prolin und Hydroprolin, bzw. 570 nm, für die restlichen Aminosäuren, gemessen.

#### 4.5.6 Verdauungsphysiologische Parameter

Proben der Digesta für die Verdaulichkeitsparameter wurden aus dem Ileum von insgesamt acht Tieren pro Box entnommen und als Pool-Probe analysiert. Das frische Gewicht wurde vor dem Gefrierprozess ermittelt und die Proben gefriergetrocknet. Die Bestimmung erfolgte als Einzelbestimmung.

##### Trockensubstanz der ilealen Digesta

Zur Bestimmung der Trockensubstanz (TS) wurden die Proben für mindestens fünf Tage in einen Vakuumgefrieretrockner verbracht und anschließend ausgewogen. Anhand folgender Formel wurde die TS der Digestaprobe ermittelt:

$$\% \text{ TS} = \frac{\text{gefriergetrocknete Auswaage}}{\text{frische Einwaage}} \times 100$$

##### pH-Wert Messung der Digesta

Zur Messung des pH-Wertes der Digesta des Ileums wurde eine pH-Einstichelektrode verwendet.

##### Bestimmung der praecaecalen Verdaulichkeit der Nährstoffe

Die Berechnung der Verdaulichkeiten der Nährstoffe geschah auf Grundlage der Bestimmung des Markers  $\text{TiO}_2$ :

Nachdem die Proben auf eine Größe von 0,5 mm zermahlen wurden, wurden 200 mg (Futtermittel) bzw. 100 mg (Kot) für die Proben und ein Blindwert in ein großes Glasröhrchen eingewogen. Zusätzlich wurden 10 ml Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), eine halbe Kjeldahltablette und zwei Siedesteinchen hinzugegeben. Anschließend wurden die Proben bei  $400^\circ\text{C}$  für 110 Minuten aufgeschlossen. Die Proben wurden mit bidestilliertem Wasser quantitativ in einen 25 ml Messkolben überführt, aufgefüllt und im Eisbad abgekühlt. Nach dem Abkühlen wurde circa die Hälfte in einen 15 ml Greiner filtriert. Zur Extinktionsmessung wurden jeweils 2 ml Probe bzw. Blindwert und 200  $\mu\text{l}$  Wasserstoffperoxid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) in eine Makroküvette pipettiert. Zuletzt erfolgte die Messung bei  $\lambda = 410 \text{ nm}$ .

Zur Berechnung der Verdaulichkeit der Nährstoffe (Analysemethoden siehe 4.5.1 bis 4.5.5) wurde folgende Formel verwendet

$$\text{Verdaulichkeit (\%)} = \frac{\text{TiO}_2 - \text{Gehalt}_{\text{Futter}} \text{ (g/kg)}}{\text{TiO}_2 - \text{Gehalt}_{\text{Digesta}} \text{ (g/kg)}} \times \frac{\text{Nährstoff - Gehalt}_{\text{Digesta}} \text{ (g/kg)}}{\text{Nährstoff - Gehalt}_{\text{Futter}} \text{ (g/kg)}}$$

#### 4.5.7 Ganzkörperanalyse

Der Darminhalt der Tiere, welche der Ganzkörperanalyse zugeführt wurden, wurde aus dem Verdauungstrakt ausgewaschen. Jeweils ein Tier wurde im Kutter zerkleinert, bis eine homogene Masse entstand, hiervon wurden circa 100 – 120 g Probe entnommen und in zwei getrennte Kunststoffbecher abgefüllt. Anschließend wurden die Proben über Nacht bei -20°C eingefroren und daraufhin vakuum-gefrietrocknet. Nach einer Woche Trocknung wurden die Proben in einer Zentrifugalmühle ohne Sieb grob zermahlen. Zur Bestimmung des Rohfettgehaltes wurden jeweils 1 g der grob gemahlene Probe eingewogen und, wie oben beschrieben, im Soxhletverfahren analysiert. Anschließend wurden circa 10 g zur Entfettung in eine Soxhletextraktionshülse gefüllt und in ein mit Petroleumether gefülltes Becherglas gestellt. Nach erfolgter Entfettung wurden die Proben im belüfteten Trockenschrank getrocknet und anschließend erneut bis zu einer Partikelgröße von 0,5 mm Durchmesser mittels einer Zentrifugalmühle vermahlen. Im Folgenden wurden Rohprotein und -asche und die Mengenelemente Calcium und Phosphor bestimmt (Analysemethoden siehe 4.5.1 bis 4.5.4). Da die Proben vor der Analyse entfettet werden mussten, wurde die Einwaage rechnerisch jeweils um den Faktor des Fettgehaltes korrigiert.

#### 4.6 Statistische Auswertung

Mittels des Statistikprogrammes IBM SPSS Statistics 21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) wurden die erhobenen Daten statistisch ausgewertet.

Die statistische Einheit bildete hierbei jeweils die Fütterungsgruppe, sodass sich im ersten Durchgang eine Zahl von acht und im zweiten Durchgang eine Zahl von sechs Wiederholungen pro Fütterungsgruppe ergab (drei bzw. vier Fütterungsvarianten bei 24 Abteilen).

Im ersten Schritt wurden alle Daten auf ihre Normalverteilung hin überprüft, hierzu wurde der Shapiro-Wilk-Test genutzt. In den vorliegenden Fällen lagen die Daten überwiegend normalverteilt vor, sodass die Ergebnisse als Mittelwert und Standardabweichung dargestellt wurden. Im nächsten Schritt wurde mittels Levene-Test die Varianzhomogenität überprüft und anschließend, für die Daten des ersten Durchgangs, eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) bzw. eine zweifaktorielle Varianzanalyse, für die Daten des zweiten Durchgangs, durchgeführt. Befanden sich unter den ermittelten Werten Daten unter dem festgelegten Signifikanzniveau ( $p$ -Wert von  $p \leq 0,05$ ), wurden diese schließlich mittels Scheffé-Test, einem Post-Hoc-Signifikanztest, analysiert um bestehende Unterschiede zwischen den Gruppen nachzuweisen.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Ergebnisse des ersten Durchganges

#### 5.1.1 Futteranalysen

Tabelle 14 zeigt die analysierten Nährstoffgehalte der drei Versuchsdieten in der Frischsubstanz. Die Fütterung erfolgte in drei Phasen, beginnend mit einer Starterphase, welche bis Tag 14 dauerte, gefolgt von der Mastphase bis zu Tag 35. Die sich anschließende Endmastphase dauerte bis zum 77. Lebenstag an.

**Tabelle 14:** Inhaltsstoffe und analytische Zusammensetzung der verwendeten Futtermittel - Durchgang 1

	A			B			C		
	Starter	Grower	Finisher	Starter	Grower	Finisher	Starter	Grower	Finisher
<b>Rohstoffe, %</b>									
Maisschrot	33,4	36,9	41,2	34,5	40,4	44,4	31,1	44,0	47,6
Sojaextraktionsschrot (44%)	37,9	34,1	28,7	37,2	30,9	25,9	41,0	27,7	23,0
Weizenschrot	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Kohlensaurer Futterkalk	1,62	1,56	1,46	1,64	1,56	1,46	1,64	1,57	1,46
Monocalcium-Phosphat (MCP)	1,39	1,00	0,85	1,41	1,05	0,89	1,45	1,06	0,93
Premix <sup>1)</sup>	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
DL-Methionin	0,36	0,31	0,28	0,34	0,29	0,26	0,31	0,29	0,24
L-Lysin – HCL	0,26	0,20	0,21	0,28	0,21	0,23	0,31	0,24	0,25
L-Threonin	0,10	0,06	0,05	0,10	0,07	0,05	0,09	0,07	0,05
Sojaöl	3,77	4,74	5,75	3,32	4,30	5,36	2,86	3,86	5,00
TiO <sub>2</sub> (Marker)	-	-	0,30	-	-	0,30	-	-	0,30
<b>Analysierte Nährstoffe, g/kg Frischsubstanz</b>									
ME <sub>N</sub> <sup>2)</sup>	12,6	13,0	13,4	12,6	13,0	13,4	12,6	13,0	13,4
Trockensubstanz	886	884	885	887	885	884	885	885	884
Rohasche	56,9	52,3	50,3	56,0	52,9	51,0	55,8	51,3	50,4
Rohprotein	233	224	204	224	219	197	214	202	185
Lysin	13,8	13,0	12,2	13,0	12,5	12,3	11,8	10,5	9,92
Methionin	5,68	5,19	4,69	5,43	4,86	4,45	5,02	4,78	4,20
Cystin	4,38	4,13	3,78	3,95	3,03	2,61	3,64	2,99	2,90
Threonin	9,42	8,78	8,37	9,00	8,62	8,35	7,62	7,07	6,70
Rohfett	56,9	67,0	77,1	52,2	58,8	73,0	49,4	59,7	72,7
Rohfaser	24,0	20,4	20,6	21,0	21,0	19,2	18,3	21,0	18,2
Stärke	357	365	385	370	376	396	387	415	413
Kalzium	7,89	7,48	6,69	8,24	7,89	7,12	8,66	7,56	7,01
Phosphor	6,17	5,45	5,16	6,38	5,57	5,35	6,52	5,34	5,32
Kalium	8,75	8,10	7,82	8,14	7,76	7,49	7,79	6,92	6,92
Natrium	1,66	1,62	1,55	1,57	1,67	1,60	1,78	1,66	1,77
Magnesium	2,19	2,20	2,11	2,07	2,08	2,10	2,24	2,04	2,04
TiO <sub>2</sub> (Marker)	-	-	2,88	-	-	2,94	-	-	2,94
<b>Analysierte Nährstoffe, mg/kg Frischsubstanz</b>									
Eisen	257	268	276	287	257	290	295	259	274
Mangan	91,2	104	111	106	112	123	114	123	96
Kupfer	22,4	24,7	19,2	24,5	25,5	25,0	22,3	18,8	21,1
Zink	88,8	91,6	97,1	90,3	101	91,4	100	87,1	98,8

A = Standard-Proteingehalt, B = Proteinreduktion um 5%, C = Proteinreduktion um 10%

<sup>1)</sup> Gehalte pro kg: 600000 I.U. Vit. A (Retinol-Azetat); 120000 I.U. Vit. D<sub>3</sub>; 6000 mg Vit. E (α-Tocopherol-Azetat); 200 mg Vit. K (MSB); 250 mg Vit. B<sub>1</sub> (Mononitrat); 420 mg Vit. B<sub>2</sub> (Riboflavin); 300 mg Vit. B<sub>6</sub> (Pyridoxin-HCl); 1500 µg Vit. B<sub>12</sub>; 3000 mg Niacin (Niacinamid); 12500 µg Biotin; 100 mg Folsäure; 1000 mg Pantothenensäure (Kalzium-D-Panthenat); 60000 mg Cholin (Chlorid); 5000 mg Eisen (Eisenkarbonat); 5000 mg Zink (Zinksulfat); 6000 mg Mangan (Manganoxid); 1000 mg Kupfer (Kupferoxid); 45 mg Iod (Kalziumiodat); 20 mg Selen (Natriumselenit); 140 g Natrium (NaCl); 55 g Magnesium (Magnesiumsulfat); Träger: Kalziumkarbonat (Kalzium min 38%)

<sup>2)</sup> Berechnung erfolgte entsprechend der Formel der WPSA 1984

## 5.1.2 Leistungsdaten

Die Erhebung der Leistungsparameter erfolgte wöchentlich. Statistische Einheit war die Fütterungsgruppe (n = 8 Abteile pro Versuchsdiät).

Tabelle 15 zeigt die Massedaten der Tiere zu Beginn des Versuches und die gesamten Leistungsparameter am Ende der jeweiligen Mastphase.

**Tabelle 15:** Mittlere Leistungsdaten der Broiler der drei Fütterungsgruppen (Mittelwerte<sup>1</sup>)

Abschnitt <sup>2</sup>		A	B	C	SEM <sup>3</sup>	p - Wert
Schlupftag	KMd1 <sup>4</sup>	38,6	38,5	38,4	0,15	0,803
Starter	KMd14	172	174	164	2,26	0,118
	KMZ	133	136	125	2,18	0,105
	dKMZ	9,50	9,71	8,93	0,16	0,824
	FV	341	343	336	4,33	0,824
	dFV	24,4	24,5	24,1	0,31	0,461
	FA	2,32	2,28	2,42	0,05	0,461
Mast	KMd28	472 <sup>ab</sup>	479 <sup>a</sup>	439 <sup>b</sup>	6,32	<b>0,014</b>
	KMZ	300 <sup>ab</sup>	305 <sup>a</sup>	275 <sup>b</sup>	4,73	<b>0,017</b>
	dKMZ	21,4 <sup>ab</sup>	21,8 <sup>a</sup>	19,6 <sup>b</sup>	0,34	<b>0,038</b>
	FV	855 <sup>a</sup>	795 <sup>ab</sup>	742 <sup>b</sup>	19,0	<b>0,038</b>
	dFV	61,1	56,8	53,0	1,33	0,471
	FA	2,87	2,64	2,70	0,08	0,471
Endmast	KMd77	2221	2270	2091	33,1	0,066
	KMZ	1749	1792	1652	28,0	0,110
	dKMZ	35,7	36,6	33,7	0,57	0,369
	FV	5876	5499	5372	148	0,369
	dFV	120	112	110	3,03	0,228
	FA	3,36	3,06	3,27	0,07	0,228
Gesamt	KM	2182	2232	2052	33,1	0,066
	FV	6965	6614	6284	174	0,292
	dFV	90,5	86,0	81,6	2,26	0,292
	FA	3,19	2,96	3,07	0,07	0,406

A = Standard-Proteingehalt, B = Proteinreduktion um 5%, C = Proteinreduktion um 10%

<sup>a,b</sup> unterschiedliche Indizes innerhalb einer Reihe geben signifikante Unterschiede an ( $p \leq 0,05$ )

<sup>1</sup> Anzahl der gültigen Fälle, entspricht acht Boxen mit jeweils 20 Tieren.

<sup>2</sup> Starter Tag 1 - 14, Mast Tag 15 - 28, Endmast d29 - 77, Gesamtmast d1-d77

<sup>3</sup> Standardfehler des Mittelwertes

<sup>4</sup> KM = Körpermasse in g, KMZ = Körpermassezunahme in g, dKMZ = tägliche Körpermassezunahme in g, FV = Futterverbrauch in g, dFV = täglicher Futterverbrauch in g, FA = Futteraufwand

Nach Auswertung der Leistungsdaten konnten nur in der vom 15. bis zum 28. Tag andauernden Mastzeit Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen festgestellt werden. So erreichten Tiere der Fütterungsgruppe mit den niedrigsten Proteingehalten im Vergleich zu den Tieren aus Gruppe A (472 g) und Gruppe B (479 g), mit 439 g die geringsten Körpermassen ( $p = 0,014$ ). Die höchste Körpermassezunahme mit 305 g erreichten Tiere der

Gruppe B ( $p = 0,017$ ). Die höchste Futterraufnahme (855 g) und somit auch den numerisch schlechtesten Futterraufwand erreichten Tiere der Gruppe A ( $p = 0,038$  bzw.  $p = 0,470$ ).

Die folgenden Abbildungen zeigen die mit der Zeit entstandene Zweiteilung. Die Tiere entwickelten sich unabhängig von der Fütterungsgruppe ab der zweiten Woche in eine Gruppe mit höheren und eine Gruppe mit niedrigeren Endmassen.

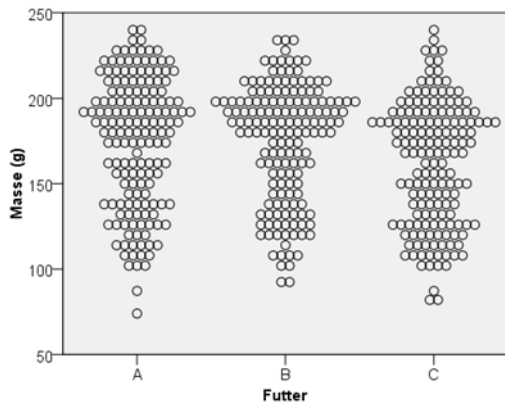


Abbildung 4: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 14

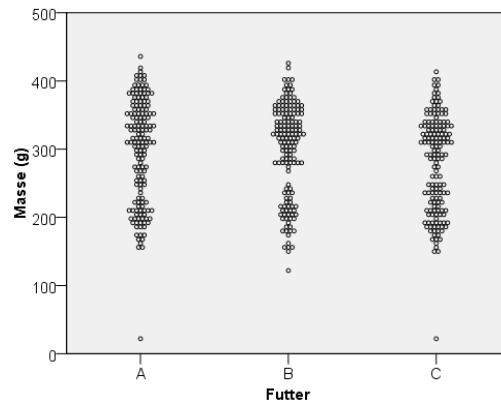


Abbildung 5: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 21

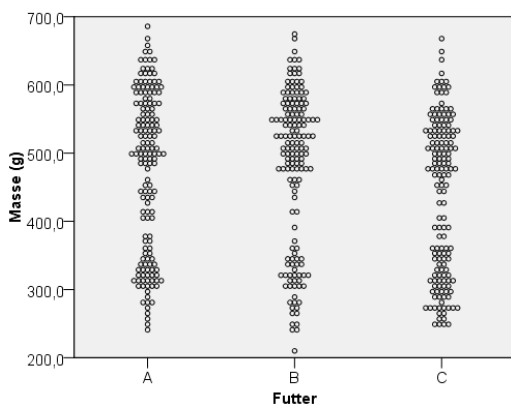


Abbildung 6: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 28

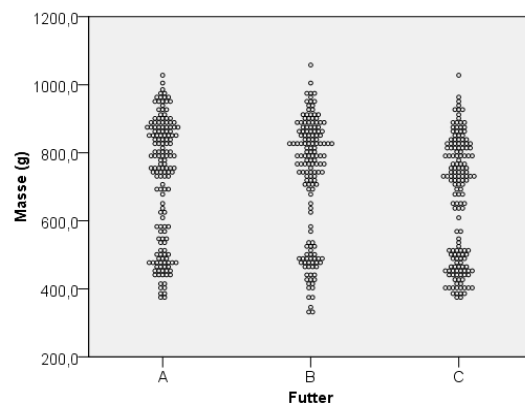


Abbildung 7: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 35

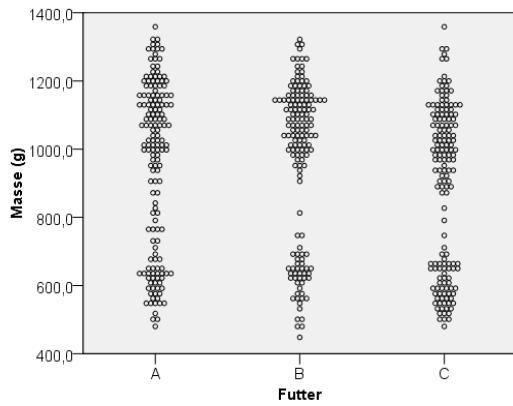


Abbildung 8: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 42

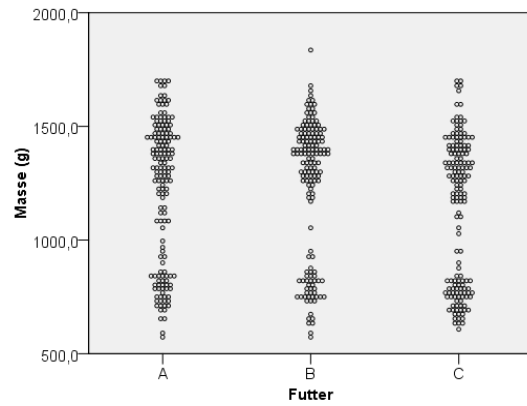


Abbildung 9: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 49

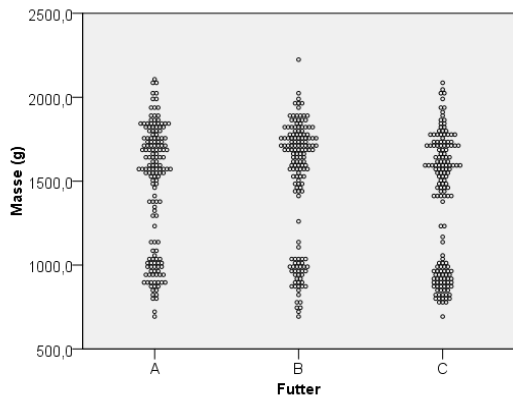


Abbildung 10: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 56

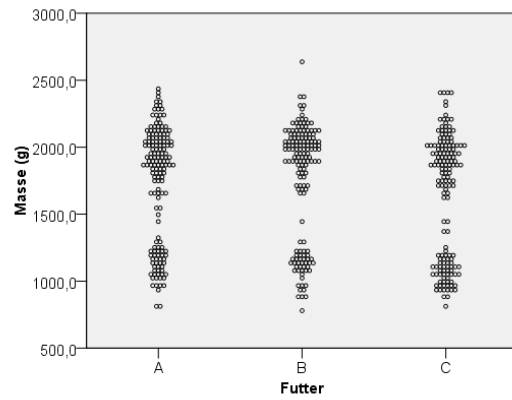


Abbildung 11: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 63

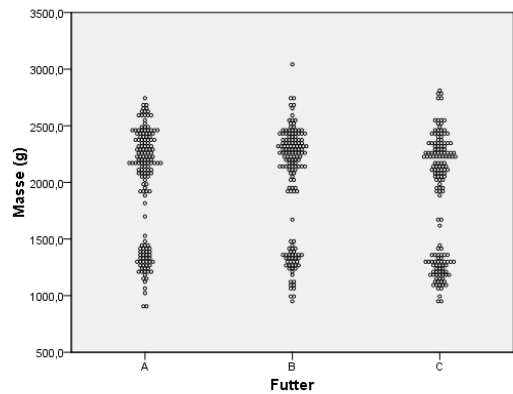


Abbildung 12: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 70

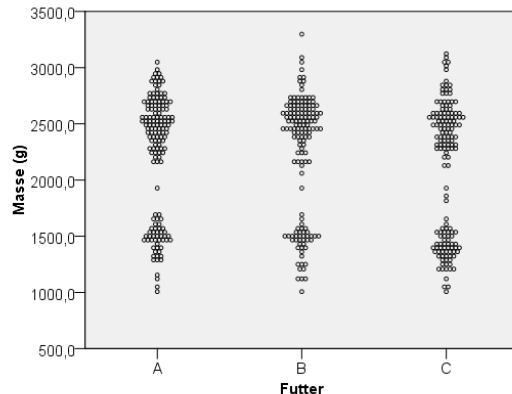


Abbildung 13: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 77

Anhand von Mittelwert und Median wurde ein Punkt gefunden, an welchem die Gruppen geteilt wurden. Tabelle 16 und 17 zeigen die Ergebnisse jeweils für die Gruppe mit den schwereren Tieren und die Gruppe mit den leichteren Tieren. Auch hier konnten, außer in der Mastphase, bei den sich langsamer entwickelnden Tieren, und in der Starterphase, bei

den sich schneller entwickelnden Tieren, keine Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden.

**Tabelle 16:** Mittlere Leistungsdaten der sich langsamer entwickelnden Broilergruppe der drei Fütterungsgruppen (Mittelwerte<sup>1</sup>)

Abschnitt <sup>2</sup>		A	B	C	SEM <sup>3</sup>	p - Wert
Starter	KMd14 <sup>4</sup>	133	136	132	1,62	0,615
	KMZ	94,7	97,6	93,6	1,60	0,607
	dKMZ	6,76	6,97	6,69	0,11	
Mast	KMd 28	345	322	324	4,66	0,089
	KMZ	211 <sup>a</sup>	186 <sup>b</sup>	192 <sup>ab</sup>	3,90	<b>0,015</b>
	dKMZ	15,1 <sup>a</sup>	13,3 <sup>b</sup>	13,7 <sup>ab</sup>	0,28	
Endmast	KMd 77	1451	1448	1397	13,8	0,213
	KMZ	1106	1125	1073	14,6	0,345
	dKMZ	22,6	23,0	21,9	0,30	
<b>Gesamt</b>	<b>KM</b>	<b>1412</b>	<b>1409</b>	<b>1359</b>	<b>13,8</b>	<b>0,214</b>

A = Standard-Proteingehalt, B = Proteinreduktion um 5%, C = Proteinreduktion um 10%

<sup>a,b</sup> unterschiedliche Indizes innerhalb einer Reihe geben signifikante Unterschiede an ( $p \leq 0,05$ )

<sup>1</sup> Anzahl der gültigen Fälle, entspricht acht Boxen mit jeweils 20 Tieren.

<sup>2</sup> Starter Tag 1 - 14, Mast Tag 15 - 28, Endmast d29 - 77, Gesamtmast d1-d77

<sup>3</sup> Standardfehler des Mittelwertes

<sup>4</sup> KM = Körpermasse in g, KMZ = Körpermassezunahme in g, dKMZ = tägliche Körpermassezunahme in g

**Tabelle 17:** Mittlere Leistungsdaten der sich schneller entwickelnden Broilergruppe der drei Fütterungsgruppen (Mittelwerte<sup>1</sup>)

Abschnitt <sup>2</sup>		A	B	C	SEM <sup>3</sup>	p - Wert
Starter	KMd14 <sup>4</sup>	201 <sup>a</sup>	197 <sup>ab</sup>	193 <sup>b</sup>	1,33	<b>0,034</b>
	KMZ	163 <sup>a</sup>	158 <sup>ab</sup>	155 <sup>b</sup>	1,33	<b>0,042</b>
	dKMZ	11,6 <sup>a</sup>	11,3 <sup>ab</sup>	11,1 <sup>b</sup>	0,11	
Mast	KMd 28	550	544	532	4,04	0,165
	KMZ	349	347	339	3,39	0,437
	dKMZ	24,9	24,8	24,3	0,24	
Endmast	KMd 77	2564	2600	2548	21,8	0,632
	KMZ	2014	2056	2017	21,5	0,684
	dKMZ	41,1	42,0	41,2	0,44	
<b>Gesamt</b>	<b>KM</b>	<b>2525</b>	<b>2561</b>	<b>2510</b>	<b>21,9</b>	<b>0,633</b>

A = Standard-Proteingehalt, B = Proteinreduktion um 5%, C = Proteinreduktion um 10%

<sup>a,b</sup> unterschiedliche Indizes innerhalb einer Reihe geben signifikante Unterschiede an ( $p \leq 0,05$ )

<sup>1</sup> Anzahl der gültigen Fälle, entspricht acht Boxen mit jeweils 20 Tieren.

<sup>2</sup> Starter Tag 1 - 14, Mast Tag 15 - 28, Endmast d29 - 77, Gesamtmast d1-d77

<sup>3</sup> Standardfehler des Mittelwertes

<sup>4</sup> KM = Körpermasse in g, KMZ = Körpermassezunahme in g, dKMZ = tägliche Körpermassezunahme in g

### 5.1.3 Verdauungsphysiologische Parameter

#### pH-Wert der Digesta

Die unterschiedlichen Fütterungsvarianten hatten keinen Einfluss auf den pH-Wert der intestinalen Digesta (Tabelle 18).

**Tabelle 18:** Mittlere pH-Werte der Digesta der Broiler (Mittelwerte<sup>1</sup>)

	A	B	C	SEM <sup>2</sup>	p - Wert
Kropf	4,57	4,13	4,56	0,15	0,600
Ileum	7,47	7,55	7,57	0,07	0,847
Zäkum	6,91	6,66	6,80	0,07	0,334

A = Standard-Proteingehalt, B = Proteinreduktion um 5%, C = Proteinreduktion um 10%

<sup>1</sup> Anzahl der gültigen Fälle, entspricht acht Tieren.

<sup>2</sup> Standardfehler des Mittelwertes

#### Scheinbare ileale und totale Verdaulichkeit der Nährstoffe

In beiden beprobten Darmabschnitten zeigt sich ein gleiches Bild. Für die aufgeführten Rohnährstoffe ergibt sich ein Unterschied jeweils zwischen Gruppe A und B und zwischen Gruppe A und C. Gruppe A hat bei allen aufgeführten Rohnährstoffen die niedrigste Verdaulichkeit (Tabelle 19).

**Tabelle 19:** Prozentuale ileale und totale Verdaulichkeit der Nährstoffe der Broiler (Mittelwerte<sup>1</sup>)

	A	B	C	SEM <sup>2</sup>	p - Wert
Ileum					
Rohasche	38,8 <sup>a</sup>	49,6 <sup>b</sup>	51,7 <sup>b</sup>	1,61	<b>0,007</b>
Rohprotein	81,2 <sup>a</sup>	84,9 <sup>b</sup>	84,5 <sup>b</sup>	0,51	<b>0,011</b>
Calcium	28,1 <sup>a</sup>	34,5 <sup>ab</sup>	37,8 <sup>b</sup>	1,57	<b>0,041</b>
Phosphor	48,3 <sup>a</sup>	60,8 <sup>b</sup>	62,1 <sup>b</sup>	1,62	<b>0,001</b>
Colon					
Rohasche	33,4 <sup>a</sup>	47,2 <sup>b</sup>	47,5 <sup>b</sup>	1,79	<b>0,006</b>
Rohprotein	76,7 <sup>a</sup>	82,5 <sup>b</sup>	80,2 <sup>ab</sup>	0,91	<b>0,027</b>
Calcium	21,5 <sup>a</sup>	30,5 <sup>b</sup>	32,4 <sup>b</sup>	1,37	<b>0,015</b>
Phosphor	43,5 <sup>a</sup>	58,4 <sup>b</sup>	58,8 <sup>b</sup>	1,83	<b>0,001</b>

<sup>a,b</sup> unterschiedliche Indizes innerhalb einer Reihe geben signifikante Unterschiede an ( $p \leq 0,05$ )

A = Standard-Proteingehalt, B = Proteinreduktion um 5%, C = Proteinreduktion um 10%

<sup>1</sup> Anzahl der gültigen Fälle, entspricht Probenmaterial aus acht Boxen von jeweils 8 Tieren.

<sup>2</sup> Standardfehler des Mittelwertes

### 5.1.4 Ganzkörperanalyse

Die Ergebnisse der Ganzkörperanalysen sind in Tabelle 20 zu finden. Es konnten keine Unterschiede in der Zusammensetzung der Tierkörper zwischen den unterschiedlichen Fütterungsgruppen ermittelt werden.



**Tabelle 20:** Körperzusammensetzung der Broiler (Mittelwerte<sup>1</sup> (g/kg TS))

	A	B	C	SEM <sup>2</sup>	p - Wert
Rohasche	75,1	66,2	78,1	2,68	0,213
Rohprotein	561	566	557	10,1	0,946
Rohfett	361	354	351	10,2	0,920
Calcium	19,8	17,5	18,1	0,96	0,624
Phosphor	11,6	10,8	10,2	0,48	0,515

A = Standard-Proteingehalt, B = Proteinreduktion um 5%, C = Proteinreduktion um 10%

<sup>1</sup> Anzahl der gültigen Fälle, entspricht acht Tieren.

<sup>2</sup> Standardfehler des Mittelwertes

#### 5.1.5 Stickstoff- und Phosphorgehalte in der Digesta von Ileum, Colon und in den Exkrementen

Die unterschiedlichen Proteingehalte der drei Rationen hatten keinen Effekt auf den Gehalt an Phosphor bzw. Stickstoff in den zwei Darmabschnitten bzw. in den Exkrementen (Tabelle 21).

**Tabelle 21:** Stickstoff- und Phosphorgehalte in unterschiedlichen Darmabschnitten und in den Exkrementen der Broiler (Mittelwerte<sup>1</sup>)

	A	B	C	SEM <sup>2</sup>	p - Wert
Phosphor					
Ileum	11,1	10,8	11,0	0,160	0,685
Colon	12,2	12,4	12,2	0,184	0,919
Exkreme	13,6	13,6	12,9	0,287	0,543
Stickstoff					
Ileum	25,5	24,3	25,0	0,322	0,335
Colon	31,6	30,5	32,5	0,665	0,491
Exkreme	59,8	61,9	54,6	1,778	0,236

A = Standard-Proteingehalt, B = Proteinreduktion um 5%, C = Proteinreduktion um 10%

<sup>1</sup> Anzahl der gültigen Fälle, entspricht Probenmaterial aus acht Boxen von jeweils acht Tieren bzw. im Falle der Faeces-Ergebnisse aus jeweils einer Poolprobe von acht Boxen.

<sup>2</sup> Standardfehler des Mittelwertes

## 5.2 Ergebnisse des zweiten Durchganges

### 5.2.1 Futteranalysen

Tabelle 22 zeigt sowohl die Inhaltsstoffe, als auch die analysierten Nährstoffe in den Rationen A – D. Die Fütterungsphasen waren in Starter (bis Tag 14), Grower (Tag 15 – 35) und Finisher (Tag 36 – 63) aufgeteilt.

**Tabelle 22:** Inhaltsstoffe und analytische Zusammensetzung der verwendeten Futtermittel in Durchgang 2

Abschnitt	A			B			C			D		
	Starter	Grower	Finisher	Starter	Grower	Finisher	Starter	Grower	Finisher	Starter	Grower	Finisher
<b>Rohstoffe, %</b>												
Maisschrot	37,19	40,42	45,28	38,32	45,99	49,64	38,56	42,05	46,35	39,69	47,33	50,69
Sojaextraktionsschrot (44%)	34,52	30,90	25,54	24,26	21,48	17,02	34,22	30,54	25,32	23,98	21,20	16,80
Weizenschrot	20,00	20,00	20,00	30,00	25,00	25,00	20,00	20,00	20,00	30,00	25,00	25,00
Kohlensaurer Futterkalk	1,64	1,56	1,44	1,64	1,56	1,31	1,43	1,40	1,31	1,42	1,40	1,32
Monocalcium-Phosphat (MCP)	1,41	1,20	0,90	1,53	1,16	0,52	0,97	0,58	0,52	1,08	0,67	0,62
Premix <sup>1)</sup>	1,20	1,05	0,89	1,20	1,05	0,89	1,20	1,05	0,89	1,20	1,05	0,89
DL-Methionin	0,34	0,29	0,26	0,27	0,23	0,26	0,34	0,29	0,26	0,27	0,22	0,20
L-Lysin – HCL	0,28	0,21	0,24	0,34	0,29	0,24	0,28	0,22	0,24	0,34	0,29	0,30
L-Threonin	0,10	0,07	0,05	0,10	0,07	0,05	0,10	0,07	0,05	0,10	0,07	0,06
Tryptophan	-	-	0,01	-	0,01	0,01	-	-	0,01	-	0,01	0,02
Sojaöl	3,32	4,30	4,99	2,34	3,16	4,03	2,90	3,80	4,65	1,92	2,76	3,70
TiO <sub>2</sub> (Marker)	-	-	0,40	-	-	0,40	-	-	0,40	-	-	0,40
<b>Analysierte Nährstoffe, g/kg Frischsubstanz</b>												
ME <sub>N</sub> <sup>2)</sup>	12,6	13,0	13,4	12,6	13,0	13,4	12,6	13,0	13,4	12,6	13,0	13,4
Trockensubstanz	900	905	902	900	892	895	898	897	892	894	896	890
Rohasche	55,4	51,3	49,5	53,8	46,7	45,4	50,9	46,2	44,7	45,8	42,2	41,4
Rohprotein	232	220	195	196	180	160	240	212	190	192	186	162
Lysin	12,9	11,3	10,3	10,6	9,59	8,63	12,7	11,4	10,4	11,0	9,79	8,55
Methionin	5,99	5,82	5,09	4,78	3,32	3,24	6,26	5,15	5,36	5,34	3,85	3,78
Cystin	3,88	3,67	3,03	2,88	2,73	2,61	3,96	3,76	3,12	2,90	2,80	2,70
Threonin	8,04	7,69	6,79	6,73	6,34	5,55	8,65	7,60	6,67	6,93	6,33	5,48
Rohfett	58,1	59,8	70,9	44,5	48,7	63,8	46,6	61,7	68,3	44,1	44,8	61,1
Rohfaser	20,5	23,2	23,3	19,5	19,3	23,0	23,0	18,8	22,8	24,1	20,4	21,9
Stärke	385	394	417	446	470	476	385	407	420	448	470	487
Kalzium	8,92	7,99	6,98	9,10	7,31	6,95	7,62	6,80	6,33	7,48	6,31	6,22
Phosphor	7,52	6,30	5,25	7,28	5,51	4,71	6,25	5,03	4,72	6,13	4,80	4,00
Kalium	9,45	8,56	7,38	7,25	6,57	6,32	9,19	8,47	7,23	7,31	6,68	6,11
Natrium	1,76	1,40	1,39	1,78	1,30	1,27	1,72	1,66	1,64	1,71	1,45	1,39
Magnesium	2,16	2,04	1,83	2,00	1,75	1,77	2,03	1,96	2,06	1,93	1,73	1,81
TiO <sub>2</sub> (Marker)	-	-	3,64	-	-	4,05	-	-	3,77	-	-	4,09

## 5 ERGEBNISSE

Abschnitt	A			B			C			D		
	Starter	Grower	Finisher	Starter	Grower	Finisher	Starter	Grower	Finisher	Starter	Grower	Finisher
<b>Analysierte Nährstoffe, mg/kg Frischsubstanz</b>												
Eisen	235	249	235	266	203	252	235	204	231	234	180	241
Mangan	114	101	93,8	112	91	108	101	93	86,4	102	76	80,0
Kupfer	33,5	27,7	26,0	35,9	27,3	27,0	26,3	21,7	19,4	30,5	21,4	17,4
Zink	124	111	90,7	123	97,4	109	105	119	105	119	97	86,0

A = Kontrollration, B = Proteinreduktion um 15%, C = Reduktion des Ca-P-Verhältnisses, D = Proteinreduktion um 15% + Reduktion des Ca-P-Verhältnisses

<sup>1)</sup> Gehalte pro kg: 600000 I.U. Vit. A (Retinol-Azetat); 120000 I.U. Vit. D<sub>3</sub>; 6000 mg Vit. E (α-Tocopherol-Azetat); 200 mg Vit. K (MSB); 250 mg Vit. B<sub>1</sub> (Mononitrat); 420 mg Vit. B<sub>2</sub> (Riboflavin); 300 mg Vit. B<sub>6</sub> (Pyridoxin-HCl); 1500 µg Vit. B<sub>12</sub>; 3000 mg Niacin (Niacinamid); 12500 µg Biotin; 100 mg Folsäure; 1000 mg Pantothensäure (Kalzium-D-Panthotenat); 60000 mg Cholin (Chlorid); 5000 mg Eisen (Eisenkarbonat); 5000 mg Zink (Zinksulfat); 6000 mg Mangan (Manganoxid); 1000 mg Kupfer (Kupferoxid); 45 mg Iod (Kalziumiodat); 20 mg Selen (Natriumselenit); 140 g Natrium (NaCl); 55 g Magnesium (Magnesiumsulfat); Träger: Kalziumkarbonat (Kalzium min 38%)

<sup>2)</sup> Berechnung erfolgte entsprechend der Formel der WPSA 1984

## 5.2.2 Leistungsdaten

Die Leistungsdaten wurden einmal wöchentlich erhoben, wobei die Fütterungsgruppe die statistische Einheit bildete ( $n = 6$  Abteile pro Versuchsdiät). Die Ergebnisse dieser Erhebungen sind in Tabelle 23 dargestellt. Es konnten, außer während der Mastphase, keine Effekte der unterschiedlichen Fütterungsvarianten auf die Leistung der Zweinutzungshühner festgestellt werden. Körpermasszunahme und Futteraufwand wurden durch die unterschiedlichen Proteingehalte der Rationen negativ bzw. positiv beeinflusst ( $p = 0,012$ ;  $p = 0,017$ ). Die Futteraufnahme veränderte sich durch Fütterung der unterschiedlichen Calcium- und Phosphorlevel.

**Tabelle 23:** Mittlere Leistungsdaten der Broiler der vier Fütterungsgruppen (Mittelwerte<sup>1</sup>)

Abschnitt <sup>2</sup>		A	B	C	D	SEM <sup>3</sup>	$p$ - Wert		
							Protein	Ca+P	Protein x Ca+P
Schlupftag	KMd1 <sup>4</sup>	40,5	40,2	40,0	40,2	0,16	0,990	0,522	0,419
Starter	KMd14	227	227	223	221	1,51	0,699	0,087	0,838
	KMZ	187	187	183	180	1,47	0,693	0,091	0,763
	dKMZ	13,4	13,4	13,1	12,9	0,11	0,897	0,162	0,487
	FV	288	285	278	282	2,35	0,696	0,896	0,364
	dFV	20,6	20,4	19,8	20,1	0,11			
	FA	1,55	1,53	1,52	1,56	0,02			
Mast	KMd 28	644	628	633	621	3,50	0,051	0,206	0,823
	KMZ	416	402	411	401	2,51	<b>0,012</b>	0,488	0,647
	dKMZ	29,7	28,7	29,4	28,6	0,18	0,235	<b>0,046</b>	0,653
	FV	749	780	718	732	9,97	<b>0,017</b>	0,063	0,477
	dFV	53,5	55,7	51,3	52,3	0,73			
	FA	1,80	1,94	1,75	1,83	0,02			
Endmast	KMd63	2059	2020	2041	2025	13,4	0,331	0,824	0,682
	KMZ	1416	1392	1408	1404	11,0	0,553	0,922	0,670
	dKMZ	40,5	39,8	40,2	40,1	0,31	0,071	0,624	0,584
	FV	3626	3500	3631	3402	47,7	0,117	0,561	0,397
	dFV	104	100	104	97,2	1,55			
	FA	2,56	2,52	2,58	2,42	0,03			
Gesamt	KM	2059	2020	2041	2025	13,4	0,332	0,830	0,689
	FV	4660	4558	4645	4418	53,2	0,136	0,470	0,560
	dFV	74,0	72,4	73,7	70,1	0,98			
	FA	2,31	2,30	2,32	2,22	0,02	0,280	0,491	0,359

A = Kontrollration, B = Proteinreduktion um 15%, C = Reduktion des Ca-P-Verhältnisses, D = Proteinreduktion um 15% + Reduktion des Ca-P-Verhältnisses

<sup>a,b</sup> unterschiedliche Indizes innerhalb einer Reihe geben signifikante Unterschiede an ( $p \leq 0,05$ )

<sup>1</sup> Anzahl der gültigen Fälle, entspricht acht Boxen mit jeweils 19 Tieren.

<sup>2</sup> Starter Tag 1 - 14, Mast Tag 15 - 28, Endmast d29 - 63, Gesamtmast d1-d63

<sup>3</sup> Standardfehler des Mittelwertes

<sup>4</sup> KM = Körpermasse in g, KMZ = Körpermassezunahme in g, FV = Futterverbrauch in g, FA = Futteraufwand

Im zweiten Durchgang konnte keine eindeutige Zweiteilung der Körpermasseverteilung festgestellt werden. Tiere, die in den letzten Wochen im Vergleich zu anderen Tieren eine geringere Zunahme zeigten, waren vor allem Hennen. Durch Sexfehler befanden sich 13 Hennen in der Population. Die folgenden Abbildungen zeigen die Verteilung der individuellen Körpermassen.

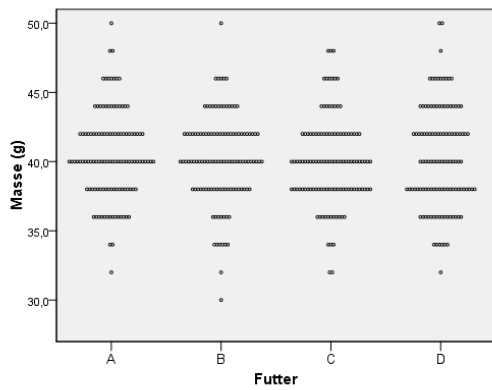


Abbildung 14: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 1

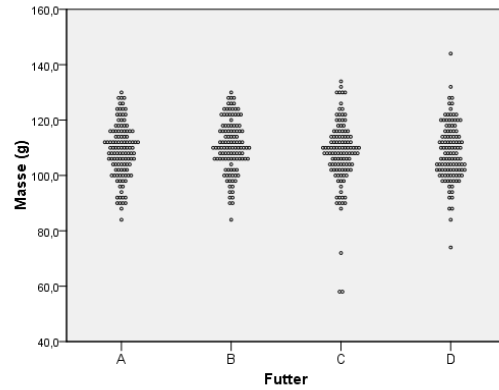


Abbildung 15: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 7

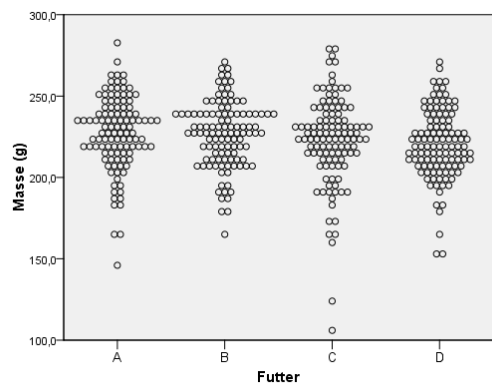


Abbildung 16: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 14

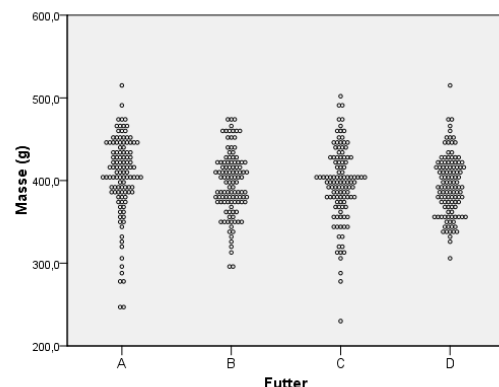


Abbildung 17: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 21

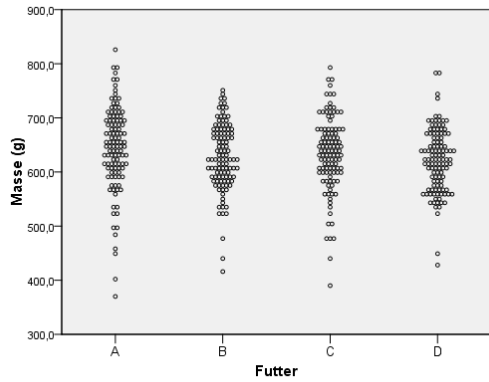


Abbildung 18: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 28

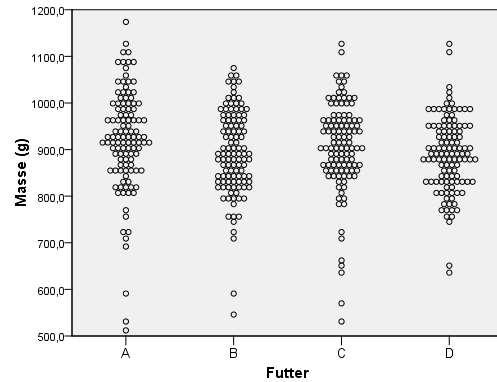


Abbildung 19: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 35

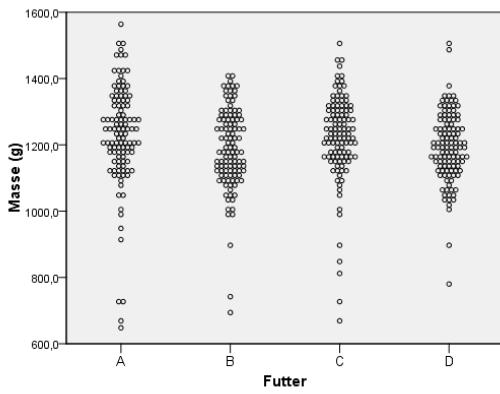


Abbildung 20: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 42

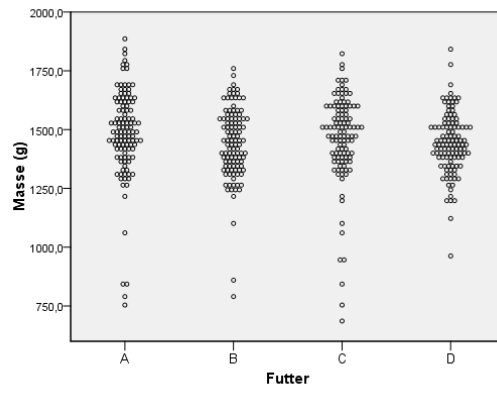


Abbildung 21: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 49

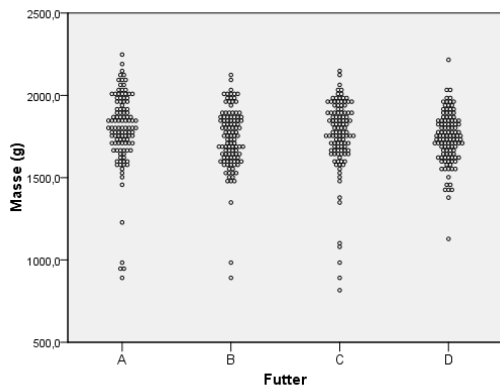


Abbildung 22: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 56

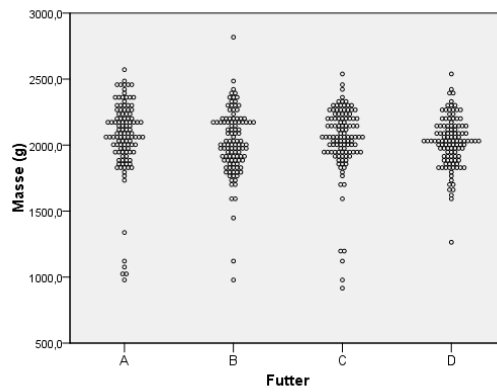


Abbildung 23: Entwicklung der individuellen Körpermassedaten, Tag 63

### 5.2.3 Verdauungsphysiologische Parameter

#### pH-Werte der Digesta

Die unterschiedlichen Diäten hatten keinen Einfluss auf die pH-Werte der Digesta (Tabelle 24).

**Tabelle 24:** Mittlere pH-Werte der Digesta der Broiler (Mittelwerte<sup>1</sup>)

	A	B	C	D	SEM <sup>2</sup>	<i>p</i> - Wert		
						Protein	Ca+P	Protein x Ca+P
Kropf	4,42	4,48	5,13	4,01	0,17	0,098	0,704	0,066
Ileum	7,03	7,12	7,17	7,40	0,09	0,375	0,245	0,692
Zäkum	6,07	5,68	5,61	5,87	0,12	0,788	0,585	0,184

A = Kontrollration, B = Proteinreduktion um 15%, C = Reduktion des Ca-P-Verhältnisses, D = Proteinreduktion um 15% +

Reduktion des Ca-P-Verhältnisses

<sup>1</sup> Anzahl der gültigen Fälle, entspricht sechs Tieren.

<sup>2</sup> Standardfehler des Mittelwertes

#### Scheinbare ileale und totale Verdaulichkeit der Nährstoffe

Die prozentuale ileale und totale Verdaulichkeit der Nährstoffe ist in Tabelle 25 dargestellt. Sowohl die scheinbare ileale als auch die gesamte Verdaulichkeit der Nährstoffe blieben durch einen reduzierten Proteingehalt in den Rationen unbeeinflusst, die Ausnahme bildet die scheinbare Verdaulichkeit von Phosphor ( $p = 0,011$ ). Im Ileum erreichte die Rohascheverdaulichkeit in der Kontrollgruppe (A) die höchsten Werte (39,5 %), geringere Werte wurden bei Tieren der Gruppe B (35,0 %), C (30,4 %) und D (27,7 %) festgestellt, beeinflusst wurden diese Werte lediglich durch eine Reduktion des Calcium- und Phosphorgehaltes in den Rationen ( $p = 0,002$ ). Ebenso verhielt es sich mit der ilealen Verdaulichkeit von Phosphor ( $p < 0,001$ ). Die Verdaulichkeit von Calcium im Ileum wurde durch einen reduzierten Calcium- und Phosphorgehalt positiv beeinflusst ( $p = 0,003$ ). Die Reduktion der beiden Mineralstoffe führte zu einer höher totalen Verdaulichkeit von Calcium ( $p = 0,032$ ). Die totale Verdaulichkeit von Protein und Phosphor wurde durch eine Reduktion aller drei Nährstoffe beeinflusst ( $p = 0,033$ ;  $p = 0,032$ ).

**Tabelle 25:** Prozentuale ileale und totale Verdaulichkeit der Nährstoffe der Broiler (Mittelwerte<sup>1</sup>)

		A	B	C	D	SEM <sup>2</sup>	p - Wert		
							Protein	Ca+P	Protein x Ca+P
Ileum									
	Rohasche	39,5	35,0	30,4	27,7	1,41	0,125	<b>0,002</b>	0,709
	Rohprotein	81,2	81,5	80,1	78,3	0,48	0,400	<b>0,021</b>	0,233
	Calcium	35,5	38,6	44,7	42,9	1,19	0,745	<b>0,003</b>	0,230
	Phosphor	65,7	59,8	54,4	50,8	1,41	<b>0,011</b>	<b>&lt; 0,001</b>	0,522
Colon									
	Rohasche	26,4	20,9	17,9	20,7	1,48	0,639	0,147	0,169
	Rohprotein	74,9	72,2	71,1	76,7	0,96	0,425	0,849	<b>0,033</b>
	Calcium	21,7	28,7	32,9	32,6	1,80	0,321	<b>0,032</b>	0,277
	Phosphor	57,9	44,4	43,7	45,3	1,95	0,086	0,056	<b>0,032</b>

A = Kontrollration, B = Proteinreduktion um 15%, C = Reduktion des Ca-P-Verhältnisses, D = Proteinreduktion um 15% + Reduktion des Ca-P-Verhältnisses

<sup>1</sup> Anzahl der gültigen Fälle, entspricht Probenmaterial aus sechs Boxen jeweils 8 Tieren.

<sup>2</sup> Standardfehler des Mittelwertes

#### 5.2.4 Ganzkörperanalyse

Reduzierte Proteingehalte in der Fütterung hatten keinen Einfluss auf die Gehalte von Rohasche, Calcium und Phosphor im gesamten Tierkörper (Tabelle 26). Auch eine Reduktion von Calcium und Phosphor hatte keinen Effekt bezüglich der Körperzusammensetzung. Allerdings enthielten die Körper der Tiere, welche proteinreduziert gefüttert wurden weniger Protein und mehr Fett ( $p = 0,031$ ;  $p = 0,028$ ).

**Tabelle 26:** Körperzusammensetzung der Broiler (Mittelwerte<sup>1</sup> (g/kg TS))

		A	B	C	D	SEM <sup>2</sup>	p - Wert		
							Protein	Ca+P	Protein x Ca+P
	Rohasche	76,2	79,9	78,6	69,5	2,33	0,565	0,398	0,189
	Rohprotein	492	466	520	471	8,78	<b>0,031</b>	0,328	0,473
	Rohfett	390	416	379	436	9,34	<b>0,028</b>	0,814	0,378
	Calcium	20,1	22,0	20,9	18,3	0,77	0,816	0,342	0,151
	Phosphor	12,3	13,0	12,6	11,2	0,38	0,607	0,310	0,190

A = Kontrollration, B = Proteinreduktion um 15%, C = Reduktion des Ca-P-Verhältnisses, D = Proteinreduktion um 15% + Reduktion des Ca-P-Verhältnisses

<sup>1</sup> Anzahl der gültigen Fälle, entspricht sechs Tieren

<sup>2</sup> Standardfehler des Mittelwertes



### 5.2.5 Stickstoff- und Phosphorgehalte in der Digesta von Ileum, Colon und in den Exkrementen

Der Phosphorgehalt in der Ileumdigesta war am höchsten in den Gruppen, welche die Versuchsdiät erhielt, die um 15 % im Proteingehalt reduziert war ( $p = 0,005$ ) (Tabelle 27). Ebenso verhielt es sich mit dem Phosphorgehalt in der Colondigesta ( $p = 0,038$ ). Auch in den Exkrementen war der Gehalt am höchsten in der proteinreduzierten Gruppe, allerdings war hier der Phosphorgehalt in der Gruppe, welche eine phosphor- und calciumreduzierte Diät erhielt, am geringsten, Einfluss auf die Ergebnisse hatte sowohl der Protein-, als auch der Calcium- und Phosphorgehalt der Ration ( $p = <0,001$ ;  $p = <0,001$ ). Der Stickstoffgehalt in der Ileumdigesta war am geringsten in der calcium- und phosphorreduzierten Gruppe ( $p = 0,001$ ). Der Stickstoffgehalt im Colon wurde nicht von den unterschiedlichen Versuchsdiäten beeinflusst, wohingegen der Gehalt in den Exkrementen durch eine gemeinsame Reduktion von Protein und Calcium und Phosphor am geringsten war ( $p = 0,031$ ).

**Tabelle 27:** Stickstoff- und Phosphorgehalte in unterschiedlichen Darmabschnitten und in den Exkrementen der Broiler (Mittelwerte<sup>1</sup>)

	A	B	C	D	SEM <sup>2</sup>	p - Wert		
						Protein	Ca+P	Protein x Ca+P
<b>Phosphor</b>								
Ileum	7,81	9,17	7,81	8,58	0,20	<b>0,005</b>	0,398	0,390
Colon	8,12	11,1	8,63	8,73	0,40	<b>0,038</b>	0,195	0,050
Exkreme	12,0	15,4	9,05	10,8	0,55	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,161
<b>Stickstoff</b>								
Ileum	25,4	22,7	22,0	24,4	0,40	0,842	0,173	<b>0,001</b>
Colon	28,7	29,8	28,7	24,0	1,07	0,384	0,177	0,177
Exkreme	56,9	58,6	66,2	56,1	1,38	0,109	0,189	<b>0,031</b>

A = Kontrollration, B = Proteinreduktion um 15%, C = Reduktion des Ca-P-Verhältnisses, D = Proteinreduktion um 15% + Reduktion des Ca-P-Verhältnisses

<sup>1</sup> Anzahl der gültigen Fälle, entspricht Probenmaterial aus sechs Boxen von jeweils 8 Tieren bzw. im Falle der Faeces-Ergebnisse aus einer Poolprobe von jeweils sechs Boxen.

<sup>2</sup> Standardfehler des Mittelwertes

## 6 Diskussion

### 6.1 Diskussion der Versuchsbedingungen und des Studiendesigns

Die Fütterungsversuche wurden in den Geflügelstallungen am Institut für Tierernährung der Freien Universität Berlin durchgeführt. Die Tiere beider Versuchsdurchgänge wurden in 24 baugleichen Abteilen gehalten. Ein identisches Beleuchtungs- und Temperaturprogramm sorgte dafür, jahreszeitliche Schwankungen weitgehend auszuschließen. In beiden Versuchsdurchgängen konnten die Tiere der Kontroll- und Versuchsgruppen simultan gehalten werden, sodass ein variierender Einfluss der Umweltbegebenheiten auf die Ergebnisse ausgeschlossen werden konnte. Um zeitliche und örtliche Unterschiede zu minimieren, erfolgte die Zuteilung der Eintagsküken in die drei bzw. vier Gruppen zufällig. Auch die Auswahl der Tiere zur Probenentnahme am Sektionstag wurde randomisiert durchgeführt. Die Erzielung aussagekräftiger Ergebnisse hinsichtlich der Leistungsparameter wurde durch eine Belegdichte von mindestens 17 Masthähnchen pro Box (die Zahl 20 reduzierte sich durch Abgänge im Laufe der Versuche) erlangt.

Um die Vergleichbarkeit der Diäten zu gewährleisten, wurden sowohl für den ersten, als auch für den zweiten Durchgang alle drei bzw. vier Versuchsdiäten vor Ort am Institut für Tierernährung der Freien Universität Berlin hergestellt. Die Analyse der Futtermittel wurde nach anerkannten Standards durchgeführt (Naumann und Bassler, 2012).

### 6.2 Diskussion der Ergebnisse

#### 6.2.1 Einfluss variierender Protein- und Mineralstoffgehalte auf Leistungsparameter

##### Körpermasse

Die Körpermasseentwicklung blieb sowohl in Durchgang 1 als auch in Durchgang 2 während der ganzen Mastperiode unter den publizierten Werten des Zuchtunternehmens (Tabelle 28).

**Tabelle 28:** Vergleich der Körpermassen von Lohmann Dual Tieren

Tag	Körpermasse (g)		
	Lohmann Dual <sup>1</sup>	Durchgang 1 <sup>2</sup>	Durchgang 2 <sup>2</sup>
0		38,5	40,2
7		88,4	109
14	250	170	225
21	500	292	397
28	750	463	632
35		702	902
42	1500	937	1203
49	2000	1195	1462
56	2269	1459	1756
63		1700	2036
70	2986	1952	--
77	3250	2194	--

<sup>1</sup> Icken (2013); <sup>2</sup> Mittelwerte aller Tiere im jeweiligen Durchgang

Die Tiere des ersten und zweiten Durchganges mussten aus unterschiedlichen Brütereien bezogen werden. Die Tiere stammten von unterschiedlichen Elterntierherden ab, was die, unabhängig von der Fütterungsgruppe, im zweiten Durchgang höheren Körpermassen erklären kann.

Über die gesamte Mastperiode betrachtet konnte sowohl im ersten Durchgang als auch im zweiten Durchgang kein Effekt von reduzierten Proteingehalten auf die Körpermasseentwicklung festgestellt werden ( $p = 0,066$ ;  $p = 0,332$ ). Im ersten Durchgang ist nur numerisch eine Tendenz zugunsten der Tiere in Gruppe B zu erkennen. Im Gegensatz dazu wurden bei Einsatz von höheren Proteingehalten in der Fütterung (24,6, 23,3 und 20,7 % in Starter, Mast und Endmastphase) höhere Körpermassen bei ISA und Ross Broilern ermittelt, als bei der Fütterung einer proteinärmeren Ration (20,2, 17,8 und 15,6 %) (Lewis et al., 1997). Dies trifft auch auf langsam wachsende Hubbard Broiler zu, deren Futter 20,1, 17,5 und 16,5 % Rohprotein enthielt, im Gegensatz zu 21,0, 20,1, 19,1 und 18,1% bzw. 22,1, 20,5, 20,1 und 19,0 % (Quentin et al., 2003). Die Körpermasseentwicklung von schnell wachsenden Broilern wurde durch eine proteinreduzierte Diät nicht beeinflusst. Allerdings erreichten langsam wachsende Broiler desselben Versuchs geringere Endmassen, wenn die Proteingehalte des Futters 20,5, 17,7, 15,5 und 13,9 % Rohprotein anstatt 22,9, 19,4, 17,4 und 15,7 % Rohprotein betragen (Fanatico et al., 2008). Anders als in den vorliegenden Untersuchungen konnten in einer Mastzeit von 84 Tagen höhere Endmassen von langsam wachsenden Broilern erzielt werden, wenn diese mit 22,0 und 20,0, anstatt 19,0 und 17,0 % Rohprotein versorgt wurden (Ipek et al., 2009). Vergleichbare Ergebnisse konnten für männliche Legehybride verzeichnet werden: Für eine Zeit von 49 Tagen erhielten die Tiere 22,0 und 19,5 bzw. 21,0 und 18,0 % Rohprotein in den Rationen. Bei einer Fütterung der höheren Proteinkonzentration erreichten die Tiere höhere Endmassen (König et al., 2012). Genauso erreichten männliche Legehybriden die höchsten Endmassen, wenn sie mit dem höchsten von drei Proteingehalten und 12 MJ/kg AME<sub>N</sub> versorgt wurden (18,0, 20,0 und 21,5 %) (Halle et al., 2012). Diese Befunde wurden damit erklärt, dass durch höhere Proteingehalte in den Rationen eine bessere Nährstoffversorgung und somit bessere Voraussetzung für das Wachstum der Tiere herrschte. Bei einem weiteren Versuch mit langsam wachsenden Broilern wurden fünf verschiedene Proteingehalte eingesetzt (Peter et al., 1997). Hier erzielten bei jedem der eingesetzten Energiegehalte jeweils die Tiere der mittleren Proteingruppe (15,0, 17,5, 20,0, 22,5 und 25,0 %) die höchsten Endmassen, was auf einen niedrigeren Proteinbedarf dieser Herkünfte schließen lässt. Vergleichbare Ergebnisse zu den hier vorgestellten Resultaten konnten in Versuchen mit Zweinutzungshühnern (♂ Barret Rock x ♀ New Hampshire) verzeichnet werden. Die Tiere erhielten 20,7 und 17,7 bzw. 21,9 und 18,6 % Rohprotein in den Versuchsdiäten und zeigten keine Unterschiede in den Endmassen (Koreleski und Swiatkiewicz, 2008, 2009). Die Variabilität der Ergebnisse zwischen den verschiedenen Untersuchungen kann durch den Einsatz verschiedener Genotypen erklärt werden. Es wurden sowohl männliche Tiere von Legehybriden untersucht aber auch Mastgenotypen, welche auf ein besonders langsames Wachstum hin gezüchtet wurden. Die einzig vergleichbaren Ergebnisse wurden mit Tieren einer Zweinutzungsrasse erzielt, welche einer Verpaarung von New Hampshire und Barret Rock Hühnern entstammten (Koreleski und Swiatkiewicz, 2008, 2009). Die Aussage, dass die Fütterung einen größeren Einfluss auf die Leistung hat als der Genotyp, kann nach den in dieser Studie erzielten Ergebnissen nicht bestätigt werden (König et al., 2012).

Sowohl während der einzelnen Mastphasen ( $p = 0,091$ ;  $p = 0,488$ ;  $p = 0,922$ ) als auch während der gesamten Fütterungsperiode ( $p = 0,830$ ) konnte in der vorliegenden Untersuchung kein Einfluss eines reduzierten Calcium- und Phosphorgehalts in der Ration auf die Körpermassezunahme festgestellt werden. Gleiches trifft für die Endmassen in den

jeweiligen Phasen zu. Auch eine stärkere Manipulation der Calcium- (9 bis 0,3 g/kg) und Phosphorgehalte (6,9 bis 3,4 g/kg) zeigte keinen Einfluss auf die Körpermassezunahme von Cobb 500 Broilern (Skinner et al., 1992). Eine Calcium- und Phosphorreduktion von 8,2 und 5,7 g/kg auf 5,4 und 3,4 g/kg konnte keinen Effekt auf die Körpermasseentwicklung in Woche 6 und 7 erwirken. Allerdings konnte in den Wochen drei bis sechs festgestellt werden, dass Tiere, gefüttert mit 8,7 g/kg Calcium und 6,3 g/kg Phosphor, eine höhere Körpermassezunahme zeigten, als Tiere, die 9,1 und 3,5 g/kg in der Ration erhielten (Chen und Moran, 1995). Bei Ross x Arbor Acres Hühnern wurden in den Lebenswochen drei bis sechs unterschiedliche Phosphorgehalte getestet (Abudabos, 2012b). Bei einer Reduktion des Phosphorgehaltes von 6,5 auf 5,0 g/kg konnte kein Effekt auf die Körpermasseentwicklung festgestellt werden. In einer weiteren Studie der Arbeitsgruppe wurde der Einfluss von zwei Calcium- (7,0 und 9,0 g/kg) und vier Phosphorlevel (4,5, 5,0, 5,5 und 6,0 g/kg) überprüft (Abudabos, 2012a). Die Ergebnisse zeigten keinen Einfluss der Fütterung in den Lebenswochen sechs bis acht auf die Körpermasse, wenn die jeweils geringsten Gehalte in der Ration enthalten waren. Allerdings erreichten Tiere, welche Rationen mit einem Gehalt von 9 g/kg Calcium und 5,5 bzw. 6,0 g/kg Phosphor erhielten, eine höhere Körpermassezunahme. Auch bei der Verwendung von sechs verschiedenen Calciumgehalten in den Versuchsdiäten konnten keine Effekte auf die Körpermassezunahme festgestellt werden (Driver et al., 2005b). Des Weiteren hatten Rationen mit einem geringeren Calcium- (6,8 anstatt 9 g/kg) und Phosphorgehalt (5,7 anstatt 6,7 g/kg) keine negativen Effekte auf die Körpermasseentwicklung (Delezie et al., 2012). In einer späteren Arbeit der gleichen Arbeitsgruppe konnten die genannten Ergebnisse bestätigt werden (Delezie et al., 2015). Die frühere Arbeit zeigte einen negativen Effekt, wenn das Verhältnis zwischen Calcium und Phosphor nicht entsprechend der Empfehlungen angesetzt war (9 g/kg und 5,7 g/kg). Ferner wurde bei einem unausgewogenen Calcium-Phosphor-Verhältnis (8,6 und 2 g/kg) eine schlechte Körpermasseentwicklung festgestellt (Driver et al., 2005a). Ähnliches geschah bei Ross PM3 Broilern, welche Versuchsdiäten mit hohen Calcium- und niedrigen Phosphor-, bzw. niedrigen Calcium- und hohen Phosphorgehalten erhielten (Rousseau et al., 2012). Später konnten diese Ergebnisse reproduziert werden, die Versuchsdiäten enthielten 10 g/kg Calcium und 3 g/kg Phosphor, im Gegensatz zu 6 g/kg Calcium mit 3,0 oder 4,5 g/kg Phosphor oder 10 g/kg Calcium und 4,5 g/kg Phosphor (Rousseau et al., 2016). In einem weiteren Versuch wurden hohe Calciumgehalte (>22 g/kg) mit 5 g/kg Phosphor verfüttert (Shafey, 1993). In dieser Kombination verringerte sich die Körpermassezunahme, wurde der Phosphorgehalt zusätzlich auf 10 g/kg angehoben, wurde dieser Effekt vermindert. Allerdings konnte diese Verminderung bei weiterer Steigerung des Phosphorgehaltes nicht beibehalten werden. Ähnliche Ergebnisse wurden in früheren Untersuchungen erzielt (Shafey und McDonald, 1991; Shafey, 1998). Aus den beschriebenen Ergebnisse lässt sich schließen, dass für die Aufrechterhaltung der Leistung mehr das Verhältnis zwischen Calcium und Phosphor ausschlaggebend ist, als der Gehalt an sich. Dieser Sachverhalt kann eine Erklärung für die nicht vorhandenen Effekte von reduzierten Calcium- und Phosphorgehalten im Futter in der vorliegenden Untersuchung sein. Des Weiteren kann das Ausbleiben eines Effektes ein Hinweis dafür sein, dass die Gehalte in den Versuchsdiäten nah am wahren Bedarf der hier eingesetzten männlichen Lohmann Dual Hühner liegen.

### Futteraufnahme

Im vorliegenden Versuch konnte kein Effekt unterschiedlicher Proteingehalte auf die Futteraufnahme der Tiere aus beiden Versuchsdurchgängen festgestellt werden ( $p = 0,292$ ;  $p = 0,136$ ). Gleiche Beobachtungen wurden gemacht für ISA und Ross Broiler, welchen eine proteinreiche und eine proteinarme Diät verabreicht wurde (Lewis et al., 1997). Des Weiteren

zeigte eine Proteinreduktion in zwei bzw. drei Schritten keinen Effekt auf die Futtermittelaufnahme langsam wachsender Broiler (Quentin et al., 2005; Fanatico et al., 2008). Auch eine Reduktion des Proteingehaltes von 22,0 und 20,0 % auf 19,0 und 17,0 % konnte keine Veränderung der Futtermittelaufnahme von langsam wachsenden Broiler bewirken (Ipek et al., 2009). Allerdings konnte bei der Verfütterung von 21,9 und 18,6 % Rohprotein anstatt 20,7 und 17,7 % an Zweinutzungshühner eine erhöhte Futtermittelaufnahme verzeichnet werden (Koreleski und Swiatkiewicz, 2008). Dies konnte auch bei männlichen Tiere der Legerassen Lohmann Brown und Lohmann Tradition festgestellt werden (Halle et al., 2012). Untersuchungen mit männlichen Legehhybriden der Rassen Lohmann Brown und Lohmann Selected Leghorn konnten hingegen einen Zusammenhang zwischen gesteigerter Futtermittelaufnahme und sinkendem Proteingehalt in der Ration ermitteln (König et al., 2012). Gleiches wurde über langsam wachsende Broiler berichtet, welche 20,1, 17,5 und 16,5 % Rohprotein in der Fütterung erhielten, anstelle von 21,0, 20,1, 19,1 und 18,1% bzw. 22,1, 20,5, 20,1 und 19,0 % (Quentin et al., 2003). Eine mögliche Erklärung für die gesteigerte Futtermittelaufnahme in diesem Falle kann die Kompensation der niedrigeren Nährstoffdichte des Futters sein. Diese Beobachtung könnte im vorliegenden Versuch so interpretiert werden, dass mit den verabreichten Futtermittelvearianten der Proteinbedarf der eingesetzten Lohmann Dual Hühner gedeckt wurde und somit keine Anpassung nötig war. Allerdings scheint diese Fähigkeit bei langsam wachsenden Broilern weniger ausgeprägt zu sein (Fanatico et al., 2008).

Die eingesetzten, reduzierten Calcium- und Phosphorgehalte in den Versuchsdiäten hatten keinen Einfluss auf die Futtermittelaufnahme der Versuchstiere ( $p = 0,470$ ). Ebenso wie in der vorliegenden Untersuchung blieb die Futtermittelaufnahme unbeeinflusst, wenn der Calciumgehalt der Versuchsration von 9,0 auf 0,3 g/kg und der Phosphorgehalt von 6,9 auf 3,4 g/kg reduziert wurde (Skinner et al., 1992). Bei einer Reduktion des Phosphorgehaltes von 4,5 g/kg im Starter und 4,3 g/kg im Finisher auf 3,0 bzw. 2,8 g/kg zeigte sich keine Veränderung der Futtermittelaufnahme von Arbor Acres Broilern (Zhou et al., 2008). Auch eine Reduktion des Nicht-Phytin-Phosphorgehaltes (NPP) von 3,1 auf 1,5 g/kg und 2,7 auf 1,0 g/kg zeigte keinen Einfluss auf die Futtermittelaufnahme von Ross 308 Broilern (Dhandu und Angel, 2003). Ebenfalls blieb bei Hubbard Broilern die Futtermittelaufnahme unbeeinflusst, wenn der Calciumgehalt von 9 g/kg in der Starterphase und 8 g/kg in der Mastphase auf jeweils 6 g/kg und der Phosphorgehalt von 4,5 bzw. 4 g/kg auf 3 g/kg reduziert wurden (Yan et al., 2005). Im Gegensatz dazu ergab die Verfütterung von 15 verschiedenen Versuchsdiäten bei ROSS 308 Broilern, dass die Futtermittelaufnahme der Tiere am höchsten war, wenn hohe Phosphor- (4,5 g/kg und darüber in einem Bereich von 2,4 bis 7,0 g/kg) und mittlere Calciumgehalte (bis zu 10 g/kg in einem Bereich von 6,4 bis 12 g/kg) verfüttert wurden. Die Futtermittelaufnahme war am geringsten, wenn die Diäten hohe Calcium- und geringe Phosphorkonzentrationen enthielten (Bradbury et al., 2014). Ebenso konnte in der Finisher- und Starterphase einer weiteren Untersuchung negative Effekte bei der Verfütterung von hohen Calcium- (10 und 9 g/kg) und geringen Phosphorgehalten (3,5 und 3 g/kg) auf die Futtermittelaufnahme verzeichnet werden (Rousseau et al., 2016). Diese Ergebnisse lassen sich durch verschiedene andere Studien bestätigen (Shafey, 1998; Rama Rao et al., 2006; Delezie et al., 2015). Über den Effekt von zusätzlich erhöhten Phosphorgehalten in den Rationen gibt es unterschiedliche Ergebnisse: So konnte zum einen gezeigt werden, dass die Futtermittelaufnahme sinkt, wenn hohe Calciumkonzentrationen durch gesteigerte Phosphorgehalte ergänzt werden (Calcium und Phosphor: 12,0 und 5,2; 25,4 und 5,2 oder 25,7 und 11,9 g/kg) (Shafey, 1998). Zum anderen wurde eine gesteigerte Futtermittelaufnahme festgestellt, wenn Phosphor in der Ration gesteigert wurde (4,0 und 4,5 g/kg vs. 3,0 und 3,5 g/kg) (Rama Rao et al., 2006). Wie bereits für die Körpermasseentwicklung wird auch für die Futtermittelaufnahme angenommen, dass das Verhältnis zueinander und nicht nur der absolute Gehalt der Mineralstoffe von Bedeutung ist (Driver et al., 2005a; Delezie et al., 2015). Dies kann als Erklärung für den ausbleibenden

Effekt der reduzierten Gehalten von Calcium und Phosphor auf die Futtermittelaufnahme im vorliegenden Versuch dienen. In einer Untersuchung wies der Autor darauf hin, dass konventionelle Broiler durch den züchterischen Prozess einen anderen Nährstoffbedarf haben als Hühner traditioneller Rassen (Rama Rao et al., 2006). Da Lohmann Dual Hühner die Eigenschaften von sowohl Lege- als auch Mastrassen in sich vereinen, liegt es nahe, dass diese Tiere einen anderen Bedarf haben als konventionelle Broiler.

### Futtermittelaufwand

Korrelierend zu den Ergebnissen der Futtermittelaufnahme konnte in der vorliegenden Studie kein Effekt von variierenden alimentären Proteingehalten auf den Futtermittelaufwand festgestellt werden. Auch bei langsam wachsenden Broilern, gefüttert mit drei verschiedenen Versuchsdäten konnte eine Proteinreduktion (22,9, 19,4, 17,4 und 15,7 % auf 20,5, 17,7, 15,5 und 13,9 %) keine Veränderung im Futtermittelaufwand erwirken (Fanatico et al., 2008). Passend zu den erhöhten Futtermittelaufnahmewerten konnte sowohl beim langsam wachsenden Hubbard Broiler als auch bei männlichen Legehybriden mit steigendem Proteingehalt ein höherer Futtermittelaufwand verzeichnet werden (Quentin et al., 2003; König et al., 2012). Weitere Untersuchungen an Ross und ISA Broilern ermittelten günstigere Werte für den Futtermittelaufwand bei einer Fütterung höherer Proteingehalte (24,6, 23,3, und 20,7 % anstatt 20,2, 17,8 und 15,6 %) (Lewis et al., 1997). Ebenso erreichten langsam wachsende Broiler einen niedrigeren Futtermittelaufwand, wenn die Versuchsdät 22,0 und 20,0 % Rohprotein anstelle von 19,0 und 17,0 % enthielt (Ipek et al., 2009).

Auch im zweiten Durchgang konnte kein Einfluss der Proteingehalte bzw. der reduzierten Calcium- und Phosphorgehalte auf den Futtermittelaufwand in der Starter-, Endmast- und gesamten Mastphase festgestellt werden ( $p = 0,364$ ;  $p = 0,397$ ;  $p = 0,359$ ). In der Mastphase hatten Tiere der Gruppe C den geringsten Futtermittelaufwand, beeinflusst wurde dieser von geringeren Proteingehalten in den Rationen, jedoch nicht von geringeren Calcium- und Phosphorgehalten ( $p = 0,017$ ;  $p = 0,063$ ). Wurde der Phosphorgehalt von 6,5 auf 5,0 g/kg reduziert, hatte dies keinen Effekt auf den Futtermittelaufwand (Abudabos, 2012b). Auch der Futtermittelaufwand bei Cobb 500 Broilern wurde durch eine Erhöhung des Calciumgehaltes in der Ration von 9 zu 11,3 und 13,5 g/kg nicht beeinflusst (Abdulla et al., 2016). Ebenso zeigten sich keine Unterschiede im Futtermittelaufwand bei Ingham Broilern, wenn der Calciumgehalt im Futter von 12,1 bzw. 11,1 g/kg auf 22,5 bzw. 23,0 g/kg erhöht wurde (Shafey, 1999). Auch Ross 308 Broiler, gefüttert mit 3,1 und 2,7 g/kg Nicht-Phytin-Phosphor anstatt 1,5 und 1,0 g/kg zeigten keine Veränderung im Futtermittelaufwand (Dhandu und Angel, 2003). Des Weiteren blieb der Futtermittelaufwand unbeeinflusst, wenn die Versuchsrationen von Arbor Acres Broilern 3,0 und 2,8 g/kg Phosphor in Starter- bzw. Endmastphase enthielten anstatt 4,5 und 4,3 g/kg (Zhou et al., 2008). Ebenfalls gab es keine Veränderungen im Futtermittelaufwand, wenn vier Calcium- (4,4, 6,4, 8,5 und 10,4 g/kg) und Phosphorkonzentrationen (4,8, 5,9, 6,8 und 7,9 g/kg) kombiniert wurden (Driver et al., 2005a). Im Gegensatz dazu erhöhte sich der Futtermittelaufwand von Ross 308 Broilern, wenn innerhalb der 15 Versuchsdäten der Calciumgehalt anstieg (Bradbury et al., 2014). Der gleiche Effekt bzw. sogar eine weitere Verschlechterung wurde bei weiteren Untersuchungen festgestellt, wenn zusätzlich der Phosphorgehalt (5,2 und 11,9 g/kg) erhöht wurde (Shafey, 1993, 1999).

Bedarfsberechnungen

Für die zwei Versuchsdurchgänge wurde mithilfe der Werte aus den jeweiligen Versuchen der Proteinbedarf der Tiere, sowie der Proteingehalt im Futter, welcher zur Deckung des Bedarfs nötig gewesen wäre, ermittelt. Folgende Formel wurde für die faktorielle Berechnung verwendet (GfE, 1999):

$$P_I = P_m \times W^{0,67} + \frac{\Delta P_{F+TK}}{k_p (F, TK)}$$

$P_I$  = täglicher Gesamtproteinbedarf (g/Broiler)

$P_m$  = täglicher Proteinerhaltungsbedarf; festgesetzt als 2,8 g/kg  $W^{0,67}$

$W^{0,67}$  = metabolische Körpermasse, stoffwechselaktiver Anteil des Körpers

$\Delta P_{F/TK}$  = täglicher Proteinansatz in den Federn bzw. im Tierkörper (g/Broiler)

$k_p (F, TK)$  = durchschnittlicher Verwertungsgrad des Futterproteins für Proteinansatz (g/g), festgesetzt als 0,6

Für die Errechnung der Proteinbedarfswerte der Versuchstiere und des Proteingehaltes im Futter wurde die oben genannte Formel genutzt. Um die entsprechenden Werte zu erhalten wurden die Daten für die Körpermasse am Schlupftag und Tag 77 und der Proteingehalt der Tierkörper Schlupftag und Tag 77 verwendet. Die Vergleichswerte der Broiler wurden aus den Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner (Broiler) entnommen (GfE, 1999). In der folgenden Tabelle 29 sind die Details der Berechnung dargestellt:

**Tabelle 29:** Berechnung des Proteinbedarfes, konventionelle Broiler und Lohmann Dual im Vergleich

	Broiler	Dual DG1 (d77)	Dual DG2 (d63)
1 KM <sup>1</sup> , d0 <sup>2</sup> , g		38,5	40,2
2 KM, Ende, g	2329	2193	2036
3 Rp <sup>3</sup> , d0, g/kg		136	136
4 Rp, Ende, g/kg		187	200
5 Rp im Tierkörper, d0, g		5,22	5,45
6 Rp im Tierkörper, Ende, g		411	407
7 $\Delta Rp^4$	441	406	401
8 Leistungsbedarf gesamt, g Rp	735	676	669
9 Erhaltungsbedarf gesamt, g Rp <sup>5</sup>	126	206	161
10 Rp-Bedarf gesamt, g	861	882	830
<b>Berechnung des benötigten Rp-Gehaltes im Futter</b>			
Futteraufnahme/Tier, kg	5,26	6,61	4,57
Notwendiger Rp-Gehalt im Futter, g/kg	186	133	182

<sup>1</sup> KM = Körpermasse

<sup>2</sup> d0 = Schlupftag

<sup>3</sup> Rp = Rp-Gehalt im Tierkörper

<sup>4</sup>  $\Delta Rp$  = Rp-Zuwachs im Tierkörper

<sup>5</sup> Zur Berechnung wurde ein Mittelwert der Körpermassen über die gesamte Lebenszeit verwendet (Broiler: 1106,8 g; Dual DG1: 932,5 g; Dual DG2: 876,2 g)

Der Proteingehalt der Tierkörper am Schlupftag wurde nicht innerhalb dieses Versuches ermittelt, daher wurden die Werte aus einem parallellaufenden Versuch mit Lohmann Dual Hennen übernommen. Nach Berechnung ergeben sich Bedarfswerte von 11,5 g/d für die Broiler des ersten Versuchs bzw. 13,2 g/d für die Broiler des zweiten Versuchs. Für konventionelle Broiler ergibt sich aus der Berechnung ein Proteinbedarf von 20,5 g/d.

Bei Vergleich der angegebenen und errechneten Werte kann festgestellt werden, dass Lohmann Dual Hähne einen geringeren Bedarf an Protein haben als konventionelle Broiler. Um wirklich vergleichbare Werte zu erhalten, müssten in zukünftigen Untersuchungen am Schlupftag und dann wöchentlich die Tierkörperzusammensetzung untersucht werden. Außerdem sind die Bedarfswerte nur näherungsweise zu verstehen, da auch die Variablen für den täglichen Proteinerhaltungsbedarf und für den durchschnittlichen Verwertungsgrad des Futterproteins für Proteinansatz in Feder und Tierkörper aus Untersuchungen mit konventionellen Broilern entstanden sind und somit eventuell nicht auf Dual Hühner zutreffen.

Für zukünftige Untersuchungen können allerdings die hier erzielten Ergebnisse zum Gehalt des Rohproteins im Futter für Lohmann Dual Hähne Anwendung finden. So scheinen wie bereits vermutet deutlich geringere Rohproteingehalte im Futter für die Nährstoffbedarfsdeckung der Lohmann Dual Hähne im Vergleich zum konventionellen Broiler auszureichen.

### 6.2.2 Einfluss variierender Protein- und Mineralstoffgehalte auf verdauungsphysiologische Parameter

Die scheinbare ileale und auch die gesamte Proteinverdaulichkeit wiesen im ersten Durchgang bei der Kontrollgruppe, gefüttert mit den höchsten Proteingehalten im Futter, die niedrigsten Werte auf ( $p = 0,011$ ;  $p = 0,027$ ). Ähnlich wie im ersten Durchgang wurden auch in anderen Studien höhere Werte für die Proteinverdaulichkeit festgestellt, wenn die Tiere mit einer proteinreduzierten Diät (18,5 statt 21,5%) gefüttert wurden (Hernandez et al., 2012). Der beobachtete Effekt wurde durch eine mögliche bessere Verdaulichkeit der supplementierten kristallinen Aminosäuren im Futter erklärt. Weitere Ergebnisse dieser Art wurden in einer Untersuchung erzielt, in welcher Broiler eine normale (NP: 22,3 und 19,4%) und eine proteinreduzierte (LP: 16,2 und 13,2%) Diät erhielten (Awad et al., 2016). Die verbesserte Nährstoffverdaulichkeit in der LP-Gruppe wurde zum einen dadurch erklärt, dass die Zusammensetzung der im Futter enthaltenen Proteine und Aminosäuren einen effizienteren Proteinansatz ermöglichten (Hossain et al., 2014). Zum anderen war der Proteingehalt der Ration möglicherweise höher als der eigentlich Bedarf der Tiere, sodass das überschüssige Protein nicht zum Proteinansatz genutzt, sondern sofort ausgeschieden wurde (Kamran et al., 2004). Im Unterschied zu den besprochenen Ergebnissen konnten im zweiten Durchgang keine Effekte der unterschiedlichen Proteingehalte auf die Proteinverdaulichkeit festgestellt werden ( $p = 0,400$ ;  $p = 0,425$ ). Ähnlich war es bei Ross 308 Broilern, wenn der Proteingehalt im Futter von 19,1 auf 16,9 % in der Mastphase und von 21,4 auf 18,8 % in der Endmastphase reduziert wurde (Amirdahri et al., 2012). Auch bei einer Reduktion von 22,5 auf 20,2% Rohprotein im Futter für Ross 708 Broiler (Angel et al., 2011) oder 22,5 auf 21,5% bzw. 20,0 auf 19,0 % (Freitas et al., 2011), konnten bei den entsprechenden Untersuchungen keine Unterschiede in der Proteinverdaulichkeit festgestellt werden. Anders als in den hier präsentierten Ergebnissen wurde bei Cobb 500 Broilern eine verbesserte Proteinverdaulichkeit festgestellt, wenn die Tiere mit einem höheren



Proteingehalt (19,0 % anstatt 16,0 %) im Futter versorgt wurden (Law et al., 2015). Auch Arbor Acres Broiler reagierten auf diese Weise auf erhöhte Proteingehalte im Futter (Ding et al., 2016). Die Tiere erhielten 21,0, 20,0 und 19,0 % Rohprotein in der Starterphase, 19,0, 18,0 und 17,0 % in der Mastphase. Cobb Broiler, gefüttert mit vier verschiedenen Versuchsdiäten (100, 95, 90 und 85 % der Cobb Bedarfsempfehlungen), zeigten nach 42 Tagen ebenfalls eine höhere Proteinverdaulichkeit, wenn sie mit der höchsten Proteinstufe gefüttert wurden (Boonsinchai et al., 2016). Eine mögliche Erklärung für diesen Effekt birgt die Freisetzung und Funktion des Cholecystokinins (CKK). Es wird freigesetzt durch die Anwesenheit von Protein und Aminosäuren im Dünndarm; erhöht sich die Konzentration der beiden Substrate, wird CKK vermehrt ausgeschüttet. Im Folgenden sorgt CKK für vermehrte Sekretion des Pankreas (Furuse, 1999).

Durch die Reduktion von Calcium- und Phosphor in den Versuchsdiäten konnten in Bezug auf die ileale und gesamte Verdaulichkeit Effekte erzielt werden. Die ilealen Verdaulichkeiten von Rohasche und Phosphor erreichten höhere Werte in Gruppe A und B als in den Gruppen mit reduziertem Calcium- und Phosphorgehalt ( $p = 0,002$ ;  $p < 0,001$ ). Ähnliche Ergebnisse wurden erzielt in einer Studie, welche den Einfluss von Calcium auf die Verdaulichkeit von organischer Substanz, Rohfett, Rohprotein, Asche, Calcium und Phosphor untersuchte (Abdulla et al., 2016). Ileale Asche- und Phosphorverdaulichkeit waren hier höher, wenn die Broiler eine Ration mit 12,5 g/kg anstatt 10 g/kg Calcium erhielten. Aber in derselben Studie waren die Werte für Asche- und Phosphorverdaulichkeit geringer, wenn die Tiere mit einem Calciumgehalt im Futter von 15 g/kg anstatt 12,5 g /kg versorgt wurden. Im Gegensatz dazu stehen Ergebnisse verschiedener Untersuchungen, welche bei hohen Calciumgehalten im Futter eine geringere Phosphorverdaulichkeit verzeichneten. In diesen Studien wurden unterschiedliche Calciumgehalte eingesetzt, z.B. 2,0 und 7,0 g/kg (Tamim et al., 2004); 4,7, 7,0, 9,3, 11,6 g/kg (Plumstead et al., 2008); 4,5, 6,0, 7,5 und 9,0 g/kg (Walk et al., 2012); 6,0 und 10 g/kg (Rousseau et al., 2016). Für diesen Effekt führen die Autoren mehrere Erklärungen an: Zuerst sorgt Calcium, insbesondere wenn es als Carbonat eingesetzt wird, für einen Anstieg des intestinalen pH-Werts, die Löslichkeit verschiedener Mineralstoffe sinkt und sie sind somit nicht mehr in vollem Umfang verfügbar (Shafey und McDonald, 1991). Zweitens sorgen hohe Calciumgehalte für eine reduzierte Aktivität der intestinalen alkalischen Phosphatase und der intestinalen Phytase (McCuaig et al., 1972; Applegate et al., 2003a). Die vorliegende Untersuchung zeigt keine Unterschiede in der totalen Verdaulichkeit von Protein in Bezug auf verschieden Calcium- und Phosphorgehalte der Rationen ( $p = 0,849$ ). Anders als in einer weiteren Studie, in welcher ein hoher Gehalt von Calcium (24,3 g/kg anstatt 11,8 g/kg) eine reduzierte Stickstoffverdaulichkeit verursachte (Shafey und McDonald, 1991). Eine mögliche Erklärung für die verminderte Verdaulichkeit von Stickstoff kann laut Autoren eine beschleunigte Passagerate der Digesta sein, hervorgerufen durch hohe Futtercalciumgehalte (Shafey, 1988). Da die Unterschiede in den Calciumgehalten in der vorliegenden Untersuchung nicht so drastisch waren wie in anderen vorgestellten Studien, können diese Effekte hier ausgeblieben sein. Ein positiver Effekt auf die ileale Verdaulichkeit von Calcium konnte durch die Reduktion von Calcium und Phosphor in der Ration erreicht werden ( $p = 0,003$ ). Im Gegensatz dazu stehen Ergebnisse, bei denen eine höhere Verdaulichkeit von Calcium erreicht werden konnte, wenn die Versuchsdiäten von Tag 21 bis 35 höhere Phosphorgehalte enthielten (Rousseau et al., 2016). Entsprechende Ergebnisse wurden in einer weiteren Studie veröffentlicht (Wilkinson et al., 2014).

### 6.2.3 Einfluss variierender Protein- und Mineralstoffgehalte auf die Ganzkörperzusammensetzung

Im Folgenden werden, die im Rahmen dieser Dissertation erzielten Ergebnisse mit Ergebnissen anderer Autoren verglichen, welche allerdings konventionelle Broiler einsetzen. Grund hierfür ist, dass die Literaturrecherche keine Funde zu Untersuchungen von Tierkörpern bei Zweinutzungshühnern ergab. Es konnte im ersten Durchgang kein Effekt der variierenden Proteingehalte im Futter auf die chemische Zusammensetzung der Ganzkörper festgestellt werden. Im zweiten Durchgang allerdings, enthielten die Körper der Tiere, welche mit geringeren Proteingehalten gefüttert wurden weniger Protein und mehr Fett ( $p = 0,031$ ;  $p = 0,028$ ). Im Gegensatz zu den in Durchgang 1 vorgestellten Ergebnissen lag der Proteinansatz bezogen auf die Körpermassezunahme bei Broilern, welche Versuchsdiäten mit höheren Proteingehalten (19,6 und 21,3 %) erhielten höher als bei Tieren, welche geringere Proteingehalte in der Fütterung hatten (14,9 und 16,4 %) (Esmail und Chamberlain, 1987). Ebenso wies die Ganzkörperzusammensetzung von Broilern, gefüttert mit 23,4 % Rohprotein, im Vergleich zu Broilern gefüttert mit 19,2, 19,3 oder 18,9 %, höhere Proteinkonzentrationen auf (Bregendahl et al., 2002a). Ähnlich zu den Ergebnissen der vorliegenden Studie konnten bei Einsatz von neun verschiedenen Proteinkonzentrationen zwischen 15,3 und 22,5 % keine Unterschiede im Proteingehalt der Ganzkörper gezeigt werden, allerdings stieg der Fettgehalt der Schlachtkörper mit sinkendem Proteingehalt (Aletor et al., 2000b). Gleiches gilt für Ross Broiler, welche 18,0 bzw. 23,0 % Rohprotein im Futter erhielten. Es konnten keine Unterschiede im Proteingehalt, dafür aber im Fettgehalt der Schlachtkörper festgestellt werden (Fatufe und Rodehutsord, 2005). Im Gegensatz dazu blieb die Ganzkörperzusammensetzung von Hubbard Broilern, versorgt mit vier verschiedenen Proteinquantitäten im Futter (20,0, 21,0, 22,0 und 23,0 %) unbeeinflusst (Kamran et al., 2008a). Allerdings wurden in einer weiteren Untersuchung mit denselben Versuchsdiäten festgestellt, dass bei proteinärmerer Fütterung geringere Gehalte von Stickstoff und höhere Gehalte von Fett im Tierkörper vorhanden sind. Der Gehalt an Asche, fettfreiem Protein und Trockensubstanz blieb unbeeinflusst (Kamran et al., 2008b). Eine mögliche Erklärung könnte das trotz verringertem Proteingehalt durch Supplementierung gut balancierte Aminosäureverhältnis im Futter sein (Kamran et al., 2008a). Im ersten Durchgang konnten im Gegensatz zum zweiten Durchgang und den genannten Studien keine Effekte der variierenden Proteingehalte im Futter auf den Fettgehalt im Tierkörper festgestellt werden. Es zeigt sich ein inhomogenes Bild in Bezug auf Ergebnisse zur Beeinflussung der Proteingehalte im Tierkörper durch die Fütterung. Daher wurde die Empfehlung ausgesprochen, bei der Optimierung der Zusammensetzung von Schlachtkörpern vor allem die Fettgehalte einzubeziehen, da die Ergebnisse hierzu homogener sind (Jackson et al., 1982). Auch in den vorliegenden Untersuchungen kann festgestellt werden, dass Ganzkörper von Tieren, welche proteinreicher gefüttert wurden, zumindest numerisch mehr Protein und weniger Fett enthielten als Ganzkörper von Tieren, welche proteinärmer gefüttert wurden.

Im Gegensatz zu den hier vorgestellten Ergebnissen konnte in einer Studie festgestellt werden, dass Ganzkörper mehr Calcium enthielten, wenn die Tiere mit höheren Calciumgehalten in den Rationen versorgt wurden (Shafey, 1999). Allerdings enthielt die Ration mit dem höchsten Calciumgehalt in der genannten Studie 22,5 g /kg Calcium, wohingegen in der aktuellen Studie maximal 9 g/kg Calcium eingesetzt wurden. Insofern sind die Größenordnungen nicht vergleichbar.

#### 6.2.4 Einfluss variierender Protein- und Mineralstoffgehalte auf Stickstoff- und Phosphorgehalte in den Exkrementen

Die drei unterschiedlichen Proteinquantitäten des ersten Durchgangs hatten keinen Einfluss auf die Gehalte von Stickstoff und Phosphor im Kot. Auch im zweiten Durchgang konnte zwischen der Kontroll- und den proteinreduzierten Gruppen kein Unterschied im Gehalt von Stickstoff in den Exkrementen festgestellt werden. Allerdings wurde der Stickstoffgehalt im Ileum und in den Exkrementen durch die gemeinsame Reduktion der drei getesteten Nährstoffe beeinflusst ( $p = 0,001$ ;  $p = 0,031$ ). Im Gegensatz dazu konnte bei der Verfütterung von Futtermischungen mit vier Proteingehalten (23, 21, 19 und 17 %) festgestellt werden, dass der Stickstoffgehalt in den Exkrementen mit dem Proteingehalt im Futter absinkt (Namroud et al., 2010). Auch bei einer Reduktion des Proteins von 22 auf 20, 18 und 16 % in den Versuchsdiäten konnte ein linearer Abfall der Stickstoffausscheidung bei Cobb 500 Broilern festgestellt werden (Si et al., 2004). Zusätzlich wurde bei einer Reduktion des Futterproteins von 21,5 auf 19,6 bzw. 16,5 % ein signifikanter Abfall des Stickstoffgehaltes im Einstreu festgestellt (Ferguson et al., 1998). Die genannten Ergebnisse stehen im Widerspruch zu den Ergebnissen dieser Studie, was ein Hinweis darauf sein kann, dass der Bedarf und Umsatz von Nährstoffen im Zweinutzungshuhn anders ist als bei konventionellen Broilern. Der annähernd gleichbleibende Stickstoffgehalt auch bei Reduktion im Futter deutet darauf hin, dass auch in der geringsten Proteinstufe der Proteinbedarf der Zweinutzungshühner bereits bei geringeren Gehalten gedeckt wäre und somit der Stickstoff, der nicht im Stoffwechsel umgesetzt wurde, ausgeschieden wurde.

In der vorliegenden Untersuchung führte die Reduktion von Phosphor und Calcium zu einer verminderten Ausscheidung von Phosphor, wohingegen die zusätzliche Reduktion von Protein diesen Effekt wieder aufhob. Dies bestätigten verschiedene Ergebnisse, welche durch Phosphorreduktion in der Fütterung eine Verminderung des ausgeschiedenen Phosphors erreichten. So reduzierte sich die Phosphorausscheidung von Cobb 500 Broilern, wenn sie von Tag 42 bis 56 statt einer kommerziellen Vormischung mit 3 g/kg Phosphor und 8 g/kg Calcium, modifizierte Versuchsdiäten (Phosphor/Calcium: 1,5/5, 1/5 oder 1,5/6 g/kg) erhielten (Fritts und Waldroup, 2006). Ross 308 Broiler erhielten vier verschiedene Rationen mit unterschiedlichen Phosphorgehalten in der Starter- (6,7, 5,5, 5,5, und 5,1 g/kg) und in der Mastphase (5,4, 4,5, 4,5 und 4,3 g/kg). Der Gehalt an Phosphor in der Einstreu war in der Gruppe, die mit dem höchsten Gehalt gefüttert wurde, am höchsten, während sich die anderen nicht unterschieden (Applegate et al., 2003b). Die relative Retention von Calcium, Phosphor und Stickstoff erhöhte sich bei Ross 308 Broilern, wenn der Proteingehalt im Futter von 24,0 auf 20,8 bzw. 17,7 % reduziert wurde, allerdings ergaben sich anders als in der vorliegenden Untersuchung keine Unterschiede in der Phosphorretention bei einer Reduktion des Phosphors in der Diät (Ziaei et al., 2011).

Eine Reduktion von Phosphor und Calcium hatte auf die untersuchten Leistungsparameter keinen Einfluss, allerdings konnte der Phosphorgehalt in den Exkrementen, welcher die Umwelt belasten würde, gesenkt werden. Daher ist eine Reduktion des Phosphorgehaltes in der Fütterung von Zweinutzungshühnern gegenüber den gängigen Empfehlungen (National Research Council, 1994; Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, 1999) angeraten (Ziaei et al., 2011). Die Proteinreduktion hatte keinen Einfluss auf die Ausscheidung von Stickstoff, allerdings auch nicht auf die untersuchten Leistungsparameter, sodass eine Reduktion auch für diesen Parameter ohne negative Effekte für das Tier, aber positive Effekte für die Umwelt und Wirtschaftlichkeit der Mast, möglich scheint.

### 6.3 Schlussfolgerung und Ausblick

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden verschiedene Protein-, Calcium- und Phosphorquantitäten im Futter für Lohmann Dual Hähne eingesetzt. Die Ergebnisse zeigen keine negativen Effekte durch Reduktion von Protein, Calcium und Phosphor auf die Leistung und Nährstoffverdaulichkeit der Hähne, was daraufhin deutet, dass die wahren Bedarfswerte deutlich unter denen von konventionellen Broilern liegen. Allein die Ganzkörperzusammensetzung wurde von einem niedrigen Proteingehalt beeinflusst.

Eine gemäßigte Reduktion der Protein-, Calcium- und Phosphorgehalte im Futter von Lohmann Dual Hähnen scheint ohne negative Effekte auf die Leistung möglich. Dies hätte sowohl ökonomische als auch ökologische Vorteile.

In Folgeuntersuchungen sollten zu verschiedenen Zeitpunkten der Mast Untersuchungen der Ganzkörperzusammensetzung durchgeführt werden, um die Bedarfswerte zu spezifizieren.

## 7 Zusammenfassung

Urban, Julia:

### **Einfluss variierender Protein-, Calcium- und Phosphorgehalte auf die Leistung, die Nährstoffverdaulichkeit und Ganzkörperzusammensetzung beim männlichen Lohmann Dual Huhn**

Das Ziel der Studie war es, den Einfluss von variierenden Gehalten von Protein, Calcium und Phosphor im Futter auf die Leistung, Nährstoffverdaulichkeit und Ganzkörperzusammensetzung von männlichen Lohmann Dual Hühnern zu untersuchen.

Im Rahmen dieser Studie wurde der Einfluss von Protein, Calcium und Phosphor im Futter auf die Leistung, Nährstoffverdaulichkeit und Ganzkörperzusammensetzung in zwei aufeinander folgenden Untersuchungen getestet. Es wurden jeweils 480 bzw. 460 männliche Lohmann Dual Hühner eingestallt und für 77 bzw. 63 Tage in drei bzw. vier Fütterungsgruppen gemästet. Während der gesamten Zeit wurden die Tiere täglich tierärztlich inspiziert und wöchentlich gewogen. Die Körpermasse wurde sowohl als Gruppenmittel als auch als Individualkörpermasse erfasst. Zusätzlich erfasste Leistungsparameter waren die Futtermittelaufnahme sowie der Futteraufwand. Am Ende der Mastperiode wurden Proben entnommen, um die Nährstoffverdaulichkeit und Ganzkörperzusammensetzung zu ermitteln.

Die Ergebnisse beider Untersuchungsdurchgänge zeigten, dass die Reduktion von Protein, Calcium und Phosphor keinen Einfluss auf die Leistung sowie die Ganzkörperzusammensetzung im ersten Durchgang hatte. Lediglich in der Mastphase des ersten Durchganges wurden temporär höhere Körpermassen und Körpermassezunahmen erreicht, wenn die Tiere das Kontrollfutter bzw. eine moderate Proteinrestriktion erhielten. Die Futtermittelaufnahme war am höchsten in der Kontrollgruppe. Im zweiten Versuchsdurchgang wurde der Futteraufwand während der Mastphase durch die unterschiedlichen Versuchsdäten beeinflusst. Hier wurde der günstigste Futteraufwand erreicht bei Tieren deren Ration zwar im Calcium- und Phosphorgehalt, nicht aber im Proteingehalt reduziert war. Die Ganzkörperzusammensetzung wurde im zweiten Durchgang durch die starke Proteinreduktion negativ beeinflusst. Alle temporären Leistungsunterschiede zwischen den Gruppen konnten sich nicht auf die Gesamtleistung nach 77 bzw. 63 Tagen auswirken. Im ersten Untersuchungsdurchgang war die Nährstoffverdaulichkeit ähnlich zwischen den Gruppen, höhere Verdaulichkeiten wurden bei Fütterung der proteinreduzierten Rationen ermittelt. Unterschiede traten zwischen der Kontrollgruppe und beiden proteinreduziert gefütterten Gruppen auf, letztere unterschieden sich lediglich in der totalen Verdaulichkeit von Rohprotein. Im zweiten Versuchsdurchgang konnten keine Unterschiede durch variierenden Proteingehalt zwischen den Versuchsdäten in der ilealen scheinbaren Verdaulichkeit sowie in der Gesamtverdaulichkeit von Rohasche, Rohprotein und Calcium festgestellt werden. Die ileale Phosphorverdaulichkeit wurde negativ durch proteinreduzierte Fütterung beeinflusst. Unterschiede ergaben sich für alle getesteten ilealen Nährstoffverdaulichkeiten, sowie für die Gesamtverdaulichkeit von Calcium durch unterschiedliche Calcium- und Phosphorgehalte. Die Gesamtverdaulichkeit von Rohprotein und Phosphor wurde durch die Veränderung aller drei Nährstoffe beeinflusst. Die Ausscheidung von Stickstoff wurde durch die unterschiedlichen Proteingehalte im Futter nicht beeinflusst. Die Phosphorausscheidung wurde niedrigere Proteingehalte negativ beeinflusst, wohingegen eine Variation aller drei Nährstoffe keinen Einfluss auf die

Ausscheidung hatte. Die Stickstoffausscheidung wurde durch eine gemeinsame Reduktion von Protein, Calcium und Phosphor verändert.

Im Rahmen dieser Studie konnten in den Fütterungsversuchen keine negativen Effekte durch Reduktion von Protein, Calcium und Phosphor auf die Leistung und Nährstoffverdaulichkeit der Broiler ermittelt werden, sodass davon ausgegangen werden kann, dass deren Bedarfswerte deutlich unter denen von konventionellen Broilern liegen. Die Ganzkörperzusammensetzung wurde durch zu starke Reduktion der Proteingehalte negativ beeinflusst. Um konkretere Aussagen zu den Nährstoffbedürfnissen der Lohmann Dual Hühner treffen zu können, sollten weitere Versuche durchgeführt werden, welche die Ganzkörperzusammensetzung zu verschiedenen Zeitpunkten untersuchen, um genauere Empfehlungen zur Fütterung für die jeweiligen Mastphasen geben zu können.

## 8 Summary

Urban, Julia:

### **Effects of varying protein, calcium and phosphorus contents on performance, nutrient digestibility and whole body composition of male Lohmann Dual chickens**

The aim of this study was to investigate whether varying protein, calcium and phosphorus contents have an effect on performance, nutrient digestibility and whole body composition of male Lohmann Dual chickens.

In the course of this study, influence of dietary protein, calcium and phosphorus contents on performance, nutrient digestibility and whole body composition was investigated in two consecutive trials. 480 and 460 male Lohmann Dual chickens were fed three or four diets for 77 and 63 days, respectively. Animals were inspected daily by a veterinarian and weighed weekly. Body weight was recorded on a pen and individual basis. In addition, feed intake and feed conversion rate were examined. At the end of the rearing period, samples for analysis of nutrient digestibility and whole body composition were collected.

Results of both trials showed no effect of reduced protein, calcium and phosphorus content on performance and whole body composition in the first trial. Only in grower period of the first trial, higher body weights and body weight gains were reached by animals provided the 100 % and 95 % protein diet. Feed intake was highest in birds, fed 100 % protein. During the second trial feed conversion rate in grower period was affected. Feed conversion rate was lowest in animals fed the low calcium and phosphorus diet. Whole body composition was negatively affected by reduced protein contents in the second trial. Differences did not affect overall performance of Lohmann Dual chickens.

Nutrient digestibility in the first trial was similar between the groups. Higher digestibility of nutrients was detected in groups fed diets reduced in protein. Differences were found between control and both protein-reduced diets, but not in between both protein-reduced diets, except total protein digestibility. In the second trial, no effect of varying protein contents on ileal and total digestibility of crude ash, crude protein and calcium could be detected. Ileal digestibility of phosphorus was negatively affected by reducing protein contents in the diets. Differences for all tested nutrients and total digestibility of calcium occurred when calcium and phosphorus contents were changed. Total digestibility of protein and phosphorus were changed by variation of all three nutrients. Excretion of nitrogen was not affected by varying dietary protein contents. Phosphorus excretion was negatively influenced by low protein contents, but not, when all three nutrients were reduced. Nitrogen excretion differed by reducing dietary protein, calcium and phosphorus contents.

In this study, no negative effect of dietary reduction of protein, calcium and phosphorus on performance and nutrient digestibility could be detected. It can be assumed that nutrient requirements of protein, calcium and phosphorus of Lohmann Dual chickens are lower than conventional broilers'. But whole body composition was negatively affected by low dietary protein contents. To specify recommendations for each rearing period for dual purpose chickens, further studies must be conducted, which should investigate whole body composition at different times of growth. Reduction of the examined nutrients does not have a negative effect on birds' performance but has a positive environmental effect.

## 9 Literaturverzeichnis

- Abdollahi, M.R., Ravindran, V., Wester, T.J., Ravindran, G., Thomas, D.V., 2010. Influence of conditioning temperature on performance, apparent metabolisable energy, ileal digestibility of starch and nitrogen and the quality of pellets, in broiler starters fed maize- and sorghum-based diets; *Animal Feed Science and Technology* 162(3-4), 106-115.
- Abdulla, N.R., Loh, T.C., Akit, H., Sazili, A.Q., Foo, H.L., 2016. Effects of dietary oil sources and calcium : phosphorus levels on growth performance, gut morphology and apparent digestibility of broiler chickens; *South African Journal of Animal Science* 46(1), 42-53.
- Abudabos, A.M., 2012a. Effect of dietary phosphorus and calcium on performance of broilers from 3 to 7 weeks of age; *Avian Biology Research* 5(1), 31-39.
- Abudabos, A.M., 2012b. Optimal Dietary Phosphorus for Broiler Performance, Bone Integrity and Reduction of Phosphorus Excretion; *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances* 7(4), 288-298.
- Adedokun, S.A., Adeola, O., 2013. Calcium and phosphorus digestibility: Metabolic limits; *Journal of Applied Poultry Research* 22(3), 600-608.
- Adil, S., Magray, S.N., 2012. Impact and Manipulation of Gut Microflora in Poultry: A Review; *Journal of Animal and Veterinary Advances* 11(6), 873-877.
- Aitken, R.N.C., 1958. A histochemical study of the stomach and intestine of the chicken; *Journal of Anatomy* 92(3), 453-466.
- Aletor, V.A., Hamid, I.I., Nieß, E., Pfeffer, E., 2000a. Low-protein amino acid-supplemented diets in broiler chickens: effects on performance, carcass characteristics, whole-body composition and efficiencies of nutrient utilisation; *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80(5), 547-554.
- Aletor, V.A., Hamid, I.I., Niess, E., Pfeffer, E., 2000b. Low-protein amino acid-supplemented diets in broiler chickens: effects on performance, carcass characteristics, whole-body composition and efficiencies of nutrient utilisation; *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80(5), 547-554.
- Amad, A.A., Manner, K., Wendler, K.R., Neumann, K., Zentek, J., 2011. Effects of a phytogenic feed additive on growth performance and ileal nutrient digestibility in broiler chickens; *Poultry Science* 90(12), 2811-2816.
- Amirdahri, S., Janmohammadi, H., Taghizadeh, A., Rafat, A., 2012. Effect of dietary *Aspergillus* meal prebiotic on growth performance, carcass characteristics, nutrient



- digestibility, and serum lipid profile in broiler chick low-protein diets; *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences* 36(6), 602-610.
- Angel, C.R., Saylor, W., Vieira, S.L., Ward, N., 2011. Effects of a monocomponent protease on performance and protein utilization in 7- to 22-day-old broiler chickens; *Poultry Science* 90(10), 2281-2286.
- Angel, R., Saylor, W.W., Mitchell, A.D., Powers, W., Applegate, T.J., 2006. Effect of dietary phosphorus, phytase, and 25-hydroxycholecalciferol on broiler chicken bone mineralization, litter phosphorus, and processing yields; *Poultry Science* 85(7), 1200-1211.
- Apajalahti, J., Kettunen, A., Graham, H., 2004. Characteristics of the gastrointestinal microbial communities, with special reference to the chicken; *Worlds Poultry Science Journal* 60(2), 223-232.
- Applegate, T.J., Angel, R., Classen, H.L., 2003a. Effect of dietary calcium, 25-hydroxycholecalciferol, or bird strain on small intestinal phytase activity in broiler chickens; *Poultry Science* 82(7), 1140-1148.
- Applegate, T.J., Joern, B.C., Nussbaum-Wagler, D.L., Angel, R., 2003b. Water-soluble phosphorus in fresh broiler litter is dependent upon phosphorus concentration fed but not on fungal phytase supplementation; *Poultry Science* 82(6), 1024-1029.
- Attia, F.M., Alsobayel, A.A., Bayoumi, M.S., 1991. Performance and production costs of two commercial broiler strains following feed restriction or feeding with dried chick excreta; *Animal Feed Science and Technology* 34(1), 1-10.
- Attia, F.M., Alsobayel, A.A., Bayoumi, M.S., Haroun, I.Y., 1993. Body-Composition of 2 Commercial Broiler Strains Subjected to Early Feed Restriction or Feeding with Dried Chick Excreta; *Animal Feed Science and Technology* 44(1-2), 85-91.
- Attia, Y.A., El-Tahawy, W.S., Abd El-Hamid, A.E., Nizza, A., Bovera, F., Al-Harhi, M.A., El-Kelway, M.I., 2014. Effect of feed form, pellet diameter and enzymes supplementation on growth performance and nutrient digestibility of broiler during days 21-37 of age; *Archiv für Tierzucht - Archives of Animal Breeding* 57(34), 1-11.
- Aviagen, 2014. *Broiler Performance Objectives*. Aviagen Group, Huntsville, AL, USA.
- Awad, E.A., Zulkifli, I., Farjam, A.S., Chwen, L.T., Hossain, M.A., Aljuobori, A., 2016. Effect of low-protein diet, gender and age on the apparent ileal amino acid digestibility in broiler chickens raised under hot-humid tropical condition; *Indian Journal of Animal Sciences* 86(6), 696-701.
- Baldamus, A.C.E., 1896. *Illutriertes Handbuch der Federviehzucht. Die Federviehzucht als Wirtschaftszweig und als Liebhaberei. Bd. 1: Die Hühnervögel*. Schönfeld, Dresden.

- Barbato, G.F., 1999. Genetic relationships between selection for growth and reproductive effectiveness; *Poultry Science* 78(3), 444-452.
- Bennett, C.D., Leeson, S., 1990. Body-Composition of the Broiler-Breeder Pullet; *Poultry Science* 69(5), 715-720.
- Benson, A.K., Kelly, S.A., Legge, R., Ma, F.R., Low, S.J., Kim, J., Zhang, M., Oh, P.L., Nehrenberg, D., Hua, K.J., Kachman, S.D., Moriyama, E.N., Walter, J., Peterson, D.A., Pomp, D., 2010. Individuality in gut microbiota composition is a complex polygenic trait shaped by multiple environmental and host genetic factors, *In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 18933-18938.
- Berri, C., Wacrenier, N., Millet, N., Le Bihan-Duval, E., 2001. Effect of selection for improved body composition on muscle and meat characteristics of broilers from experimental and commercial lines; *Poultry Science* 80(7), 833-838.
- Bjerrum, L., Engberg, R.M., Leser, T.D., Jensen, B.B., Finster, K., Pedersen, K., 2006. Microbial community composition of the ileum and cecum of broiler chickens as revealed by molecular and culture-based techniques; *Poultry Science* 85(7), 1151-1164.
- Boonsinchai, N., Potchanakorn, M., Kijparkorn, S., 2016. Effects of protein reduction and substitution of cassava for corn in broiler diets on growth performance, ileal protein digestibility and nitrogen excretion in feces; *Animal Feed Science and Technology* 216, 185-196.
- Bradbury, E.J., Wilkinson, S.J., Cronin, G.M., Thomson, P.C., Bedford, M.R., Cowieson, A.J., 2014. Nutritional geometry of calcium and phosphorus nutrition in broiler chicks. Growth performance, skeletal health and intake arrays; *Animal* 8(7), 1071-1079.
- Bregendahl, K., Sell, J.L., Zimmerman, D.R., 2002a. Effect of low-protein diets on growth performance and body composition of broiler chicks; *Poultry Science* 81(8), 1156-1167.
- Bregendahl, K., Sell, J.L., Zimmerman, D.R., 2002b. Prediction of whole-body composition from the whole-body dry matter percentage of three-week-old broiler chicks; *Poultry Science* 81(8), 1168-1171.
- Breves, G., Diener, M., 2015. *Funktionen des Dickdarms*, *In: Physiologie der Haustiere*. Enke, 432-439.
- Butzen, F.M., Vieira, M.M., Kessler, A.M., Aristimunha, P.C., Marx, F.R., Bockor, L., Ribeiro, A.M.L., 2015. Early feed restriction in broilers. II: Body composition and nutrient gain; *Journal of Applied Poultry Research* 24(2), 198-205.

- Carafoli, E., 1991. Calcium pump of the plasma membrane; *Physiological Reviews* 71(1), 129-153.
- Chambers, J.R., Fortin, A., 1984. Live Body and Carcass Measurements as Predictors of Chemical-Composition of Carcasses of Male Broiler-Chickens; *Poultry Science* 63(11), 2187-2196.
- Charles, R.G., Robinson, F.E., Hardin, R.T., Yu, M.W., Feddes, J., Classen, H.L., 1992. Growth, Body-Composition, and Plasma Androgen Concentration of Male Broiler-Chickens Subjected to Different Regimens of Photoperiod and Light-Intensity; *Poultry Science* 71(10), 1595-1605.
- Chen, X., Moran, J.E.T., 1994. Response of Broilers to Omitting Dicalcium Phosphate from the Withdrawal Feed: Live Performance, Carcass Downgrading and Further-Processing Yields; *The Journal of Applied Poultry Research* 3(1), 74-79.
- Chen, X., Moran, J.E.T., 1995. The Withdrawal Feed of Broilers: Carcass Responses to Dietary Phosphorus<sup>1</sup>; *The Journal of Applied Poultry Research* 4(1), 69-82.
- Choi, J.H., Kim, G.B., Cha, C.J., 2014. Spatial heterogeneity and stability of bacterial community in the gastrointestinal tracts of broiler chickens; *Poultry Science* 93(8), 1942-1950.
- COBB, 2013. *Broiler Performance And Nutrition Supplement*. [http://www.cobb-vantress.com/docs/default-source/cobb-500-guides/Cobb500\\_Broiler\\_Performance\\_And\\_Nutrition\\_Supplement.pdf](http://www.cobb-vantress.com/docs/default-source/cobb-500-guides/Cobb500_Broiler_Performance_And_Nutrition_Supplement.pdf), [abgerufen am 15.06.2015].
- Damme, K., Ristic, M., 2003. Fattening performance, meat yield and economic aspects of meat and layer type hybrids; *Worlds Poultry Science Journal* 59(1), 50-53.
- Dänicke, S., Simon, O., Jeroch, H., Bedford, M., 1997. Interactions between dietary fat type and xylanase supplementation when rye-based diets are fed to broiler chickens - 2. Performance, nutrient digestibility and the fat-soluble vitamin status of livers; *British Poultry Science* 38(5), 546-556.
- Danisman, R., Gous, R.M., 2013. Effect of dietary protein on performance of four broiler strains and on the allometric relationships between carcass portions and body protein; *South African Journal of Animal Science* 43(1), 25-37.
- de Verdal, H., Mignon-Grasteau, S., Jeulin, C., Le Bihan-Duval, E., Leconte, M., Mallet, S., Martin, C., Narcy, A., 2010. Digestive tract measurements and histological adaptation in broiler lines divergently selected for digestive efficiency; *Poultry Science* 89(9), 1955-1961.

- Delezie, E., Bierman, K., Nollet, L., Maertens, L., 2015. Impacts of calcium and phosphorus concentration, their ratio, and phytase supplementation level on growth performance, foot pad lesions, and hock burn of broiler chickens; *Journal of Applied Poultry Research* 24(2), 115-126.
- Delezie, E., Maertens, L., Huyghebaert, G., 2012. Consequences of phosphorus interactions with calcium, phytase, and cholecalciferol on zootechnical performance and mineral retention in broiler chickens; *Poultry Science* 91(10), 2523-2531.
- Destatis, 2018. *Tiere und tierische Erzeugung - Legehennen und Eier*. [https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/TiereundtierischeErzeugung/Tabellen/Betriebe\\_Legehennenhaltung\\_Eiererzeugung\\_Legeleistung\\_nach\\_Haltungsformen\\_vorl.html](https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/TiereundtierischeErzeugung/Tabellen/Betriebe_Legehennenhaltung_Eiererzeugung_Legeleistung_nach_Haltungsformen_vorl.html) Statistisches Bundesamt Deutschland [abgerufen am 30.01.2018].
- Dhandu, A.S., Angel, R., 2003. Broiler nonphytin phosphorus requirement in the finisher and withdrawal phases of a commercial four-phase feeding system; *Poultry Science* 82(8), 1257-1265.
- Ding, X.M., Li, D.D., Li, Z.R., Wang, J.P., Zeng, Q.F., Bai, S.P., Su, Z.W., Zhang, K.Y., 2016. Effects of dietary crude protein levels and exogenous protease on performance, nutrient digestibility, trypsin activity and intestinal morphology in broilers; *Livestock Science* 193, 26-31.
- Driver, J.P., Pesti, G.D., Bakalli, R.I., Edwards, H.M., 2005a. Effects of calcium and nonphytate phosphorus concentrations on phytase efficacy in broiler chicks; *Poultry Science* 84(9), 1406-1417.
- Driver, J.P., Pesti, G.M., Bakalli, R.I., Edwards, H.M.J., 2005b. Calcium requirements of the modern broiler chicken as influenced by dietary protein and age; *Poultry Science* 84(10), 1629-1639.
- Emmert, J.L., Baker, D.H., 1997. Use of the ideal, protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets; *Journal of Applied Poultry Research* 6(4), 462-470.
- Esmail, S.H.M., Chamberlain, A.G., 1987. Effect of Dietary-Components on the Growth and Body-Composition of Broiler-Chickens; *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 58(5), 262-266.
- European Parliament Intergroup on the Welfare and Conservation of Animals, 2012. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL AND THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE on the European Union Strategy for the Protection and Welfare of Animals 2012-2015, *Commission, E.*, Brussels.
- Fanatico, A.C., Pillai, P.B., Hester, P.Y., Falcone, C., Mench, J.A., Owens, C.M., Emmert, J.L., 2008. Performance, livability, and carcass yield of slow- and fast-growing

- chicken genotypes fed low-nutrient or standard diets and raised indoors or with outdoor access; *Poultry Science* 87(6), 1012-1021.
- Fatufe, A.A., Rodehutsord, M., 2005. Growth, body composition, and marginal efficiency of methionine utilization are affected by nonessential amino acid nitrogen supplementation in male broiler chicken; *Poultry Science* 84(10), 1584-1592.
- Ferguson, N.S., Gates, R.S., Taraba, J.L., Cantor, A.H., Pescatore, A.J., Ford, M.J., Burnham, D.J., 1998. The effect of dietary crude protein on growth, ammonia concentration, and litter composition in broilers; *Poultry Science* 77(10), 1481-1487.
- Ferket, P., Van Heugten, E., Van Kempen, T., Angel, R., 2002. Nutritional strategies to reduce environmental emissions from nonruminants<sup>1</sup>, 2; *Journal of Animal Science* 80, E168-E182.
- Firman, J.D., Boling, S.D., 1998. Ideal protein in Turkeys; *Poultry Science* 77(1), 105-110.
- Flock, D.K., Seemann, G., 1993. Grenzen der Leistungssteigerung in der Broilerzucht?; *Lohmann-Information* Juli – September 5-7.
- Foy, R.H., Ball, M.E.E., George, J., 2014. Assessing changes in the composition of broiler litters from commercial poultry units in Northern Ireland following the adoption of phytase in diets; *Poultry Science* 93(11), 2718-2723.
- Freitas, D.M., Vieira, S.L., Angel, C.R., Favero, A., Maiorka, A., 2011. Performance and nutrient utilization of broilers fed diets supplemented with a novel mono-component protease; *The Journal of Applied Poultry Research* 20(3), 322-334.
- Fritts, C.A., Waldroup, P.W., 2006. Modified phosphorus program for broilers based on commercial feeding intervals to sustain live performance and reduce total and water-soluble phosphorus in litter; *Journal of Applied Poultry Research* 15(2), 207-218.
- Frömbling, M., 2000. *Einfluß unterschiedlicher Rohfasergehalte im Alleinfutter auf die scheinbare Verdaulichkeit der Rohnährstoffe bei verschiedenen Ziervogelarten im Vergleich zu Hühnern*. Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover.
- Furuse, M., 1999. Release and endogenous actions of the gastrin/cholecystokinin (CCK) family in the chicken; *Journal of Experimental Zoology* 283(4-5), 448-454.
- Gerken, M., 1991. *Antagonistische Beziehungen zwischen Verhaltens- und Leistungsmerkmalen beim Geflügel*. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn.
- Gerken, M., Jaenecke, D., Kreuzer, M., 2003. Growth, behaviour and carcass characteristics of egg-type cockerels compared to male broilers; *Worlds Poultry Science Journal* 59(1), 46-49.

- Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, 1999. *Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner*. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- GfE, 1999. *Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner (Broiler)*. DLG-Verlag, Frankfurt (Main), Germany.
- Ghahri, H., Gaykani, R., Toloie, T., 2010. Effect of dietary crude protein level on performance and lysine requirements of male broiler chickens; *African Journal of Agricultural Research* 5(11), 1228-1234.
- Goodarzi Boroojeni, F., Mader, A., Knorr, F., Ruhnke, I., Rohe, I., Hafeez, A., Manner, K., Zentek, J., 2014. The effects of different thermal treatments and organic acid levels on nutrient digestibility in broilers; *Poultry Science* 93(5), 1159-1171.
- Grashorn, M.A., Clostermann, G., 2002. Performance and slaughter characteristics of broiler breeds for extensive production; *Archiv Für Geflügelkunde* 66(4), 173-181.
- Halle, I., Dänicke, S., 2001. Influence of diet and feeding technique on growing, feed conservation ratio and carcass composition for fast- and slow-growing broiler chickens; *Landbauforschung Völkenrode* 51(4), 175-184.
- Halle, I., Kluth, H., Dänicke, S., 2012. Effect of a graded dietary protein-energy-concentration on the growth performance of laying-type cockerels of different strains; *Archiv für Geflügelkunde* 76(4), 223–229.
- Hanke, O.A., 1974. *American Poultry History, 1823-1973*; American Poultry Historical Society: Layayette, IN.
- Hartung, J., Phillips, V.R., 1994. Control of Gaseous Emissions from Livestock Buildings and Manure Stores; *Journal of Agricultural Engineering Research* 57(3), 173-189.
- Hernandez, F., Lopez, M., Martinez, S., Megias, M.D., Catala, P., Madrid, J., 2012. Effect of low-protein diets and single sex on production performance, plasma metabolites, digestibility, and nitrogen excretion in 1- to 48-day-old broilers; *Poultry Science* 91(3), 683-692.
- Hossain, M.A., Islam, A.F., Paul, I.J., 2014. Impact of microbial enzymes on growth performance, micro-nutrient digestibility, tissue protein contents and endogenous enzymes activities of broiler chickens fed on vegetable protein diets.; *International Journal of Poultry Science* 13, 555-561.
- Hurwitz, S., 1996. Homeostatic control of plasma calcium concentration; *Critical reviews in biochemistry and molecular biology* 31(1), 41-100.

- Icken, W., 2013. Lohmann Dual – Fleisch und Eier; *Schweizer Geflügelzeitung*(3), 15 - 16.
- Imai, M., Shibata, T., Moriguchi, K., Yamamoto, M., Hayama, H., 1991. Proventricular glands in fowl; *Okajimas Folia Anatomica Japonica* 68(2-3), 155-160.
- Ipek, A., Karabulut, A., Sahan, U., Canbolat, O., Yilmaz-Dikmen, B., 2009. The effects of different feeding management systems on performance of a slow-growing broiler genotype; *British Poultry Science* 50(2), 213-217.
- Jackson, S., Summers, J.D., Leeson, S., 1982. Effect of dietary-protein and energy on broiler carcass composition and efficiency of nutrient utilization; *Poultry Science* 61(11), 2224-2231.
- Jeroch, H., Simon, A., Zentek, J., 2013. *Geflügelernährung*. Ulmer, Stuttgart.
- Jerrett, S.A., Goodge, W.R., 1973. Evidence for Amylase in Avian Salivary-Glands; *Journal of Morphology* 139(1), 27-45.
- Kamphues, J., Iben, C., Pallauf, J., Wanner, M., Coenen, M., Kienzle, E., Simon, O., Zentek, J. (2014). *Supplemente zur Tierernährung: Für Studium und Praxis*. M. & H. Schaper, Hannover.
- Kamran, Z., Mirza, M.A., Haq, A., Mahmood, S., 2004. Effect of decreasing dietary protein levels with optimum amino acids profile on the performance of broilers; *Pakistan Veterinary Journal* 24(4), 165-168.
- Kamran, Z., Sarwar, M., Mahr-un-Nisa, Nadeem, M.A., Mushtaq, T., Ahmed, T., Babar, M.E., Mushtaq, M.M.H., 2008a. Effect of low levels of dietary protein on growth, protein utilisation and body composition of broiler chicks from one to twenty-six days of age; *Avian Biology Research* 1(1), 19-25.
- Kamran, Z., Sarwar, M., Nisa, M., Nadeem, M.A., Ahmad, S., Mushtaq, T., Ahmad, T., Shahzad, M.A., 2008b. Effect of Lowering Dietary Protein with Constant Energy to Protein Ratio on Growth, Body Composition and Nutrient Utilization of Broiler Chicks; *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 21(11), 1629-1634.
- Khachatryan, Z.A., Ktsoyan, Z.A., Manukyan, G.P., Kelly, D., Ghazaryan, K.A., Aminov, R.I., 2008. Predominant Role of Host Genetics in Controlling the Composition of Gut Microbiota; *Plos One* 3(8), e3064, DOI: 10.1371/journal.pone.0003064
- Kohl, K.D., 2012. Diversity and function of the avian gut microbiota; *Journal of Comparative Physiology B-Biochemical Systemic and Environmental Physiology* 182(5), 591-602.
- König, H.E., Hinterseher, C., Liebich, H.-G., Korbel, R., 2008. *Anatomie der Vögel: klinische Aspekte und Propädeutik Zier-, Greif-, Zoo-, Wildvögel und Wirtschaftsgeflügel mit 14 Tabellen*. Schattauer Verlag, Stuttgart.

- König, M. 2012. *Verwendung männlicher Hühnerküken aus Legehybridherkünften zur Erzeugung von Stubenküken*, Universität Hohenheim.
- König, M., Hahn, G., Damme, K., Schmutz, M., 2012. Utilization of laying-type cockerels as „coquelets“: Influence of genotype and diet characteristics on growth performance and carcass composition; *Archiv für Geflügelkunde* 76(3), 197–202.
- Koreleski, J., Swiatkiewicz, S., 2008. Effect of protein and methionine levels in a semi-organic diet for dual-purpose type chickens on slaughter performance and nitrogen balance; *Journal of Animal and Feed Sciences* 17(3), 381-391.
- Koreleski, J., Swiatkiewicz, S., 2009. Nutritional efficacy of methionine and protein levels in energy-enriched organic diets fed to dual-purpose type chickens; *Archiv Für Geflügelkunde* 73(3), 154-159.
- Koreleski, J., Swiatkiewicz, S., Arczewska, A., 2008. Dual-purpose slow-growing chickens for meat production; *Annals of Animal Science* 8(1), 91-97.
- Kuckein, F. 1882. Beitrag zur Kenntniss des Stoffverbrauchs beim hungernden Huhn, *Zeitschrift für Biologie* 18, 17-40.
- Lan, P.T.N., Hayashi, H., Sakamoto, M., Benno, Y., 2002. Phylogenetic analysis of cecal microbiota in chicken by the use of 16S rDNA clone libraries; *Microbiology and Immunology* 46(6), 371-382.
- Larbier, M., Leclercq, B., 1992. *Nutrition and feeding of poultry*. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris.
- Law, L.F., Zulkifli, I., Soleimani, A.F., Hossain, M.A., Liang, J.B., 2015. Nutrient digestibility of broiler chickens fed on a low-protein diet supplemented with mono-component proteases; *European Poultry Science* 79, DOI: 10.1399/eps.2015.107
- Le Clerc de Buffon, G.L., 1787. *Naturgeschichte der Vogel, Vierter Band*. Traßler, Brünn.
- Leenstra, F., Munnichs, G., Beekman, V., van den Heuvel-Vromans, E., Aramyan, L., Woelders, H., 2011. Killing day-old chicks? Public opinion regarding potential alternatives; *Animal Welfare* 20(1), 37-45.
- Leeson, S., Summers, J.D., 2005. *Commercial Poultry Nutrition*. Nottingham University Press, Nottingham.
- Leske, K., Coon, C., 2002. The development of feedstuff retainable phosphorus values for broilers; *Poultry Science* 81(11), 1681-1693.



- Lewis, P.D., Perry, G.C., Farmer, L.J., Patterson, R.L.S., 1997. Responses of two genotypes of chicken to the diets and stocking densities typical of UK and 'Label Rouge' production systems .1. Performance, behaviour and carcass composition; *Meat Science* 45(4), 501-516.
- Lima, R.B., Figueiredo-Lima, D.F., Givisiez, P.E.N., Rabello, C.B.V., Gonzales, E., Silva, J.H.V., 2010. Probiosis: Concepts and Prospects; *Brazilian Journal of Poultry Science* 12(4), 215-222.
- Locatelli, M.L., Ravindran, V., Lemme, A., 2004. Standardized ileal amino acid digestibility in broiler nutrition; *Journal of Dairy Science* 87, 433-433.
- Lohmann Tierzucht, 2015. *Lohmann Brown*. <http://www.ltz.de/en/parent-stock/lohmann-brown.php>, [abgerufen am 14.07.2015].
- McCuaig, L.W., Motzok, I., Davies, M.I., 1972. Intestinal alkaline-phosphatase and phytase of chicks - Effect of dietary magnesium, calcium and phosphorus and thyroactive casein; *Poultry Science* 51(2), 526-530.
- Ministerium für Klimaschutz, U., Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 2013. *NRW stärkt den Tierschutz: Töten männlicher Küken nach Übergangszeit ab 2015 verboten/Ordnungsverfügungen an 12 Brütereien in NRW* verschickt. <http://www.umwelt.nrw.de/pressearchiv/presse2013/presse131223.php>, [abgerufen am 27.07.2015].
- Mitchell, H.H., Hamilton, T.S., Card, L.E., 1926. *The growth of White Plymouth Rock chickens*, University of Illinois Agricultural Experiment Station, Urbana, Illinois.
- Moran, E.T., Jr., Stilborn, H.L., 1996. Effect of glutamic acid on broilers given submarginal crude protein with adequate essential amino acids using feeds high and low in potassium; *Poultry Science* 75(1), 120-129.
- Mutucumarana, R.K., Ravindran, V., Ravindran, G., Cowieson, A.J., 2014. Measurement of true ileal digestibility and total tract retention of phosphorus in corn and canola meal for broiler chickens; *Poultry Science* 93(2), 412-419.
- Nahm, K.H., 2007. Feed formulations to reduce N excretion and ammonia emission from poultry manure; *Bioresource Technology* 98(12), 2282-2300.
- Namroud, N.F., Shivazad, M., Zaghari, M., 2010. Impact of dietary crude protein and amino acids status on performance and some excreta characteristics of broiler chicks during 10-28 days of age; *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 94(3), 280-286.
- National Research Council, 1994. *Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition, 1994*. National Academies Press, Washington, D.C.

- Naumann, C., Bassler, R., 2012. *Methodenbuch Band III Chemische Untersuchung von Futtermitteln*, 3. Auflage, 8. Ergänzungslieferung. VDLUFA - Verlag, Darmstadt.
- Nickel, R., Schummer, A., Seiferle, E., 2004. *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band V, Anatomie der Vögel*. Parey Verlag, Stuttgart.
- Paik, I.K., 2001. Management of excretion of phosphorus, nitrogen and pharmacological level minerals to reduce environmental pollution from animal production - Review; *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 14(3), 384-394.
- Parr, J.F., Summers, J.D., 1991. The effect of minimizing amino acid excesses in broiler diets; *Poultry Science* 70(7), 1540-1549.
- Parsons, C.M., 1995. Nutrient utilization and methods of assessment – an environmental perspective, *In: Deagussa Technical Symposium*, Marriott Hotel, Indianapolis, IN, USA, 1-5.
- Patterson, P., 2002. Using Dietary and Management Strategies to Reduce the Nutrient Excretion of Poultry, *In: Livestock and Poultry Environmental Stewardship (LPES) Curriculum*. Midwest Plant Service (MWSPublisher,)Ames, IA, USA., 7–19.
- Peter, W., Danicke, S., Jeroch, H., Wicke, M., von Lengerken, G., 1997. Influence of intensity of nutrition on selected parameters of carcass and meat quality of French Label type chickens; *Archiv für Geflügelkunde* 61(3), 110-116.
- Pinheiro, D.F., Cruz, V.C., Sartori, J.R., Vicentini Paulino, M.L., 2004. Effect of early feed restriction and enzyme supplementation on digestive enzyme activities in broilers; *Poultry Science* 83(9), 1544-1550.
- Plumstead, P.W., Leytem, A.B., Maguire, R.O., Spears, J.W., Kwanyuen, P., Brake, J., 2008. Interaction of calcium and phytate in broiler diets. 1. Effects on apparent prececal digestibility and retention of phosphorus; *Poultry Science* 87(3), 449-458.
- Prausnitz, W., 1890. Über den zeitlichen Verlauf der Ablagerung und des Schwindens des Glykogens; *Zeitschrift für Biologie* 26, 377-413.
- Pubols, M.H., 1991. Ratio of Digestive Enzymes in the Chick Pancreas; *Poultry Science* 70(2), 337-342.
- Quentin, M., Bouvarel, I., Berri, C., Le Bihan-Duval, E., Baeza, E., Jégo, Y., Picard, M., 2003. Growth, carcass composition and meat quality response to dietary concentrations in fast-, medium- and slow-growing commercial broilers; *Animal Research* 52(1), 65-77.

- Quentin, M., Bouvarel, I., Picard, M., 2004. Short- and Long-Term Effects of Feed Form on Fast- and Slow-Growing Broilers; *The Journal of Applied Poultry Research* 13(4), 540-548.
- Quentin, M., Bouvarel, I., Picard, M., 2005. Effects of crude protein and lysine contents of the diet on growth and body composition of slow-growing commercial broilers from 42 to 77 days of age; *Animal Research* 54(2), 113-122.
- Rama Rao, S.V., Raju, M.V.L.N., Reddy, M.R., Pavani, P., 2006. Interaction between dietary calcium and non-phytate phosphorus levels on growth, bone mineralization and mineral excretion in commercial broilers; *Animal Feed Science and Technology* 131(1-2), 135-150.
- Rehman, H.U., Vahjen, W., Awad, W.A., Zentek, J., 2007. Indigenous bacteria and bacterial metabolic products in the gastrointestinal tract of broiler chickens; *Archives of Animal Nutrition* 61(5), 319-335.
- Rezaian, M., Yaghoobfar, A., Barin, J., 2007. Effects of pellet and mesh diets on the activity of the microflora and morphology of the small intestine of broiler chicks; *Journal of Animal and Veterinary Advances* 6(5), 723-727.
- Ristic, M., Bellof, G., Schmidt, E., 2003. Einfluss von Genotyp und Fütterung auf den Schlachtkörperwert von Broilern im Ökologischen Landbau; *Ressortforschung für den ökologischen Landbau, Statusseminar der Ressortforschungseinrichtungen des BMVEL am 5. März 2004 in der BBA, Kleinmachnow*, 55-59.
- Ristic, M., Mauruskukral, E.M., Roth, F.X., Kirchgessner, M., 1990. Carcass and meat quality of male Broilers after prolonged finisher period; *Archiv für Geflügelkunde* 54(4), 133-142.
- Romero, L.F., Sands, J.S., Indrakumar, S.E., Plumstead, P.W., Dalsgaard, S., Ravindran, V., 2014. Contribution of protein, starch, and fat to the apparent ileal digestible energy of corn- and wheat-based broiler diets in response to exogenous xylanase and amylase without or with protease; *Poultry Science* 93(10), 2501-2513.
- Romruen, K., Drochner, W., Luders, H., Gunther, K.D., 1988. Feeding Increasing Amounts of Pectins to Laying Hens and Effects for Feed-Tolerance, Digestibility of the Nutrients and Some Parameter in the Chyme of the Gut and Serum - Trials Carried out by Means of the Pair-Feeding Technique; *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 60(5), 257-268.
- Roth, F.X., Mauruskukral, E.M., Kirchgessner, M., 1989. Protein-Utilization of Broilers by different protein and energy supply during prolonged finishing period; *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 61(1), 28-35.

- Rougière, N., Gomez, J., Mignon-Grasteau, S., Carré, B., 2009. Effects of diet particle size on digestive parameters in D+ and D- genetic chicken lines selected for divergent digestion efficiency; *Poultry Science* 88(6), 1206-1215.
- Rousseau, X., Letourneau-Montminy, M.P., Meme, N., Magnin, M., Nys, Y., Narcy, A., 2012. Phosphorus utilization in finishing broiler chickens: effects of dietary calcium and microbial phytase; *Poultry Science* 91(11), 2829-2837.
- Rousseau, X., Valable, A.S., Letourneau-Montminy, M.P., Meme, N., Godet, E., Magnin, M., Nys, Y., Duclos, M.J., Narcy, A., 2016. Adaptive response of broilers to dietary phosphorus and calcium restrictions; *Poultry Science* 95(12), 2849-2860.
- Schäublin, H., Wiedemar, H., Zweifel, R., 2005. Vergleich der Mastleistungen und Fleischqualität von Hähnen ausgewählter Legelinien mit einem extensiven Masthybriden; *Schlussbericht Versuchsprojekt M 405*. 7.3.-6.6.2005, Aviforum, CH-3052 Zollikofen.
- Sergeant, M.J., Constantinidou, C., Cogan, T.A., Bedford, M.R., Penn, C.W., Pallen, M.J., 2014. Extensive Microbial and Functional Diversity within the Chicken Cecal Microbiome; *Plos One* 9(3), e91941.
- Shafey, T.M., 1988. *The Effects of High Calcium Diets on Broiler Chickens*. University of Queensland, Queensland. Ph.D. Thesis
- Shafey, T.M., 1993. Calcium tolerance of growing chickens: effect of ratio of dietary calcium to available phosphorus; *World's Poultry Science Journal* 49(1), 5-18.
- Shafey, T.M., 1998. Effects of dietary calcium, phosphorus, biotin, and fat on the performance and nutrient utilization of meat chickens; *Journal of King Saud University, Agricultural Sciences* 10(2), 121-132.
- Shafey, T.M., 1999. Effects of high dietary calcium and fat levels on the performance, intestinal pH, body composition and size and weight of organs in growing chickens; *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 12(1), 49-55.
- Shafey, T.M., McDonald, M.W., 1991. The effects of dietary calcium, phosphorus, and protein on the performance and nutrient utilization of broiler chickens; *Poultry Science* 70(3), 548-553.
- Shastak, Y., Rodehutsord, M., 2013. Determination and estimation of phosphorus availability in growing poultry and their historical development; *World's Poultry Science Journal* 69(3), 569-586.
- Si, J., Fritts, C.A., Waldroup, P.W., Burnham, D.J., 2004. Effects of Tryptophan to Large Neutral Amino Acid Ratios and Overall Amino Acid Levels on Utilization of Diets Low

- in Crude Protein by Broilers<sup>1</sup>; *The Journal of Applied Poultry Research* 13(4), 570-578.
- Siegel, P.B., 2014. Evolution of the modern broiler and feed efficiency; *Annual Review Animal Biosciences* 2, 375-385.
- Siegmann, O., Neumann, U., 2014. *Kompendium der Geflügelkrankheiten: Unter Mitarbeit führender Spezialisten aus Lehre, Praxis und Forschung*. Schlütersche Verlagsgesellschaft GmbH & Company KG, Hannover.
- Skinner, J.T., Izat, A.L., Waldroup, P.W., 1992. Effects of Removal of Supplemental Calcium and Phosphorus from Broiler Finisher Diets; *The Journal of Applied Poultry Research* 1(1), 42-47.
- Spor, A., Koren, O., Ley, R., 2011. Unravelling the effects of the environment and host genotype on the gut microbiome; *National Reviews on Microbiology* 9(4), 279-290.
- Stanley, D., Hughes, R.J., Moore, R.J., 2014. Microbiota of the chicken gastrointestinal tract: influence on health, productivity and disease; *Applied Microbiology and Biotechnology* 98(10), 4301-4310.
- Sterling, K.G., Pesti, G.M., Bakalli, R.I., 2003. Performance of broiler chicks fed various levels of dietary lysine and crude protein; *Poultry Science* 82(12), 1939-1947.
- Suttle, N.F., 2010. *Mineral Nutrition of Livestock, 4<sup>th</sup> Edition*, CABI, Wallingford, United Kingdom.
- Svihus, B., 2011. The gizzard: function, influence of diet structure and effects on nutrient availability; *Worlds Poultry Science Journal* 67(2), 207-223.
- Tamim, N.M., Angel, R., Christman, M., 2004. Influence of dietary calcium and phytase on phytate phosphorus hydrolysis in broiler chickens; *Poultry Science* 83(8), 1358-1367.
- Torok, V.A., Hughes, R.J., Mikkelsen, L.L., Perez-Maldonado, R., Balding, K., MacAlpine, R., Percy, N.J., Ophel-Keller, K., 2011. Identification and characterization of potential performance-related gut microbiotas in broiler chickens across various feeding trials; *Applied and Environmental Microbiology* 77(17), 5868-5878.
- Vadas, P.A., Meisinger, J.J., Sikora, L.J., McMurtry, J.P., Sefton, A.E., 2004. Effect of poultry diet on phosphorus in runoff from soils amended with poultry manure and compost; *Journal of Environmental Quality* 33(5), 1845-1854.
- Van der Hoek, K.W., 1998. Nitrogen efficiency in global animal production. In: Van Der Hoek K.W., Erismann J.W., Smeulders S., Wisniewski J.R. and Wisniewski J. (Editors), Nitrogen, the Confer-N-s. Elsevier, Amsterdam, 127-132.

- van der Wielen, P.W., Keuzenkamp, D.A., Lipman, L.J., van Knapen, F., Biesterveld, S., 2002. Spatial and temporal variation of the intestinal bacterial community in commercially raised broiler chickens during growth; *Microbial Ecology* 44(3), 286-293.
- Vieira, S.L., Stefanello, C., Sorbara, J.O., 2014. Formulating poultry diets based on their indigestible components; *Poultry Science* 93(9), 2411-2416.
- Von Engelhardt, W., 2015. *Physiologie der Haustiere*. Enke Verlag, Stuttgart.
- Walk, C.L., Addo-Chidie, E.K., Bedford, M.R., Adeola, O., 2012. Evaluation of a highly soluble calcium source and phytase in the diets of broiler chickens; *Poultry Science* 91(9), 2255-2263.
- Widyaratne, G.P., Drew, M.D., 2011. Effects of protein level and digestibility on the growth and carcass characteristics of broiler chickens<sup>1</sup>; *Poultry Science* 90(3), 595-603.
- Wiemann, K. 2005. *Beitrag zur Geschichte der Ernährungsforschung beim Haushuhn (bis 1950): Futtermittel, Verdauungsphysiologie, Energiehaushalt, Eiweiß-, Mineral- und Vitaminstoffwechsel*. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover
- Wilkinson, S.J., Selle, P.H., Bedford, M.R., Cowieson, A.J., 2014. Separate feeding of calcium improves performance and ileal nutrient digestibility in broiler chicks; *Animal Production Science* 54(2), 172-178.
- Woelders, H., Brom, F.W.A., Hopster, H., 2007. *Alternatieven voor doding van eendagskuikens: technologische perspectieven en ethische consequenties*, Animal Sciences Group, Lelystad.
- Yan, F., Angel, R., Ashwell, C., Mitchell, A., Christman, M., 2005. Evaluation of the broiler's ability to adapt to an early moderate deficiency of phosphorus and calcium; *Poultry Science* 84(8), 1232-1241.
- Zhao, L., Wang, G., Siegel, P., He, C., Wang, H., Zhao, W., Zhai, Z., Tian, F., Zhao, J., Zhang, H., Sun, Z., Chen, W., Zhang, Y., Meng, H., 2013. Quantitative genetic background of the host influences gut microbiomes in chickens; *Scientific Reports* 3, 1163.
- Zhou, J.P., Yang, Z.B., Yang, W.R., Wang, X.Y., Jiang, S.Z., Zhang, G.G., 2008. Effects of a New Recombinant Phytase on the Performance and Mineral Utilization of Broilers Fed Phosphorus-Deficient Diets; *Journal of Applied Poultry Research* 17(3), 331-339.
- Ziaei, N., Kermanshahi, H., PileVar, M., 2011. Effects of dietary crude protein and calcium/phosphorus content on growth, nitrogen and mineral retention in broiler chickens; *African Journal of Biotechnology* 10(61), 13342-13350.

## 10 Anhang

### 10.1 Verwendete Geräte und Materialien

**Tabelle 30:** Geräte und Materialien zur Ermittlung der Leistungsdaten

Produkt	Hersteller	Ort, Land
Bizerba ITE Wägeterminal + Lastaufnehmer	Bizerba SE & Co. KG	Balingen, Deutschland

**Tabelle 31:** Geräte und Materialien für die Untersuchung der Versuchsdieten

Produkt	Hersteller	Ort, Land
Ameisensäure (85%), rein	Carl Roth GmbH & Co.KG	Karlsruhe, Deutschland
Aminosäureanalysator:	Amersham Pharmacia	Piscataway, NJ, USA
Biochrom 20 plus	Biotech	
Ammoniumheptamolybdat-Tetrahydrat > 99% p.a. krist.	Carl Roth GmbH&Co.KG	Karlsruhe, Deutschland
Ammoniummonovanadat	Merck KGaA	Darmstadt, Deutschland
Analysewaage Typ Genius	Sartorius AG	Göttingen, Deutschland
ASpect CS Software	Analytik Jena AG	Jena, Deutschland
Atomabsorptionsspektrometer: vario 6	Analytik Jena AG	Jena, Deutschland
Aufschlussgerät: Digi Prep HAT	SCP Science	Quebec, CANADA
Biochrom 20 plus Software	Biochrom Ltd	Cambridge, UK
Citronensäure-Monohydrat ≥ 99,5% p.a. ACS	Carl Roth GmbH & Co.KG	Karlsruhe, Deutschland
Dimethylsulfoxid Rotipuran® ≥ 99,8% p.a. ACS	Carl Roth GmbH & Co.KG	Karlsruhe, Deutschland
Exsikkator Typ Novus NS 24/29	Duran Produktions GmbH & Co. KG	Mainz, Deutschland
EZChrom Software, Version 6.8	Scientific Software, Inc.	Pleasanton, CA, USA
Faltenfilter Whatman 595 ½, 125 mm	GE Healthcare	Little Chalfont, UK
F57 Filter Bags	Ankom Technology	Macedon, NY, USA
Glasaufschlussröhrchen	SCP Science	Quebec, CANADA
Greiner Röhrchen 15 mL	Greiner Bio One	Frickenhausen, Deutschland
Greiner Röhrchen 50 mL	Greiner Bio One	Frickenhausen, Deutschland
Heraeus® Trockenschrank T5042	Heraeus Holding GmbH	Hanau, Deutschland
L-Glutaminsäure	Merck Millipore	Darmstadt, Deutschland
Lacktrockenschrank LUT 6050 F	Thermo Fisher Scientific Inc.	Waltham, MA, USA
Kjeldahl Tabletten 3,5g /Tablette	AppliChem GmbH	Darmstadt, Deutschland
Makro-Elementaranalysator: vario max CN	Elementar Analysesysteme GmbH	Hanau, Deutschland
Makro-Küvette, PMMA	Brand GmbH & Co.KG	Wertheim, Deutschland
Messkolben 25 mL	EM Techcolor	Eberstadt, Deutschland

Produkt	Hersteller	Ort, Land
Muffelofen Heraeus® M 110	Heraeus Holding GmbH	Hanau, Deutschland
Thermicon® P	Thermo Fisher Scientific	Waltham, MA, USA
Natriumhydroxid ≥ 99%	Carl Roth GmbH & Co.KG	Karlsruhe, Deutschland
Petroleumbenzin, reinst	Merck KGaA	Darmstadt, Deutschland
Photometer: Ultrospec 2100 pro	Amersham Pharmacia Biotech Inc.	Piscataway, NJ, USA
Rohfaser-Analysator: Ankom2000 Fibre Analyser	Ankom Technology	Macedon, NY, USA
Sandbad, ST72	Harry Gestigkeit GmbH	Düsseldorf, Deutschland
Salpetersäure (65%)	Merck KGaA	Darmstadt, Deutschland
Salzsäure (37-38%)	J.T. Baker	Griesheim, Deutschland
Schwefelsäure (95-97%)	J.T. Baker	Griesheim, Deutschland
Siedesteinchen, Sorte B	Carl Roth GmbH & Co.KG	Karlsruhe, Deutschland
Sodium Oxide Buffer 1-4	Biochrom Ltd	Cambridge, UK
Soxhlet-Verfahren: Extraktionssystem B-811	Büchi Labortechnik GmbH	Essen, Deutschland
SWIFT II Applications Software	GE Healthcare	Buckinghamshire, UK
tri-Natriumcitrat-Dihydrat ≥ 99% p.a. ACS	Carl Roth GmbH & Co.KG	Karlsruhe, Deutschland
Ultra Ninhydrin Reagent Kit	Biochrom Ltd	Cambridge, UK
Wasserstoffperoxid	Sigma Aldrich Chemie GmbH	Steinheim, Deutschland
Pedrogen® (30%)		
XT4 Filter Bags	Ankom Technology	Macedon, NY, USA
Zentrifugalmühle, ZM 100	Retsch GmbH	Haan, Deutschland

**Tabelle 32:** Geräte und Materialien für die Bestimmung der praecaecalen Verdaulichkeit, des pH-Wertes und des Trockensubstanzgehaltes

Produkt	Hersteller	Ort, Land
Analysewaage Typ Genius	Sartorius AG	Göttingen, Deutschland
Ammoniumheptamolybdat-Tetrahydrat > 99% p.a. krist.	Carl Roth GmbH&Co.KG	Karlsruhe, Deutschland
Ammoniummonovanadat	Merck KGaA	Darmstadt, Deutschland
ASpect CS Software	Analytik Jena AG	Jena, Deutschland
Atomabsorptionsspektrometer: vario 6	Analytik Jena AG	Jena, Deutschland
Aufschlussgerät: Digi Prep HAT	SCP Science	Quebec, CANADA
Biochrom 20 plus Software	Biochrom Ltd	Cambridge, UK
Citronensäure-Monohydrat ≥ 99,5% p.a. ACS	Carl Roth GmbH & Co.KG	Karlsruhe, Deutschland
Dimethylsulfoxid Rotipuran®	Carl Roth GmbH & Co.KG	Karlsruhe, Deutschland
≥ 99,8% p.a. ACS		
Exsikkator Typ Novus NS 24/29	Duran Produktions GmbH & Co. KG	Mainz, Deutschland
EZChrom Software, Version 6.8	Scientific Software, Inc.	Pleasanton, CA, USA



F57 Filter Bags	Ankom Technology	Macedon, NY, USA
Glasaufschlussröhrchen	SCP Science	Quebec, CANADA
Greiner Röhrchen 15 mL	Greiner Bio One	Frickenhausen, Deutschland
Greiner Röhrchen 50 mL	Greiner Bio One	Frickenhausen, Deutschland
Heizblock: SCP Science	S-prep GmbH	Überlingen, Deutschland
DigiPREP HT		
Heraeus® Trockenschrank T5042	Heraeus Holding GmbH	Hanau, Deutschland
InLab®410 pH-Kombinationselektrode	Mettler Toledo GmbH	Gießen, Deutschland
Kjeldahl Tabletten 3,5g /Tablette	AppliChem GmbH	Darmstadt, Deutschland
L-Glutaminsäure	Merck Millipore	Darmstadt, Deutschland
Lacktrockenschrank LUT 6050 F	Thermo Fisher Scientific Inc.	Waltham, MA, USA
Makro-Elementaranalysator: vario max CN	Elementar Analysensysteme GmbH	Hanau, Deutschland
Makro-Küvette, PMMA	Brand GmbH & Co.KG	Wertheim, Deutschland
Messkolben 25 mL	EM Techcolor	Eberstadt, Deutschland
Muffelofen Heraeus® M 110	Heraeus Holding GmbH	Hanau, Deutschland
Natriumhydroxid ≥ 99%	Carl Roth GmbH & Co.KG	Karlsruhe, Deutschland
Petroleumbenzin, reinst	Merck KGaA	Darmstadt, Deutschland
Photometer: Ultrospec 2100 pro	Amersham Pharmacia Biotech Inc.	Piscataway, NJ, USA
pH-Pufferlösung pH 4	Mettler Toledo GmbH	Gießen, Deutschland
pH-Pufferlösung pH 7	Mettler Toledo GmbH	Gießen, Deutschland
Rohfaser-Analysator: Ankom2000 Fibre Analyser	Ankom Technology	Macedon, NY, USA
Rotilabo® Rundfilter Typ 15 A	Carl Roth GmbH & Co.KG	Karlsruhe, Deutschland
Sandbad, ST72	Harry Gestigkeit GmbH	Düsseldorf, Deutschland
Salpetersäure (65%)	Merck KGaA	Darmstadt, Deutschland
Salzsäure (37-38%)	J.T. Baker	Griesheim, Deutschland
Schwefelsäure (95-97%)	J.T. Baker	Griesheim, Deutschland
Siedesteinchen, Sorte B	Carl Roth GmbH & Co.KG	Karlsruhe, Deutschland
Sodium Loading Buffer pH 2.20	Biochrom Ltd	Cambridge, UK
Sodium Oxide Buffer 1-4	Biochrom Ltd	Cambridge, UK
Soxhlet-Verfahren: Extraktionssystem B-811	Büchi Labortechnik GmbH	Essen, Deutschland
SWIFT II Applications Software	GE Healthcare	Buckinghamshire, UK
tri-Natriumcitrat-Dihydrat ≥ 99% p.a. ACS	Carl Roth GmbH & Co.KG	Karlsruhe, Deutschland
Ultra Ninhydrin Reagent Kit	Biochrom Ltd	Cambridge, UK
Wasserstoffperoxid	Sigma Aldrich Chemie GmbH	Steinheim, Deutschland
Pedrogen® (30%)	GmbH	
Vakuum-Gefriertrockner: Alpha 1-4 LSC	Christ GmbH	Osterode, Deutschland
XT4 Filter Bags	Ankom Technology	Macedon, NY, USA

---

Zentrifugalmühle, ZM 100      Retsch GmbH      Haan, Deutschland

---

**Tabelle 33:** Geräte und Materialien für die Aufbereitung der Proben für die Ganzkörperanalyse

Produkt	Hersteller	Ort, Land
Tischkutter TC11	Hermann Scharfen GmbH & Co. Maschinenfabrik KG	Witten, Germany
Analysewaage Typ Genius	Sartorius AG	Göttingen, Deutschland
Ammoniumheptamolybdat-Tetrahydrat > 99% p.a. krist.	Carl Roth GmbH&Co.KG	Karlsruhe, Deutschland
Ammoniummonovanadat	Merck KGaA	Darmstadt, Deutschland
ASpect CS Software	Analytik Jena AG	Jena, Deutschland
Atomabsorptionsspektrometer: vario 6	Analytik Jena AG	Jena, Deutschland
Aufschlussgerät: Digi Prep HAT	SCP Science	Quebec, CANADA
Beil		
Biochrom 20 plus Software	Biochrom Ltd	Cambridge, UK
Citronensäure-Monohydrat ≥ 99,5% p.a. ACS	Carl Roth GmbH & Co.KG	Karlsruhe, Deutschland
Dimethylsulfoxid	Carl Roth GmbH & Co.KG	Karlsruhe, Deutschland
Rotipuran®		
≥ 99,8% p.a. ACS		
Exsikkator Typ Novus NS 24/29	Duran Produktions GmbH & Co. KG	Mainz, Deutschland
EZChrom Software, Version 6.8	Scientific Software, Inc.	Pleasanton, CA, USA
F57 Filter Bags	Ankom Technology	Macedon, NY, USA
Greiner Röhrchen 50 mL	Greiner Bio One	Frickenhausen, Deutschland
Heraeus® Trockenschrank T5042	Heraeus Holding GmbH	Hanau, Deutschland
InLab®410 pH-Kombinationselektrode	Mettler Toledo GmbH	Gießen, Deutschland
L-Glutaminsäure	Merck Millipore	Darmstadt, Deutschland
Lackrockenschrank LUT 6050 F	Thermo Fisher Scientific Inc.	Waltham, MA, USA
Makro-Elementaranalysator: vario max CN	Elementar Analysensysteme GmbH	Hanau, Deutschland
Makro-Küvette, PMMA	Brand GmbH & Co.KG	Wertheim, Deutschland
Messkolben 25 mL	EM Techcolor	Eberstadt, Deutschland
Muffelofen Heraeus® M 110	Heraeus Holding GmbH	Hanau, Deutschland
Natriumhydroxid ≥ 99%	Carl Roth GmbH & Co.KG	Karlsruhe, Deutschland
Petroleumbenzin, reinst	Merck KGaA	Darmstadt, Deutschland
Photometer: Ultrospec 2100 pro	Amersham Pharmacia Biotech Inc.	Piscataway, NJ, USA
Rotilabo® Rundfilter Typ 15 A	Carl Roth GmbH & Co.KG	Karlsruhe, Deutschland
Sandbad, ST72	Harry Gestigkeit GmbH	Düsseldorf, Deutschland

---

Salatbecher		
Salpetersäure (65%)	Merck KGaA	Darmstadt, Deutschland
Salzsäure (37-38%)	J.T. Baker	Griesheim, Deutschland
Sodium Loading Buffer pH 2.20	Biochrom Ltd	Cambridge, UK
Sodium Oxide Buffer 1-4	Biochrom Ltd	Cambridge, UK
Soxhlet-Verfahren:	Büchi Labortechnik GmbH	Essen, Deutschland
Extraktionssystem B-811		
SWIFT II Applications Software	GE Healthcare	Buckinghamshire, UK
tri-Natriumcitrat-Dihydrat ≥ 99% p.a. ACS	Carl Roth GmbH & Co.KG	Karlsruhe, Deutschland
Ultra Ninhydrin Reagent Kit	Biochrom Ltd	Cambridge, UK
Wasserstoffperoxid Pedrogen® (30%)	Sigma Aldrich Chemie GmbH	Steinheim, Deutschland
Vakuum-Gefriertrockner: Alpha 1-4 LSC	Christ GmbH	Osterode, Deutschland
XT4 Filter Bags	Ankom Technology	Macedon, NY, USA
Zentrifugalmühle, ZM 100	Retsch GmbH	Haan, Deutschland

---

## 11 Veröffentlichungen

### Posterbeiträge

71. Tagung der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie

Göttingen - 14.-16.03.2017

J. Urban, I. Röhe, K. Männer, J. Zentek (2017)

*Effect of varying dietary protein-levels on performance and total body composition in dual-purpose chickens*

In: Proceedings of the Society of Nutrition Physiology – Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (Hrsg.)

Frankfurt: DLG-Verlag; 26, S. 143

ISBN: 978-3-7690-4110-1

21st Congress of the European Society of Veterinary and Comparative Nutrition,

Cirencester/UK, 20.09. - 23.09.2017.

Urban, J., Röhe, I., Männer K., Zentek, J. (2017).

*Effect of varying dietary protein-levels and calcium-phosphorus ratios on performance and whole body composition in dual-purpose chickens.*

In: Congress Proceedings

### Zeitschriftenbeiträge

Urban, J., Röhe, I., Zentek, J. (2018).

Effect of protein restriction on performance, nutrient digestibility and whole body composition of male Lohmann Dual chickens. *European Poultry Science* 82, DOI: 10.1399/eps.2018.221

Urban, J., Röhe, I., Zentek, J. (2018).

Effect of dietary protein and calcium and phosphorus contents on performance, nutrient digestibility and whole body composition of male Lohmann Dual chickens. *European Poultry Science* 82, DOI: 10.1399/eps.2018.231

## 12 Danksagung

Zuallererst möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Jürgen Zentek für die Möglichkeit der Promotion am Institut für Tierernährung und die Überlassung des interessanten Themas bedanken. Außerdem für die umfangreiche Unterstützung und Beratung während der gesamten Zeit.

Mein Dank gilt der Landwirtschaftlichen Rentenbank für die finanzielle Förderung, welche aus Mitteln des Zweckvermögens des Bundes erfolgte, und der Bundesanstalt für Ernährung und Landwirtschaft für die fachliche Betreuung des Verbundprojekts: „Integhof - Geflügelhaltung neu strukturiert: Integration von Mast und Eierproduktion bei Einsatz des Zweinutzungshuhns als Maßnahme zum Tierschutz“.



**rentenbank**

Bedanken möchte ich mich außerdem bei meiner Betreuerin Dr. Ilen Röhe, welche mir bei Fragen stets zur Seite stand und mich über die gesamte Zeit hinweg betreut hat.

Mein herzlicher Dank gilt darüber hinaus Herrn Prof. Dr. Klaus Männer, der mir bei der Rationsplanung und Durchführung der Tierversuche sehr geholfen hat.

Für die technische Assistenz im Labor und Hilfe bei allen kleinen und großen Fragen möchte ich mich sehr bei Anett Kriesten, Katharina Topp, Luisa Ebersbach und Marita Eitinger bedanken.

Ein großer Dank gilt den Tierpflegern Corinna Schmidt, Ines Bebert, Sandra Fischer und Chris Schulze, welche mich bei der Versorgung meiner Tiere und an den Schlachttagen stets tatkräftig unterstützt haben.

Allen wissenschaftlichen Mitarbeitern und vor allem meinen Doktoranden-Kollegen möchte ich für die Mithilfe an den Schlachttagen und für die Verschönerung des Arbeitsalltages herzlich danken.

Zuletzt möchte ich noch meinem Partner Max und meiner Familie für die immerwährende Unterstützung und Motivation in schwierigen Zeiten danken. Mama, Papa, Johanna, Josefine ohne euch hätte ich es so weit nicht geschafft.

### **13 Selbstständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig angefertigt habe. Es wurden nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, wörtlich oder inhaltlich übernommene Stellen wurden als solche gekennzeichnet.

Julia Urban

Berlin, 23.07.2018