Universität für Bodenkultur Wien
University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna

Interuniversitäres Department für Agrarbiotechnologie Tulln
Institut für Tierernährung, Tierische Lebensmittel und Ernährungsphysiologie

Einfluss eines steigenden Valin zu Lysin Verhältnisses im proteinreduzierten Broilerfutter auf die Mast- und Schlachtleistung

Masterarbeit

Erstellt von:
Lipp Magdalena
H 066 456 / 0840975

Betreuer und beurteilt von:
ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Wolfgang Wetscherek
Dipl.-Ing. Dr. Karl Schedle

Wien, September 2013

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung *1*

Abstract *2*

1. Einleitung *3*

2. Literatur *5*

2.1. Broilermast **5**

2.1.1. Haltung 5

2.1.2. Fütterung 6

2.1.3. Verdauung 7

2.3. Energie **9**

2.4. Protein **11**

2.2.1. Aminosäuren 13

2.2.2. Aminosäuren in der Broilermast 17

2.2.3. Valin als viertlimitierende Aminosäure 18

2.2.4. Herstellungsprozess von Aminosäuren 19

3. Material und Methoden *22*

3.1. Versuchsstandort und Versuchsdauer **22**

3.2. Tierherkunft **22**

3.3. Versuchsdurchführung **22**

3.3.1. Boxen und Einstreu 23

3.3.2. Stallklima und Beleuchtung 23

3.3.3. Fütterung und Versuchsdesign 24

3.4. Untersuchungsparameter **30**

3.4.1. Futtermittelanalysen 30

3.4.2. Parameter der Mastleistung 30

3.4.3. Parameter der Schlachtleistung 31

3.5. Statistische Auswertung **32**

4. Versuchsergebnisse *34*

4.1. Ergebnisse der Futtermittelanalysen 34

4.2. Ergebnisse der Mast 39

4.2.1. Stallklima 39

4.2.2. Tierverluste 39

4.2.3. Mastleistungsergebnisse 40

4.3. Ergebnisse der Schlachtleistung 46

4.3.1. Allgemeine Schlachtleistungsparameter 46

4.3.2. Ergebnisse der Teilstücke 48

5. Diskussion 50

6. Schlussfolgerung 56

7. Literaturverzeichnis 57

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Protein- und Fettansatz nach GfE 1999 9

Tabelle 2: Energiebedarf nach GfE 1999 11

Tabelle 3: Proteinbedarf nach GfE 1999 13

Tabelle 4: Essentielle, semiessentielle und nicht essentielle AS 14

Tabelle 5: AS-Bedarf nach GfE 1999 16

Tabelle 6: AS-Bedarfsempfehlung 17

Tabelle 7: Versuchsplan 24

Tabelle 8: Inhaltsstoffe Starter 25

Tabelle 9: Kalkulierte Inhaltsstoffe Growerfutter 26

Tabelle 10: Kalkulierte Inhaltsstoffe Finisherfutter 27

Tabelle 11: Futtermittelzusammensetzung Grower 28

Tabelle 12: Futtermittelzusammensetzung Finisher 29

Tabelle 13: Analysierte Nährstoffgehalte Grower 35

Tabelle 14: Analysierte Aminosäurengehalte Grower 36

Tabelle 15: Analysierte Nährstoffgehalte Finisher 37

Tabelle 16: Analysierte Aminosäurengehalte Finisher 38

Tabelle 17: Mastleistungsergebnisse der Growerfütterung 40

Tabelle 18: Mastleistungsergebnisse der Finisherfütterung 42

Tabelle 19: Mastleistungsergebnisse gesamte Versuchsdauer 44

Tabelle 20: Ergebnisse der Schlachtleistung 47

Tabelle 21: Ergebnisse der Teilstücke 49

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Biosyntheseweg der verzweigtkettigen Aminosäuren 20

Abbildung 2: Stallklimaaufzeichnung während der Mastperiode 39

Abbildung 3: TGZ, tFA und FVW der Growerfütterung 41

Abbildung 4: TGZ, tFA und FVW der Finisherfütterung 43

Abbildung 5 und 6 Hühner am 21. Tag 45

Abbildung 7 und 8: Hühner am 36. Tag 45

Abkürzungsverzeichnis

AF	Abdominalfett
AME_N	Stickstoff korrigierte, scheinbare umsetzbare Energie
AS	Aminosäuren
DNA (DNS)	Desoxyribonukleinsäure, Erbinformation
FG	Futtergruppe
FVW	Futterverwertung
Finisher	Mastperiode vom 21. bis zum 36. Masttag
Grower	Mastperiode vom achten bis zum 21. Masttag
LM	Lebendmasse
LT	Lebenstage
ME	Umsetzbare Energie
N	Stickstoff
ODWk	Ohne-Darm-Ware kalt
ODWw	Ohne-Darm-Ware warm
TGZ	Tageszunahmen
tFA	tägliche Futteraufnahme
verd. V:L	verdauliches Valin zu verdaulichem Lysin
XP	Rohprotein

Zusammenfassung

Mit dem Einsatz der viertlimitierenden AS Valin in Broilerrationen könnte man den Proteingehalt in Broilerrationen weiter absenken. Die folgende Arbeit überprüfte den Einfluss eines steigenden verd. V:L Verhältnisses im proteinreduzierten Broilerfutter auf deren Mast- und Schlachtleistung.

345 Tiere wurden am 8. Lebenstag (Ross 308; 121±0.9 g) zufällig auf 24 Boxen in fünf Gruppen aufgeteilt. Der Versuch wurde in eine 14-tägige Growerfütterung (bis zum 21. Lebenstag) und der folgenden Finisherfütterung bis zum 36. Lebenstag unterteilt. Am 37. Tag wurden die Tiere geschlachtet. Das Growerfutter (13.0 MJ AME_N; 18.5% XP) und Finisherfutter (13.1 MJ AME_N; 15.7% XP) basierte auf einer Mais-Soja-Ration. Lysin wurde als zweitlimitierende AS eingestellt (Grower: 10 g verd. Lysine/kg, Finisher: 8 g verd. Lysin/kg). Alle anderen Aminosäuren wurden auf das Ideale Protein justiert. Das Verhältnis von verd. V:L in den Rationen wurde von 68%; über 73%; 78%; 83% auf 88% erhöht. Das Futter und Wasser wurden ad libitum angeboten. Die erhobenen Parameter wurden mit ANOVA ($p<0.05$) ausgewertet.

Die Valin-Ergänzung hatte einen deutlich positiven Einfluss auf die Mast- und Schlachtleistung. Im Merkmal TGZ konnte in der Growerfütterung (41 g) ein signifikanter Unterschied ab 73% V:L erkannt werden ($p<0.05$). In der Finisherfütterung wurden die höchsten TGZ bei 83% V:L (77 g) gezeigt und unterschieden sich signifikant von der Gruppe mit 73% und 68% ($p<0.05$). Auch bei der tFA war ein signifikanter Unterschied ab 73% V:L in der Grower- und Finisherfütterung ersichtlich ($p<0.05$). Kein Einfluss konnte im Merkmal FVW erkannt werden. Auch wurden in den Schlachtleistungsparameter die besten Ergebnisse bei 83% V:L in den Merkmalen ODWw (1449 g) und Grillfertig (1289 g) gezeigt ($p<0,05$).

Da die besten Ergebnisse der Mast- und Schlachtleistung in den Rationen mit 78% und 83% verd. V:L lagen, kann man davon ausgehen, dass wahrscheinlich das optimale Verhältnis von verd. V:L zwischen 78% und 83% liegt.

Abstract

The exact knowledge about the optimal ratio between true digestible (TD) Valine to Lysine for broiler chicks is very important for further reductions of protein. The following study proves the impact of an increasing TD V:L ratio in a protein reduced diet on the growth and slaughter performance of broiler chicks.

345 eight day old chickens (Ross 308; 121±0.9 g) were randomly divided into 24 pens and 5 dietary treatments. The trial was split in a grower period until live day 21, and a finisher period until the end of the study (live day 36). Grower diets (13.0 MJ AME_N; 18.5% CP) and finisher diets (13.1 MJ AME_N; 15.7% CP) based on corn and soybean respectively. Lys was adjusted to act as second limiting amino acid (grower: 10 g TD Lys/kg, finisher: 8 g TD Lys/kg). All other essential amino acids were orientated on the ideal protein. The ratio of TD V:L in the diets increased from 68%; 73%; 78%; 83% to 88%. The chicks were fed and watered *ad* libitum. Parameter of performance were analysed by ANOVA ($P<0.05$).

The feeding groups with higher TD V:L ratio were significantly different due to the ratio with 68%, which had the worst performance. In the parameter daily live weight gain there was a significant ($p<0.05$) continuous progress up to 83% TD V:L in grower (41 g) and finisher (77 g). Also in the parameter daily feed intake there was a significant ($p< 0.05$) difference between the diets with higher TD V:L ratio in grower and finisher due to the diet with 68% TD V:L. All the other growth performance parameters indicate, that the ratio with 78% and 83% TD V:L had the best performance. The slaughter parameters showed also a rising performance with higher Val to Lys ratio in the diet. The ratio with 83% TD V:L had the best performance on eviscerated carcass (1449 g) and on the carcass for grilling (1289 g).

The best performance was shown in the diets with 78 and 83% TD V:L. It can be suggest, that the optimal ratio between TD V:L seems between 78% and 83%.

1. Einleitung

Neben einer ausreichenden Energieversorgung in der Fütterung landwirtschaftlicher Nutztiere, stellt auch der Proteinbedarf ein entscheidendes Kriterium für die Fütterung dar. Jedoch kann derzeit EU-weit der Bedarf an Protein durch die eigene Produktion von Proteinquellen nicht gedeckt werden. Die meisten Importfuttermittel in die EU sind daher auch proteinreiche Quellen, wobei Sojaextraktionsschrot den größten Teil davon einnimmt (Schenkel 2010). Auch in Österreich wurden im Jahr 2012 413.000 Tonnen Sojaextraktionsschrot importiert (BMLFUW 2012). Trotz steigender Sojaproduktion und Förderung von alternativen Eiweißquellen steigt die Nachfrage nach Importsoja dennoch weiter an (Schenkel 2010). Für die Tierernährung bedeutet dies, eine möglichst gute Effizienz der N-Verwertung zu erreichen. Das heißt nicht nur den N-Gehalt der Futtermittel an den Bedarf anzupassen, sondern auch des Weiteren die Proteinqualität in den Futtermitteln zu verbessern. Es wurden bereits zwei Strategien entwickelt, die in der Praxis auch angewendet werden, dieses Ziel zu verfolgen. Zum einen kann durch eine Kombination der Futtermittel das Aminosäurenmuster der Futtermittel verändert und folglich an die Bedarfsempfehlungen der jeweiligen Tierart angepasst werden (Schenkel 2010), ebenso kann mit dem Einsatz von kristallinen Aminosäuren der XP-Gehalt in den Rationen gesenkt werden. Damit werden nicht nur hohe Futtermittelkosten der Eiweißquellen reduziert, sondern auch die N-Ausscheidungen im Kot deutlich verringert (Bregendahl et al. 2002, Kamran et al. 2010). Ferguson et al. 1998, kam sogar zu dem Schluss, dass bei einer Reduktion von einem % XP in der Ration, der N-Gehalt im Mist um 7% verringert werden kann. Zusätzlich können durch proteinreduzierte Rationen die Tiere vor einer zu hohen Stoffwechselbelastung der Leber geschützt werden.

Für den Einsatz kristalliner AS in der Fütterung ist es jedoch erforderlich, den Bedarf dieser in den Futtermitteln für die jeweilige Tierart zu ermitteln. Mittlerweile wurden bereits für Broiler in verschiedensten Studien die Bedarfswerte für die essentiellen AS Lysin, Methionin, Threonin, Tryptophan und Arginin umfassend erforscht, wobei Lysin, Methionin und Threonin als die ersten drei limitierenden AS in Mais-Soja-Rationen für Broiler erkannt wurden (Berres et al. 2010, Corzo et al. 2007). Mit dem Einsatz der viertlimitierenden AS wäre es möglich, dem idealen Protein noch näher

zu kommen und dem Proteingehalt in den Rationen weiter zu senken. Nach Studien von Corzo et al. (2007), Corzo et al. (2009), Baker et al. (2002) und Berres et al. (2010) wurde Valin als die viertlimitierende AS in Mais-Soja-Rationen festgestellt. Bisher wurden jedoch nur wenige Studien zur Bedarfsermittlung von Valin durchgeführt. Mit der folgenden Arbeit soll dazu beigetragen werden, den Valinbedarf von Broiler in Mais-Soja-Rationen zu ermitteln. Es wurde dafür der Einfluss von verdaulichem Valin zu verdaulichem Lysin (verd. V:L) bei Broilern auf die Mast- und Schlachtleistung in einer proteinreduzierten Ration untersucht. Für die Ermittlung des Valinbedarfs wurde Valin immer im Verhältnis zu Lysin angegeben, da für den anschließenden Einsatz in den Rationen, die Berechnung des Valin leichter erfolgen kann. Außerdem muss sichergestellt sein, dass Lysin als zweitlimitierende AS in der Ration vorhanden ist, damit das Verhältnis von verd. V:L nicht überschätzt wird (Corzo et al. 2007). Das optimale Verhältnis von verd. V:L ist dann gegeben, wenn die Ration das Plateau der Wachstumskurve erlangt hat (Baker et al. 2002, Jeroch et al. 2008).

In dieser Studie sollte geklärt werden, in wieweit ein steigendes Verhältnis von verd. Valin zu Lysin im proteinreduzierten Broilermastfutter einen Einfluss auf die Mast- und Schlachtleistung bei Broilern hat?

2. Literatur

In den folgenden Punkten werden die speziellen Anforderungen der Broilerfütterung dargestellt. Des Weiteren wird auf den Nährstoffbedarf, speziell den Eiweißbedarf und die Anforderungen zur Aminosäurendeckung in Broilerrationen eingegangen.

2.1. Broilermast

Das Ziel der Broilermast soll es sein, durch eine optimale Rationszusammensetzung und einer artgerechten sowie funktionellen Haltung, für den Verbraucher eine optimale Schlachtkörperzusammensetzung zu erhalten. Um diesen Forderungen gerecht werden zu können, ist es notwendig die speziellen Anforderungen des Geflügels hinsichtlich Verdauung, Futteraufnahme und der Haltung zu kennen. In den nächsten Punkten werden diese Ansprüche beschrieben.

2.1.1. Haltung

Grundsätzlich sind in der Broilermast die Haltungsrichtlinien der österreichischen Tierhaltungsverordnung einzuhalten (Bundeskanzleramt 2004).

Die Broilermast erfolgt größtenteils auf kurz gehäckseltem Stroh oder Hobelspänen. Die Fütterungs- und Tränkeeinrichtungen sind dem Alter der Tiere entsprechend anzupassen. Besonders zu Beginn der Mast ist dafür zu sorgen, dass die Küken die Futter- und Tränkeeinrichtungen auch finden können. So sollten die Futterschalen nah an der Wärmequelle aufgestellt sein und die Beleuchtungsdauer sollte so lange wie möglich angehalten werden (Jeroch et al. 2008).

Neben der Nährstoffversorgung spielt auch die Stallraumtemperatur und die Luftzirkulation eine bedeutende Rolle für die Gesundheit der Tiere. So sind Temperaturen von 12 bis 20˚C bis zum Ende der Mast als günstig anzusehen und auch eine Luftfeuchtigkeit von 60 bis 70% während der gesamten Mastdauer werden als optimal angesehen (Roth et al. 2011).

All diese Faktoren haben Einfluss auf das Wohlbefinden und die Gesundheit der Tiere, welche sich in der Futteraufnahme und auch im Betriebserfolg wiederspiegeln lassen.

2.1.2. Fütterung

Ein wichtiger Aspekt für die Broilerfütterung ist die Art der Futterauswahl des Geflügels. So spielen beim Geflügel vor allem optische Reize, wie die Farbe, Form, Größe und Konsistenz des Futters eine Rolle. Daraus ergibt sich eine gewisse Rangfolge an Futtermitteln, die das Geflügel bevorzugt. Aus diesem Grund werden in der Geflügelfütterung hauptsächlich pelletierte Alleinfuttermittel mit einheitlicher Größe eingesetzt, die den gesamten Nährstoffbedarf abdecken und somit keine weiteren Einzelfuttermittel mehr ergänzt werden müssen. Durch das Pelletieren des Futters ist auch das Selektieren des Futters nicht mehr möglich und eine einheitliche Nährstoffaufnahme kann gewährleistet werden (Jeroch et al. 2008).

Auch die Phasenfütterung sorgt für eine optimale Nährstoffversorgung und verhindert gleichzeitig hohe Nährstoffverluste über den Kot, das wiederum eine umweltschonendere Fütterung gewährleistet und die Kosten der Fütterung senkt. Die Unterschiede in der Nährstoffdichte der Alleinfuttermittel resultieren aus der steigenden Futteraufnahme und der physiologischen Zusammensetzung der Tiere (Roth et al. 2011). Die NRC (National Resarch Council, Subcommittee on Poultry Nutrition) hat 1994 für die Broilermast die drei Phasen „starting“, „growing“ und „finishing“ für die Broilermast entwickelt. Durch die bessere Anpassung der Nährstoffaufnahme an das Wachstum, wird in der heutigen Broilermast aus ökologischen und ökonomischen Gründen auch überwiegend eine Drei-Phasen-Fütterung angewendet (Saki et al. 2010). Es wird daher empfohlen in den ersten 10 bis 14 Tagen einen Kükenstarter mit 12,6 MJ AME_N und 22% XP zu füttern, ab der zweiten Lebenswoche ein Hühnermastfutter I mit 13,0 MJ AME_N und 20% XP zu verwenden und für die Endmast ein Hühnermastmutter II mit höherem Energiegehalt und niedrigerem Proteingehalt einzusetzen (Roth et al. 2011).

Futter sowie Wasser wird den Tieren ad libitum angeboten, das heißt, dass den Tieren das Futter und Wasser immer in ausreichender Menge zur Verfügung steht. Für die Zusammenstellung des Futters werden die Bedarfswerte der männlichen Tiere herangezogen. Eine maximale Futteraufnahme kann durch pelletiertes Futter und optimiertes Lichtmanagement erreicht werden (Roth et al. 2011).

2.1.3. Verdauung

Der Verdauungstrakt des Huhns unterscheidet sich wesentlich vom Verdauungssystem von Schweinen und Wiederkäuern. So können in der Broilermast aufgrund des sehr kurzen Verdauungstraktes nur sehr nährstoffreiche und hochverdauliche Rationen verwendet werden. Der Vorgang der Verdauung soll erklären, warum nur hoch verdauliche Futtermittel in den Rationen verwendet werden können.

Beim Huhn wird die Nahrung mit dem Schnabel aufgenommen, in der Mundhöhle mit Speichel durchmischt und über die Speiseröhre in den Kropf abgegeben. In der Mundhöhle erfolgt somit keine Zerkleinerung der Nahrung oder Vorverdauung durch Enzyme. Der Kropf ist eine Ausbuchtung der Speiseröhre in der die Nahrung zunächst gespeichert wird und mit dem aufgenommenen Wasser weiter aufgeweicht wird. Wie lange die Nahrung im Kropf gespeichert wird, hängt von der Füllung des Verdauungstrakts ab. Die Futteraufnahme wird somit von der Füllung des Verdauungstrakts und der Nahrungsspeicherung im Kropf reguliert. Danach gelangt die Nahrung weiter in den dünnwandigen Drüsenmagen, dessen Drüsen in der Schleimhaut die Enzyme Pepsin und Chymosin sowie die Salzsäure für die ph-Wert-Absenkung im Magen abgeben. Erst durch das saure Milieu im Magen werden die Enzyme aktiviert. Somit beginnt erst im Drüsenmagen die Verdauung. Danach erfolgt die mechanische Zerkleinerung der Nahrung im Muskelmagen, die durch Grit oder kleine Steinchen in der Fütterung begünstigt werden kann. Der Hauptteil der Verdauung erfolgt jedoch erst durch die enzymatische Verdauung im Dünndarm. Durch den relativ kurzen Dickdarm beschränkt sich die bakterielle Fermentation fast ausschließlich auf die beiden Blinddärme, da das Huhn nur einen sehr kurzen Dickdarm hat. Im Vergleich zum Rind, welches die 50-fache Darmlänge im Verhältnis zur Körperlänge hat, besitzt das Huhn nur die fünffache Darmlänge im Verhältnis zur Körperlänge. In Folge dessen, benötigt das Huhn eine sehr nährstoffreiche und hochverdauliche Futterration (Roth et al. 2011, Jeroch et al. 2008, Salomon et al. 1993).

Bei der luminalen Verdauung im Dünndarm werden durch das Zusammenspiel der Enzyme der Magenschleimhaut, des Pankreas und der Dünndarmschleimhaut die Nahrungskomponenten weiter in deren Bestandteile zerlegt. Danach wandern die

Nährstoffe zur Bürstensaummembran des Dünndarms und dort erfolgt durch den Kontakt zur Membran eine weitere Hydrolyse zu den resorptionsfähigen Endprodukten. Diese Metabolite können von den Membranzellen über ein Konzentrationsgefälle absorbiert werden und von dort weiter in die Blutbahn gelangen. Wie schon oben erwähnt spielt die mikrobielle Verdauung beim Huhn durch den kurzen Dickdarm eine eher unbedeutende Rolle. Er ist viel mehr als Mastdarm anzusehen (Roth et al. 2011, Jeroch et al. 2008, Salomon et al. 1993).

Mit zunehmendem Alter ändert sich die chemische Zusammensetzung wachsender Tiere. Im Zuge der physiologischen Austrocknung sinkt der Wassergehalt vom Eintagesküken mit 74.5% auf ca. 62% im Alter von acht Wochen ab. Zugleich steigt durch den Muskelaufbau der Proteingehalt bis zur sechsten Lebenswoche an. Ebenso steigt der Fettgehalt in den ersten zwei Wochen von etwa 5% auf 10% an und hält sich dann zwischen 10% und 12%. Erst ab der sechsten Woche steigt der Fettgehalt wieder an. Daraus resultiert, dass auch der Energiegehalt pro g Schlachtgewicht sich während der Mast verändert. Aus der Veränderung des Schlachtkörpers während der Mast lässt sich der Nährstoffansatz der Tiere ableiten. Tabelle 1 zeigt den Protein- und Fettansatz von männlichen und weiblichen Broilern in Abhängigkeit vom Alter der Tiere. Daraus kann man erkennen, dass ab der dritten Woche weibliche Tiere mehr Fett ansetzen als männliche Tiere. Ebenso steigt ab der dritten Lebenswoche der Ansatz für die Befiederung deutlich an (Roth et al. 2011).

Tabelle 1: Protein- und Fettansatz nach GfE 1999

Alter in Wochen	LM am Ende der Woche[1,2]		Proteinansatz für Federn	Proteinansatz nur Tierkörper	Fettansatz gesamt	
m/w	*m*	*w*	*m/w*	*m/w*	*m*	*w*
	g	*g*	*g/100 g Lebendmassezuwachs*			
1	170	150	1,1	14,5	11,5	11,5
2	400	360	1,2	15,9	13,4	14,0
3	750	690	2,6	16,1	15,9	16,5
4	1230	1110	3,0	16,3	16,4	17,5
5	1770	1560	3,8	16,4	16,8	18,9
6	2330	2000	4,3	16,4	17,2	20,1
7	2870	2400	4,5	16,5	17,5	21,5
8	3350	2740	4,5	16,5	17,8	23,0

m = männlich; w = weiblich; Anfangsgewicht 42 g (m/w)

[1] = Mittlere LM in der Mastwoche =(LM_{n-1} + LM_n)/2; für die Kalkulation des Erhaltungsbedarfs

[2] = täglicher LM-Zuwachs in der Mastwoche (LM_n – LM_{n-1})/7

(Roth et al. 2011)

Aus diesen Erkenntnissen kann des Weiteren der Energie- und Proteinbedarf berechnet werden. Es ist jedoch nicht zu vergessen, dass die von der Zuchtlinie vorgegebene Wachstumsleistung beachtet werden muss, um dem Bedarf der Tiere gerecht zu werden (Roth et al. 2011).

2.3. Energie

Wie bei vielen Tierarten wird auch beim Geflügel zur Energiebewertung die Umsetzbare Energie (ME) verwendet. Durch den Unterschied in der N-Retention vom wachsenden zum adulten Tier, wurde eine erweiterte Form der ME, die N-korrigierte, scheinbare Umsetzbare Energie (AME_N) zur Energiebewertung eingeführt. Mittlerweile hat sich dieses System auch europaweit durchgesetzt (GfE 1999).

Der Faktor AME_N setzt sich zusammen aus den Teilbeträgen der Energie für Erhaltung, Protein- und Fettansatz und den jeweiligen Teilwirkungsfaktoren. Für den Erhaltungsbedarf konnten für Broiler 480 kJ AME_N/kg $LM^{0,75}$ gemessen werden. Der Protein- und Fettansatz ist jedoch von mehreren Faktoren, wie der Genetik, dem Alter, dem Geschlecht, der Futtermenge und deren Zusammensetzung, abhängig.

So hat sich gezeigt, dass weibliche Broiler ab der vierten Lebenswoche deutlich mehr Fett ansetzen als Männliche. Ebenso gilt, dass ab der dritten Lebenswoche der Proteinbedarf durch die Befiederung stark ansteigt. Aufgrund der vermehrten Einflüsse und den stetigen Zuchtfortschritt, ist es notwendig die Bedarfsableitungen immer wieder mit Fütterungsversuchen zu überprüfen (Roth et al. 2011, GfE 1999).

Für die Berechnung des Energiebedarfs für Broiler kann folgende Formel herangezogen werden.

$$AME_N = 480 * kg\ LM^{0,75} + RPE/\ k_p + RFE/\ k_f$$

*RPE = Retinierte Proteinenergie kJ/d, (Proteinansatz in Federn und Tierkörper (g/d) * 23,86)*

*RFE = Retinierte Fettenergie kJ/d, (Fettansatz (g/d) *39,77)*

k_p = Teilwirkungsgrad für die retinierte Proteinenergie 0,52

k_f = Teilwirkungsgrad für die retinierte Fettenergie 0,84

(Roth et al. 2011 nach GfE 1999)

Für den Energiebedarf konnten anhand dieser Formel und den Protein- und Fettansatz die in Tabelle 2 ersichtlichen Bedarfswerte in Abhängigkeit vom Alter ermittelt werden.

Tabelle 2: Energiebedarf nach GfE 1999

Alter in Wochen	LM am Ende der Woche[1,2]		AME_N – Bedarf [3]	
m/w	*m*	*w*	*m*	*w*
	g	*g*	*MJ/Tag*	
1	170	150	0,32	0,28
2	400	360	0,65	0,62
3	750	690	1,14	1,07
4	1230	1110	1,60	1,46
5	1770	1560	1,98	1,77
6	2330	2000	2,24	1,94
7	2870	2400	2,36	1,99
8	3350	2740	2,38	1,96

m = männlich; w = weiblich; Anfangsgewicht 42 g (m/w)

[1] = Mittlere LM in der Mastwoche =(LM_{n-1} + LM_n)/2; für die Kalkulation des Erhaltungsbedarfs

[2] = täglicher LM-Zuwachs in der Mastwoche (LM_n – LM_{n-1})/7

[3] = Werte sind mit entsprechendem Sicherheitszuschlag versehen (~ 5%)

(Roth et al. 2011)

Aus Tabelle 2 ist ersichtlich, dass männliche Broiler ab der dritten Woche einen deutlich höheren Energiebedarf aufweisen, als weibliche Tiere. Dies ist damit zu erklären, dass weibliche Tiere trotz des höheren Fettansatzes nicht so schnell wachsen wie männliche Tiere. Dennoch sind laut Roth et al. (2011) in Broilerrationen Energiegehalte von 12,5 bis 13,5 MJ/kg für beide Geschlechter möglich, da die Menge der Futteraufnahme auch über den Energiegehalt reguliert werden kann.

2.4. Protein

Der Proteinbedarf bei Broilern setzt sich zusammen aus dem Erhaltungsbedarf und dem Bedarf für den Tierkörperansatz und die Federnausbildung, da Federn zu 82% ebenso aus Protein bestehen (Roth et al. 2011). Der Proteinerhaltungsbedarf wird aus dem N-Erhaltungsbedarf berechnet und ergibt sich aus den N-Verlusten bei N-freier Ernährung. Laut der GfE (1999) wird daher ein Proteinerhaltungsbedarf von 2,8 g/kg $LM^{0,67}$/Tag empfohlen. Der Verwertungskoeffizient gibt die Berechnung des Nettoproteinbedarfs auf den Bruttoproteinbedarf an und wird mit 0,6 festgelegt.

Für die Berechnung des Proteinbedarfs kann folgende Formel herangezogen werden.

$$XP\ (g/Tag) = XP_m * kg\ LM^{0,67} + (XP_F + XP_{TK} / Verwertung)$$

XP = Rohproteinbedarf

XP_m = Proteinerhaltungsbedarf (2,8 g/kg $LM^{0,67}$/Tag)

XP_F = Proteinansatz für Federn in g/Tag

XP_{TK} = Proteinansatz nur im Tierkörper, ohne Federn, in g/Tag

Verwertung = mittlerer Verwertungsgrad des Futterrohproteins, für den Ansatz gilt 0,6 g/g
(Roth et al. 2011)

Der Proteinansatz für Federn und dem Tierkörper sind wiederum aus Tabelle 1 entnehmbar. Neben dem eigentlichen Proteinbedarf ist jedoch auch das Protein:Energie Verhältnis wichtig, da bei einem zu hohen Protein:Energie Verhältnis keine effiziente Proteinsynthese stattfinden kann und bei einem zu niedrigen Protein:Energie Verhältnis die Tiere stark verfetten. Darüber hinaus wird auch die Futteraufnahme über den Energiegehalt des Futters reguliert, daher ist für eine ausreichende Proteinaufnahme auch der optimale Energiegehalt nötig (Jeroch et al. 2008 und Roth et al. 2011).

Wie aus Tabelle 3 ersichtlich, haben männliche Tiere von Beginn an einen höheren Proteinbedarf als weibliche Tiere. Dennoch bleibt das Verhältnis von Protein:Energie in den ersten drei Wochen beinahe gleich. Erst dann wird der Unterschied in der Wachstumsgeschwindigkeit auch im Bedarf ersichtlich. Ebenso sinkt das Protein:Energie Verhältnis, da sich, durch die Veränderung des Schlachtkörper, sich das Verhältnis von Protein:Energie durch den Fettansatz, in Richtung Energie verschiebt. So sollte laute Roth et al (2011) zu Beginn der Mast ein Verhältnis von 17 g XP/MJ und in der dritten bis fünften Woche ein Verhältnis von 15 g XP/MJ im Futter vorhanden sein. Dies erklärt auch den Grund für den Einsatz der Phasenfütterung in der Broilermast.

Tabelle 3: Proteinbedarf nach GfE 1999

Alter in Wochen	**LM am Ende der Woche**		**XP-Bedarf**		**XP:AME$_N$**	
m/w	*m*	*w*	*m*	*w*	*m*	*w*
	g	*g*	*g/d*		*g/MJ*	
1	170	150	5,3	4,6	16,8	16,5
2	400	360	10,4	9,9	16,1	16,0
3	750	690	17,9	16,4	15,7	15,4
4	1230	1110	24,4	21,7	15,3	14,8
5	1770	1560	29,7	25,1	15,0	14,2
6	2330	2000	32,1	25,7	14,4	13,3
7	2870	2400	32,1	24,6	13,6	12,3
8	3350	2740	30,1	22,1	12,7	11,3

(Roth et al. 2011)

Das Protein wird in der luminalen Phase des Verdauungstrakts zu Peptidverbindungen und zu den einzelnen Aminosäuren (AS) abgebaut. Erst die AS gelangen dann in die Blutbahn. Somit haben Tiere eigentlich keinen Bedarf an Protein, sondern nur einen Bedarf an AS (Häffner et al. 1998). Die Bestimmung des AS-Bedarfs und die Bedeutung der AS, im speziellen der AS Valin, wird in den weiteren Punkten erläutert.

2.2.1. Aminosäuren

Derzeit sind 20 verschiedene Aminosäuren, die in Nahrungs- oder Futterproteinen vorkommen, bekannt. Sie sind jeweils aus einer Aminogruppe und einer Carboxygruppe aufgebaut. Der angelagerte Rest bestimmt das chemische Verhalten der AS. Sie können damit auch in neutrale, saure und basische Aminosäuren eingeteilt werden (Häffner et al. 1998). Darüber hinaus können AS auch nach ihrer Bedeutung im Stoffwechsel eingeteilt werden. AS die der Körper nicht selbst synthetisieren kann, müssen unmittelbar mit der Nahrung aufgenommen werden. Jene AS werden auch als *essentielle AS* bezeichnet. Daneben gibt es noch *bedingt essentielle* oder *semiessentielle AS*. Als solche AS werden jene bezeichnet, die im Stoffwechsel trotz vorhandener Substrate für den Aufbau nicht ausreichend gebildet werden können. Dies wurde vor allem in raschen Wachstumsphasen beobachtet. Beispielsweise konnten beim Küken Glycin und Prolin als solche semiessentiellen

AS festgestellt werden. Ebenso können die AS Cystein und Tyrosin aus den AS Methionin und Phenylalanin gebildet werden, daher werden die Bedarfswerte von Methionin und Cystein sowie Phenylalanin und Tyrosin oft gemeinsam angegeben. Alle *nicht essentiellen AS* können bei ausreichender N- und Kohlenhydratzufuhr vom Körper selbst produziert werden (Roth et al. 2011). Tabelle 4 zeigt einen Überblick über die essentiellen und nicht essentiellen AS.

Tabelle 4: Essentielle, semiessentielle und nicht essentielle AS

Essentielle AS	Semiessentielle AS	Nicht essentielle AS
Lysin	Cystein	Alanin
Methionin	Tyrosin	Asparagin
Threonin		Glycin
Thryptophan		Serin
Valin		Glutamin
Leucin		Prolin
Isoleucin		Asparaginsäure
Phenylalanin		Glutaminsäure
Histidin		
Arginin		

(Roth et al. 2011 und Häffner et al. 1998)

Bei der Proteinsynthese im Körper werden nun die AS wieder zusammengeführt. Der Aufbau des Körperproteins und daraus folgend das AS-Muster ist in der DNA festgelegt. Würde nun eine dieser essentiellen AS nicht in ausreichender Menge vorhanden sein, dann würde die Proteinsynthese zum Stillstand kommen. Pflanzliche und tierische Proteine weisen jedoch unterschiedliche Gehalte an AS auf (Jeroch et al. 2008). Werden nun durch die Fütterung essentielle AS nicht in ausreichender Höhe verfüttert, so limitiert jene essentielle AS die Proteinsynthese, die nicht in ausreichender Menge zur Verfügung steht. Man spricht daher auch von den erst-, zweit-, dritt-, usw. limitierenden AS. In Rationen kann durch eine Kombination von Futtermitteln mit einem gegensätzlichen AS-Muster oder durch Zusatz von freien AS die Proteinqualität verbessert werden. Ein Maß für die Proteinbewertung ist das Ideale Protein. Dieses Protein beschreibt die ideale Zusammensetzung der AS für eine bestimmte Tierart und Leistungsrichtung (Roth et al. 2011, Häffner et al. 1998). Das Ziel in der Tierernährung soll es sein, sich diesem Protein anzunähern, da damit

der Umbau von AS auf ein Minimum reduziert wird und ein AS-Überschuss verhindert werden kann. Damit können dann in weiterer Folge N-Quellen in der Fütterung eingespart und die Leistung der Tiere verbessert werden.

Um einen Einblick in das AS-Muster von Broiler zu bekommen wird zunächst veranschaulicht, wie der AS-Bedarf ermittelt wird.

Der Bedarf der Aminosäuren setzt sich genauso aus dem Erhaltungs- und Leistungsbedarf zusammen und kann anhand folgender Formel berechnet werden.

$$AS\ (g/Tag) = (AS_m + AS_F + AS_{TK}) / Verwertung$$

AS (g/Tag) = Bedarf einer Aminosäure

*AS_m = Nettoerhaltungsbedarf der Aminosäuren, g AS/kg LM * LM (kg/Tag)*

AS_F = Ansatz der Aminosäure im Federprotein, g/Tag

AS_{TK} = Ansatz der Aminosäure im Tierkörperprotein ohne Federprotein, g/Tag

Verwertung = mittlerer Verwertungskoeffizient der Futteraminosäure für ihren Ansatz

(Roth et al. 2011 nach GfE 1999)

In Tabelle 5 wird der Bedarf der einzelnen AS für Erhaltung und Leistung dargestellt, sowie deren mittlere Verwertungskoeffizienten. Der Verwertungskoeffizient setzt sich aus der intermediären Verwertung des aufgenommenen N der AS und der praecaecalen Verdaulichkeit der AS zusammen (GfE 1999).

Tabelle 5: AS-Bedarf nach GfE 1999

Aminosäuren	Nettobedarf für Erhaltung	AS-Zusammensetzung		Gesamt-verwertung
	mg/kg	*g/100g XP*		*%*
		Tierkörper	*Federn*	
Lysin	41	7,0	1,8	68
Methionin	38	2,5	0,6	70
Methionin+Cystein	72	3,8	8,8	66
Threonin	65	3,9	4,8	65
Tryptophan	10	1,0	0,7	66
Arginin	63	6,9	7,0	68
Valin	60	5,5	7,9	63
Ileucin	56	4,2	5,4	67
Leucin	91	7,1	8,0	69
Phenylalanin	31	4,3	5,1	68
Phenylalanin + Tyrosin	160	7,1	7,8	68
Histidin	22	2,1	0,6	65

(Roth et al. 2011)

Aus Tabelle 5 ist ersichtlich, dass sich Lysin in sehr großen Mengen im Tierkörper anreichert. Hingegen werden die schwefelhaltigen AS Methionin + Cystein hauptsächlich für das Gefieder verwendet. Jede AS hat somit ihren eigenen Bestimmungsort. Der Erhaltungsbedarf sowie der Leistungsbedarf der AS können sich im Laufe der Mast verändern (GfE 1999). Aus der oben beschriebenen Formel und dem Ansatz der AS kann nun der Bedarf der Tiere im Laufe der Mast abgeleitet werden, welcher in Tabelle 6 dargestellt wird. Der Bedarf wird angegeben in g/MJ AME_N, um bei verschiedenen Energiegehalten im Futter den entsprechenden AS-Bedarf ableiten zu können (Roth et al. 2011). Daneben ist auch das AS-Muster und das Verhältnis der AS zur Referenzaminosäure Lysin, in % angegeben. Lysin wurde schon von Baker (1997) als Referenzaminosäure verwendet, da man erkannte, dass Lysin eine der erstlimitierenden AS in Mais-Soja-Rationen ist und Lysin hauptsächlich für den Proteinansatz verwendet wird (Tabelle 5).

Tabelle 6: AS-Bedarfsempfehlung

Aminosäure	Mastwoche					
	0 - 3		*4 - 6*		*7 - 8*	
	g/MJ AME_N	*Lysin = 100*	*g/MJ AME_N*	*Lysin = 100*	*g/MJ AME_N*	*Lysin = 100*
Lysin	0,89	100	0,78	100	0,66	100
Methionin	0,32	36	0,29	37	0,26	40
Methionin + Cystein	0,59	66	0,63	81	0,62	94
Threonin	0,58	65	0,57	73	0,54	82
Tryptophan	0,14	16	0,13	16	0,11	17
Arginin	0,93	104	0,89	114	0,8	121
Valin	0,83	93	0,82	105	0,76	115
Isoleucin	0,6	67	0,58	74	0,54	83
Leucin	0,97	109	0,94	120	0,87	132
Phenylalanin	0,57	64	0,53	68	0,45	69
Pheylalanin + Tyrosin	1,01	113	1,01	129	0,99	150
Histidin	0,29	33	0,26	33	0,23	34

(Roth et al. 2011)

Aus Tabelle 6 geht hervor, dass sich nicht nur der AS-Bedarf im Laufe der Mast verändert, sondern auch das AS-Muster. Der AS-Bedarf sinkt, ähnlich wie beim Proteinbedarf, aufgrund des stärkeren Fettansatzes. Das AS-Muster verändert sich aufgrund des steigenden Bedarfs für die Erhaltung und die Befiederung, da für Erhaltung und Befiederung ein anderes AS-Verhältnis benötigt wird als für den Proteinansatz. Daher steigt auch im zweiten Mastabschnitt das Verhältnis von Methionin + Cystein stark an.

2.2.2. Aminosäuren in der Broilermast

Im Sinne einer ökonomischen und ökologischen Fütterung besteht nicht nur das Ziel die Tiere bedarfsdeckend zu füttern, sondern auch durch Fütterungsmanagement Ressourcen zu sparen. Ein aktueller Ansatz dies zu erreichen, wäre den Rohproteingehalt in der Ration zu senken und mit kristallinen AS den AS-Bedarf zu decken. Damit kann sowohl eine bessere N-Verwertung und eine Reduktion der N-Ausscheidungen erreicht werden, als auch eine Leistungsverbesserung und ein höherer Fleischansatz erzielt werden (Jeroch et al. 2008, Roth et al. 2011). Da alle

Aminosäuren optisch aktiv sind, gibt es von jeder AS eine L- und eine D-Reihe, abhängig davon auf welcher Seite des C-Atoms die Aminogruppe steht. Da alle AS in Proteinen der L-Reihe angehören, werden in der Tierernährung nur AS in der L-Form verwendet um im Organismus nicht mehr umgewandelt werden zu müssen. Bei Methionin läuft die Umwandlung der D-Reihe in die L-Reihe so effektiv, dass Methionin auch als D-Reihe oder als ein Gemisch der beiden Formen verwendet werden kann (Häffner et al. 1998).

Derzeit werden in der Broilermast die AS L-Lysin, DL-Methionin und L-Threonin standardmäßig verwendet. Sie sind die ersten drei limitierenden AS in proteinreduzierten Mais-Soja-Rationen (Berres et al. 2010, Corzo et al. 2007). Als nächstlimitierende AS werden in der Literatur oft die AS Valin, Isoleucin, Tryptophan und Arginin genannt, wobei die Reihung dieser von der Zusammensetzung der Ration abhängt. (Corrent und Bartelt 2011, Corzo et al. 2007). Es bestehen daher weiterhin große Bestrebungen sich mit dem optimalen Verhältnis der viertlimitierenden AS dem Idealen Protein weiter anzunähern.

2.2.3. Valin als viertlimitierende Aminosäure

In Studien von Corzo et al. (2007), Corzo et al. (2009), Baker et al. (2002) und Berres et al. (2010) wurde Valin als die viertlimitierende AS in Mais-Soja Rationen erkannt. Valin gehört neben Leucin und Isoleucin zu den verzweigtkettigen AS (BCAA). Da diese AS über denselben Stoffwechselweg abgebaut werden, stehen sie auch in einer Wechselbeziehung zueinander (D´Mello 2003). Diese Wechselwirkung wurde bereits von D´Mello und Lewis (1970) entdeckt. So führt beispielsweise ein Überschuss an Leucin bei Broilern zu einer Wachstumsdepression, welche bei adäquater Valin und Isoleucin Ergänzung wieder aufgehoben werden kann. Es ist jedoch bekannt, dass vor allem Valin und Leucin in einer stärkeren Wechselbeziehung stehen als Leucin und Isoleucin. Die Ermittlung des Valinbedarfs ist somit auch wichtig um Wechselwirkungen zu vermeiden.

Der Bedarf der AS kann anhand einer Dosis-Wirkungs-Studie ermittelt werden. Hierbei wird eine Ration erstellt, in der die zu ermittelnde AS im Mangel ist und alle anderen Nährstoffe bedarfsdeckend vorliegen, um den Effekt der zu ermittelnden AS auch erkennen zu können. Daher ist es notwendig den XP-Gehalt in den Rationen zu

reduzieren, um eine AS-Unterversorgung erreichen zu können. In weiteren Rationen kann dann mittels kristalliner AS eine schrittweise Steigerung des Verhältnisses in den Rationen gebildet werden und so der Effekt der AS auf eine bestimmte Leistung geprüft werden. Jene Ration in der die höchste Leistung gezeigt wurde, hat den Bedarf der AS gedeckt. Bei wachsenden Broilern sind die Parameter der Mast- und Schlachtleistung dafür ausschlaggebend (Baker et al. 2002, Jeroch et al. 2008). Die Bestimmung des AS-Bedarfs kann anhand mehrerer Bedarfsangaben erfolgen. So wird der Bedarf beispielsweise in g/kg Futtermittel, in %/kg Futtermittel, relativ zum Energiegehalt oder im Verhältnis zu Lysin angegeben. Die Bestimmung des AS-Bedarfs im Verhältnis zu Lysin hat den Vorteil, dass der Lysinbedarf unter bestimmten Umweltbedingen vorerst festgelegt wird und dann alle anderen AS anhand dieser Bedingungen zum Lysin gesetzt werden können. Außerdem wird mit dem ermittelten V:L Verhältnis die Kalkulation von Rationen erleichtert (Baker 1997).

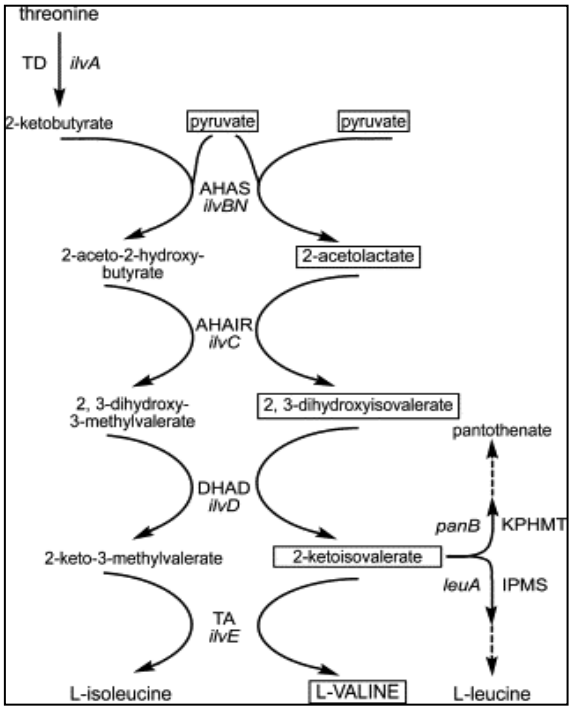
Zusammen mit vorherigen Studien, soll diese Arbeit dazu beitragen, das optimale V:L Verhältnis in Mais-Soja-Rationen für Broiler zu ermitteln.

2.2.4. Herstellungsprozess von Aminosäuren

Grundsätzlich werden alle AS, außer Methionin und Glycin, mikrobiell fermentiert. Dabei werden die AS in der Zelle aus einem geeigneten Substrat, beispielsweise Glucose, in vielen hintereinander laufenden enzymatischen Schritten gebildet (Eiden 1995). Die derzeit meist verwendeten Mikroorganismen für die Produktion von industriellen AS sind Corynebacterium glutamicum und Escherichia coli. Valin kann dabei aus beiden Stämmen gewonnen werden, wobei derzeit noch häufiger E.coli Stämme eingesetzt werden (Becker und Wittmann 2012). Die AS-Biosynthese der sogenannten Wildstämme, die in der Natur vorkommenden Stämme, passiert über eine ebenso strenge Regelung des Syntheseweges, wobei die produzierten AS selbst die Bildung der benötigten Enzyme einschränken. Diese Kontrollmechanismen müssen in den für die AS-Produktion schnell wachsenden Stämmen weitgehend ausgeschaltet sein (Eiden 1995). In der DNA werden daher jene kodierenden Gene verändert, die an der Expression der gewünschten AS beteiligt sind. Im Laufe der Biosynthese wird dann anhand von Enzymen die Kodierung der Gene reguliert. Im

Falle der verzweigtkettigen AS sind sechs Enzyme und deren entsprechenden Gene involviert. Abbildung 1 zeigt die Biosynthese der verzweigtkettigen Aminosäuren (Holátko et al. 2009).

Abbildung 1: Biosyntheseweg der verzweigtkettigen Aminosäuren



Enzyme und deren kodierenden Gene:

TD (*ilvA*): Threonindeaminase

AHAS (*ilvB* und *ilvN*): Acetohydroxy-säuresynthase

AHAIR (*ilvC*): Acetohydroxysäure-isomeroreductase

DHAD (*ilvD*): Dihydroxysäure-dehydratase

TA (*ilvE*): Transaminase

IPMS (*leuA*): Isopropymalatsynthase

KPHMT (*panB*): Ketopantoate Hydroxymethyltransferase

(Holátko et al. 2009)

Als Ausgangsprodukt für alle drei verzweigtkettigen AS steht das Pyruvat. Je nachdem welche AS gebildet wird, katalysiert das Enzym AHAS zwei Moleküle Pyruvat zu 2-Acetolactat für die L-Valine und L-Leucine Herstellung. Aus einem Molekül Pyruvat und 2-Ketobutyrat entsteht 2-Aceto-2-Hydroxybutyrat als Ausgangsprodukt für die Produktion von L-Isoleucin. Weiters werden dann über die Gene ilvC und ilvD die jeweiligen Enzyme für die weiteren Reaktionen codiert. Im Falle des L-Valin und L-Leucine wird aus dem 2-Acetolactat über das 2,3-Dihydroxyisovalerat zu 2-Ketoisovalerat fermentiert. Schlussendlich aminiert die Transaminase aus dem 2-Ketoisovalerat das L-Valin (Eiden 1995, Park und Lee 2009).

Am Beginn der Herstellung steht die Aufbereitung des Impfbakteriums, auch Lab genannt, um eine große Menge an stabiler Kultur zu erhalten. Bevor es dann in den Prozess gehen kann, muss die Kultur noch auf deren Sterilität und Produktivität überprüft werden, um einen Abfall der Qualität und Quantität des Endprodukts zu

vermeiden. Danach kann das kohlenhydratreiche Ausgangsprodukt mit der Kultur beimpft werden. Dabei werden in einem Bioreaktor alle Nährstoffe gefüllt, die für das Wachstum der Mikroorganismen notwendig sind und mit der Biomasse eines anderen Reaktors beimpft. Der Prozess ist dann beendet, wenn alle Nährstoffe verbraucht sind. Anschließend wird die Zellmasse über Zentrifugieren oder Filtrierung von der Biomasse entfernt. Danach kann die Zellmasse mit chromatographischen Techniken, einer Kombination von Konzentration- und Kristallisationsschritten oder aus einer Verbindung von beiden Techniken gereinigt werden. Welche Methode angewendet wird, hängt auch von der produzierten AS ab. Wichtig ist, dass bei der chromatographischen Technik mit Ionenaustausch nur ein Vorgang notwendig ist, jedoch höhere Abfallströme entstehen. Hingegen sind bei der Kristallisationsmethode zwei oder drei Vorgänge für die Reinigung erforderlich (Eiden 1995, Hermann 2003).

Sowohl bei diskontinuierlichen als auch kontinuierlichen Betriebsweisen, ist der Prozess immer wieder von längeren Stillstandzeiten gekennzeichnet. Bei kontinuierlichen Verfahren wird ständig frisches Nährmedium und Substrat zugeführt und die gleiche Menge an Produkt den Reaktoren entnommen. Diese Betriebsweise erlaubt die Reihung von zwei Reaktoren hintereinander zu einer Kaskade. Für eine weitere Prozessoptimierung sind Parameter wie der pH-Wert, Lüftung, Vorschub des kohlenhydratreichen Materials oder Prozesstemperatur wichtige Kriterien in der AS-Produktion. Weiters spielt auch der hydrostatische Druck bei größeren Reaktoren eine wichtige Rolle, ebenso kann der O_2-Gehalt die Menge der Art der Endprodukte beeinflussen. Als Ausgangssubstanz werden Zuckerrüben- und Kartoffelmelasse sowie auch Stärkehydrolysate verwendet, wobei in Europa meist verbreitet Melasse Verwendung findet (Eiden 1995, Hermann 2003).

3. Material und Methoden

3.1. Versuchsstandort und Versuchsdauer

Der Versuch wurde in der Versuchsstation Leitgeb, Äußere Wimitz 3, A-9311 Kraig, in der Zeit vom 23. Juli bis zum 28. August 2012 durchgeführt. Die Tiere wurden 36 Tage gemästet. Am Tag vor der Schlachtung wurde den Tieren das Futter um Mitternacht entzogen und am 28. August erfolgte dann die Schlachtung. Anschließend wurden die Tiere über Nacht in einem Kühlraum bei 3˚C bis zur Zerlegung in die Teilstücke am 29. August gelagert.

3.2. Tierherkunft

Alle 384 Eintagesküken der Hybridmastlinie Ross 308 wurden am 23. Juli 2012 von der Brüterei Helmut Wolin, Feschingstraße 100, A-9020 Klagenfurt, angeliefert. Die Küken hatten bei der Anlieferung ein Durchschnittsgewicht von 47,5 g.

3.3. Versuchsdurchführung

Nach der Anlieferung der Tiere wurden diese auf 24 Boxen zu je 16 Tiere pro Box aufgeteilt, wobei darauf geachtet wurde, dass das Durchschnittsgewicht jeder Box pro Wiederholung beinahe ident war. Jede Box war mit einer Infrarotwärmelampe, einer automatischen Hängetränke und einem Futterautomaten ausgestattet. Außerdem wurde in den ersten Tagen auch ein Eierkarton mit etwas Futter gefüllt und vor den Futterautomaten gestellt, um den Tieren den Weg zum Futter zu erleichtern. Futter und Wasser wurde den Tieren ad libitum angeboten. Je nach Alter und Größe der Tiere wurden die Futterautomaten dementsprechend auf größere Futterautomaten ausgetauscht. Ebenso konnten die Tränken höhenverstellt werden. In der Früh und am Abend wurden täglich die Tränken gesäubert und die Tiere gefüttert. Bis zum Ende des Versuchs mussten die Tiere täglich dreimal gefüttert werden.

In der ersten Woche wurde den Küken ein Kükenstarter gefüttert. Am achten Lebenstag wurden die Küken dann gewogen und jene selektiert, die mindestens 85% vom Durchschnittsgewicht einer Wiederholung erreicht haben. 39 Küken wurden aufgrund dieser Vorgehensweise aus dem Versuch genommen. Bei erneuter Zusammensetzung der Tiere wurde wiederum versucht ein homogenes Gewicht der

Wiederholungen zu erreichen (121±0.9 g). Am selben Tag wurden die Küken dann vom Starter auf das Growerfutter umgestellt, welches dann 14 Tage bis zum 21. Lebenstag gefüttert wurde. Am 21. Lebenstag wurde das Gewicht pro Box erneut erhoben und vom Grower auf das Finisherfutter umgestellt. Die Tiere bekamen bei dieser Umstellung am 21. LT ein Gemisch aus Grower und Finisher, damit jede Wiederholung gleich viel Growerfutter fressen konnte. Das Finisherfutter wurde dann bis zum Ende der Mast, 36. LT, gefüttert.

Am Tag vor der Schlachtung wurde das Futter um Mitternacht aus den Boxen entnommen, damit sich im Verdauungstrakt nur noch geringe Mengen an Futter befinden. Bei jedem Futterwechsel sowie am Ende der Mast wurden die Futterreste in den Futtertrögen zurückgewogen, um das tatsächlich gefressene Futter eruieren zu können. Sowie wurde während der gesamten Mastphase die Anzahl der ausgefallenen Tiere mit Datum und Gewicht erhoben, um das Gewicht dieser Tiere ebenso in die Berechnungen einbeziehen zu können. Am Schlachttag wurden vor der Schlachtung die Einzeltiere gewogen und danach ein Teil der Schlachtleistungs-ergebnisse erhoben. Die Wiegung der restlichen Schlachtleistungsparameter erfolgte am darauffolgenden Tag.

3.3.1. Boxen und Einstreu

Jede Box hatte eine Grundfläche von 3 m² und war am Boden mit einem Holzbrett umfasst. Die Boxen waren durch einen Zaun mit einer Maschengröße von 1x1 cm getrennt. Der Boden wurde vor dem Einstreuen mit einer Plastikfolie abgedeckt. Als Einstreumaterial wurden gemahlene Holzspäne verwendet. Jede Box wurde mit 8 kg Streu gefüllt, die im Laufe des Versuchs ein Mal pro Woche aufgelockert wurde.

3.3.2. Stallklima und Beleuchtung

Das Stallklima wurde durch das Zusammenspiel von automatischen Ventilatoren und den Infrarotlampen mit eingebautem Thermostat gesteuert. Die Infrarotlampen gingen automatisch an, sobald die Temperatur unter die voreingestellte Temperatur fiel. Zu Beginn des Versuchs wurde die Temperatur auf 28˚C eingestellt und je nach Wärmebedürfnis der Küken manuell nach oben oder unten geregelt. Bis zum Ende des Versuchs konnte die Temperatur dann auf 19˚C herabgesenkt werden.

Bereits in der ersten Woche des Versuchs kamen auch die Ventilatoren zum Einsatz, um das Kondenswasser zu beseitigen und um Frischluft in den Stall zu bringen. Für eine bessere Luftbewegung im Stall wurden ab der dritten Woche fünf Fenster auf der linken Seite des Stalles gekippt. Ein Thermometer mit Minimum- und Maximum-Anzeige sowie ein Hygrometer sorgten für die tägliche Kontrolle der Luftfeuchte und Temperatur im Stall.

Die Beleuchtung wurde von zwei Zeitschaltuhren für die linke und rechte Seite des Stalles gesteuert. Im Stall waren auf jeder Seite des Stalles sechs Neonröhren der Länge nach angebracht. Die Licht- und Dunkelphasen wurden unter Einhaltung der Bestimmungen des Österreichischen Tierschutzgesetzes reguliert (Bundeskanzleramt 2004).

3.3.3. Fütterung und Versuchsdesign

Tabelle 7 zeigt einen Überblick des Versuchsaufbaus. Das Verhältnis von verd. V:L wurde in den Futtergruppen von 68%, 73%, 78%, 83% auf 88% gesteigert. Dabei wurde zuerst eine Basismischung erstellt und anschließend die AS für die Erstellung der Futtergruppen zugesetzt. Wobei in der ersten Ration mit 68% kein kristallines Valin zugesetzt wurde. Die ersten vier Valin-Stufen hatten fünf Wiederholungen und die Stufe mit 88% vier Wiederholungen. Die Tieranzahl pro Versuchsgruppe eruiert aus der Tieranzahl am achten Lebenstag. Der Versuch dauerte vom achten bis zum 36. Lebenstag.

Tabelle 7: Versuchsplan

Valin : Lysin	**FG 1 68%**	**FG 2 73%**	**FG 3 78%**	**FG 4 83%**	**FG 5 88%**
Tiere, n	70	71	71	71	60
Wiederholungen	5	5	5	5	4
Mastdauer	36	36	36	36	36

In der ersten Woche wurde allen Versuchsgruppen ein handelsüblicher Kükenstarter (11,5 MJ AME_N, 18% XP) gefüttert. Der Versuch begann am achten Lebenstag mit der Fütterung des Growerfutters (13,0 MJ AME_N; 18% XP). Ab der vierten Woche wurde dann das Finisherfutter (13,1 MJ AME_N, 15,7% XP) bis zum 36. Lebenstag

gefüttert. Die Nährstoffgehalte des Starterfutters und die kalkulierten Nährstoffgehalte für das Grower- und Finisherfutter sind in den Tabellen 8, 9 und 10 dargestellt.

Tabelle 8: Inhaltsstoffe Starter

Starter	
MJ AME_N/kg	11,50
XP %	**18,00**
XL %	3,50
XF %	4,30
XA %	6,10
verd. Lysin %	0,85
verd. Methionin %	0,45
Ca %	0,95
P %	0,70
Na %	0,14
Vit A IE/kg	10.000
Vit D3 IE/kg	3.000
Vit E mg/kg	50
Fe-II-Sulfat mg/kg	60
Mn-II-Oxid mg/kg	90
Zn-Oxyd mg/kg	60
Cu-II-sulfat mg/kg	12,50
Ca-Jodat mg/kg	1,00
Na-Selenit mg/kg	0,40
Cobaltcarbonat mg/kg	1,00
Phytase FYT	750
Monensin Na mg/kg	100
E 324, E321 mg/kg	12,90

Tabelle 9: Kalkulierte Inhaltsstoffe Growerfutter

Inhaltsstoffe	FG 1 68% V:L	FG 2 73% V:L	FG 3 78% V:L	FG 4 83% V:L	FG 5 88% V:L
AME_N MJ/kg	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
XP %	**18,00**	**18,00**	**18,00**	**18,00**	**18,00**
verd. Lysin %	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**
verd. Methionin %	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
verd. Cystin %	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
verd. Methionin + Cystin %	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
verd. Threonin %	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
verd. Tryptophan %	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
verd. Arginin %	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
verd. Isoleucin %	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
verd. Leucin %	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81
verd. Glycin + Serin %	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
verd. Valin %	**0,68**	**0,73**	**0,78**	**0,83**	**0,88**
Ca %	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
P %	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Na %	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Mn mg/kg	100	100	100	100	100
Vitamin A IE/kg	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000
Choline-Cl mg/kg	600	600	600	600	600
Loxidan mg/kg	100	100	100	100	100
ZY Phytase FTU/kg	500	500	500	500	500
Monensin-Na mg/kg	100	100	100	100	100

Tabelle 9 und 10 zeigen die kalkulierten Inhaltsstoffe für das Growerfutter und Finisherfutter. Der XP-Gehalt im Grower- und Finisherfutter wurde etwas unter dem Bedarf angesetzt, um auch ein AS-Defizit zu erhalten. Des Weiteren musste die AS Lysin als zweitlimitierende AS in den Rationen agieren, damit der Valin-Bedarf in diesem Versuch nicht überschätzt wird. Daher wurde im Grower Lysin nur mit 10 g/kg FM und im Finisher mit 8 g/kg FM supplementiert. Diese Werte wurden in einer Vorstudie ermittelt, in der gezeigt wurde ab wann Lysin zweitlimitierend in der Ration vorliegt (Schedle et al. 2012). Alle anderen AS wurden dem Idealen Protein

entsprechend angepasst (Sauvant et al. 2004). Ebenso wurde auch der Energiegehalt an den Bedarf angepasst.

Tabelle 10: Kalkulierte Inhaltsstoffe Finisherfutter

Inhaltsstoffe	FG 1 68% V:L	FG 2 73% V:L	FG 3 78% V:L	FG 4 83% V:L	FG 5 88% V:L
AME_N MJ/kg	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80
XP %	**15,80**	**15,80**	**15,80**	**15,80**	**15,80**
verd. Lysin %	**0,80**	**0,80**	**0,80**	**0,80**	**0,80**
verd. Methionin %	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
verd. Cystin %	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
verd. Methionin + Cystin %	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
verd. Threonin %	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
verd. Tryptophan %	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
verd. Arginin %	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
verd. Isoleucin %	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
verd. Leucin %	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
verd. Glycin + Serin %	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
verd. Valin %	**0,55**	**0,59**	**0,63**	**0,67**	**0,71**
Ca %	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
P %	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Na %	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Mn mg/kg	100	100	100	100	100
Vitamin A IE/kg	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Choline-Cl mg/kg	300	300	300	300	300
Loxidan mg/kg	100	100	100	100	100
ZY Phytase FTU/kg	500	500	500	500	500

In den Tabellen 11 und 12 ist die Zusammensetzung der Basismischungen für das Grower- und Finisherfutter in % Futtermittel pro kg in der Ration angegeben. Das Valin wurde anschließend on Top der Basismischung hinzugefügt und damit die fünf Futtergruppen gebildet. Die Hauptbestandteile des Growerfutters waren Mais, Weizen, Maisklebermehl und Sojaschrot mit Hüllen. Die Hauptbestandteile des Finisherfutters waren Mais, Weizen und getoastete vollfette Sojabohnen.

Tabelle 11: Futtermittelzusammensetzung Grower

Futtermittel	**Basismischung**				
Mais %	35,34				
Weizen %	42,87				
Sojaextraktionsschrot 44 %	3,13				
Unifrutol %	1,77				
Maisklebermehl %	11,62				
$CaCO_3$ %	1,12				
Dicalcium-P %	1,68				
Natriumchlorid %	0,28				
L-Lysine HCl %	0,787				
DL-Methionin %	0,147				
L-Threonin %	0,194				
L-Tryptophan %	0,107				
L-Arginin HCl %	0,596				
L-Isoleucin %	0,094				
Vitamin-Premix %	0,030				
Mineralstoff-Premix %	0,056				
ZY-Phytase %	0,010				
Cholin-Cl %	0,120				
Loxidan %	0,010				
Elancoban %	0,050				
Valin on top	**FG 1 68% V:L**	**FG 2 73% V:L**	**FG 3 78% V:L**	**FG 4 83% V:L**	**FG 5 88% V:L**
L-Valin %	0,000	0,050	0,100	0,150	0,200

Tabelle 12: Futtermittelzusammensetzung Finisher

Futtermittel	**Basismischung**				
Mais %	9,92				
Weizen %	66,90				
Sojabohne vollfett, getoastet %	11,20				
Unifrutol %	3,63				
Maisklebermehl %	3,00				
Luzernemehl %	1,50				
$CaCO_3$ %	0,94				
Dicalcium-P %	1,33				
Natriumchlorid %	0,27				
L-Lysine HCl %	0,467				
DL-Methionin %	0,151				
L-Threonin %	0,142				
L-Tryptophan %	0,039				
L-Arginin HCl %	0,289				
L-Isoleucin %	0,062				
Vitamin-Premix %	0,030				
Mineralstoff-Premix %	0,056				
ZY-Phytase %	0,010				
Cholin-Cl %	0,060				
Loxidan %	0,010				
Valin on top	**FG 1 68% V:L**	**FG 2 73% V:L**	**FG 3 78% V:L**	**FG 4 83% V:L**	**FG 5 88% V:L**
L-Valin %	0,000	0,040	0,080	0,120	0,160

3.4. Untersuchungsparameter

In den folgenden Punkten werden die erhobenen Parameter der Mast- und Schlachtleistung genauer beschrieben.

3.4.1. Futtermittelanalysen

Um festzustellen ob die Futtermittel auch den Nährstoffgehalten der kalkulierten Rationen entsprachen, wurden die Futtermittel für die Grower- und Finisherphase mit der Weender Futtermittelanalyse in Rosenau (Rosenau, Österreich) auf deren Nährstoffgehalte untersucht. Die AS-Gehalte wurden von der Firma Ajinomoto (Paris, Frankreich) untersucht.

Die Proben für die Futtermittelanalysen wurden im Zuge der Futtermischung entnommen. Die Futtermittel wurden auf die Gehalte Trockenmasse (TM), Rohasche (XA), Rohprotein (XP), Rohfett (XL), Stärke (XS), Zucker (XZ) untersucht und daraus der Gehalt an N-korrigierter Umsetzbarer Energie in MJ mit der Mischfutterformel der GfE für Geflügel 1999 berechnet. Außerdem wurden auch die Gehalte der Mengen- und Spurenelemente überprüft.

3.4.2. Parameter der Mastleistung

Für die Parameter der Mastleistung wurde durch ständiges Wiegen des Futters das tatsächlich gefressene Futter je Box erhoben. Ebenso wurden am ersten, achten und 21. Lebenstag die Lebendmassen der Tiere je Box erhoben. Am Tag der Schlachtung wurde von jedem Tier das Lebendgewicht nüchtern ermittelt.

- Futteraufnahme (FA)

Die Futteraufnahme berechnet sich aus der eingewogenen Menge an Futter minus der Futterreste in den Futtertrögen und den Vorratskübeln. Die Futteraufnahme wurde für jede Futtermischung und jede Box einzeln erhoben.

- Tägliche Futteraufnahme (tFA)

Diese berechnet sich aus der Futteraufnahme dividiert durch die Dauer der Fütterung der Futtermischung.

* Futterverwertung (FVW)

Die Futterverwertung berechnet sich aus der Futteraufnahme geteilt durch die Lebendmasse am Ende einer Futtermischungsperiode abzüglich des Gewichts am Beginn einer Futtermischungsperiode. Die LM der ausgeschiedenen Tiere wurden dabei mit einberechnet.

* Tageszunahmen (TGZ)

Die Tageszunahmen errechnen sich aus der Zunahme pro Mastperiode, geteilt durch die Tage der Mastdauer und die Anzahl der Broiler.

3.4.3. Parameter der Schlachtleistung

Die Tiere wurden am 28. August 2012 am Standort der Versuchsstation geschlachtet. Vor der Schlachtung wurde jedes Tier gewogen und mit einer Nummer am Fuß beringt. Bei der Schlachtung wurde jedes Tier betäubt, gestochen, in einem Brühkessel mit 75˚C gebrüht und anschließend in einer Rupfmaschine mit Plastikstumpfen die Federn entfernt. Jeder Schlachtkörper wurde danach gesäubert und gewogen, ebenso die Organe. Folgende Parameter wurden am Tag der Schlachtung und am darauffolgenden Tag erhoben.

* Ohne-Darm-Ware warm (ODWw)

Die ODWw setzt sich zusammen aus dem Gewicht des Schlachtkörpers ohne Blut, Federn und Verdauungstrakt.

* Ohne-Darm-Ware kalt (ODWk)

Ist das Gewicht der ODWw nach ca. 15 Stunden und wurde am Tag nach der Schlachtung erhoben.

* Grillfertige Ware

Die Grillfertige Ware ergibt sich aus der ODWk ohne Kopf, Hals und Ständer. Das Gewicht von Hals, Kopf und Ständer wurde von 60 Tieren getrennt erfasst.

* Wertvolle Teilstücke

Genau 60 Stück der Grillfertigen Ware wurden zerteilt in Brust, Schenkel, Flügel und Restkörper. Die Teilstücke von den 60 Stück der grillfertigen Ware wurden getrennt erfasst.

* Organgewichte

Am Schlachttag wurde der entleerte Magen, die Leber ohne Galle und das Herz von jedem Tier gewogen.

* Abdominalfett (AF)

Das AF ist das Fett der hinteren Bauchhöhle und wurde am Schlachttag mitbestimmt.

3.5. Statistische Auswertung

Die erhobenen Daten wurden eingangs auf die Normalverteilung der Residuen überprüft. Mit einer Varianzanalyse, mit anschließendem F-Test zum globalen Niveau $\alpha = 0.05$, wurden die Daten ausgewertet. Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde mit 5% ($p < 0.05$) festgelegt. Als globale H_0 wurde zugrunde gelegt, dass sich die Mittelwerte der Futtergruppen nicht voneinander unterscheiden.

Die H_0 lautete: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Futtergruppen.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

Modell der Mastleistung

$$Y_{ij} = \mu + FG_i + W_j + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} *=Beobachtungswert j unter Einfluss der jeweiligen Futtergruppe i*

μ *=gemeinsame Konstante für alle Beobachtungswerte* Y_{ij}

FG_i *=fixer Effekt der Futtergruppen i, i=1, 2, 3, 4, 5*

W_j *=fixer Effekt der Wiederholungen j, j=1, 2, 3, 4, 5*

ε_{ij} *=Residue oder Zufallsfehler von* $Y_{ij,}$ *der weder durch* μ *noch durch* FG_i *oder* G_j *erklärt werden kann*

(Eßl 1987)

Modell der Schlachtleistung

$$Y_{ij} = \mu + FG_i + G_j + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} *=Beobachtungswert j unter Einfluss der jeweiligen Futtergruppe i*

μ *=gemeinsame Konstante für alle Beobachtungswerte* Y_{ij}

FG_i *=fixer Effekt der Futtergruppen i, i=1,2,3,4,5,*

G_j *=fixer Effekt des Geschlechts, j=1,2*

ε_{ij} *=Residue oder Zufallsfehler von* $Y_{ij,}$ *der weder durch* μ *noch durch* FG_i *oder* G_j *erklärt werden kann*

(Eßl 1987)

Die Varianzanalyse wurde mit dem Programm SAS 9.1 mit der Prozedur GLM durchgeführt. Da die H_0 abgelehnt wurde, konnte der t - Test nach Tukey durchgeführt werden, um zu sehen wo und wie hoch die Unterschiede zwischen den FG waren. Unterschiede zwischen den Futtergruppen wurden mit unterschiedlichen Hochbuchstaben gekennzeichnet. Die Ergebnisse werden mit den ermittelten P-Werten und dem SEM (= Standard Error of Means) dargestellt (Eßl 1987).

4. Versuchsergebnisse

Zuerst werden die Futtermittelanalysen von Grower und Finisher dargestellt und weiteres die Ergebnisse der Mast- und Schlachtleistung.

4.1. Ergebnisse der Futtermittelanalysen

Die Analysenergebnisse sind in den Tabellen 13, 14, 15 und 16 angeführt. Vergleicht man die kalkulierten Werte mit den Werten der Futtermittelanalysen, so zeigt sich, dass die analysierten Werte der Futtermittel sich beinahe ident mit den kalkulierten Werten gedeckt haben. Die Valingehalte in der Grower- und Finisherphase glichen beinahe ident den Werten in den kalkulierten Rationen. Die Methioningehalt wichen in der Ration mit 68% um 1g verd. Methionin etwas vom kalkulierten Methioningehalt ab, jedoch kann damit abgesichert werden, dass die angestrebten Mindestgehalte von Methionin sowie auch aller anderen AS erreicht wurden.

Am Ende der Tabellen wurde jeweils für das Grower- und Finisherfutter der Gehalt des V:L Verhältnis in den Futtermitteln und das verd. V:L Verhältnis berechnet. Ebenso stimmen diese Verhältnisse im Growerfutter gut mit den kalkulierten V:L Verhältnissen überein. In der Finisherfütterung sind die Verhältnisse etwas geringer, als diese kalkuliert wurden. Dennoch folgen diese Werte dem Trend einer steigenden Valin-Konzentration und können somit für den Versuch als geeignet angesehen werden.

Tabelle 13: Analysierte Nährstoffgehalte Grower

Inhaltsstoffe in g/kg Frischmasse	FG 1 68% V:L	FG 2 73% V:L	FG 3 78% V:L	FG 4 83% V:L	FG 5 88% V:L
TM	886	888	886	888	886
MJ AME_N	13,06	13,01	12,90	12,82	12,88
XP	184	184	184	184	185
XL	46	45	46	46	45
XS	500	501	492	490	495
XZ	22	19	20	16	16
Mengenelemente in g/kg Frischmasse					
Ca	9,10	8,90	9,20	9,50	9,00
P	5,80	5,80	5,90	6,10	5,90
Mg	1,30	1,30	1,30	1,40	1,40
K	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Na	1,55	1,54	1,61	1,62	1,55
Spurenelemente in mg/kg Frischmasse					
Fe	210	241	241	228	239
Mn	117	133	131	130	142
Zn	123	148	131	149	142
Cu	26	28	21	21	23

Tabelle 14: Analysierte Aminosäurengehalte Grower

AS in g/kg Frischmasse	FG 1 68% V:L	FG 2 73% V:L	FG 3 78% V:L	FG 4 83% V:L	FG 5 88% V:L
Lysin	**10,70**	**10,50**	**10,30**	**10,30**	**10,20**
verd. Lysin	**10,20**	**10,00**	**9,80**	**9,80**	**9,70**
Threonin	7,10	7,10	7,10	6,90	7,10
verd. Threonin	6,60	6,60	6,60	6,40	6,60
Methionin	5,60	5,25	5,24	5,01	5,09
verd. Methionin	5,40	5,10	5,10	4,80	4,90
Methionin + Cystin	8,63	8,17	8,15	7,91	8,05
verd. Methionin + Cystein	8,20	7,80	7,80	7,50	7,70
Tryptophan	2,35	2,35	2,31	2,29	2,33
verd. Tryptophan	2,20	2,20	2,10	2,10	2,10
Valin	**7,40**	**7,80**	**8,20**	**8,70**	**9,30**
verd. Valin	**6,80**	**7,30**	**7,70**	**8,20**	**8,80**
Isoleucin	7,00	7,00	7,00	6,90	7,00
verd. Isoleucin	6,60	6,60	6,60	6,50	6,60
Leucin	19,60	19,40	19,60	19,40	19,90
verd. Leucin	18,90	18,70	18,90	18,70	19,10
Arginin	11,20	11,40	11,00	11,10	11,20
verd. Arginin	10,70	10,90	10,50	10,60	10,70
Glycin + Serin	13,80	13,50	13,50	13,70	14,00
verd. Glycin + Serin	12,40	12,10	12,10	12,30	12,50
Freies Lysin	6,55	6,57	6,49	6,23	6,24
Freies Threonin	1,98	2,02	1,99	1,86	1,92
Freies Methionin	2,81	2,38	2,26	2,07	2,24
Freies Tryptophan	1,06	1,06	1,06	1,00	1,03
Freies Valin	<0,20	0,56	1,02	1,42	2,02
Freies Isoleucin	0,95	0,98	0,96	0,88	0,95
Freies Arginin	4,79	5,14	4,80	4,65	4,76
Valin/Lysin %	**69,20**	**74,30**	**79,60**	**84,50**	**91,20**
verd. Valin/Lysin %	**67,40**	**72,80**	**78,40**	**83,60**	**90,60**

Tabelle 15: Analysierte Nährstoffgehalte Finisher

Inhaltsstoffe in g/kg Frischmasse	**FG 1 68% V:L**	**FG 2 73% V:L**	**FG 3 78% V:L**	**FG 4 83% V:L**	**FG 5 88% V:L**
TM	888	888	890	888	889
MJ AME_N	13,08	12,96	13,02	13,10	13,09
XP	156	157	157	161	155
XL	73	73	74	73	73
XS	472	466	464	467	473
XZ	21	19	23	23	22
Mengenelemente in g/kg Frischmasse					
Ca	7,70	7,90	8,10	8,10	7,40
P	5,40	5,70	5,50	5,60	5,40
Mg	1,40	1,50	1,40	1,40	1,40
K	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Na	1,54	1,41	1,43	1,41	1,23
Spurenelemente in mg/kg Frischmasse					
Fe	238	239	231	239	212
Mn	129	136	129	125	118
Zn	128	112	107	117	105
Cu	22	21	19	18	17

Tabelle 16: Analysierte Aminosäurengehalte Finisher

Aminosäuren in g/kg Frischmasse	FG 1 68% V:L	FG 2 73% V:L	FG 3 78% V:L	FG 4 83% V:L	FG 5 88% V:L
Lysin	**9,00**	**9,10**	**9,10**	**9,10**	**9,10**
verd. Lysin	**8,10**	**8,20**	**8,20**	**8,20**	**8,20**
Threonin	5,90	5,90	6,00	6,00	5,80
verd. Threonin	5,20	5,20	5,30	5,30	5,10
Methionin	4,18	4,20	4,30	4,30	4,40
verd. Methionin	3,90	3,90	4,00	4,00	4,10
Methionin + Cystein	6,74	6,80	6,90	6,90	6,90
verd. Methionin + Cystein	6,10	6,20	6,30	6,30	6,30
Tryptophan	1,99	2,00	2,00	2,00	2,00
verd. Tryptophan	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
Valin	**6,30**	**6,80**	**7,20**	**7,40**	**7,80**
verd. Valin	**5,40**	**5,90**	**6,20**	**6,50**	**6,90**
Isoleucin	5,90	6,00	6,10	5,90	5,90
verd. Isoleucin	5,20	5,30	5,40	5,20	5,20
Leucin	11,90	12,10	12,10	12,10	12,00
verd. Leucin	10,80	11,00	11,00	11,00	10,90
Arginin	10,00	10,10	10,10	10,00	9,80
verd. Arginin	9,00	9,10	9,10	9,00	8,80
Glycin + Serin	12,50	12,50	12,50	12,60	12,30
verd. Glycin + Serin	11,10	11,10	11,10	11,10	10,90
Freies Lysin	3,66	3,70	3,90	3,70	3,80
Freies Threonin	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Freies Methionin	1,78	1,90	1,90	1,80	1,90
Freies Tryptophan	0,49	0,50	0,50	0,50	0,50
Freies Valin	<0,20	0,40	0,80	1,10	1,60
Freies Isoleucin	0,63	0,60	0,70	0,70	0,60
Freies Arginin	2,83	2,70	2,80	2,70	2,70
Valin/Lysin %	**70,00**	**74,70**	**79,10**	**81,30**	**85,70**
verd. Valin/Lysin %	**66,50**	**71,60**	**76,40**	**79,10**	**84,00**

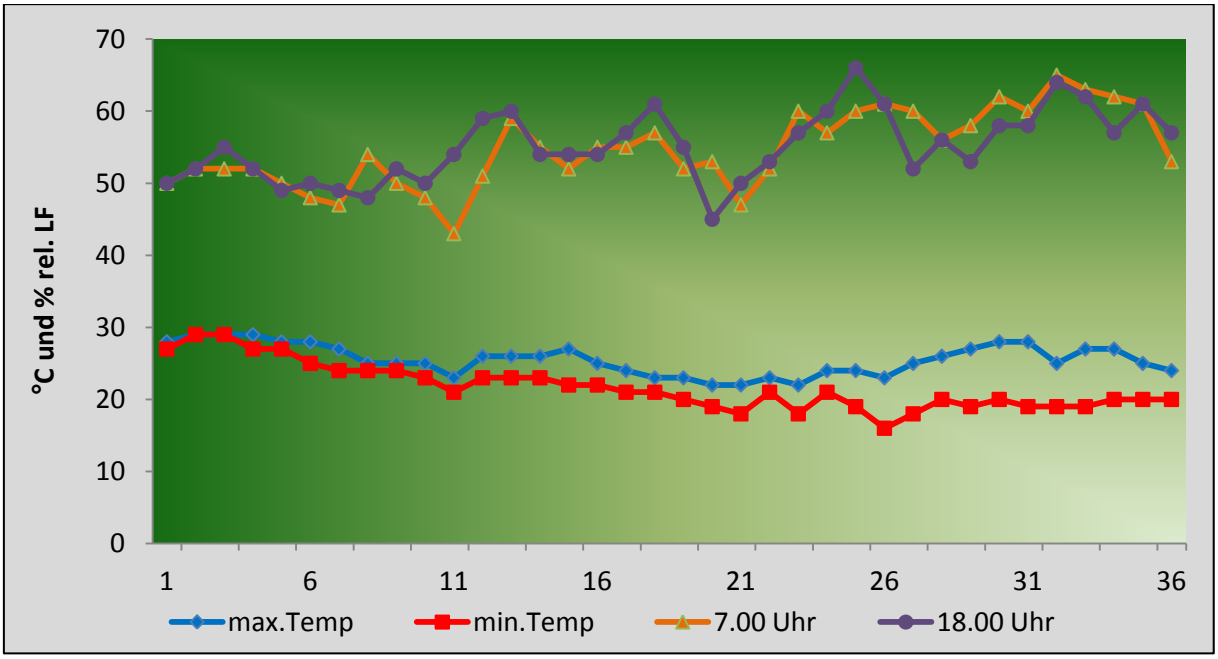
4.2. Ergebnisse der Mast

Während der gesamten Mastperiode (Starter-, Grower- und Finisherfütterung) wurden die Lebendmasseentwicklung, der Futterverbrauch, die Tierverluste und die Stallklimaverhältnisse aufgezeichnet.

4.2.1. Stallklima

Während der gesamten Mastperiode konnte das Stallklima in einem angemessenen Bereich beibehalten werden. Dafür wurden täglich die minimale und maximale Temperatur und die rel. Luftfeuchtigkeit um sieben Uhr und um 17 Uhr abgelesen. Abbildung 2 zeigt den Verlauf der Stallklimaverhältnisse während der Mast.

Abbildung 2: Stallklimaaufzeichnung während der Mastperiode



4.2.2. Tierverluste

Die Tierverluste waren mit zwei ausgefallenen Tieren während der Versuchsphase sehr gering. Am fünften Tag in der Growerfütterung musste ein Huhn aus der FG 1 mit 449 g eliminiert werden. Auch musste am sechsten Tag der Finisherfütterung ein Huhn aus der FG 4 mit 820 g wegen Lahmheit aus dem Versuch genommen werden.

4.2.3. Mastleistungsergebnisse

In diesem Abschnitt werden die Lebendmasseentwicklung (LM), die Tageszunahmen (TGZ), Futteraufwand (FA) und Futterverwertung (FVW) nach den Fütterungsphasen Grower und Finisher sowie der gesamten Versuchsdauer beschrieben.

In Tabelle 17 sind die Mastleistungsergebnisse der Growerfütterung dargestellt. Am achten Tag sind die Ø Boxengewichte in den Futtergruppen beinahe ident (121g ±0,9). Dies kommt daher, dass am achten Lebenstag die Tiere selektiert wurden (siehe 3.4. Versuchsdurchführung) und bei erneuter Aufteilung der Küken versucht wurde, ein homogenes Boxengewicht der Wiederholungen zu erreichen.

Tabelle 17: Mastleistungsergebnisse der Growerfütterung

Merkmal	**Futtergruppe**					**SEM**	**P-Wert**
	FG 1	*FG 2*	*FG 3*	*FG 4*	*FG 5*		
Valin:Lysin	*68%*	*73%*	*78%*	*83%*	*88%*		
Tiere, n	*70*	*71*	*71*	*71*	*60*		
LM, Tag 8	121	121	121	121	120	0,908	0,261
LM, Tag 21	589^{b}	666^{a}	683^{a}	697^{a}	696^{a}	9,604	<0,0001
TGZ, g	33^{b}	39^{a}	40^{a}	41^{a}	41^{a}	0,678	<0,0001
tFA, g	51^{b}	59^{a}	59^{a}	57^{ab}	61^{a}	0,893	0,001
FVW, kg	1,52	1,51	1,47	1,38	1,48	0,017	0,078

Am Ende der Growerfütterung, am 21. Lebenstag, war allerdings schon ein deutlich positiver Einfluss des Valin auf die LM erkennbar. Die Tiere mit einem Verhältnis von 68% verd. V:L zeigten signifikant geringere LM am 21. Masttag (589 g), verglichen mit allen anderen FG ($p<0,05$). Mit steigendem V:L Verhältnis erreichten die Tiere höhere LM, wobei die höchsten LM jene Tiere mit 83% und 88% verd. V:L in der Ration erreichten (697 g und 696 g). Ebenso hatten jene Tiere mit einem Verhältnis von 68% V:L in der Ration signifikant ($p<0,05$) die niedrigsten TGZ (33 g). Bei

steigendem V:L Verhältnis verbesserten sich die TGZ, wobei jene Tiere mit 83% und 88% V:L in der Ration die höchsten TGZ erzielten (je 41 g). Ein weiterer signifikanter Unterschied konnte in der tFA gezeigt werden. Die Tiere mit dem niedrigsten V:L Verhältnis haben deutlich weniger gefressen (51 g) als die übrigen FG ($p<0,05$). Die höchste Futteraufnahme wurde bei 73% und 78% V:L (je 59 g) erreicht. Bemerkenswert war, dass in der darauffolgenden Stufe mit 83% die tFA wieder sank (57 g), jedoch unterschied sich diese nicht signifikant von den Gruppen mit 78% und 88% V:L in der Ration. Bei 88% konnte wieder ein höheres Niveau der tFA erlangt werden(61 g).

In der FVW konnte kein statistisch signifikanter Unterschied berechnet werden. Jedoch zeigte sich, dass die FVW bis zur Konzentration von 83% V:L auf 1,38 kg/kg sank und erst bei 88% V:L in der Ration wieder anstieg (1,48 kg/kg). Beim niedrigsten V:L Verhältnis hatten die Tiere die schlechteste FVW (1,52 kg/kg). Tabelle 17 und Abbildung 3 zeigen den Verlauf der wichtigsten Mastleistungsparameter der Growerfütterung.

Abbildung 3: TGZ, tFA und FVW der Growerfütterung

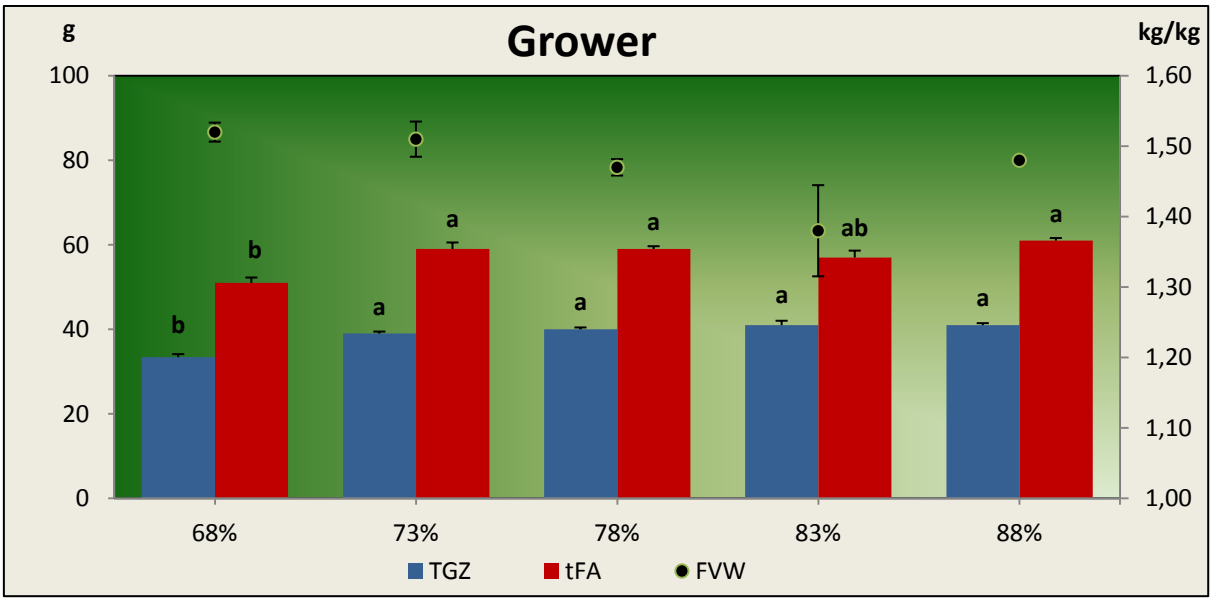


Tabelle 18: Mastleistungsergebnisse der Finisherfütterung

Merkmal	**Futtergruppe**					**SEM**	**P-Wert**
Valin:Lysin	*FG 1* *68%*	*FG 2* *73%*	*FG 3* *78%*	*FG 4* *83%*	*FG 5* *88%*		
Tiere, n	*70*	*71*	*71*	*70*	*60*		
LM, Tag 21	589^{b}	666^{a}	683^{a}	697^{a}	696^{a}	9,604	<0,0001
LM, Tag 36	1533^{c}	1729^{b}	1810^{ab}	1850^{a}	1804^{ab}	27,002	<0,0001
TGZ, g	61^{c}	71^{b}	73^{ab}	77^{a}	74^{ab}	1,243	<0,0001
tFA, g	117^{b}	134^{a}	138^{a}	141^{a}	143^{a}	2,183	<0,0001
FVW, kg	1,92	1,90	1,88	1,87	1,94	0,012	0,299

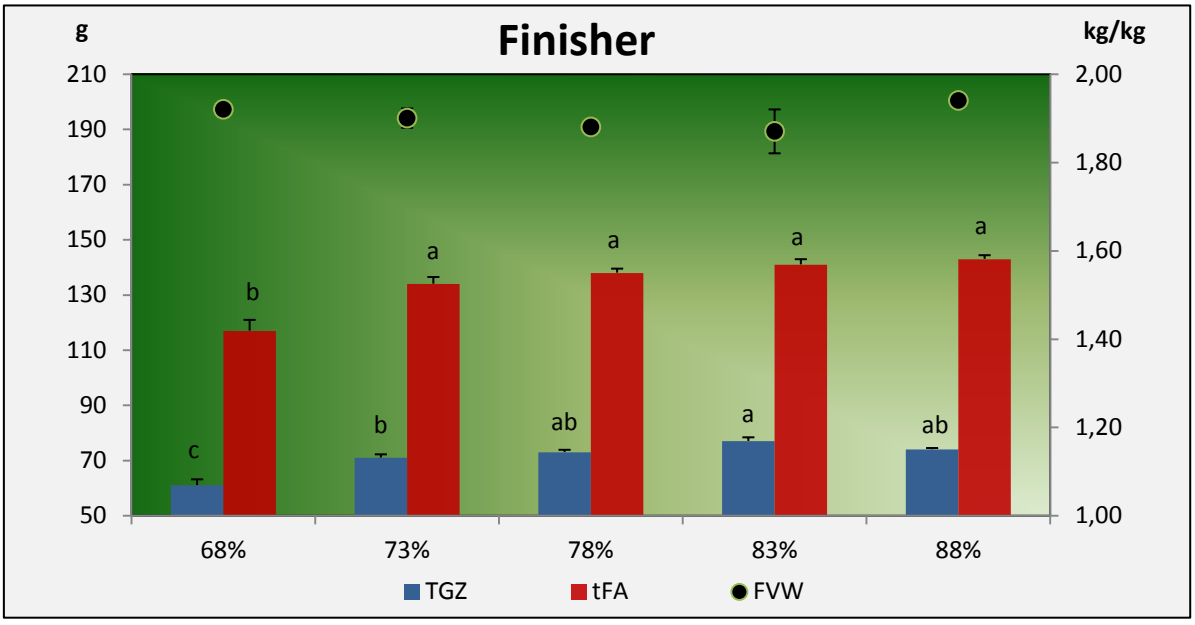
In der Tabelle 18 sind die Ergebnisse der Finisherfütterung dargelegt. Zur Vollständigkeit wurde hier die LM am 21. Tag hinzugefügt.

Sowie die LM am 21. Tag, konnte auch am Ende der Mast, die LM am 36. Tag einen ähnlichen Verlauf aufweisen. Jedoch war hier der Einfluss des steigenden V:L Verhältnisses in den Futtergruppen noch stärker ausgeprägt. Die Tiere mit dem niedrigsten V:L Verhältnis (68%) hatten auch signifikant ($p<0,05$) die niedrigste LM (1533 g). Ein weiterer statistischer Unterschied der LM am 36. Tag konnte in der FG mit 73% V:L zur Gruppe mit 83% V:L gezeigt werden, wobei die Tiere mit 83% V:L am schwersten waren mit 1850 g ($p<0,05$). In der Ration mit 88% V:L hatten die Tiere sogar eine geringere LM (1804 g), als bei einem Verhältnis von 78% V:L (1810 g). Ein ähnliches Bild der LM am 36. Tag konnte in den TGZ der Finisherfütterung gezeigt werden. Die Tiere mit einem Verhältnis von 83% V:L hatten signifikant die besten TGZ mit 77 g und jene Tiere mit 68% V:L die niedrigsten TGZ mit 61 g ($p<0,05$). Wie auch bei der LM am 36. Tag unterschieden sich im Merkmal TGZ die Gruppen mit 73% V:L (71 g) und 83% V:L (77 g) signifikant voneinander. Die Versuchsgruppen mit 78% und 88% unterschieden sich in den TGZ nicht von den Gruppen mit 73% und 83% V:L ($p>0,1$), wie aus Abbildung 4 ersichtlich ist.

Im Merkmal tFA konnte in der Finisherfütterung ebenso wie in der Growerfütterung ein signifikanter Unterschied ab 73% verd. V:L in der Ration gezeigt werden ($p<0,05$). Jene Tiere mit dem niedrigsten V:L Verhältnis (68%) haben signifikant weniger gefressen (117 g) als jene Tiere mit einem höheren V:L Gehalt in der Ration ($p<0,05$). Im Gegensatz zur Growerfütterung stieg die tFA in der Finisher-Phase mit zunehmendem V:L Verhältnis an. So haben auch die Tiere mit dem höchsten Valin Gehalt in der Ration bei 88% V:L am meisten gefressen (143 g), gefolgt von den Gruppen mit 83% (141g), 78% (138g), 73% (134g).

Die FVW der Finisherfütterung zeigte ebenso einen ähnlichen Verlauf wie in der Grower-Periode, wobei auch im Finisher die Tiere mit 83% verd. V:L die beste FVW (1,87 kg/kg) hatten. Es zeigte sich auch, dass die Gruppen mit dem niedrigsten (68%) und höchsten (88%) V:L Verhältnis die schlechteste FVW hatten, mit 1,92 kg/kg und 1,94 kg/kg. Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen konnte nicht nachgewiesen werden. Der Verlauf der drei wichtigsten Parameter der Finisherfütterung sind in Abbildung 4 nochmals grafisch dargestellt.

Abbildung 4: TGZ, tFA und FVW der Finisherfütterung



In Tabelle 19 sind die Mastleistungsergebnisse über die gesamte Versuchsdauer, vom achten bis zum 36. Lebenstag, zusammengefasst.

Tabelle 19: Mastleistungsergebnisse gesamte Versuchsdauer

Merkmal	Futtergruppe					SEM	P-Wert
	FG 1	*FG 2*	*FG 3*	*FG 4*	*FG 5*		
Valin:Lysin	*68%*	*73%*	*78%*	*83%*	*88%*		
Tiere, n	*70*	*71*	*71*	*70*	*60*		
LM, Tag 8	121	121	121	121	120	0,908	0,261
LM, Tag 36	1533^{c}	1729^{b}	1810^{ab}	1850^{a}	1804^{ab}	27,002	<0,0001
TGZ, g	48^{b}	55^{a}	57^{a}	59^{a}	58^{a}	0,959	<0,0001
tFA, g	85^{b}	98^{a}	100^{a}	101^{a}	104^{a}	1,492	<0,0001
FVW, kg	1,79	1,77	1,74	1,71	1,78	0,012	0,197

Die Lebendmasse am achten und 36. Lebenstag wurde nur zur Vollständigkeit hinzugefügt und sind auf den vorherigen Seiten erklärt.

Im Merkmal TGZ zeigte sich wie auch in der Grower- und Finisherphase, dass jene Tiere mit dem geringsten V:L Verhältnis (68 %) in der Ration auch die niedrigsten TGZ hatten (48 g). Ein positiv signifikanter Unterschied ($p<0,05$) zur Ration mit 68% V:L zeigte sich ab der Ration mit 73% V:L (55 g). Die besten TGZ erreichten jene Tiere mit 83% V:L (59 g). Bei einer weiteren Steigerung des V:L Verhältnis auf 88% verringerten sich die TGZ wieder etwas auf 58 g. Ebenso zeigte sich bei der tFA, dass jene Tiere mit 68% V:L signifikant ($p<0,05$) am wenigsten gefressen haben (85 g). Die tFA konnte mit steigendem V:L Verhältnis stetig verbessert werden, wobei die Gruppen mit 88% V:L in der Ration am meisten gefressen haben (104 g), gefolgt von den Gruppen mit 83% (101 g), 78 % (100 g) und 73% (98 g).

Für die FVW konnte, wie auch in der Grower- und Finisherphase im gesamten Versuchsverlauf, kein statistisch signifikanter oder tendenzieller Unterschied gezeigt werden. Jedoch hatten jene Tiere mit 68% und 88% V:L in der Ration die schlechteste FVW mit 1,79 kg/kg und 1,78 kg/kg. Die beste FVW mit 1,71 kg/kg konnte bei einem Verhältnis von 83% V:L gezeigt werden.

Während des Versuchsablaufs war jedoch nicht nur ein Unterschied in den Zunahmen ersichtlich, sondern auch in der Entwicklung der Befiederung. So zeigten jene Tiere mit geringerem V:L Verhältnis in der Ration eine sehr auffällige krause Struktur der Befiederung, welches sich in den FG mit höherem Valin-Gehalt wieder normalisierte. Die folgenden Abbildungen wurden aus unterschiedlichen Boxen erstellt und sollen diese Beobachtung widergeben. Eine statistische Auswertung dieser Beobachtung wurde jedoch nicht vorgenommen.

Abbildung 5 und 6 Hühner am 21. Tag

68% V:L

88 % V:L

Abbildung 7 und 8: Hühner am 36. Tag

68% V:L

88 % V:L

4.3. Ergebnisse der Schlachtleistung

Am Tag der Schlachtung und am Tag danach wurden die Schlachtleistungsparameter erhoben. Die allgemeinen Schlachtleistungsergebnisse beinhalten die Ohne-Darm-Ware (ODW) warm und kalt, den grillfertigen Schlachtkörper, die Organe Herz, Leber und den Magen, das Abdominalfett (AF) sowie die Ausschlachtung. Für die Auswertung der Teilstücke wurden 12 Tiere pro Futtergruppe herangezogen. Die Ergebnisse der Teilstücke beinhalten die Gewichte von Ständer, Brust, Flügel, Kopf, Hals, des Restkörpers sowie deren relative Anteile in Prozent, von der Grillfertigen Ware berechnet.

4.3.1. Allgemeine Schlachtleistungsparameter

In Tabelle 20 sind die Ergebnisse der allgemeinen Schlachtleistungsmerkmale angeführt.

In den Schlachtleistungsparametern (ODW warm und kalt sowie der Grillfertigen Ware) war derselbe Einfluss des Valin in den FG wie in der LM am 36. LT ersichtlich. So zeigte sich in der ODW warm, dass die Gruppe mit 83% V:L die höchsten Gewichte hatte (1449 g) und sich diese auch signifikant ($p<0,05$) von jenen Tieren mit 73% V:L in der Ration (1343 g) unterschieden. Bei 68% hatten die Tiere signifikant noch schlechtere Ergebnisse (1178 g). Die Gruppen mit 88% und 78% V:L haben sich nicht von den Gruppen mit 73% und 83% V:L unterschieden ($p>0,1$), obwohl jene Gruppe mit 88% V:L dennoch besser war (1414 g), als jene mit 78% V:L (1391 g). Derselbe Effekt in den FG war auch im Merkmal ODW kalt und Grillfertig ersichtlich.

Ebenso zeigte sich in den Organgewichten (Herz, Leber und Magen), dass auch diese mit zunehmendem V:L Verhältnis anstiegen. Die geringsten Organgewichte hatten die Tiere mit 68% V:L in der Ration ($p<0,05$). Die höchsten Organgewichte wurden bei jenen Tieren mit 83% V:L gezeigt. Für das Merkmal Leber und AF konnte ebenso ein signifikanter Unterschied ($p<0,05$) der Versuchsgruppen 68% und 73% verd. V:L im Vergleich zu den anderen Versuchsgruppen gezeigt werden. In der Ausschlachtung war kein statistischer Unterschied der Rationen erkennbar, jedoch stieg der Anteil der Ausschlachtung mit zunehmendem V:L Gehalt von 77% in der Ration mit 68% V:L auf 79% in der Ration mit 88% V:L stetig an.

Tabelle 20: Ergebnisse der Schlachtleistung

Merkmal	Futtergruppe					SEM	P-Wert
	FG 1	*FG 2*	*FG 3*	*FG 4*	*FG 5*		
Valin:Lysin	*68%*	*73%*	*78%*	*83%*	*88%*		
Tiere, n	*70*	*71*	*71*	*70*	*60*		
LM, Tag 36	1507^{c}	1716^{b}	1766^{ab}	1844^{a}	1801^{ab}	13	<0,0001
ODW warm, g	1178^{c}	1343^{b}	1391^{ab}	1449^{a}	1414^{ab}	11	<0,0001
ODW kalt, g	1165^{c}	1324^{b}	1370^{ab}	1426^{a}	1395^{ab}	10	<0,0001
Grillfertig, g	1047^{c}	1193^{b}	1241^{ab}	1289^{a}	1255^{ab}	10	<0,0001
Abdominal-fett, g	31^{c}	37^{b}	43^{a}	43^{a}	43^{a}	0,510	<0,0001
Herz, g	7^{b}	8^{a}	8^{a}	9^{a}	9^{a}	0,089	<0,0001
Leber, g	31^{c}	36^{b}	38^{ab}	39^{a}	38^{ab}	0,351	<0,0001
Magen, g	23^{b}	25^{a}	25^{ab}	25^{a}	24^{ab}	0,221	0,0040
Aus-schlachtung, %	77	78	78	79	79	0,338	0,6020

4.3.2. Ergebnisse der Teilstücke

Die Auswertung der Teilstücke erfolgte anhand 12 ausgewählter Tiere aus jeder FG. Wie aus Tabelle 21 ersichtlich ist, hatte die Ergänzung von verd. Valin ebenso einen positiven Einfluss auf die Teilstücke. So konnte im Merkmal Brust ein signifikanter Unterschied ($p<0,05$) der Gruppe mit 68% V:L (266 g) von der Gruppe mit 78% V:L (330 g) und darüber gezeigt werden. Bis zum Verhältnis von 83% V:L in der Ration konnte das Brustgewicht noch deutlich gesteigert werden (340 g), jedoch war bei jenen Tieren mit 88% wieder ein Rückgang der Brustgewichte ersichtlich (335 g). Im Merkmal Schenkel wurde ein signifikant geringeres Schenkelgewicht bei 68% V:L in der Ration (328 g), zu jenen Gruppen mit höherem Valingehalt gezeigt ($p<0,05$). Bei 83% V:L wurden dabei die höchsten Schenkelgewichte mit 396 g gemessen, gefolgt von der Ration mit 88% (390 g), 78% (378 g) und 73% (373 g). Auch im Merkmal Flügel war ein signifikanter Unterschied ($p<0,05$) der Gruppen mit 68% (109 g), 73% (121 g) und 83% V:L (134 g) erkennbar. Im Merkmal Ständer unterschieden sich jene Tiere mit 68% V:L (54 g) und 83% V:L in der Ration (62 g) signifikant ($p<0,05$) voneinander. Ebenso haben sich die Restkörper ab 73% V:L in der Ration (406 g) positiv signifikant von jener mit 68% V:L (349 g) unterschieden ($p<0,05$). Die relativen Anteile der Teilstücke von der Grillfertigen Ware haben keinen statistischen Unterschied gezeigt. Jedoch stieg auch das Verhältnis der Teilstücke zur Grillfertigen Ware mit zunehmendem Valingehalt an.

Tabelle 21: Ergebnisse der Teilstücke

Merkmal	Futtergruppe					SEM	P-Wert
	FG 1	*FG 2*	*FG 3*	*FG 4*	*FG 5*		
Valin:Lysin	*68%*	*73%*	*78%*	*83%*	*88%*		
Tiere, n	*12*	*12*	*12*	*12*	*12*		
Grillfertig, g	1036^{b}	1208^{a}	1252^{a}	1295^{a}	1290^{a}	18	<0,0001
Kopf und Hals, g	68^{c}	74^{bc}	76^{abc}	85^{a}	80^{ab}	1,28	0,0001
Ständer, g	54^{b}	56^{ab}	59^{ab}	62^{a}	60^{ab}	1,21	0,018
Brust, g	266^{b}	307^{ab}	330^{a}	340^{a}	335^{a}	5,95	0,0001
Schenkel, g	328^{b}	373^{a}	378^{a}	396^{a}	390^{a}	5,76	<0,0001
Flügel, g	109^{c}	121^{b}	129^{ab}	134^{a}	133^{a}	1,67	<0,0001
Restkörper, g	349^{b}	406^{a}	423^{a}	421^{a}	426^{a}	6,06	<0,0001
Brust, %	25	27	24	26	26	0,530	0,7950
Schenkel, %	31	31	30	30	30	0,203	0,1600
Flügel, %	9	10	10	11	11	0,261	0,1720
Restkörper, %	33	28	33	33	33	0,842	0,2330

5. Diskussion

Durch den Einsatz von synthetischen AS in der Broilerfütterung kann der XP-Gehalt in den Rationen gesenkt und damit hohe N-Verluste vermieden werden. Der Bedarf der ersten drei limitierenden AS in Broilerrationen Lysin, Methionin und Threonin wurde bereits ausreichend ermittelt. Mit dem Einsatz der viertlimitierenden AS könnte der XP-Gehalt in den Rationen noch weiter gesenkt werden. Neben Isoleucin, Tryptophan und Arginin wird auch Valin in der Literatur oft als die viertlimitierende AS in Broilerrationen genannt.

Um herauszufinden welche AS die nächst limitierende in den Broilerrationen ist, haben Corzo et al. (2007) den Effekt der AS L-Isoleucin, L-Arginin, L-Valin und L-Glycin mit 17,5% XP in einer Mais-Soja-Ration bei Ross x Ross 708 auf die Mast- und Schlachtleistung getestet. Es zeigte sich, dass nur jene Tiere mit dem höheren Valin-Gehalt (0,72 % verd. Valin) in der Ration ähnliche Ergebnisse der Lebendmassen und dem Abdominalfett aufwiesen, wie jene Tiere in der Kontrollration (20% XP). Daraus kann geschlossen werden, dass Valin die viertlimitierende AS in Mais-Soja-Rationen bei Broilern darstellt. In einem weiteren Versuch von Corzo et al. (2009) wurde L-Valin und L-Isoleucin in einer Mais-Soja-Ration mit Geflügelmehl in unterschiedlichen Konzentrationen einzeln oder zusammen an Broiler verfüttert. Die Studie zeigte, dass bei einfacher Valin-Ergänzung der gesamte Proteingehalt im Blutplasma und auch der Albumin-Gehalt signifikant höher waren, als bei einfacher Isoleucin-Ergänzung. Die Mastleistungsergebnisse der Ration mit einfacher Valin-Ergänzung wiesen ebenso höhere Gewichte auf, als jene mit einfacher Isoleucin-Ergänzung. Auch geht aus diesem Versuch hervor, dass Valin die viertlimitierende AS in Mais-Soja-Rationen bei Broilern ist und Isoleucin zur co-limitierenden AS für den Bedarf der Futterverwertung wird.

Durch die Erkenntnis und die Verfügbarkeit der viertlimitierenden AS, dem Valin, bestehen nun hohe Anstrengungen den Bedarf dieser AS zu ermitteln. Die vorliegende Arbeit soll dazu beitragen, den Valinbedarf für Broiler in einer Mais-Soja basierten Ration zu ermitteln.

Im ersten Abschnitt des Versuches, in der Growerfütterung, war bereits ein positiv signifikanter Einfluss ab 73% verd. V:L in der Ration erkennbar. So hatten jene Tiere

mit dem niedrigsten Gehalt an Valin in der Ration (68%) auch signifikant die schlechtesten Leistungen in den Merkmalen LM am 21. Tag, TGZ und tFA ($p<0,05$). Mit zunehmendem Valin-Gehalt in der Ration verbesserten sich auch die Leistungen der Tiere. Die besten Ergebnisse der LM am 21. Tag und TGZ wurden bei einem Gehalt von 83% verd. V:L in der Ration erreicht. Auch in der tFA zeigte sich ein statistisch signifikanter Unterschied in den Futtergruppen. Die höchste tFA wurde jedoch erst bei einem Gehalt von 88% verd. V:L erreicht. Interessanterweise haben jene Tiere mit 83% weniger gefressen als jene Tiere mit 78% und 88% verd. V:L in der Ration, welches jedoch nicht statistisch abgesichert werden konnte. Der Rückgang der tFA bei 83% V:L könnte auf eine verbesserte FVW schließen lassen. Obwohl sich auch die FVW mit zunehmendem V:L Verhältnis verbesserte, konnte jedoch auch dieser Effekt nicht statistisch bewiesen werden.

In der Finisherfütterung war der Einfluss des steigenden Valin-Verhältnis noch deutlicher erkennbar, als in der Growerfütterung. So zeigte sich bei der LM am 36. Tag, dass sich sowohl die Gruppe mit 68%, 73% und 83% verd. V:L signifikant voneinander unterschieden haben. Dabei hatten die Tiere bei 83% verd. V:L die höchsten Endgewichte erreicht, gefolgt von den Gruppen mit 78% und 88%. Derselbe Effekt war im Merkmal TGZ erkennbar. Im Merkmal tFA war im Vergleich der Finisherfütterung zur Growerphase jedoch ein anderes Muster erkennbar. Im Gegensatz zur Growerphase, konnte hier kein Rückgang der tFA bei 83% verd. V:L erkannt werden. Hingegen verbesserte sich die tFA mit steigendem V:L Verhältnis in der Ration, wobei jene Tiere in der höchsten Stufe mit 88% verd. V:L am meisten gefressen haben ($p<0,05$). In der Gruppe mit 68% verd. V:L haben die Tiere jedoch signifikant am wenigsten Futter aufgenommen ($p<0,05$). Für die Futterverwertung konnte in beiden Fütterungsphasen kein statistisch signifikanter Unterschied gezeigt werden. Gleich ist jedoch, dass mit steigendem V:L Verhältnis sich auch die FVW verbesserte und bei 83% die beste FVW ersichtlich war.

Durch eine nicht lineare Regressionsanalyse aus diesen Ergebnissen, konnte ein optimales Verhältnis für den Parameter TGZ mit 78,6% (r^2=81,9) in der Grower- und 78,9% (r^2=78,4) in der Finisherphase berechnet werden. Für den Parameter tFA konnte ein optimales Verhältnis von 79,5% (r2=78,4) in der Finisher-Phase eruiert werden (Lipp et al, 2013).

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Tavernari et al. (2013) in einem Versuch mit Cobb 500 Broilern. In dieser Studie wurde ein positiv signifikanter Unterschied der LM am 21. LT ab einem Verhältnis von 72% verd. V:L gezeigt. Die höchsten Ø Lebendmassen (708 g) wurden jedoch schon bei einem Verhältnis von 81% verd. V:L in der Phase vom 8-21. LT erreicht. Auch in der Finisher-Phase (30. bis 43. LT) wurde ein positiv signifikanter Unterschied der LM ab einem Verhältnis von 73% verd. V:L gezeigt. Ebenso konnte hier ein positiv signifikanter Einfluss im Merkmal FVW ab einem Verhältnis von 72% verd. V:L in der Phase vom 8. bis 21. LT gezeigt werden und in der Finisher-Phase ein positiv signifikanter Unterschied der FVW ab 73% verd. V:L. Im Gegensatz zur vorliegenden Studie wurde bei Tavernari et al. (2013) kein Einfluss auf die tFA nachgewiesen, welches die Autoren auch durch die verbesserte FVW begründeten. Durch die Berechnung des optimalen Verhältnis von 79% verd. V:L mit einem LRP-Modell (Linear Response Plateau Modell) und 77% verd. V:L mit einer quadratischen Regressionsanalyse erklärten die Autoren für die LM einen mittleren Bedarf von 78% verd. V:L vom 8. bis zum 21. LT. Dieses Ergebnis stimmt mit dem berechneten Verhältnis von 78,6 % V:L für die Grower-Phase aus der vorliegenden Arbeit überein (Lipp et al. 2013). Für die Finisher-Phase wurde ebenso mit dem LRP-Modell und der quadratischen Regressionsanalyse ein optimales Verhältnis für die LM und FVW berechnet. Die Autoren ermittelten daraus ein mittleres Verhältnis von 76% verd. V:L für die Phase vom 30. bis 43. LT (Tavernari et al. 2013).

Auch konnte bei Corzo et al. (2007) ein positiver Effekt eines steigenden verd. V:L Verhältnis in einer Mais-Erdnussmehl basierten Ration bei Ross x Ross 708 nachgewiesen werden (21. bis 42. LT). Mit steigendem V:L Verhältnis verbesserten sich die LM und die FVW, wobei die besten Ergebnisse bei jenen Tieren mit 79% verd. V:L in der Ration lagen. Jedoch war die FVW in dieser Studie deutlich höher, als jene in der vorliegenden Studie, welches möglicherweise auch an der unterschiedlichen Komponente der Ausgangsration liegen könnte. Die tFA wurde in diesem Versuch jedoch nicht berücksichtigt. Auch hier wurde durch eine quadratische Regressionsanalyse ein optimales verd. V:L Verhältnis von 78% für die LM vom 21. bis zum 42. LT berechnet.

Baker et al. (2002) haben einen positiven Effekt der Valin-Ergänzung auf die LM und die FVW bei männlichen New Hampshire x Columbian Plymouth Rock Broilern im Abschnitt vom 8. bis zum 21. LT nachgewiesen. Die Ausgangsration bestand hier jedoch ausschließlich aus Maisklebermehl. Der Proteingehalt wurde mit kristallinen AS auf den Bedarf des Idealen Proteins (Illinois Ideal Chick Protein) angereichert und der Lysin-Gehalt auf 1,07% in der Ration gesetzt. Die Berechnung des verd. V:L Verhältnis mit dem Broken-Line Modell hat ein optimales verd. V:L Verhältnis von 77,5% für die LM und die FVW ergeben. Das etwas geringere berechnete Verhältnis zu dieser Studie könnte entweder an der unterschiedlichen Rasse, aber auch am Modell der Berechnung liegen. Jedoch kann auch aus dieser Studie geschlossen werden, dass das optimale V:L Verhältnis die gleiche Tendenz wie in der vorliegenden Studie aufweist.

Berres et al. (2010) haben nicht nur versucht den Valinbedarf zu ermitteln, sondern gleichzeitig auch den Isoleucinbedarf, da zwischen den verzweigtkettigen AS eine bekannte Wechselwirkung herrscht. So kann ein Überschuss der einen AS zu einer Veränderung des Bedarfs der anderen AS führen (D´Mello 2003). Um den Bedarf von Isoleucin und Valin zu ermitteln, wurden die AS in unterschiedlichen Verhältnissen zu Lysin (1,10%) gemeinsam in einer Mais-Soja basierten Ration in der Phase vom 14. bis zum 35. LT an Cobb 500 Broiler verfüttert. Die Studie zeigte, dass bei einem Verhältnis von 70% verd. Valin zu Lysin und 65% verd. Isoleucin zu Lysin die niedrigste LM und FVW gezeigt wurde. Ab einem Verhältnis von 75% und 65% verd. Valin und Isoleucin zu Lysin verbesserte sich die LM und die FVW. Hingegen konnte in der Ration mit 70% und 68% verd. Valin und Isoleucin zu Lysin nur die FVW verbessert werden. Es konnte auch nachgewiesen werden, dass bei einem Verhältnis von 70% und 71% verd. Valin und Isoleucin zu Lysin sich die FVW jedoch wieder verschlechterte. Die Autoren erklärten, dass aufgrund der Wechselbeziehungen der verzweigtkettigen AS bei einem höheren Gehalt von Isoleucin auch der Valinbedarf ansteigt (Berres et al. 2010). Für die vorliegende Studie kann ein höherer Valinbedarf jedoch ausgeschlossen werden, da der Gehalt an verd. Isoleucin nach dem Idealprotein auf 66% vom Lysin justiert war.

Corzo et al. (2009) konnten des Weiteren feststellen, dass Isoleucin beim Bedarf für die FVW zur co-limitierenden AS wird. Überdies haben Corzo et al. (2010) und

Dozier et al. (2012) in weiteren Studien erkannt, dass Valin überwiegend die LM-Entwicklung und Isoleucin das Brustmuskelwachstum limitiert. Corzo et al. (2010) und Dozier et al. (2012) kamen zu dem Schluss, dass erst durch die Kombination von Valin und Isoleucin in den Rationen, ein optimales Wachstum und ein guter Fleischertrag gewährleistet werden kann. Diese Erkenntnisse würden auch erklären, warum die Ergebnisse der vorliegenden Studie im Vergleich zu anderen Studien bezüglich der Parameter tFA und FVW variieren.

Nach den Bedarfsempfehlungen der GfE (1999) liegt der Valin-Bedarf dieser jedoch deutlich höher. Daher wäre auch eine Anpassung der Empfehlungen des Valinbedarfs erforderlich.

In den allgemeinen Schlachtleistungsparametern konnte jeweils für die Merkmale ODWw, ODWk und Grillfertig derselbe statistische Unterschied der Versuchsgruppen gezeigt werden. So zeigte die Gruppe mit 83% verd. V:L signifikant die höchsten Ergebnisse und unterschied sich auch von der Gruppe mit 73% verd. V:L in der Ration ($p<0,05$). Jene Tiere mit 68% zeigten nochmals signifikant niedrigere Gewichte als bei 73% verd. V:L ($p<0,05$). Die signifikant höheren Organgewichte in den höheren verd. V:L Verhältnissen deuten lediglich darauf hin, dass die Tiere stärker gewachsen sind ($p<0,05$). Auch zeigte sich ein statistisch signifikanter Unterschied des AF, wobei ab einem Verhältnis von 78% verd. V:L der AF-Gehalt bei 43g konstant blieb ($p<0,05$). Ebenso verbesserten sich die Gewichte in den Merkmalen Brust, Schenkel und Flügel mit zunehmendem V:L Verhältnis. Dabei konnten bei der Ration mit 83% verd. V:L die höchsten Gewichte erreicht werden ($p<0,05$).

Aus der Studie von Corzo et al. (2007) waren ähnliche Ergebnisse für die Schlachtleistung ersichtlich. Mit steigendem verd. V:L Verhältnis verbesserten sich auch die Schlachtkörpergewichte, wobei bei 79% verd. V:L die höchsten LM gezeigt wurden. Derselbe Effekt hat sich auch im Merkmal Brustmuskelwachstum gezeigt. Für den Bedarf des Brustmuskels (pectoralis major und pectoralis minor) konnte mit einer quadratischen Regressionsanalyse ein optimales Verhältnis von 76% und 77% verd. V:L berechnet werden.

In der Untersuchung von Berres et al. (2010) konnte kein Effekt der unterschiedlichen Valin und Isoleucin zu Lysin Verhältnisse auf den Schlachtkörper,

Brustmuskelwachstum oder AF nachgewiesen werden. Genauso haben sich in deren Studie keine statistisch signifikanten Unterschiede der Versuchsgruppen auf die Federn oder Beinabnormalitäten gezeigt, obwohl in dieser Studie ähnliche Valin-Gehalte, wie in der vorliegenden Studie gefüttert wurden.

Dozier et al. (2012) haben in ihrer Untersuchung festgestellt, dass bei einem Verhältnis von 82% verd. V:L das Brustmuskelgewicht geringer war und der AF-Gehalt höher lag, als bei 74% verd. V:L in der Ration. Jedoch hat sich gezeigt, dass der AF-Gehalt durch eine Isoleucin-Ergänzung verringert werden konnte. So war der absolute und relative Anteil des AF bei 73% verd. Isoleucin zu Lysin signifikant geringer, als bei 63% verd. Isoleucin zu Lysin. Gegenteilige Effekte haben sich bei Corzo et al. (2007) gezeigt. Hier war bei alleiniger Valinergänzung in einer proteinreduzierten Ration (17,5% XP) der AF-Gehalt deutlich niedriger, als bei einseitiger Ergänzung von Isoleucin, Arginin oder Glycin. Der AF-Gehalt in der Ration mit Valin glich den Tieren in der Kontrollration mit 20% XP. Die Autoren erklärten, dass Valin womöglich auch bestimmte lipolytische Stoffwechselwege im Organismus steuert. Nach den Ergebnissen von Dozier et al. (2012) wäre es jedoch auch möglich, dass ebenso Isoleucin in diesen Stoffwechsel involviert ist.

Das Auftreten der Federnabnormalität konnte auch von Farran und Thomas (1992) in einer Valin reduzierten Ration bestätigt werden. Die Autoren beschrieben, dass die Federn eine konkave Form aufgewiesen haben und vom Körper weg geneigt waren. Durch eine weitere AS-Untersuchung der Federn stellte sich heraus, dass sich ebenso das AS-Muster der Federn bei reduziertem Valin-Gehalt von jener mit Valin-Ergänzung in der Ration und jener Ration, in der alle drei verzweigtkettigen AS (Valin, Isoleucin und Leucin) reduziert waren, unterschied. So konnte nachgewiesen werden, dass ein Valinmangel die AS Asparaginsäure, Glutaminsäure, Methionin, Tyrosin, Histidin und Lysin in den Federn signifikant erhöhte. Die Autoren erklärten, dass die Verschiebung des AS-Musters in den Federn das veränderte Aussehen des Federkleides bedingt. In dieser Studie zeigte sich außerdem, dass viele Tiere, welche in der Ration einen Valinmangel hatten, Beinabnormalitäten aufwiesen. Auch wurde beobachtet, dass der Rücken etwas breiter und biegbarer war als bei den Tieren mit höherem Valin-Gehalt. Jedoch konnte in der vorliegenden Studie kein Nachweis für Beinabnormaliäten in der Ration mit dem geringsten Valin-Gehalt

gezeigt werden. Auch das Restkörpergewicht variierte nicht, da man gegebenfalls breitere Rücken erkennen hätte können. Farran und Thomas (1992) beschrieben auch, dass eine Valin-reduzierte Ration sich stärker auf die Tiere auswirkt, als die AS Leucin und Isoleucin.

6. Schlussfolgerung

Aus dieser Studie kann geschlossen werden, dass die Valin-Ergänzung in Futterrationen mit einem Valin-Mangel, einen deutlich positiven Effekt auf die Mast- und Schlachtleistung von Broilern hat. Statistisch signifikante Unterschiede der Mast- und Schlachtleistungsergebnisse konnten ab einer Konzentration von 73% verd. V:L in der Ration erkannt werden. Die höchsten Mast- und Schlachtleistungs-ergebnisse lagen jedoch bei 78% und 83% verd. V:L in der Ration. Bei einem Gehalt von 88% verd. V:L war zum Teil wieder ein negativer Effekt erkennbar, jedoch konnte dies nicht statistisch hinterlegt werden. Anhand einer erweiterten Regressionsanalyse wurde für die TGZ ein Verhältnis von 78,6% verd. V:L in der Growerphase und 78,9% verd. V:L in der Finisherphase berechnet. Somit kann vermutet werden, dass auch das optimale Verhältnis von verd. V:L bei 79% liegt, welches durch die Ergebnisse anderer Studien bestätigt werden konnte. Keine Unterschiede ergaben sich durch ein steigendes verd. V:L Verhältnis auf die relativen Anteile der wertvollen Teilstücke bezogen auf die grillfertige Ware.

7. Literaturverzeichnis

Baker D. H. (1997): Ideal amino acid profiles for swine and poultry and their applications in feed formulations. BioKyowa Technol. Rev. 9, 1-24

Baker D. H., Batal A. B., Parr T.M., Augspurger N.R., Parsons C.M. (2002): Ideal Ratio (Relative to Lysine) of Tryptophan, Threonine, Isoleucine, and Valine for Chicks during the Second and Third Weeks Posthach. Poultry Science 81, 485-494

Becker J. und Wittmann C. (2012): Systems and synthetic metabolic engineering for amino acid production – the heartbeat of industrial strain development. Current Opinion in Biotechnology 23, 718-726

Berres J., Vieira S.L., Kidd M.T., Taschetto D., Freitas D.M., Barros R., Nogueira E.T. (2010): Supplementing L-Valine and L-Isoleucine in low protein corn and soybean meals all-vegetable diets for broilers. J. Appl. Poult. Res. 19, 373-379

Bregendahl K., Sell J. L., Zimmermann D. R. (2002): Effect of Low-Protein Diets on Growth Performance and Body Composition of Broiler Chicks. Poultry Science 81: 1156-1167

Bundeskanzleramt (2004): 1. Tierhaltungsverordnung, BGBl. II Nr. 485/2004, Fassung vom 10. 4. 2013

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft BMLFUW (2012): Grüner Bericht 2012 - Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft, Selbstverlag Wien

Corrent E und Bartelt J. (2011): Valine and Isoleucine: The next limiting amino acids in broiler diets. Lohmann Information 46, 59-67

Corzo A., Dozier III W. A., Loar II R. E., Kidd M. T., Tillmann P. B. (2010): Dietary limitation of isoleucine and valine in diets based on maize, soybean meal, and meat and bone meal for broiler chickens. British Poultry Science 51, 558-563

Corzo A., Kidd M. T., Dozier III W. A., Vieira S. L. (2007): Marginality and Needs of Dietary Valine for Broilers Fed Certain All-Vegetable Diets. J. Appl. Poult. Res. 16, 546-554

Corzo A., Loar II R. E., Kidd M. T. (2009): Limitations of dietary isoleucine and valine in broiler chick diets. Poultry Science 88, 1934-1938

D´Mello J. P. F. (2003): Adverse Effects of Amino Acids. In: D´Mello J. P. F., Amino Acids in Animal Nutrition Second Edition, London: CABI Publishing, 125-142

D´Mello J. P. F. und Lewis D. (1970): Amino acid interactions in chick nutrition. 2. The interrelationship between leucine, isoleucine and valine. British Poultry Science 11, 313-323

Dozier III W. A., Tillman P: B., Usry J., (2012): Interactive effects of digestible valine- and isoleucine-to-lysine ratios provided to male broilers from 4 to 6 weeks of age. J. Appl. Poult. Res. 21, 838-848

Eiden F. (1995): Optimierung eines biotechnologischen Prozesses am Beispiel der fermentativen Gewinnung von L-Isoleucin aus D,L-α-Hydroxybutyrat mit Corynebacterium glutamicum. Dissertation, Universität Dortmund, 120 S.

Eßl, A. (1987): Statistische Methoden in der Tierproduktion - Eine anwendungsorientierte Einführung, Österreichischer Agrarverlag Wien

Farran M. T. und Thomas O. P. (1992) Valine Deficiency. 1. The Effect of Feeding a Valine-Deficient Diet During the Starter Period on Performance and Feather Structure of Male Broiler Chicks. Poultry Science 71, 1879-1884

Ferguson N. S., Gates R. S., Taraba J. L., Cantor A. H., Pescatore A. J., Straw M. L., Ford M. J., Burnham D. J. (1998): The Effect of Dietary Protein and Phosphorus on Ammonia Concentration and Litter Composition in Broilers. Poultry Science 77, 1085-1093

Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) (1999): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner (Broiler) 1999, DLG Verlags-GmbH Frankfurt am Main

Häffner J., Kahrs D., Limper J., De Mol J. Peisker M. (1998): Aminosäuren in der Tierernährung. Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft für Wirkstoffe in der Tierernährung, Buchedition Agrimedia GmbH Frankfurt am Main

Hermann T. (2003): Industrial production of amino acids by coryneform bacteria. Journal of Biotechnology 104, 155–172

Holátko J, Elišáková V, Prouza M., Sobotka M., Nešvera J., Pátek M. (2009): Metabolic engineering of the L-valine biosynthesis pathway in Corynebacterium glutamicum using promoter activity modulation. Journal of Biotechnology 139, 203-210

Jeroch H., Drochner W., Ortwin S. (2008): Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. 2. Auflage, Eugen Ulmer Verlag Stuttgart

Kamran Z., Sarwar M., Un-Nisa M., Nadeem M. A., Mahmood S. (2010): Effect of Low Levels of Dietary Crude Protein with Constant Metabolizable Energy on Nitrogen Excretion, Litter Composition and Blood Parameters of Broilers. International Journal of Agriculture & Biology 12, 401-405

Lipp M., Leitgeb R., Bartelt J., Corrent E., Schedle K. (2013): Impact of an increasing true digestible (TD) Val to Lys ratio in a protein reduced diet on the performance of broiler chicks. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 22

National Research Council (NRC) (1994): Nutrient requirements of poultry. 9. überarbeitete Auflage, National Academy Press Washington D.C.

Park J. H. und Lee S. Y. (2010): Fermentative production of branched chain amino acids: a focus on metabolic engineering. Appl. Microbiol. Biotechnol. 85, 491‑506

Roth F. X., Schwarz F. J, Stangl G. (2011): Kirchgeßner Tierernährung – Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 13. neu überarbeitete Auflage, DLG-Verlag Frankfurt am Main

Saki A. A., Momeni M., Tabatabaei M. M., Ahmadi A., Rahmati M. M. H., Hemati Matin H. R., Janjan A. (2010): Effect of Feeding Programs on Broilers Cobb and Arbor Acres plus Performance. International Journal of Poultry Science 9, 795-800

Salomon F.-V. (1993): Lehrbuch der Geflügelanatomie, Gustav Fischer Verlag Jena Stuttgart

Sauvant D., Perez J. M., Tran G. (2004): Tables of composition and nutritional value of feed materials, Wageningen Academic Publishers Netherlands, Paris

Schedle K., Hansmann G., Bartelt J., Leitgeb R., Mair C. (2012): Impact of different levels of lysine and other essential amino acids on growth and slaughter performance as well as breast meat ph-value of broilers. In: Mair C., Kraft M., Wetscherek W., Schedle K., Tagungsband 11. BOKU Symposium Tierernährung – Die Zukunft der Tierernährung, Wien 2012, 121-128

Schenkel H. (2010): Die Versorgungssituation der Tierernährung mit Eiweißfuttermitteln. In: Schedle K., Kraft M., Windisch W., Tagungsband 9. BOKU Symposium Tierernährung – Eiweiß in der modernen Tierernährung: Bedarf, Qualität, neue (alte) Futtermittel, Wien 2010, 1-7

Tavernari F. C., Lelis G. R., Vieira R. A., Rostagno H. S., Albino L. F. T., Oliveira Neto A. R. (2013): Valine needs in starting and growing Cobb (500) broilers. Poultry Science 92, 151-157