Aus dem Institut für Tierhaltung und Tierzüchtung (470c)

Universität Hohenheim

Fachgebiet Nutztierethologie und Kleintierzucht

Prof. Dr. W. Bessei

Beiträge zur Ermittlung der P- Verwertung bei der Japanischen Wachtel

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors

der Agrarwissenschaften

vorgelegt

der Fakultät Agrarwissenschaften

von

YASSEN ALFOTEIH

aus Syrien

2008

Die vorliegende Arbeit wurde am **22.08.08** von der Fakultät Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim als ’’ Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Agrarwissenschaften’’ angenommen.

Tag der mündlichen Prüfung : **23.10.08**

1. Prodekan: **Prof. Dr. Bessei**

Berichterstatter/in 1. Prüfer/in: **Prof. Dr. W. Bessei**

Mitberichterstatter/in, 2. Prüfer/in: **Prof. Dr. M. Rodehutscord**

weitere Berichter/in bzw. Prüfer/in: **Prof. Dr. R. Böhm**

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis **i**

Tabellenverzeichnis **iii**

Abbildungsverzeichnis **v**

Abkürzungsverzeichnis **vi**

1 Einleitung und Problemstellung **1**

2 Material und Methoden **3**

3 Ergebnisse **5**

4 Diskussion und Schlussfolgerung **6**

4.1 BLOCK A. Die Verwertung von P aus verschiedenen pflanzlichen und anorganischen P-Quellen 6

4.2 BLOCK B. Der Einfluss extremer Ca:P- Verhältnisse auf P- Verwertung und Knochenmerkmale 8

5 Literatur **12**

6 Zur Verwertung von Phosphor aus verschiedenen Quellen bei der japanischen Wachtel (A1) **16**

6.1 Einleitung 17

6.2 Material und Methoden 17

6.3 Ergebnisse und Diskussion 19

6.4 Literatur 21

7 Zur Verwertung von Phosphor aus verschiedenen organischen und anorganischen Quellen bei der japanischen Wachtel (A2 + A3) **22**

7.1 Einleitung 23

7.2 Material und Methoden 24

7.2.1 Futterrationen 24

7.2.2 Versuchsanlage und Ablauf 24

7.2.3 Chemische Analysen 25

7.2.4 Merkmale und statistische Verfahren 26

7.3 Ergebnisse 27

7.3.1 Versuch A2 27

7.3.2 Versuch A3 28

7.4 Diskussion 28

7.5 Zusammenfassung 31

7.6 Literatur 32

8 Verwertung von Phosphor bei japanischen Wachteln bei extremen Kalzium: Phosphor Verhältnissen (B1+B2) 45

8.1 Einleitung 46

8.2 Material und Methoden 47

8.2.1 Futterrationen 47

8.2.2 Versuchsanlage und Ablauf 47

8.2.3 Chemische Analysen 48

8.2.4 Statistische Verfahren 49

8.3 Ergebnisse 50

8.4 Diskussion 51

8.5 Zusammenfassung 53

8.6 Literatur 54

9 Der Effekt von Extremen Ca: P Verhältnissen im Futter auf Wachstum, P-Verwertung und Knochenmerkmale bei japanischen Wachteln (Coturnix. COT. Japonica) (B3) 64

9.1 Einleitung 65

9.2 Material und Methoden 66

9.2.1 Futterrationen 66

9.2.2 Versuchsanlage und Ablauf 66

9.2.3 Chemische Analysen 67

9.2.4 Knochenuntersuchungen 67

9.2.5 Statistische Verfahren 68

9.3 Ergebnisse 68

9.4 Diskussion 70

9.5 Zusammenfassung 74

9.6 Literatur 74

10 Zusammenfassung 84

11 Summary 87

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Analyseergebnisse der Testkomponenten (Sommergerste und Sommerhafer) 19

Tabelle 2: Analyseergebnisse der Testrationen (1 Grundration (G)), 2 G + Gerste, 3 G + Hafer, 4 konventionelle Ration) 19

Tabelle3: Mittelwerte (±Sd) von Lebendmassezunahme pro Tier und Woche (LMZ), Futterverbrauch (Fvb), P- Bilanz in mg, korrigierte P-Bilanz in mg sowie in % 20

Tabelle 4: Zusammensetzung der P- armen Grundration in % (FS) 36

Tabelle 5: Nährstoffgehalte der pflanzlichen Grundkomponenten (g/kg bei 88% TS) 37

Tabelle 6: Analysenwerte der mineralischen P- Komponenten in (%) 38

Tabelle 7: Zusammensetzung der Testrationen; Angaben zum Ca und P- Gehalte beruhen auf Analysenwerten (Versuch A2) 39

Tabelle 8: Mittelwerte für Futterverbrauch (Fvb) in g, Lebendmasse (LM) in g, Zunahmen über die verschiedenen Versuchsperioden in g (Versuch A2) 40

Tabelle 9: P- Aufnahme in mg , P- Bilanz in der Testmischung in % sowie die partiellen Bilanz (Verwertung der Testkomponenten in %) (Versuch A2) 41

Tabelle 10: Zusammensetzung der Testrationen; Angaben zum Ca und P – Gehalt beruhen auf Analysenwerten (Versuch A3) 42

Tabelle 11: Mittelwerte für Futterverbrauch (Fvb) in g, Lebendmasse (LM) in g , Zunahmen über die verschiedenen Versuchsperioden in g (Versuch A3) 43

Tabelle 12: P- Aufnahme, P- Bilanz in der Testmischung in % sowie die partiellen Bilanz (Verwertung der Testkomponenten in %) (Versuch A3) 44

Tabelle 13: Zusammensetzung der P- armen Grundration in % (Versuchs B1) 56

Tabelle 14: Zusammensetzung der P- armen Grundration in % (Versuchs B2) 57

Tabelle 15: Analysenwerte (in % TS) aller Gruppen (Versuch B1) 58

Tabelle 16: Analysenwerte (in % TS) aller Gruppen (Versuch B2) 59

Tabelle 17: Variationsursachen für Gewichtzunahme, Futterverbrauch sowie korrigierte P-Bilanz für die Versuche B1 und B2 (F- Werte und p) 60

Tabelle 18:Mittelwerte der Gewichtzunahme in g pro Tier und Woche (von der vierten bis zur fünften Lebenswoche) in Abhängigkeit des P und Ca- Gehalts im Futter (Versuch B1) 61

Tabelle 19: Mittelwerte des Futterverbrauchs in g pro Tier und Woche (von der vierten bis fünften Lebenswoche) in Abhängigkeit des P und Ca- Gehalts im Futter (Versuch B1) 61

Tabelle 20: Mittelwerte der Futterverwertung (FCR) pro Tier und Woche (von der vierten bis zur fünften Lebenswoche) in Abhängigkeit des P und Ca- Gehalts im Futter (Versuch B1) 61

Tabelle 21: Mittelwerte der Korr.P- Bilanz in % pro Tier und Woche (von der vierten bis zur fünften Lebenswoche) in Abhängigkeit des P und Ca- Gehalts im Futter (Versuch B1) 62

Tabelle 22: Mittelwerte der Gewichtzunahme in g pro Tier und Woche (von der vierten bis zur fünften Lebenswoche) in Abhängigkeit des P und Ca- Gehalts im Futter (Versuch B2) 62

Tabelle 23: Mittelwerte des Futterverbrauchs in g pro Tier und Woche (von der vierten bis zur fünften Lebenswoche) in Abhängigkeit des P und Ca- Gehalts im Futter (Versuchs B2) 62

Tabelle 24: Mittelwerte der Futterverwertung (FCR) pro Tier und Woche (von der vierten bis zur fünften Lebenswoche) in Abhängigkeit des P und Ca- Gehalts im Futter (Versuchs B2) 63

Tabelle 25: Mittelwerte der korrigierten P- Bilanz in % pro Tier und Woche (von der vierten bis zur fünften Lebenswoche) in Abhängigkeit des P und Ca- Gehalts im Futter (Versuchs B2) 63

Tabelle 26: Analysierte Nährstoffgehalte der Versuchsrationen in (%TS) 78

Tabelle 27: Mittelwerte der Lebendmasse (LM) in g und Zunahme (ZN) in g in Abhängigkeit von Ca- und P-Gehalt der Rationen, sowie Ergebnisse der Varianzanalyse in der 1, 2 und 3 Versuchswoche (Die erste Versuchswoche entspricht der 5. Lebenswoche) 79

Tabelle 28: Mittelwerte von Futterverbrauch (FV) in g, P- Aufnahme in g, P- Ausscheidung in g und P- Bilanz in % in Abhängigkeit von Ca und P- Gehalt der Rationen, sowie die Ergebnisse der Varianzanalyse für die gesamte Bilanzperiode (3 Wochen) 80

Tabelle 29: Mittelwerte der computertomographischen Merkmale der tibia, sowie die Ergebnisse der Varianzanalyse im Abhängigkeit von Ca- und P- Gehalt der Rationen 81

Tabelle 30: Mittelwerte des Tibiagewichts in % des Tiergewichts in Abhängigkeit von Ca und P-Gehalt in der Ration 82

Tabelle 31:Mittelwerte des Asche- Gehalts in % in der TS in verschieden Gruppen in Abhängigkeit von Ca und P- Gehalt in der Ration 82

Tabelle 32: Mittelwerte des Ca Gehalts in % des TS in Abhängigkeit von Ca und P- Gehalt in der Ration 82

Tabelle 33: Mittelwerte des P Gehalts in % des TS in Abhängigkeit von Ca und P- Gehalt 83

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung1: Die partielle P-Verwertung in Gerste und Hafer 20

Abbildung 2: Ca x P- Interaktion der Lebendmasse in der erste Versuchswoche 83

Abbildung 3: Ca x P- Interaktion der P- Aufnahme über die gesamte Bilanzperiode 83

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Ca	Calcium
DCP	Dicalciumphosphat
GfE	Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
GR	Grundration
MCP	Monocalciumphosphat
MNP	Mononatriumphosphat
nPP	Nicht- Phytat- Phosphor
NRC	The National Research Council
P	Phosphor
PK	Positive Kontrolle
PP	Phytin- Phosphor
XP	Rohprotein

1 EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Geflügelrationen werden hauptsächlich aus pflanzlichen Komponenten hergestellt, die hohe Phosphorgehalte aufweisen. Da der Phosphor (P) in pflanzlichen Produkten überwiegend in Form von Phytat- (PP) vorliegt (SELLE et al., 2003), der für Monogastren als gering oder nicht verdaulich angesehen wird (LOWE et al., 1939; KRIEGER et al., 1940; HEUSER et al., 1943; MCGINNIS et al., 1944; GILIS et al., 1953), werden Geflügelrationen in der Regel mit anorganischen P- Trägern ergänzt. Hierzu wurde früher häufig auf preisgünstiges Knochenmehl oder Fleisch- Knochenmehl zurückgegriffen. Nach dem Verbot dieser Komponenten in der Geflügelfütterung wird der anorganische P in Form von Monocalciumphospat (MCP), Dicalciumphosphat (DCP) oder Mononatriumphosphat (MNP) eingesetzt. Den anorganischen P- Quellen wird allgemein eine hohe Verfügbarkeit unterstellt (POTTER, 1988; VAN DER KLIS und VERSTEEGH, 1996). Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass die Annahme, wonach nicht PP und anorganischer P vollständig verfügbar sind, nicht haltbar sind (LESKE und COON, 2002; ALFOTEIH und BESSEI, 2007; KAMBERI, 2008).

In Anbetracht der Unsicherheit in Bezug auf die Verfügbarkeit des P werden die Empfehlungen vom National Research Council NRC (1994) und die Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner GfE (1999) meist deutlich überschritten. Die Überschreitung der Normen führt einerseits zu einer Sicherheit gegen Leistungsminderung durch P- Mangel, anderseits aber zu erhöhten P-Ausscheidungen. Diese sind sowohl in Hinsicht auf den sparsamen Umgang mit den begrenzt verfügbaren P-Ressourcen als auch auf die Überversorgung der Böden mit P unerwünscht. Um bedarfsgerechte Rationen für Geflügel herzustellen, ist die tatsächliche Verfügbarkeit des P in den einzelnen Futtermitteln durch biologische Tests erforderlich. Da Untersuchungen mit Broilern sehr aufwändig und teuer sind, wurde die Wachtel als Modelltier vorgeschlagen (RODEHUTSCORD und DIECKMANN, 2005). In einer Serie von Versuchen wurde die Verwertung von P aus unterschiedlichen organischen und anorganischen Quellen bei den japanischen Wachteln als Modelltier untersucht. Dabei stellten sich gravierende Unterschiede zu den bisher angenommenen Werten heraus. In den vorangehenden Versuchen wurden die Kalzium (Ca)- Gehalte in den verschiedenen Versuchsrationen weitgehend konstant gehalten. Dabei wurde darauf geachtet, dass der Ca-Bedarf nach dem bisherigen Stand des Wissens gedeckt war und extreme Ca:P-

Verhältnisse vermieden wurden. Wenn nun in der Geflügelfütterung P- Gehalte eingesetzt werden, die nahe beim tatsächlichen Bedarf liegen, muss damit gerechnet werden, dass der Ca- Gehalt die Verwertung des P und somit auch die Leistung der Tiere beeinträchtigen kann (SHAFEY und MCDONALD, 1990). Ein negativer Einfluss extremer Ca:P-Verhältnisse wurde von HÄRTEL (1989) an Legehennen demonstriert. Bei geringen P- und hohen Ca- Gehalten im Futter wurden nicht nur ein Rückgang der Leistung sondern auch eine Verschlechterung der Schalenqualität und eine Erhöhung der Mortalität beobachtet. HURWITZ et al. (1978) berichteten, das die P- Absorption bei jungen Puten mit steigendem Ca-Gehalt in der Ration absank. Es bestand eine lineare Beziehung zwischen überschüssigem Ca und der P-Verwertung. Nach SHAFEY (1993) liegt das optimale Ca:P-Verhältnis bei Hühnerküken im Bereich von 1-2:1. Auch nach MCDOWELL (2003) reicht für die Skelettbildungen beim Geflügel ein Ca: P-Verhältnis von 1-2:1 aus. In der vorliegenden Arbeit sollte außerdem geklärt werden, wie sich die Verwertung von P verändert, wenn das Ca: P-Verhältnis variiert wird. Die für wachsendes Geflügel relativ hohen Ca-Werte in Versuch B2 wurden eingesetzt, nachdem die niedrigeren Werte in Versuch B1 keine signifikanten Veränderungen in den Merkmalen bewirkt hatten.

Die Verwertung des P aus verschiedenen P- Trägern bei Wachtel ist das Leitmotiv für die vorliegende Arbeit. Des Weiteren wurde die Relevanz der P-Versorgung auf die Mastleistung untersucht. Anschließend wird die Beeinflussung der extremen P und Ca-Konzentration in der Futterration auf die Knochenmerkmale näher betrachtet und dadurch erfasst man weitere Aspekte des Phosphorbedarfs der Tiere.

2 MATERIAL UND METHODEN

In einer Serie von Versuchen wurde die Verwertung von P aus unterschiedlichen organischen und anorganischen Quellen bei der Japanischen Wachteln (Coturnix japonica) als Modelltier untersucht. Des Weiteren wurde der Einfluss des Ca:P- Verhältnisses auf die P-Verfügbarkeit untersucht. Die Versuche wurden weitgehend nach dem gleichen Versuchsplan durchgeführt. Als Versuchtiere standen Tiere einer französischen Mastlinie zur Verfügung. Die Küken wurden an der Versuchsstation erbrütet und mit einem Starterfutter bis zur dritten Lebenswoche aufgezogen. Es folgte eine Bilanzperiode, der jeweils eine einwöchige Vorfütterungsperiode vorausging. Die Testkomponenten wurden einer P-armen Grundration zugemischt, die alle wichtigen Nährstoffe für wachsende Wachteln, mit Ausnahme von P und Ca enthielt. Die P- Verwertung wurde aus der Bilanz der P-Aufnahme und der P- Ausscheidung errechnet. In allen Versuchen wurde auch die P- Verwertung der Grundration mit berücksichtigt. Aus dem Verhältnis der P- Verwertung aus der Grundration und der Testration wurde die partielle Verwertung der Testkomponenten bestimmt.

Es wurden insgesamt 6 Versuche durchgeführt. Im ersten Versuch (A1) wurde die Verfügbarkeit des P aus Sommergerste und Sommerhafer sowie aus der an der Versuchsstation üblichen Standardration geprüft. Im Versuch (A2) wurden Winterweizen, Wintergerste, und Mais sowie die mineralischen P- Quellen Monocalciumphosphat (MCP), Dicalciumphosphat (DCP) und Mononatriumphosphat (MNP) untersucht. Im Versuch (A3) wurden Mischungen aus ausgewählten Einzelkomponenten (MCP+DCP, MCP+MNP, MCP+Mais, Weizen+Gerste und Weizen+Mais) geprüft. Bei der Formulierung der Versuchsrationen wurde ein Gesamt- P- Gehalt im Bereich von 2 bis 3g/kg, beim Ca- Gehalt ein Bereich von 3 bis 5 g/kg angestrebt. Das Ca: P Verhältnis sollte nicht weiter als 2:1 sein. Die Zulage der Getreidearten betrug 60,0 bis 66,02 %. Futterkalk und Natriumbikarbonat wurden als Ausgleichstoffe eingesetzt.

In drei weiteren Versuchen (B1, B2 und B3) wurde der Effekt von extremen Ca: P Verhältnissen auf die P- Verwertung und Wachstum sowie verschiedene Knochenmerkmale untersucht. Im Versuch (B1) wurden vier Ca-Stufen (0,8; 1,2; 1,6 und 2,2 %) mit 3 P- Stufen (0,30; 0,45; 0,60 %) kombiniert. Der Versuch (B2) enthielt 3 Ca-Stufen auf einem höheren Niveau als in Versuch B1 (2,6; 3,0; 3,3 %) und 3 P- Stufen auf einem geringeren Niveau (0,10; 0,20; 0,30 %) als in Versuch B1. Der Versuch B3 wurde

mit den gleichen Ca- und P-Konzentrationen durchgeführt, allerdings wurde hier die Bilanzperiode von einer Woche auf drei Wochen verlängert. Neben einer chemischen Analyse der Tibiaknochen wurden auch computertomographischen Analysen durchgeführt.

3 ERGEBNISSE

Im Versuch A1 wurden keine signifikanten Unterschiede in den Zunahmen zwischen den verschiedenen Versuchsrationen festgestellt. Die P- Verwertung in der Grundration lag mit 66,6 % am höchsten. Es folgten Gerste und Hafer mit 33,33 und 20,86 %. Die geringste P-Bilanz wurde mit 7,87 % bei Standardration gefunden. Im Versuch A2 lag die P-Bilanz der Grundration bei 94 % und hob sich damit deutlich von den anderen Rationen ab. Die besten Bilanzen in den Testrationen wurden in den Gruppen mit Weizen und Mais mit 60 und 66 % erreicht. Die Gruppe mit Gerste nahm mit 34 % den niedrigsten Wert ein. Die anderen Gruppen lagen im Bereich von 47 bis 53 %. Die partielle P-Verwertung in den Testkomponenten lag auf einem niedrigeren Niveau als die P- Verwertung in der gesamten Testration. Im Versuch A3 lag die P- Verwertung in der Grundration mit 69 % nicht wesentlich höher als in den Testrationen. Hier wies die Futtergruppe mit MCP+MNP mit 76 % den höchsten und die Futtergruppe mit Weizen+Gerste mit 53 % und MCP+Mais mit 50 % die geringsten Werte auf. Die partielle P-Verwertungen wiesen die gleiche Reihenfolge wie die Verwertung der gesamten Testrationen auf. Die höchste partielle P-Verwertung wurde in der Gruppe MCP+MNP mit 78,1 % gefunden, die Gruppe MCP+ Mais wies mit 46,9 % den geringsten Wert auf.

In den Versuchen B1 und B2 zeigten die P- und Ca- Gehalte keine konsistenten Effekte auf Futteraufnahme, Zunahme, Futterverwertung und Mortalität. Die P- Verwertung sank mit steigendem P- Gehalt im Futter signifikant ab. Die Ca x P- Interaktion war für die P-Verwertung nur in Versuch B1 signifikant. In der verlängerten Bilanzperiode im Versuch B3 zeigten sowohl die Ca- und P- Gehalte als auch die Ca x P-Interaktion in der ersten Versuchswoche signifikante Effekte auf die Lebendmasse. Ab der zweiten Versuchswoche wurden die Effekte jedoch geringer und sanken unter die Signifikanzschwelle. Die P- Verwertung wurde nur von der P- Konzentration beeinflusst. Diese sank mit zunehmender P- Konzentration ab. Bei den Knochenparametern zeichnete sich die Tendenz ab, wonach bei der geringsten Ca- und P-Konzentration die höchsten Knochengewichte, und die höchsten Asche-, Ca- und P- Gehalte vorhanden waren. Der Anstieg in der Ca- Versorgung verbesserte die Gesamtfläche und die Corticalsfläche der Tibia. Allerdings war das Flächenträgheitsmoment (SSI) als Maß für die Stabilität der Tibia bei der höchsten P- Zulage am besten.

4 DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG

4.1 BLOCK A. Die Verwertung von P aus verschiedenen pflanzlichen und anorganischen P- Quellen

Die pauschale Beurteilung der P-Verfügbarkeit aus pflanzlichen Komponenten ist mit großen Fehlern behaftet. Während bei der Gerste die allgemeine Annahme zutrifft, wonach ein Drittel des P verfügbar ist (GEFLÜGELJAHRBUCH, 2006), wird die Verfügbarkeit des P aus Hafer überschätzt. Der PP- Gehalt in der Gerste wird im Geflügeljahrbuch mit 69 % angegeben. Allerdings besitzt Gerste in der Regel einen hohen Gehalt an nativer Phytase, die zu einer höheren Verwertung des PP führt. Nach dem GEFLÜGELJAHRBUCH (2006) liegt der PP- Gehalt im Hafer bei 50 % und somit deutlich niedriger als in der Gerste. Nach SELLE et al. (2003) lag der PP- Gehalt im Hafer mit 86,4 % jedoch deutlich höher. In beiden Studien war die Phytaseaktivität in Hafer gering. Unterschiede in der P-Verwertung lassen sich deshalb nicht auf allgemeine Informationen zum PP-Gehalt und den Phytasegehalt in den Getreidearten erklären. Es zeigte sich außerdem, dass phytatgebundener P auch ohne Phytaseaktivität im Futter (< 100 FTU) für Broiler teilweise verwertbar war (DIECKMANN, 2005). Auch in dem vorliegenden Versuch zeigte es sich, dass Wachteln den PP offensichtlich verwerten können. Der Rohfasergehalt im Hafer könnte ein Grund für die geringere P- Verwertung gegenüber der Gerste sein. KEYS et al. (1969) und ULBRICH et al. (2004) berichteten, dass bei steigendem Rohfasergehalt die Verdaulichkeit der Nährstoffe abnimmt. Bei Erhöhung des Rohfasergehalts um 1 % wird die Verdaulichkeit der Nährstoffe um 2,33 % reduziert (NEHRING, 1972). Nach der Analyse des Rohfasergehalts in dem vorliegenden Versuch lag der Rohfasergehalt bei Hafer circa um 33 % höher als bei Gerste. Die Variation in der P-Verwertung wird somit aufgrund des Rohfassergehalts diskutiert.

Eine P- arme Ration kann zu einer Reduktion des Futterverbrauchs führen (MCDOWELL, 2003). Somit könnte der geringe Futterverbrauch in der Grundration während der Bilanzperiode auf diesen Effekt zurückzuführen sein. Bezüglich der geringeren Futterverbrauchswerte in den Maisrationen ist der höhere Energiegehalt des Maises in Betracht zu ziehen. Obwohl der Effekt der Rationen auf die Futteraufnahme insgesamt als gering angesehen werden muss, führte er doch zu Unterschieden in der P- Aufnahme und somit zu einer Beeinflussung der P- Verwertung. Die höchsten Verwertungszahlen für P

mit 94 und 69 % (Versuch A2 und A3) wurden in der GR gefunden. Die relativ hohen P-Verwertungen in der GR beider Versuche sind durch den sehr geringen P-Gehalt und die hierdurch bedingte geringe P-Aufnahme zu erklären. Dieser Effekt wurde auch bei anderen Tierarten gefunden (MOORE und VEUM, 1983; DIECKMANN, 2005; RODEHUTSCORD und DIECKMANN, 2005). Auch eine ähnlich hohe Verwertung von über 90 % wurde auch von DÄNNER und BESSEI (2001) für die gleiche Ration festgestellt. Die geringere P-Verwertung im Versuch A3 kann dadurch erklärt werden, dass hier die Futteraufnahme und somit auch die P-Aufnahme deutlich höher lag als im Versuch A2.

Die Ergebnisse der partiellen P-Verwertung in beiden Versuchen stehen im Gegensatz zu unseren bisherigen Erwartungen. In Versuch A2 liegt die Verwertung des P aus den anorganischen P-Quellen zwischen 33,6 und 37,6 % und damit deutlich unter den in der Literatur angegebenen Werten (VAN DER KLIS und VERSTEEGH, 1996; FERNANDES et al., 1999; HEMME, 2004). Die P-Verwertung aus Weizen und Mais liegt dagegen höher als bisher erwartet (VAN DER KLIS und VERSTEEGH, 1999). Nur der Wert für die P-Verwertung bei der Gerste liegt in dem erwarteten Bereich von etwa 1/3 des Gesamtphosphors (GEFLÜGELJAHRBUCH, 2008). Obgleich die Verwertungszahlen der mineralischen P-Träger aus den Kombinationen MCP+DCP und MCP+MNP in Versuch A3 höher lagen als in Versuch A2, weichen sie deutlich von der Annahme ab, dass der mineralische P zu über 90 % verdaulich ist (POTTER, 1988; VAN DER KLIS und VERSTEEGH, 1996). Das Ergebnis, wonach Mais in Versuch A2 als alleinige Komponente sowie in Versuch A3 in der Mischung mit Weizen eine Verdaulichkeit von über 60 % ausweist, und somit über den Werten von Weizen und Gerste in Versuch A2 liegt, ist insofern unerwartet, als Mais sehr geringe Mengen oder keine Phytase enthält. Weizen zeigt im Gegenstand zu Mais eine relativ hohe Phytaseaktivität (SELLE et al., 2003). Jedoch ist der PP Anteil aus Weizen nur in einem geringen Anteil verfügbar ist (NELSON, 1976). Die vorliegenden Ergebnisse stimmen mit BARRIER- GUILLOT et al. (1996) überein, wonach der Verwertbarkeit des PP aus Weizen im Bereich von 45 bis 70 % lag. Die geringe Verfügbarkeit von Gerste gegenüber Weizen und Mais kann dadurch erklärt werden, dass die Gerste einen höheren Rohfasergehalt enthält. Der Effekt der P-Aufnahme ist offensichtlich für die relativ hohen P-Verwertungszahlen bei Weizen und Mais gegenüber den mineralischen P-Trägern von Bedeutung. Mit 240 mg bei Weizen und 187 mg bei Mais lag die P-Aufnahme in diesen Gruppen deutlich unter denen von MCP, DCP und MNP mit 320, 380 und 304 mg. Die P-Verwertung in den vorliegenden

Untersuchungen wurde offensichtlich stärker durch die P- Aufnahme als durch die P-Quelle beeinflusst. Auch das Ergebnis, wonach in Versuch A3 die P- Verwertung der Grundration wesentlich niedriger lag als in Versuch A2 lässt sich durch die höhere Futteraufnahme und die damit verbundene höhere P- Aufnahme erklären. Die Kombination zwischen mineralischen P- Quellen MCP+DCP oder MCP+MNP erbrachten keine weitere Vorteile für den gemessenen Parameter. Reine Kombinationen von Pflanzen (Weizen+ Gerste, Weizen+Mais) hatte keine additive Wirkungen. Mineralische P- Quellen werden von Wachtelen im sehr verschiedenen Niveau verwertet. Dies jedoch lässt sich nur zum Teil durch bekannte Einflussfaktoren erklären.

4.2 BLOCK B. Der Einfluss extremer Ca:P- Verhältnisse auf P- Verwertung und Knochenmerkmale

Um Wachteln mit anderen Geflügelarten vergleichen zu können, empfehlen RODEHUTSCORD und DIECKMANN (2005), die Wachteln entweder in einem früheren Wachstumsabschnitt zu untersuchen, oder die P-Konzentration in der Basalration entsprechend abzusenken. Bei Wachteln unter zwei Wochen ist eine exakte Erfassung der Futteraufnahme schwierig, da bisher keine geeigneten Futtertröge existieren. Für die vorliegenden Experimente wurde deshalb die zweite Option gewählt. Dabei wurde mit der Absenkung des P-Gehalts im Bereich von 0,10 % gearbeitet. Jedoch wurde ebenfalls ein Bereich von 2,60 bis 3,30 % Ca geprüft. Darüber hinaus wurde versucht, die P-Mangelsituation durch hohe Ca-Gehalte im Futter zu verschärfen. Sowohl beim P als auch beim Ca wurden somit Bereiche geprüft, die weit über die bisher bekannten Versuche hinaus gingen (RAMA RAO et al., 2006: 0,30- 0,45 % P und 0,60- 0,90 % Ca). Die Ergebnisse, wonach auch in den extremen P- und Ca- Gehalten Futterverbrauch und Zunahmen in beiden Versuchen in einem normalen Bereich lagen zeigten, dass die Wachteln ihren Bedarf auch unter extrem geringen P- Gehalten und extrem weiten Ca: P-Verhältnissen decken können. NRC (1994) empfiehlt für Wachteln im Alter von sechs bis acht Wochen 0,30 % verfügbaren P. Die oben genannten Empfehlungen liegen offensichtlich weit über dem tatsächlichen P- Bedarf bei Wachteln. Erst bei 0,10 % P zeigten sich erste Hinweise, wonach sich das P- Angebot der Bedarfsgrenze nähert. Die P-Verwertung hatte bei 0,10 % P und 2,60 % Ca mit 70,44 % den höchsten Wert und sank mit zunehmendem Ca- Gehalt signifikant ab. Schon bei 0,20 % P lag die P- Verwertung deutlich niedriger und die Ca- Zulage zeigt keinen konsistenten Effekt mehr auf die P-Verwertung. Dieser Effekt könnte durch die überschüssige P- Versorgung erklärt werden

(MCDOWELL, 2003). Es ist bekannt, dass die Futteraufnahme sowohl durch Mangel an P als auch durch Überschuss an Ca gehemmt werden kann (SHAFEY, 1993; ABBOUD, 1995; HENNIG, 1984). Bei Broilern erbrachte eine Ca- reiche Ration (2,12 %) keinen signifikanten Effekt auf die Leistungsparameter. Jedoch fanden (SHAFEY und MCDONALD, 1990) bei einer Ca- Versorgung von 3,30 % eine signifikante Abnahme des Gewichts. Im Gegensatz hierzu zeigte das vorliegende Experiment bei Wachteln in der 4. bis 5. Lebenswoche auch bei 3,30 % Ca und einem Ca: P-Verhältnis von 10:1 keinen erkennbaren Einfluss auf die untersuchten Parameter. Wachteln sind in diesem Alter offensichtlich robuster gegenüber extremen Ca-Gehalten und weiten Ca: P- Verhältnissen als andere Geflügelarten.

Bei Masthähnchen liegt der bedarfsdeckende Gehalt an verwertbarem P in der Ration in Abhängigkeit vom Alter der Tiere zwischen 2 und 4 g/kg (WALDROUP et al., 2000). Nach Untersuchungen von DIECKMANN (2005) liegen die entsprechenden Werte zwischen ca. 2,7 und 4,7 g/kg. Es wird allgemein angenommen, dass hohe Ca- Gehalte in der Ration einen negativen Einfluss auf die Verfügbarkeit von P haben (HURWITZ et al., 1978; HENNIG, 1984). In Versuch B2 hat sich gezeigt, dass Japanische Wachteln in einem einwöchigen Bilanzversuch in Bezug auf die Entwicklung des Körpergewichts nur in sehr geringem Umfang auf sehr weite Ca: P- Verhältnissen reagierten. Als mögliche Ursache wurde zunächst die kurze Dauer der Fütterung der extremen Versuchsrationen diskutiert. Außerdem wurde in Literatur erwähnt, dass die Ca: P Verhältnissen keine Rolle spielen, wenn der Ca- und P- Bedarf gedeckt ist (LARBIER und LECLERCQ, 1992). Die Körpergewichte der Tiere reagierten in der ersten Versuchswoche des Versuches B3 signifikant auf die Ca- und die P-Konzentration sowie auf die Ca x P- Interaktion. Ebenso weist das Ergebnis, wonach mit abnehmender P- Konzentration das Wachstum abnahm, daraufhin, dass die Tiere in der geringsten P- Stufe nicht optimal mit P versorgt waren. Insbesondere bei der höchsten Ca-Stufe (3,30 %) zeigte sich eine deutliche Reduktion des Wachstums in Kombination mit 0,10 % P. Dies bedeutet, dass der erwartete hemmende Effekt von Ca auf die P- Versorgung von Wachteln erst bei extrem hohen Werten zu beobachten ist, die in der Praxis nicht relevant sind. Das Ergebnis, wonach dieser deutliche Effekt der Ca x P- Interaktion in den späteren Altersstufen verschwand, und nur noch die P-Konzentration signifikant war, deutet darauf hin, dass mit zunehmendem Alter die P-Versorgung über die höhere Futteraufnahme und schlechtere Futterverwertung verbessert wird. Die P- Versorgung ist demnach der entscheidende Einflussfaktor. Die Ca-Versorgung spielt nur eine untergeordnete Rolle, wenn der P- Gehalt in der Ration den

Bedarf der Tiere deckt. Mit der Verlängerung der Dauer der Versuchsperiode wurde ein negativer Effekt auf die getestete Parameter erwartet. Jedoch war ein solcher Effekt nicht zu erkennen. Dies ist dadurch zu erklären, dass die besser mit P versorgten Gruppen in den der ersten Versuchswoche mehr zu nahmen und somit früher den Bereich der maximalen Wachstumsgeschwindigkeit erreicht als die Tiere, die nur 0,10 % P erhielten. Die höhere Futteraufnahme in den Rationen mit hohen P-Konzentrationen führte zu einer deutlichen Differenzierung in der P- Aufnahme zwischen den P-Stufen. Mit dem Anstieg der P-Aufnahme stiegen auch die P-Ausscheidungen an, und die P- Bilanz verschlechterte sich deutlich. Nach McNAB und BOORMAN (2002) ist eine Steigerung in der P- Zufuhr mit einer Steigerung P- Exkretion über die Nieren assoziiert. Als Folge nimmt die P-Ausscheidung mit den Exkrementen zu. Bei einem P- Defizit wird dagegen die Re-Absorption von P in den Nieren stimuliert. Dadurch wird die P- Ausscheidung verringert. Die Steigerung der P- Versorgung von 0,10 % auf 0,30 % ist mit einem starken Rückgang des P- Ansatzes verbunden. Das stimmt mit allgemeine Annahme in der Literatur überein, wonach bei gesteigertem nPP- Gehalt in der Ration ein linearer Rückgang der P-Retention auftritt (PANDA et al., 2005). Das Ergebnis, wonach die P- Bilanz in Versuch B3 gegenüber dem Versuch B2 mit ähnlichen P- und Ca- Gehalten niedriger war, ist darauf zurückzuführen, dass die Tiere im vorliegenden Versuch um 2 Wochen älter waren. Es ist bekannt, dass P von jüngeren Tieren besser verwertet wird als von älteren.

KAMBERI (2008) berichtet, dass der Aschegehalt der Tibiaknochen empfindlicher auf Veränderungen in der Ca- und P-Konzentration in der Ration reagierten als der P- oder Ca-Gehalt. Im vorliegenden Versuch reagierte der Aschegehalt in den Gruppenmittelwerten nur auf steigende Ca- Konzentrationen, jedoch nicht auf die steigenden P- Gehalte des Futters. Der Grund liegt darin, dass das Experiment bei Kamberi im Alter von 7-35 Lebenstag durchgeführt wurde. Im diesem Alter erreicht das Skelett die höchste Wachstumsrate. Das vorliegende Experiment wurde im Alter vom 36-49. Lebenstag durchgeführt. In diesem Alterabschnitt war das Skelett weitgehend aufgebaut und zeiget eine geringere Sensitivität gegenüber Änderungen in der Ca- oder P- Versorgung.

Legt man als Maß für die P-Versorgung eine optimale P- Einlagerung zugrunde, liegt der Bedarf für die Knochenbildung wesentlich höher als für Wachstum. Dies stimmt mit Ergebnissen von YAN et al. (2001) und DIECKMANN (2005) überein. Nach YAN et al. (2001) lag die optimale P- Konzentration in Broilerfutter bei 3,30 g/kg für die Knochenbildung, 1,90 g/kg für das Wachstum und 1,60 g/kg für die Futterverwertung. Die Vergrößerung der Gesamtknochenfläche und Corticalsfläche beim Anstieg der Ca-

Konzentration im Futter ist offensichtlich auf die erhöhte Körpermasse der Tiere zu erklären. Die Knochendichte wurde zwar von keinem Versuchsfaktor signifikant beeinflusst. Die höheren Dichtewerte des Gesamtknochens und der Corticalis können jedoch als Ursache für das signifikant verbesserte Flächenträgheitsmoment bei der höchsten P- Stufe angesehen werden. Die Knochendichte und -stabilität bestätigen somit die Bedeutung der höheren P- Konzentrationen für die Knochenbildung.

Das Ergebnis, wonach der P- Bedarf für die Knochenbildung höher liegt als für das Wachstum wirft die Frage auf, ob bei einer P- Versorgung, die zwar optimales Wachstum erlaubt, aber Defizite in der Knochenbildung aufweist, mit gesundheitlichen Problemen verbunden ist.

Bei geringen P- und hohen Ca- Gehalten im Futter wurde bei Legehennen nicht nur ein Rückgang der Leistung, sondern auch eine Erhöhung der Mortalität beobachtet (HÄRTEL 1989). Jedoch wurde weder in den vorliegenden Versuchen, noch im Versuch von KAMBERI (2008), in welchen extrem hohe Ca:P- Verhältnisse, verbunden mit sehr geringen P- Konzentrationen im Futter eingesetzt wurden, gesundheitliche Probleme oder eine erhöhte Mortalität in Abhängigkeit von der P- Versorgung festgestellt. Offensichtlich sind Wachteln in der Lage, bei suboptimaler P- Versorgung in der Jugendphase die P-Versorgung für die Erhaltung und für Wachstum zu Lasten eines reduzierten Knochenaufbaus zu sichern.

5 LITERATUR

ABBOUD, M., 1995: Poultry Nutrition, Theoretic Part. Ibn Khaldoon, Damascus.

ALFOTEIH, Y., and W. BESSEI, 2007: Calcium – Phosphorus contents: The effect of extreme Ca: P ratios on growth rate, feed intake, mortality and P- utilization in Japanese quail (Coturnix Jap.). The 16th European symposium on poultry nutrition. Strasbourg- France. Proceedings book, 92.

BARRIER- GUILLOT, B., P. CASADO, P. MAUPETIT, C. JONDREVILLE, and F. GATEL, 1996: Wheat phosphorus availability: 2-In vivo study in broilers and pigs; relationship with endogenous phytasic activity and phytic phosphorus content in wheat. J. Sci. Food Agric. 70, 69-74.

DÄNNER, E., und W. BESSEI, 2001: Entwicklung einer Grundration zur Durchführung von Phosphor- Differenzversuchen beim wachsenden Geflügel. Arch. Geflügelkde. 66, 46-48

DIECKMANN, A., 2005: Beiträge zur Optimierung der Phosphorversorgung von wachsenden Broilern. Dissertation, Aus dem Institut für Ernährungswissenschaften der Landwirtschaftlichen Fakultät. Martin- Luther- Universität. Halle-Wittenberg

FERNANDES, M., R. LIMA, JR. MENDONCA, I. MABE, R. ALBUQUERQUE, and M LEAL, 1999: Relative bioavailability of phosphorus in feed and agricultural phosphates for poultry. Poult. Sci. 78, 1729-1736

GfE, 1999: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner(Broiler). Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Frankfurt am Main. DLG- Verlag, Energie – und Nährstoffbedarf Landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr.7.

GEFLÜGELJAHRBUCH, 2006: Jahrbuch des Zentralverbandes der Deutschen Geflügelwirtschaft e.v und seiner Mitgliedsverbände.

GEFLÜGELJAHRBUCH, 2008: Jahrbuch des Zentralverbandes der Deutschen Geflügelwirtschaft e.v und seiner Mitgliedsverbände.

GILLIS, B., L.NORRIS, and G.HEUSER, 1953: Phosphorus metabolism and requirements of hens. Poult. Sci. 32, 977-984.

HÄRTEL, H., 1989: Evaluation of the dietary interaction of calcium and phosphorus in the high producing laying hen. British Poult. Sci. 31, 473-495.

HEMME, A., 2004: Untersuchungen an Broilern zum Einfluss verschiedener anorganischer P-Quellen im Futter auf Leistung, P- Retention, P- Gehalte im Blut sowie die Zusammensetzung und Bruchfestigkeit von Knochen. Dissertation der Tierärztlichen Hochschule. Hannover

HENNIG, F., 1984: Handbuch der praktischen Fütterung von Rind, Schaf, Pferd, Schwein, Geflügel und Süßwasserfischen. BLV Verlagsgesellschaft, München. Deutschland

HEUSER, F., L. NORRIS, J. MCGINNIS, and M. SCOTT, 1943: Further evidence of the need for supplementing soybean meal rations with phosphorus. Poult. Sci. 22, 269-270.

HURWITZ, S., D. DUROV, U. BISNER, G. RISEFRELD, and A. BAR, 1978: Phosphate absorption and excretion in the young turkey as influenced by calcium intake. J. Ntur. 108, 1329-1336.

KAMBERI, M., 2008: The effect of different calcium and available phosphorus levels on body and production parameters of Japanese quail. Thesis. Faculty of Agriculture and Veterinary, University of Prishtina

KEYS, E., P. VAN SOEST, E. YOUNG, 1969: Comparative study of the digestibility of forage cellulose and hemicelluloses in ruminants and non ruminants. Animal Sci. 29, 11-15.

KRIEGER, H., R. BUNKFELDT, and H. STEENBOCK, 1940: Cereals and rickets. The availability of phytic acid phosphorus. J. Nutr. 20, 7-14.

LARBIER, M., and B. LECLERCQ, 1992: Nutrition and feeding of poultry. Nottigham, University Press, Nottingham.

LOWE, T., H. STEENBOCK and C. KREIGER, 1939: Cereals and rickets. The availability of phytin-P to the chicks. Poult. Sci. 18, 40-41.

MCDOWELL, L., 2003: Minerals in animal and human nutrition, Second edition: Elsevier Science B.V. AE Amsterdam, The Netherlands.

MCGINNIS, J., L. NORRIS and G. HEUSER, 1944: Poor utilization of phosphorus in cereals and legumes by chicks for bone development. Poult. Sci. 23, 157-159

McNAB, J., and K. N. BOORMAN, 2002: Poultry Feedstuffs: supply, Composition and Nutritive Value, Poult. Sci. Symposium Series Vol. 26. CAB International. London. UK.

MOORE, J., and L.VEUM, 1983: Adaptive increase in phytate digestibility by phosphorus- deprived rats and the relationship of intestinal phytase (EC 3.1.3.8) Brit. J. of Nutrition 49, 145-152.

NEHRING, K., 1972: Lehrbuch der Tierernährung und Futtermittelkunde. Neumann Verlag, Radebeul.

NELSON, S., 1976: The hydrolysis of phytin phosphorus by chicks and laying hens. Poult. Sci. 55, 2262-2268.

(NRC) National Research Council, 1994: Nutrient Requirements of Poultry, 9th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.

PANDA, A., S. RAMO RAO, M. RAJU, and S. BHANJA, 2005: Effect of Dietary Non-Phytate Phosphorus Levels on Egg Production, Shell Quality and Nutrient Retention in White Leghorn Layers. Asian- Aust. J. Animal Sci. 18, 1171-1175.

POTTER, M., 1988: Bioavailability of phosphorus from various phosphates based on body weight and toe ash measurements. Poult. Sci. 74, 813-820.

RAMA RAO, S., M. RAJU, M. REDDY, and P. PAVANI, 2006: Interaction between dietary calcium and non- phytate phosphorus levels on growth, bone mineralization and mineral excretion in commercial broilers. Anim. feed Sci. Techn. 131, 135-150.

RODEHUTSCORD, M., and A. DIECKMANN, 2005: Comparative studies with 3 wk-old chickens , turkeys, ducks and quails on utilization and availability of phosphorus. Poult. Sci. 84, 52-60.

SELLE, P., A. WALKER und W. BRYDEN, 2003: Total and Phytate-Phosphorus contents and Phytase activity of Australian – sourced feed ingredients for pigs and Poultry. Australian J. of Experimental Agriculture. 43, 475 – 479.

SHAFEY, M., 1993: Calcium tolerance of growing chickens: effect of ratio of dietary calcium to available phosphorus. Poult. Sci. 49, 5-18.

SHAFEY, M., and W. M. MCDONALD, 1990: Effects of dietary Ca, AP and vitamin D on growth rate, food utilization, plasma and bone constituents and Ca and phosphorus retention of commercial broiler strains. Brit. Poult. Sci. 31, 587-602.

ULBRICH, M., M. HOFFMANN, und W. DROCHNER, 2004: Fütterung und Tiergesundheit. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart.

VAN DER KLIS, D., and H. VERSTEEGH, 1996: Phosphorus nutrition of poultry. In: Proceedings of the Nottingham Feed Manufacturers Conference. Nottingham, UK. 71- 83.

VAN DER KLIS, D., and H. VERSTEEGH, 1999: Phosphorus nutrition of poultry. In: recent developments in poultry nutrition 2, 1. Wiseman and P.C. Granswothy (Eds). Norttingham University press, UK. 309-320.

WALDROUP, W., H. KRESEY, A. SALEH., A, FRITIS, F. YAN, L. STILBORN, C. CRUM, and V. RABOY, 2000: Nonphytate phosphorus requirement and phosphorus excretion of broiler chicks fed diets composed of normal or high available phosphate corn with and without microbial phytase. Poult.Sci. 79, 1451-1459.

YAN, F., H. KRESEY, and W. WALDROUP, 2001: Phosphorus requirement of broiler chicks three to six weeks of age as influenced by phytase supplementation. Poult. Sci. 80, 455-459.

6 ZUR VERWERTUNG VON PHOSPHOR AUS VERSCHIEDENEN QUELLEN BEI DER JAPANISCHEN WACHTEL (A1)

Y. Alfoteih und W. Bessei

Aus dem Institut für Tierhaltung und Tierzüchtung, Fg. Nutztierethologie und Kleintierzucht (470 c) der Universität Hohenheim, Deutschland

Corresponding Author address:

Yassen Alfoteih

Email address: alfoteih@yahoo.com

Vortragstagung der DGfZ und GfT am 6./7. September 2006 in Hannover

6.1 Einleitung

Geflügelrationen werden hauptsächlich aus pflanzlichen Komponenten hergestellt, in welchen der Phosphor (P) überwiegend (47- 90,5 %) in Form von Phytat- Phosphor (PP) vorliegt (SELLE et al., 2003). Der PP ist für die Monogaster, im Gegensatz zu Wiederkäuern, nur in einem geringen Umfang verfügbar.

Die Empfehlungen zur Versorgung des Geflügels und anderer Nutztiere mit P beruhen auf pauschalen Schätzungen der Verwertbarkeit. Dabei wird angenommen, dass der P in Pflanzen zu zwei Drittel in Form von nicht verfügbarem PP vorliegt und demzufolge eine Verfügbarkeit des Gesamt- P von 30 % unterstellt. Für den mineralischen P nimmt man dagegen eine Verfügbarkeit von nahe 100 % an. Es liegen jedoch Informationen vor, wonach sowohl bei PP als auch bei nicht PP eine hohe Variation vorhanden ist. Wenn man Tiere bedarfsgerecht mit P versorgen will, müssen weiter Informationen über die tatsächliche Verfügbarkeit einzelner Futtermittel erarbeitet werden. Da entsprechende Untersuchungen mit Broilern sehr aufwändig und teuer sind, wurde die Wachtel als Modelltier vorgeschlagen. RODEHUTSCORD und DIECKMANN (2005) fanden in vergleichenden Studien zur P- Verfügbarkeit mit verschiedenen Geflügelarten, dass die Wachtel eine hohe Übereinstimmung mit Broilern aufwies. Im vorliegenden Versuch wurde mit der von DÄNNER und BESSEI (2002b) entwickelten Methode die Verfügbarkeit des P bei Sommergerste und Sommerhafer bei Wachteln bestimmt.

6.2 Material und Methoden

100 Wachtelküken wurden aus einer kommerziellen französischen Mastherkunft erbrütet. Am ersten Lebenstag wurden die Tiere in (80 x 80 x 64 cm; Breite x Tiefe x Höhe) Aufzuchtboxen mit Drahtgitterboden eingestallt. Die Böden wurden in den ersten Tagen mit Papier ausgelegt, um die Tiere vor Verletzungen zu schützen. Den Küken stand Futter und Wasser ad libitum zur Verfügung. Das Starterfutter wurde zuerst in Futterschalen und dann in Trögen gegeben. Dabei handelte es sich um eine an der Versuchsstation übliche Ration mit 11,89 MJ UE/kg; 26,3 % Rohprotein; 0,84 % Ca und 0,72 % Gesamt- P. Die Temperatur betrug in den ersten Tagen 38 ˚C und wurde anschließend sukzessiv auf 25 ˚C abgesenkt. Als Wärmequelle wurden Infrarotstrahler benutzt.

Am Ende der dritten Lebenswoche wurden die Tiere nach Geschlecht sortiert. Je zwei männliche Tiere wurden ab der vierten Wochen in Kleinkäfigen mit den Abmessungen (18,5 x 38 x 22 cm; Breite x Tiefe x Höhe) untergebracht. Das Futter wurde zweimal täglich (um 10 und 17 Uhr) gegeben. Nach DÄNNER und BESSEI (2002a) benötigen die Tiere mindestens fünf Tage zur Anpassung an eine geänderte P- Versorgung. Der Vorperiode schloss sich eine 7- tägige Bilanzperiode an. Während der Bilanzperiode wurden 24 männliche Tiere zufällig auf 4 Fütterungsvarianten mit jeweils 6 Wiederholungen aufgeteilt und einzeln in Bilanzkäfige eingestallt.

Die Tiere der Fütterungsvariante 1 erhielten eine P-arme Grundration (DÄNNER und BESSEI, 2002b), die mit Ausnahme des P den Nährstoffbedarf der Mastwachteln deckte. In den Varianten 2 und 3 wurde der P- Bedarf mittels zwei verschiedener pflanzlicher P-Quellen (Sommergerste Orthega und Sommerhafer Flämingprofi) gedeckt. Die vierte Fütterungsvariante bestand aus der üblichen Ration der Versuchsstation, die als Postiv-Kontrolle des Versuchs betrachtet wurde. Die Analysenergebnisse der Testkomponenten sind in Tab. 1 dargestellt. Während der Bilanzperiode wurden von jedem Tier die Exkremente quantitativ gesammelt und sofort tiefgefroren (- 18 ºC). Die Futterproben wurden analysiert. Aus dem P- Gehalt des Futters und dem Futterverbrauch wurde die mittlere P- Aufnahme über die entsprechenden Testperioden ermittelt. Aus der Differenz zwischen der P- Aufnahme und der P- Ausscheidung im Kot errechnete sich die unkorrigierte Bilanz. Anschließend wurde die P- Bilanz mit Hilfe einer Regression auf die mittlere tägliche Futteraufnahme korrigiert

Zur Bestimmung der partiellen P- Verwertung der geprüften Testkomponenten wurde die Formel nach DÜNGELHOEF (1994) herangezogen. Aufgrund anderer Parameter wurde die Formel modifiziert und wie folgt eingesetzt:

$$V_{TK} = \frac{V_{TM} - \frac{V_{GM}}{100} * (100 - t)}{t} * 100$$

Wobei :

V_{TK} = P-Verwertung der Testkomponente (%)

V_{TM} = P- Verwertung der Testmischung (%)

V_{GM} = P- Verwertung der Grundmischung (%)

t = Anteil des P aus der Testkomponente(%)

Tabelle 1: Analyseergebnisse der Testkomponenten (Sommergerste und Sommerhafer)

Getreideart	Eiweiß %	Fett %	Asche %	Rohfaser %	NFE %	Ca %	P %	MJ†, WPSA
S.Gerste	8,9	3	1,82	4,6	74,97	0,18	0,31	11,56
S.hafer	11,16	4,9	2,09	9,8	65,93	0,19	0,37	10,41

†: Formel nach World's Poultry Science Association (WPSA). UE (MJ/kg Futter)= 15,51 x g Protein+ 34,31 x g Rohfett+ 16,69 x g Stärke+ 13,01x g Zucker.

Tabelle 2: Analyseergebnisse der Testrationen (1 Grundration (G)), 2 G + Gerste, 3 G + Hafer, 4 konventionelle Ration)

Futtergruppe	Eiweiß %	Fett %	Asche %	Rohfaser %	NFE %	Ca %	P %	MJ, WPSA
1	27,47	7,45	1,67	2,58	55,67	0,25	0,07	13,69
2	14,85	4,32	2,52	4,49	68,52	0,43	0,22	12,44
3	16,1	5,68	2,79	6,77	63,57	0,50	0,24	12,20
4	26	4,16	6,19	3,41	55,09	0,90	0,79	11,82

6.3 Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Zunahmen, Futterverbrauch und P- Bilanzen sind in der Tabelle 3 dargestellt

Es wurden keine signifikanten Unterschiede in den Zunahmen zwischen den verschiedenen Rationen festgestellt. Der Futterverbrauch war allerdings in der Grundration (Gruppe 1) signifikant geringer als in den Testrationen (Gruppe 2 und 3).

Tabelle 3: Mittelwerte (±Sd) von Lebendmassezunahme pro Tier und Woche (LMZ), Futterverbrauch (Fvb), P- Bilanz in mg, korrigierte P-Bilanz in mg sowie in %

Futtergruppen	LMZ ¤ g/Tier	Fvb ¤ g/Tier/Tag	P-Bilanz (Korr)¤ mg	P-Bilanz (Korr)¤ %
1	25,25 ± 10	18,18 [c] ± 1,24	71,1 ±3	66,60[a] ±3
2	31,62 ± 5	22,70 [b] ± 1,44	106,8± 21	33,33 [b] ± 6
3	22,70 ± 9	23,29 [b] ±1,14	72 ± 55	20,86 [b] ±15
4	27,30 ± 5	26,36 [a] ± 0,61	90,1 ± 31	7,87[c] ± 3

¤) Werte, die mit einem gemeinsamen Buch gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant ($P_{\geq}$ 0,05)

Die praxisübliche Ration hob sich signifikant von allen anderen Rationen ab. Da der Futterverbrauch sich auf die P-Verwertung auswirken kann, wurde dieser Einfluss durch Regression auf den mittleren Futterverbrauch korrigiert. In der korrigierten P-Bilanz lag die Grundration mit 66,6 % am höchsten.

Es folgten die Gerste- und Haferrationen mit 33,33 und 20,86 %. Die geringste P-Bilanz wurde in der praxisüblichen Ration gefunden. Die partielle P- Verfügbarkeit für Gerste lag bei 29 %.

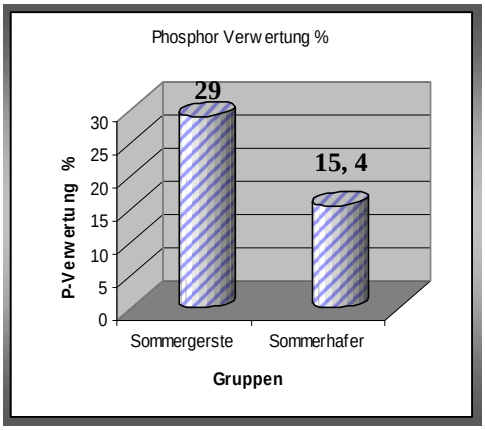

Abbildung 1: Die partielle P-Verwertung in Gerste und Hafer

Die beträgt bei Hafer 15,4 % (Abb. 1). Die synthetische P- arme Grundration führte zu einem leichten Rückgang der Futteraufnahme gegenüber den Getreide- Testrationen. Innerhalb der Bilanzperiode wirkte sich dies jedoch nicht negativ auf die Zunahmen aus. Die hohen Werte der Futteraufnahme und der Zunahme in der praxisüblichen Ration ist offensichtlich auf die ausgewogene Nährstoffversorgung zurück zu führen. Die hohe P-Verwertung in der Grundration ist durch den P- Mangel zu erklären. Die sehr niedrige Verwertung des P in der praxisüblichen Ration ist dagegen das Resultat einer Überversorgung. Die P- Gehalte der Getreide- Testrationen liegen auf dem gleichen Niveau. Allerdings ist die Bilanz der Gersteration in der Tendenz höher als die der Haferration. Der Unterschied beruht offensichtlich in der besseren partiellen Verwertung

des P aus Gerste, die mit 29 % etwa doppelt so hoch ist als die des P aus Hafer. Die P-Verwertung der Gerste stimmt mit den pauschalen Annahmen überein, wonach der P aus pflanzlichen Bestandteilen zu etwa einem Drittel verfügbar ist. Der PP Gehalt in der Gerste wird im GEFLÜGELJAHRBUCH (2006) mit 69 % angegeben. Allerdings besitzt Gerste in der Regel einen hohen Gehalt an nativer Phytase, die zu einer höheren Verwertung des Phytat- P führen würde. Die relativ geringe Verwertung des P aus dem Hafer lässt sich nicht über den Gehalt an Phytat- P erklären. Nach dem GEFLÜGELJAHRBUCH (2006) liegt der Phytat- P- Gehalt im Hafer bei 50 % und somit deutlich niedriger als in der Gerste. Allerdings ist auch die Phytaseaktivität im Hafer gering. Nimmt man an, dass der nPP im Getreide eine hohe Verfügbarkeit besitzt, wäre trotz der geringen Phytaseaktivität mit einer höheren P- Verfügbarkeit zu rechnen. Als Ursache für die geringe P- Verfügbarkeit im Hafer kann der Gehalt an Rohfaser herangezogen werden. Es ist anzunehmen, dass der in der Rohfaser eingeschlossenen P nicht absorbiert werden konnte. Hinzu kommt, dass durch die hohen Gehalte an unverdaulicher Rohfaser die Darmpassage beschleunigt und auf diese Weise die Absorption des P reduziert.

6.4 Literatur

DÄNNER, E., und W. BESSEI, (2002a): Effect of a change in the phosphorus on the supply on the phosphorus excretion in growing poultry. Proc.Soc.Nutr.Physiol 11.

DÄNNER, E., und W. BESSEI; (2002b): Entwicklung einer Grundration zur Durchführung von Phosphordifferenzversuchen beim wachsenden Geflügel. Archiv Geflügelkde. 66, 46-48.

DÜNGELHOEF, J., (1994): Untersuchungen zur Verdaulichkeit des Phosphors mineralischer und pflanzlicher Herkunft beim Schwein. Dissertation, Rheinische Friedrich –Wilhelms – Universität zu Bonn.

GEFLÜGELJAHRBUCH, (2006): Jahrbuch des Zentralverbandes der Deutschen Geflügelwirtschaft e.v und seiner Mitgleidsverbände.156.

RODEHUTSCORD, M., and A. DIECKMANN, (2005): Comparative studies with 3 wk- old chickens, turkeys, ducks and quails on utilization and availability of phosphorus. Poult Sci. 84, 1252 – 1260.

SELLE, H. P., A. WALKER, and W. BRYDEN, (2003): Total and Phytate-Phosphorus contents and Phytase activity of Australian – sourced feed ingredients for pigs and Poultry. Aust. J. of Experimental Agriculture. 43, 475 – 479

7 ZUR VERWERTUNG VON PHOSPHOR AUS VERSCHIEDENEN ORGANISCHEN UND ANORGANISCHEN QUELLEN BEI DER JAPANISCHEN WACHTEL (A2 + A3)

Y. Alfoteih, E. Dänner, und W. Bessei

Aus dem Institut für Tierhaltung und Tierzüchtung, Fg. Nutztierethologie und Kleintierzucht (470 c) der Universität Hohenheim, Deutschland

Corresponding Author address: Yassen Alfoteih

Email address: alfoteih@yahoo.com

Paper wurde akzeptiert, (08 Juni / 08) bei Archiv für Geflügelkunde

European Poultry Science

7.1 Einleitung

Geflügelrationen werden hauptsächlich aus pflanzlichen Komponenten hergestellt, die hohe Phosphorgehalte aufweisen. Da der Phosphor (P) in pflanzlichen Produkten überwiegend in Form von Phytat-P (PP) vorliegt (SELLE et al., 2003), der für Monogastren als gering oder nicht verdaulich angesehen wird (LOWE et al., 1939; KRIEGER et al., 1940; HEUSER et al., 1943; MCGINNIS et al., 1944; GILIS et al., 1953), werden Geflügelrationen in der Regel mit anorganischen P-Trägern ergänzt. Hierzu wurde früher häufig auf preisgünstiges Knochenmehl oder Fleisch- Knochenmehl zurückgegriffen. Nach dem Verbot dieser Komponenten in der Geflügelfütterung wird der anorganische P in Form von Monocalciumphospat (MCP), Dicalciumphosphat (DCP) oder Mononatriumphosphat (MNP) eingesetzt. Den anorganischen P- Quellen wird allgemein eine hohe Verfügbarkeit unterstellt (POTTER, 1988; VAN DER KLIS und VERSTEEGH, 1996; FERNANDES et al., 1999). Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass die Annahme, wonach nicht PP und anorganischer P vollständig verfügbar sind, nicht haltbar sind (LESKE and COON, 2002; ALFOTEIH und BESSEI, 2007; KAMBERI, 2008).

In Anbetracht der Unsicherheit in Bezug auf die Verfügbarkeit des P werden die Empfehlungen vom National Research Council NRC (1994) und die Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner GfE (1999) meist deutlich überschritten. Die Überschreitung der Normen führt einerseits zu einer Sicherheit gegen Leistungsminderung durch P- Mangel, anderseits aber zu erhöhten P-Ausscheidungen. Diese sind sowohl in Hinsicht auf den sparsamen Umgang mit den begrenzt verfügbaren P-Ressourcen als auch auf die Überversorgung der Böden mit P unerwünscht.

Um bedarfsgerechte Rationen für Geflügel herzustellen, ist die tatsächliche Verfügbarkeit des P in den einzelnen Futtermitteln durch biologische Tests erforderlich. Da Untersuchungen mit Broilern sehr aufwändig und teuer sind, wurde die Wachtel als Modelltier vorgeschlagen. Nach RODEHUTSCORD und DIECKMANN (2005) reagierten Wachteln sowohl in Bezug auf die Verwertung von P aus einer P- armen Basalration als auch auf den Bereich der maximalen P- Effizienz ähnlich wie Broiler. In der vorliegenden Untersuchung wurde deshalb die P- Verfügbarkeit verschiedener pflanzlicher und anorganischer P- Träger sowie Mischungen zwischen den P- Trägern mit Wachteln als Modelltieren getestet.

7.2 Material und Methoden

7.2.1 Futterrationen

In der vorliegenden Arbeit wurden 2 Experimente durchgeführt. Für beide Versuche standen Wachteln einer kommerziellen französischen Mastlinie an der Versuchsstation für Tierhaltung, Tierzüchtung und Kleintierzucht Unterer Lindenhof der Universität Hohenheim zur Verfügung. Unterbringung und Versuchsablauf waren in beiden Versuchen gleich. Die Unterschiede lagen lediglich in der Zusammensetzung der Testrationen. In Versuch A2 wurden neben der Grundration je drei mineralische Komponenten und drei Getreidearten als P- Träger untersucht. In Versuch A3 wurden 5 Kombinationen aus den in Versuch A2 geprüften P- Trägern getestet.

Die Testrationen wurden auf der Basis einer von DÄNNER und BESSEI (2001) beschriebenen P-armen Grundration erstellt. Die Zusammensetzung der Grundration sowie der Testrationen für die Versuche A2 und A3 sind aus den Tabellen 4, 7 und 10 ersichtlich. Als Testkomponenten dienten Monocalciumphosphat (MCP), Dicalciumphosphat (DCP), Mononatriumphosphat (MNP) sowie Winterweizen (Sorte Dekan), Wintergerste (Sorte Barcelona) und Mais (Sorte Chombord). Die Analysen der Testkomponenten sind in Tab. 5 und 6 angegeben. Der Anteil der Testkomponenten an den Testrationen variierte nach ihrem P- Gehalt. Es wurde ein Gesamt- P- Gehalt im Bereich von 2,00 bis maximal 3,00 g/kg angestrebt. Beim Ca-Gehalt wurde ein Bereich von 3,00 bis 5,00 g/kg angestrebt. Das Ca: P Verhältnis sollte nicht weiter als 1,50: 1,00 sein. Wenn die Limitierung des Ca: P-Verhältnisses auf Grund der Zusammensetzung der Komponenten nicht eingehalten werden konnte, wurde der Ca- Gehalt entsprechend abgesenkt. Die Zulage der Getreidearten betrug konstant 60,0 %. In den Testrationen wurden Futterkalk und Natriumbikarbonat als Ausgleichstoffe eingesetzt. Im Versuch A3 wurden auf der Basis der gleichen Grundmischung sowie der gleichen Testkomponenten des Versuchs A2 Mischungen aus MCP und DCP, MCP und MNP, MCP und Mais, Weizen und Gerste sowie Weizen und Mais getestet. Es wurden somit sechs Behandlungen, die Grundration und 5 verschiedene Testrationen, eingesetzt. .

7.2.2 Versuchsanlage und Ablauf

Es wurden für beide Versuche je 320 Wachtelküken einer französischen Mastlinie erbrütet. Am ersten Lebenstag wurden die Tiere in vier Aufzuchtsboxen (80,0 x 80,0 x 64,0 cm; Breite x Tiefe x Höhe) mit Drahtgitterboden eingestallt. Die Böden wurden in den ersten Tagen mit Papier ausgelegt, um die Zehen der Tiere vor Verletzungen zu schützen. Die

Tiere wurden bei Dauerlicht gehalten. Sie erhielten zunächst eine an der Versuchsstation übliche Ration mit 11,8 MJ UE/kg; 26,3 % Rohprotein; 0,840 % Ca und 0,720 % Gesamt-P. Futter und Wasser standen ad libitum zur Verfügung. Das Starterfutter wurde zuerst in Futterschalen und dann in Trögen gegeben. Wasser wurde über Cuptränken verabreicht. Die Futtertröge befanden sich an der Frontseite der Käfige und waren mit speziellen Vorrichtungen zur Vermeidung von Futterverlusten ausgestattet. Die Temperatur betrug in den ersten Tagen 38 ˚C und wurde anschließend sukzessiv auf 25 ˚C abgesenkt. Als Wärmequelle wurden Infrarotstrahler benutzt.

Am Ende der dritten Lebenswoche wurden die Tiere nach Geschlecht sortiert. Je zwei männliche Tiere wurden in Käfigen mit den Abmessungen (18,5 x 38,0 x 22,0 cm; Breite x Tiefe x Höhe) untergebracht. Unter dem Gitterrost befand sich eine Auffangwanne für die Exkremente.

Nach DÄNNER und BESSEI (2002) benötigen die Tiere mindestens fünf Tage zur Anpassung an eine geänderte P- Versorgung. Deshalb wurde der Bilanzperiode eine 7-tägige Vorfütterungsperiode vorangestellt, in der die Tiere die Versuchsrationen erhielten. Nach der Vorperiode wurde von den zwei Tieren pro Käfig ein Tier ausgesucht, das äußerlich gesund war und in seinem Gewicht nahe beim Mittelwert aller Tiere lag. Am Ende der vierten Lebenswoche begann die Bilanzperiode. Diese erstreckte sich über 4 Tage (29. bis 32. Lebenstag). Ab dieser Zeit wurde zur Vermeidung von Futterverlusten das Futter zweimal täglich (10 und 17 Uhr) gegeben. Die anfallende Kotmenge wurde in der Bilanzperiode zwei Mal gesammelt und bis zur Analyse bei -18 °C eingefroren. Für die Bilanzperiode standen im Versuch A2 42 und im Versuch A3 36 männliche Tiere zur Verfügung. Die Tiere wurden im Versuch A2 zufällig auf 7 Behandlungen und im Versuch A3 auf 6 Behandlungen verteilt. Jede Behandlung umfasste somit 6 Wiederholungen.

7.2.3 Chemische Analysen

Für die Futteranalyse wurden von jeder Variante Proben mit 250- 300 g entnommen und bei -18° C tiefgefroren. Die Bestimmung von Trockensubstanz erfolgte bei 105 °C über 4 Stunden. Bei der Kotanalyse wurde Trockensubstanz, Asche, Ca und P bestimmt. Die Futteranalyse schloss Rohprotein (N x 6,25), Fett, Asche, Rohfaser, NFE, Zucker, Ca und P ein. Anhand der Vanadat- Molybdat- Reaktion wurde der P als Orthophosphat bestimmt (NAUMMANN und BASSLER, 1976). Ca wurde mit dem Spektralphotometer gemessen.

7.2.4 Merkmale und statistische Verfahren

Aus dem P- Gehalt des Futters und dem Futterverzehr wurde die mittlere P-Aufnahme über die entsprechenden Testperioden ermittelt. Aus der Differenz zwischen der P- Aufnahme und der P- Ausscheidung im Kot errechnete sich die unkorrigierte Bilanz. Die unkorrigierte Bilanz wurde mit Hilfe einer linearen Regression auf den mittleren Futterverbrauch korrigiert (korrigierte Bilanz). Hierzu wurde der im Bilanzversuch gemessene P-Ansatz je Tier als Funktion der täglichen Futteraufnahme nach folgender linearen Regression berechnet:

$y_K = y_i + b * (x_i - \bar{x})$

wobei:

y_K = korrigierte Bilanz

y_i = P – Aufnahme des i-ten Tieres

b = Regressionskoeffizient

x_i = Futteraufnahme des i-ten Tieres

$\bar{x}$ = Mittelwert der Futteraufnahme

Zur Bestimmung der partiellen P-Verwertung der geprüften Testkomponenten wurde die Formel nach DÜNGELHOEF (1994) herangezogen. Aufgrund anderer Parameter wurde die Formel modifiziert und wie folgt eingesetzt:

$$V_{TK} = \frac{V_{TM} - \frac{V_{GM}}{100} * (100 - t)}{t} * 100$$

wobei :

V_{TK} = P-Verwertung der Testkomponente (%)

V_{TM} = P- Verwertung der Testration (%)

V_{GM} = P- Verwertung der Grundmischung (%)

t = Anteil des P aus der Testkomponente(%).

Der Einfluss der Futterrationen auf die erfassten Parameter wurde mit Hilfe einer einfaktoriellen Varianzanalyse im Modul ANOVA des Programms JMP® (Version. 5 für

Windows) getestet. Bei signifikanten Faktor- Effekten wurden Unterschiede zwischen den Mittelwerten mit Hilfe des multiplen t-Tests (Student) auf Signifikanz geprüft

7.3 Ergebnisse

7.3.1 Versuch A2

Die Mittelwerte für Futterverbrauch, Lebendmasse sowie die Zunahmen in der Vorperiode und der Bilanzperiode sind in Tabelle 8 angegeben. In der Vorperiode wurden in Bezug auf Futterverbrauch, Lebendmasse und Zunahmen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen gefunden. Es zeigte sich jedoch eine Tendenz, wonach Futtergruppe 7 (Mais) gegenüber den anderen Futtergruppen geringere Werte aufwies. Zu Beginn der Bilanzperiode war ein schwach signifikanter Effekt in den Lebendmassen zu erkennen, der sich zum Ende der Bilanzperiode verstärkte. Die Gruppe 7 (Mais) wies die niedrigsten Lebendmasse auf. Der Unterschied war jedoch nur gegenüber den Gruppen mit der höchsten Lebendmasse, nämlich der Gruppe 3 (DCP) zu Beginn der Bilanz und den Gruppen 3 und 4 (MCP und MNP) am Ende der Bilanzperiode signifikant. Im Futterverbrauch über die gesamte Bilanzperiode war ein schwach signifikanter Effekt zu verzeichnen. In diesem Merkmal wiesen die Tiere, die die Grundration erhielten, mit 90,93 g den geringsten Wert auf. Der Unterschied war nur gegenüber den Gruppen 4 (MNP) und 6 (Gerste) signifikant. Die Gruppe 7 (Mais) lag im Futterverbrauch über die gesamte Bilanzperiode ebenfalls auf einem geringen Niveau (95,93 g). Sie unterschied sich jedoch nicht signifikant von den anderen Gruppen. Die Ergebnisse der P- Bilanz sind in Tabelle 9 aufgeführt. Die P- Aufnahme variierte in Abhängigkeit vom P- Gehalt der Testration und der Futteraufnahme. Sie lag bei den Testrationen mit den mineralischen P-Trägern zwischen 304 und 320 mg. Auch die Futtergruppe 6 (Gerste) lag mit 320 mg im gleichen Bereich. Die Gruppen 5 (Weizen) und 7 (Mais) nahmen dagegen deutlich weniger P auf. Die P- Bilanz der Grundration lag bei 94 % und hob sich damit deutlich von den anderen Rationen ab. Die besten Bilanzen in den Testrationen wurden in den Gruppen 5 und 7 (Weizen und Mais) mit 60 und 66 % erreicht. Die Gruppe 6 (Gerste) nahm mit 34 % mit Abstand den niedrigsten Wert ein. Die Gruppen 2, 3 und 4 lagen im Bereich von 47 bis 53 %. Die partielle Verwertung der Testkomponenten lag auf einem niedrigeren Niveau als die Verwertung in der gesamten Testration. Die Rangfolge zwischen den Versuchsgruppen war jedoch die gleiche wie die der Testration.

7.3.2 Versuch A3

Die Ergebnisse von Lebendmasse, Zunahmen sowie Futteraufnahme in der Vor- und Bilanzperiode sind in Tabelle 11 wiedergeben. Die Varianzanalyse ergab lediglich für die Zunahmen in der Vorperiode einen schwach signifikanten Effekt. Die Gruppe 3 (MCP+MNP) hatte die geringsten Zunahmen und unterschied sich signifikant von der Gruppe 2 (MCP+DCP). Die beiden extremen Mittelwerte unterschieden sich nicht signifikant von den dazwischen liegenden Gruppen. Die Ergebnisse der P- Bilanz sind aus Tabelle 12 ersichtlich. Die P-Aufnahme variierte in den Testrationen zwischen 214 und 354 mg pro Tier. Sie war in der Gruppe 1 (Grundration) am geringsten.

Die P- Verwertung in der Grundration lag in diesem Versuch mit 69 % nicht wesentlich höher als in den Testrationen. Hier wies die Futtergruppe 3 (MCP+MNP) mit 76 % den höchsten und die Futtergruppen 6 (Weizen+Gerste) und 5 (MCP+Mais) die geringsten Werte auf. Die anderen Futtergruppen nahmen einen mittleren Bereich ein. Mit Ausnahme von Gruppe 3 (MCP+MNP) lagen die partiellen P- Verwertungen aus den Testkomponenten auf einem geringfügig höheren Niveau. Sie wiesen die gleiche Reihenfolge wie die Verwertung der gesamten Testrationen auf.

7.4 Diskussion

Zur Feststellung der Verdaulichkeit von Nährstoffen ist es wichtig, dass die zu testenden Komponenten an der Grenze des Bedarfs liegen. Für die vorliegenden Versuche wurden in Anlehnung an Ergebnisse von DÄNNER und BESSEI (2001) P- Gehalte in den Versuchsrationen zwischen 0,20 und 0,30 % angestrebt. Wie aus den Tabellen 7 und 10 hervorgeht, wurden diese Werte auch weitgehend eingehalten. Allerdings lagen die P-Gehalte bei den mineralischen P- Trägern etwas höher als bei den pflanzlichen P- Trägern (Tab. 7). Die in dem Versuch mitgetestete Grundration lag in ihrem P-Gehalt bei 0,070 %. Obwohl die P- Gehalte in den Versuchsrationen und insbesondere in der Grundration unterhalb der allgemeinen Empfehlungen zur Versorgung von P lagen (NRC, 1994), waren Futterverbrauch und Zunahme nur geringfügig beeinflusst (Tab. 8 und 11). In Versuch A3 wurde lediglich für die Zunahme in der Vorperiode ein schwach signifikanter Effekt festgestellt (Tab.11). Aus den Differenzen zwischen den Versuchsgruppen lassen sich keine Zusammenhänge in Bezug auf die P- Quellen oder die P- Gehalte in den Rationen erkennen. Es zeigt sich lediglich eine Tendenz, wonach sich die Grundration und die Rationen mit Maiszulage im unteren Bereich bewegten. P- Mangel kann zu einer

Reduktion des Futterverbrauchs führen (MCDOWELL, 2003). Somit könnte der geringe Futterverbrauch in der Grundration während der Bilanzperiode (Tab. 8) auf diesen Effekt zurückzuführen sein. Hinsichtlich der geringeren Futterverbrauchswerte in den Maisrationen könnte der höhere Energiegehalt des Maises ausschlaggebend gewesen sein. Obwohl der Effekt der Rationen auf die Futteraufnahme insgesamt als gering angesehen werden muss, führte er doch zu Unterschieden in der P-Aufnahme und somit zu einer Beeinflussung der P- Verwertung.

Wie erwartet, wurden die höchsten Verwertungszahlen für P mit 94,0 und 69,0 % (Versuch A2 und A3) in der Grundration (GR) erreicht. Die relativ hohe P- Verwertung in der GR beider Versuche ist durch den sehr geringen P- Gehalt und die hierdurch bedingte geringe P- Aufnahme zu erklären. Dieser Effekt wurde auch bei Ratten (MOORE und VEUM, 1983), Broilern (DIECKMANN, 2005), Puten und Enten (RODEHUTSCORD und DIECKMANN, 2005) gefunden. Eine P- Verwertung von über 90,0 % (Versuch A2; Tabelle 9) wurde auch von DÄNNER und BESSEI (2001) für die gleiche Ration festgestellt. Die geringere P- Verwertung im Versuch A3 kann dadurch erklärt werden, dass hier die Futteraufnahme und somit auch die P-Aufnahme deutlich höher lag als im Versuch A2. Für die Unterschiede in der Futteraufnahme zwischen den beiden Versuchen konnte keine Erklärung gefunden werden.

Die Ergebnisse der partiellen P- Verwertung in beiden Versuchen stehen im Gegensatz zu unseren bisherigen Erwartungen. In Versuch A2 liegt die Verwertung des P aus den mineralischen P- Quellen zwischen 33,60 und 37,60 % und damit deutlich unter den in der Literatur angegebenen Werten (VAN DER KLIS und VERSTEEGH, 1996; FERNANDES et al., 1999; HEMME, 2004). Die P- Verwertung aus Weizen und Mais liegt dagegen höher als bisher erwartet (VAN DER KLIS und VERSTEEGH, 1999). Lediglich der Wert für die P- Verwertung bei der Gerste liegt in dem erwarteten Bereich von etwa 1/3 des Gesamtphosphors. Auch wenn die Verwertungszahlen der mineralischen P- Träger aus den Kombinationen MCP+DCP und MCP+MNP in Versuch A3 höher lagen als in Versuch A2, so weichen sie dennoch deutlich von der Annahme ab, dass der mineralische P zu über 90,0 % verdaulich ist (POTTER, 1988; VAN DER KLIS und VERSTEEGH, 1996). Die Verwertungszahlen für P aus der Kombination der pflanzlichen Komponenten Weizen plus Gerste und Weizen plus Mais, liegen weit über den erwarteten Zahlen. Das Ergebnis, wonach Mais in Versuch A2 als alleinige Komponente sowie in Versuch A3 in der Mischung mit Weizen eine Verdaulichkeit von über 60,0 % ausweist, und somit über den Werten von Weizen und Gerste in Versuch A2 liegt, ist insofern unerwartet, als Mais sehr

geringe Mengen oder keine Phytase enthält. Im Gegensatz zu Mais, zeigt Weizen eine relativ hohe Phytaseaktivität (SELLE et al., 2003; GEFLÜGELJAHRBUCH, 2004-2008). Dennoch ist nach NELSON (1976) der P aus Weizen nur in einem geringen Umfang verfügbar. Die vorliegenden Ergebnisse stimmen mit BARRIER- GUILLOT et al. (1996) überein, wonach die Verwertbarkeit des PP aus Weizen im Bereich von 45,0 bis 70,0 % lag. Aus neueren Untersuchungen geht hervor, dass 3 Wochen alte Hühner in der Lage sind, PP unter standardisierten experimentellen Bedingungen zu verwerten. Die Verfügbarkeit des pflanzlichen P wies jedoch eine Variation von 16,0 bis 80,0 % auf (VAN DER KLIS und VERSTEEG, 1996).

Die geringe Verfügbarkeit von Gerste gegenüber Weizen und Mais kann dadurch erklärt werden, dass die Gerste einen höheren Rohfasergehalt enthält. Die P- Aufnahme von Gerste lag im Versuch A2 bei 320 mg und somit in einem ähnlichen Bereich wie bei MCP und DCP. Die relativ hohe P- Aufnahme ist offensichtlich auf den höheren Rohfasergehalt und die geringere Energiedichte bedingt, die einen Anstieg der Futteraufnahme bewirkten. Somit lässt sich die geringe P- Verwertung auf die höhere P-Aufnahme zurückführen. Der Effekt der P- Aufnahme ist offensichtlich auch für die relativ hohen P- Verwertungszahlen bei Weizen und Mais gegenüber den mineralischen P- Trägern von Bedeutung. Mit 240 mg bei Weizen und 187 mg bei Mais lag die P- Aufnahme in diesen Gruppen deutlich unter denen von MCP, DCP und MNP mit 320, 380 und 304 mg. Es ist somit offensichtlich, dass die P-Verwertung in den vorliegenden Versuchen stärker durch die P- Aufnahme als durch die P- Quelle beeinflusst wurde. Auch das Ergebnis, wonach in Versuch A3 die P-Verwertung der Grundration wesentlich niedriger lag als in Versuch A2 und in den vorhergehenden Untersuchungen von DÄNNER und BESSEI (2001) lässt sich durch die höhere Futteraufnahmen und die damit verbundene höhere P-Aufnahme (73,0 vs. 64,0 mg) erklären. Die P- Bilanz der Grundration geht als Komponente in die Formel zur Berechnung der partiellen Verwertung der Testkomponenten ein. Durch eine niedrige P-Verwertung in der Grundration wird die P- Verwertung der Testkomponenten rechnerisch verbessert. Dies könnte die Erklärung für die geringere Differenz zwischen der Verwertung des P in der Testration insgesamt und der zu testenden Komponenten sein. Dies weist wiederum darauf hin, dass die P-Versorgung von 0,20 bis 0,30 % P in dem vorliegenden Bereich bereits über dem Bedarf der Wachteln im Alter von 5 Wochen liegt. Die P-Verwertung in den Testmischungen mit jeweils zwei Testkomponenten (MCP+DCP und MCP+MNP) lagen jeweils höher als nach dem Mittelwert aus den Einzelkomponenten in Versuch A2 zu erwarten war.

Beim Test der Mischungen von P- Komponenten, die in ihrem P- Gehalt stark divergierende Komponenten enthielten, lagen die Werte für die kombinierten Komponenten im Bereich der Mittelwerte (Tab. 12). Diese Ergebnisse bestätigen, dass die Mischung von P- Trägern das Risiko einer Fehleinschätzung einer Ration reduzieren.

Obwohl die P- armen Rationen bereits in der 3. Woche (Vorperiode) gefüttert wurde, scheinen sich die Wachteln in diesem Altersabschnitt in so fern von Broilern zu unterscheiden, als sie durch den hohen Futterverbrauch (schlechte Futterverwertung) den P- Bedarf bereits in dieser Phase decken können. Der höhere Futterverbrauch der Wachtel beruht offensichtlich auf dem höheren Energiebedarf bedingt durch die Aktivität und den hohen Grundumsatz der Tiere. Soll die Wachtel als Modelltier zur Feststellung der P-Verwertung eingesetzt werden, wird es notwendig sein, entweder die P- Gehalte im Futter deutlich abzusenken, oder die Tests in einem früheren Alter durchzuführen.

Allgemein kann gesagt werden, dass die bisherige pauschalierte Annahme, wonach pflanzlicher P zu etwa 30,0 % und mineralischer P zu nahezu 100 % verfügbar ist, nicht haltbar ist. Bei der Berechnung von Rationen bei Broilern oder auch Wachteln wurde aufgrund dieser Annahme bisher kein negativer Effekt festgestellt, da die Rationen im Allgemeinen in ihrem Gehalt über dem Bedarf lagen, oder sich die Fehleinschätzungen der pflanzlichen und mineralischen P- Trägern in einem gewissen Masse ausglichen.

Die Kombination zwischen mineralischen P- Quellen MCP+DCP oder MCP+MNP erbrachten keine weitere Vorteile für den gemessenen Parameter. Reine Kombinationen von Pflanzen (Weizen+Gerste, Weizen+Mais) zeigten ebenfalls keine additive Wirkung. Allerdings war ein Vergleich mit anderen Literaturdaten nicht möglich, da entsprechende Angaben fehlen.

7.5 Zusammenfassung

Zur Ermittlung der P- Verwertung aus gebräuchlichen organischen und mineralischen P-Quellen, wurden zwei Versuche mit Japanischen Wachteln durchgeführt. Im Versuch A2 wurden Monocalciumphosphat (MCP), Dicalciumphosphat (DCP), Mononatriumphosphat (MNP), sowie Weizen, Gerste und Mais untersucht. Im Versuch A3 wurden verschiedene Mischungen (MCP+DCP, MCP+MNP, MCP+Mais, Weizen+Gerste und Weizen+Mais) geprüft. Die Testkomponenten wurden einer P- armen Grundration beigefügt. Wachteln wurden bis Ende der 3. Lebenswoche mit einem Starterfutter aufgezogen. Danach wurden

sie in Gruppen von zwei Tieren in Versuchskäfige gebracht und über eine 7- tägige Vorfütterungsperiode mit den Versuchsrationen gefüttert. Am Ende der vierten Lebenswoche schloss sich eine 4- tägige Bilanzperiode (29. bis 32. Lebenstag) an. Für die Bilanzperiode standen im Versuch A2 42 und im Versuch A3 36 männliche Tiere zur Verfügung. In der Vorfütterungs- und Bilanzperiode wurden Lebendmasse, Zunahme, Futteraufnahme gemessen. Die Versuche wurden mit Hilfe einer einfaktoriellen Varianzanalyse ausgewertet. Der Effekt der Rationen auf Lebendmasse, Zunahme und Futteraufnahme war in beiden Versuchen gering. Die P-Bilanz der Grundration lag im Versuch A2 bei 94,0 % und hob sich damit deutlich von den anderen Rationen ab. Die besten Bilanzen in den Testrationen wurden in den Gruppen Weizen und Mais mit 60,0 und 66,0 % erreicht. Die Gruppe Gerste nahm mit 34,0 % den niedrigsten Wert ein. Andere Gruppen lagen im Bereich von 47,0 bis 53,0 %. Im Versuch A3 hatten die Rationen ebenfalls einen geringen Einfluss auf Lebendmasse, Zunahme und Futterverbrauch. Die P-Verwertung in der Grundration lag in diesem Versuch mit 69 % niedriger als in Versuch A2 und nicht wesentlich höher als in den Testrationen. Hier wiesen die Futtergruppe 3 (MCP+MNP) mit 76,0 % den höchsten und die Futtergruppen 6 (Weizen+ Gerste) mit 53,0 % und 5 (MCP+ Mais) mit 50,0 % die geringsten Werte auf. Die P- Verwertbarkeit weist sowohl bei den mineralischen als auch bei den pflanzlichen P-Trägern eine hohe Variabilität auf. Die Verwertung des P aus den mineralischen Komponenten lag unter und die aus pflanzlichen Komponenten über den erwarteten Werten. Bei Mischung von P- Trägern, die in ihrer P- Verwertung stark divergierten, lag die P-Verwertung der Mischung im Bereich der Mittelwerte der Einzelkomponenten. Ein großer Teil der Variation der P-Verwertung lässt sich aus Unterschieden in der P-Aufnahme erklären

Stichworte: P- Verwertung, organische und anorganische P-Quelle, Wachtel

7.6 Literatur

ALFOTEIH, Y., and W. BESSEI, 2007: Calcium – Phosphorus contents: The effect of extreme Ca: P ratios on growth rate, feed intake, mortality and P- utilization in Japanese quail (Coturnix Jap.). The 16th European symposium on poultry nutrition. Strasbourg- France. 92.

BARRIER- GUILLOT, B., P. CASADO, P. MAUPETIT, C. JONDREVILLE, F. GATEL, 1996: Wheat phosphorus availability: 2-In vivo study in broilers and pigs; relationship with endogenous phytasic activity and phytic phosphorus content in wheat. J. Sci. Food Agric. 70, 69-74.

DÄNNER, E., W. BESSEI, 2001: Entwicklung einer Grundration zur Durchführung von Phosphor- Differenzversuchen beim wachsenden Geflügel. Arch. Geflügelkde. 66, 46-48.

DÄNNER, E., W. BESSEI, 2002: Effect of a change in the phosphorus on the supply on the phosphorus excretion in growing poultry. Proc. Soc. Nutr. Physiol.11, 50.

DIECKMANN, A., 2005: Beiträge zur Optimierung der Phosphorversorgung von wachsenden Broilern. Dissertation, Aus dem Institut für Ernährungswissenschaften der Landwirtschaftlichen Fakultät. Martin- Luther- Universität Halle- Wittenberg.

DÜNGELHOEF, J., 1994: Untersuchungen zur Verdaulichkeit des Phosphors mineralischer und pflanzlicher Herkunft beim Schwein. Dissertation, Rheinische Friedrich –Wilhelms – Universität zu Bonn.

FERNANDES, M., R. LIMA, J. MENDONCA, I. MABE, R. ALBUQUERQUE, M. LEAL, 1999: Relative bioavailability of phosphorus in feed and agricultural phosphates for poultry. Poult. Sci. 78, 1729-1736

GEFLÜGELJAHRBUCH, 2006: Jahrbuch des Zentralverbandes der Deutschen Geflügelwirtschaft e.v und seiner Mitgliedsverbände, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

GEFLÜGELJAHRBUCH, 2008: Jahrbuch des Zentralverbandes der Deutschen Geflügelwirtschaft e.v und seiner Mitgliedsverbände, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

GfE, 1999: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner(Broiler). Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. DLG- Verlag Frankfurt am Main., Energie – und Nährstoffbedarf Landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr.7.

GILLIS, B., L. NORRIS, G. HEUSER, 1953: Phosphorus metabolism and requirements of hens. Poult. Sci. 32, 977-984.

HEMME, A., 2004: Untersuchungen an Broilern zum Einfluss verschiedener anorganischer P-Quellen im Futter auf Leistung, P- Retention, P- Gehalte im Blut

sowie die Zusammensetzung und Bruchfestigkeit von Knochen. Dissertation der Tierärztlichen Hochschule. Hannover.

HEUSER, F., L. NORRIS, J. MCGINNIS, M. SCOTT, 1943: Further evidence of the need for supplementing soybean meal rations with phosphorus. Poult. Sci. 22, 269-270.

JMP, 2005: JMP start statistics, a guide to statistics and Data Analysis Using JMP® and JMP IN® Software, Version 5, third Edition. SAS Inst Inc. USA.

KAMBERI, M., 2008: The effect of different calcium and available phosphorus levels on body and production parameters of Japanese quail. Thesis, the faculty of agriculture and veterinary- university of Prishtina

KRIEGER, H., R. BUNKFELDT, H. STEENBOCK, 1940: Cereals and rickets. The availability of phytic acid phosphorus. J. Nutr. 20, 7-14.

LESKE, L., C. COON, 2002: The development of feedstuff retainable phosphorus values for broilers. Poult. Sci. 81, 1681-1693.

LOWE, T., H. STEENBOCK, C. KREIGER, 1939: Cereals and rickets. The availability of phytin-P to the chicks. Poult Sci. 18, 40-41.

MCDOWELL, L., 2003: Minerals in animal and human nutrition, Second edition: Elsevier Science B.V. AE Amsterdam, The Netherlands

MCGINNIS, J., L. NORRIS, G. HEUSER, 1944: Poor utilization of phosphorus in cereals and legumes by chicks for bone development. Poult Sci. 23, 157-159.

MOORE, J., L.VEUM, 1983: Adaptive increase in phytate digestibility by Phosphorus- deprived rats and the relationship of intestinal phytase (EC 3.1.3.8) and alkaline phosphatase (EC 3.1.3.1). Br. J. Nutr. 49, 145-152.

NAUMANN, C., und R. BASSLER, 1976: Methodenbuch, Band III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchung- und Forschungsanstalten, VDLUFA- Verlag. Darmstadt, Deutschland.

NELSON, S., 1976: The hydrolysis of phytin phosphorus by chicks and laying hens. Poult. Sci. 55, 2262-2264.

(NRC) National Research Council, 1994: Nutrient Requirements of Poultry, 9th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.

POTTER, M., 1988: Bioavailability of phosphorus from various phosphates based on body weight and toe ash measurements. Poult. Sci. 74, 813-820.

RODEHUTSCORD, M., A. DIECKMANN, 2005: Comparative studies with 3 wk-old chickens , turkeys, ducks and quails on utilization and availability of phosphorus. Poult. Sci. 84, 52-60.

SELLE, P., A. WALKER und W. BRYDEN, 2003: Total and Phytate-Phosphorus contents and Phytase activity of Australian – sourced feed ingredients for pigs and Poultry. Australian Journal of Experimental Agriculture. 43, 475 – 479.

VAN DER KLIS, D., H. VERSTEEGH, 1996: Phosphorus nutrition of poultry. In: Proceedings of the Nottingham Feed Manufacturers Conference. Nottingham, UK. 71-83.

Tabelle 4: Zusammensetzung der P- armen Grundration in % (FS)

Rohstoff	**Anteil %**
Maisstärke	2,738
Futterzucker	7,469
Cellulose	2,142
Sojaöl	1,931
Sprüheiweiß	5,480
DL-Methionin	0,142
L-Lysin- HCl	0,338
L-Threonin	0,212
Tryptophan	0,165
Trockenschnitzel	1,711
Weizengrieß	48,166
Gelatine	14,960
Palmfett	4,576
Vit-Vormischung (6/1.5)	0,135
Vitamin E (Alpha tocopherol)	0,004
Spurenelemente – Vormischung	0,062
Cholinchlorid	0,769
Summe in %	**100,000**

Tabelle 5: Nährstoffgehalte der pflanzlichen Grundkomponenten (g/kg bei 88% TS)

Behandlungen	Wasser %	Eiweiß %	Fett %	Asche %	Rohfaser %	NFE %	Zucker %	Stärke %	Ca %	P %	MJ WPSA†
Mais	11,63	6,81	4,90	1,15	2,38	73,14	1,15	56,91	0,10	0,23	13,89
Weizen	12,23	11,16	2,15	1,79	2,06	70,62	1,86	61,90	0,10	0,39	13,04
Gerste	11,13	11,18	2,11	2,36	3,25	69,98	1,77	51,87	0,11	0,38	11,34

†

Formel nach World's Poultry Science Association (WPSA). UE (MJ/kg Futter)= 15,51 x g Protein+ 34,31 x g Rohfett+ 16,69x g Stärke+ 13,01x g Zucker.

Tabelle 6: Analysenwerte der mineralischen P- Komponenten in (%)

Rohstoffe	**Asche**	**Ca**	**P**
MCP	71,53	13,60	19,61
DCP	72,43	21,47	16,17
MNP	74,75	-	21,96

Tabelle 7: Zusammensetzung der Testrationen; Angaben zum Ca und P- Gehalte beruhen auf Analysenwerten (Versuch A2)

Versuchsgruppe	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Rationen	GR	MCP	DCP	MNP	Weizen	Gerste	Mais
Anteil der Grundration (%)	93,70	93,80	93,86	93,76	39,32	39,32	36,32
Futterkalk	1,080	0,580	0,180	1,060	0,440	0,440	0,440
Natriumbikarbonat	0,500	0,500	0,500	-	0,220	0,220	0,220
Sand	4,720	3,980	4,160	4,380	-	-	-
Mono- Ca-Phosphat	-	1,140	-	-	-	-	-
Di- Ca- Phosphat	-	-	1,300	-	-	-	-
Mono- Na-Phosphat	-	-	-	0,800	-	-	-
Weizen	-	-	-	-	60,020	-	-
Gerste	-	-	-	-	-	60,020	-
Mais	-	-	-	-	-	-	60,020
Ca, %	0,53	0,52	0,51	0,52	0,27	0,30	0,28
P, %	0,07	0,32	0,30	0,27	0,24	0,24	0,21

Tabelle 8: Mittelwerte für Futterverbrauch (Fvb) in g, Lebendmasse (LM) in g, Zunahmen über die verschiedenen Versuchsperioden in g (Versuch A2)

Gruppe Rationen		**LM (Vorperiode)**	**LM (Beginn Bilanz)**	**LM (Ende Bilanz)**	**Zunahme (Vorperiode)**	**Zunahme (Bilanz)**	**Fvb., g (Vorperiode)**	**Fvb., g (Bilanz)**
1	**GR**	152,67	170,17 ^{ab}	195,67 ^{ab}	17,50	25,50	121,57	90,93 ^{b}
2	**MCP**	149,18	173,17 ^{ab}	203,83 ^{ab}	23,98	30,67	115,43	105,07 ^{ab}
3	**DCP**	162,23	188,67 ^{a}	215,00 ^{a}	26,43	26,33	126,42	109,58 ^{ab}
4	**MNP**	155,48	186,17 ^{ab}	223,17 ^{a}	30,68	37,00	123,92	121,58 ^{a}
5	**Weizen**	154,35	171,83 ^{ab}	198,33 ^{ab}	17,48	26,50	117,77	99,90 ^{ab}
6	**Gerste**	157,77	181,17 ^{ab}	214,83 ^{ab}	23,40	33,67	134,78	123,22 ^{a}
7	**Mais**	142,97	159,83 ^{b}	185,00 ^{b}	16,87	25,17	114,07	95,93 ^{ab}
F Wert		1,6203 N.S.	2,5671 *	3,8616 **	2,6509 N.S.	2,6465 N.S.	1,3934 N.S.	3,2764 *

Werte, die mit einem gemeinsamen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich statistisch nicht signifikant ($P \geq 0,05$)

Tabelle 9: P- Aufnahme in mg , P- Bilanz in der Testmischung in % sowie die partiellen Bilanz (Verwertung der Testkomponenten in %) (Versuch A2)

Versuchsgruppe	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Rationen	**GR**	**MCP**	**DCP**	**MNP**	**Weizen**	**Gerste**	**Mais**
P- Aufnahme (mg)	64	320	318	304	240	320	187
P- Bilanz -Testration in (%)	94	47	47	53	60	34	66
P- Verwertung in der Testkomponente in (%)	-	34,4	33,6	37,6	55,1	27,4	61,5

Tabelle 10: Zusammensetzung der Testrationen; Angaben zum Ca und P- Gehalt beruhen auf Analysenwerten (Versuch A3)

Versuchsgruppe	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Rationen	**GR**	**MCP+ DCP**	**MCP+ MNP**	**MCP+ Mais**	**Weizen+ Gerste**	**Weizen+ Mias**
Anteil der Grundration (%)	93,70	93,80	93,76	62,16	39,34	39,34
Futterkalk	1,080	0,580	1,060	0,720	0,440	0,440
Natriumbikarbonat	0,500	0,500	-	0,340	0,220	0,220
Sand	4,720	3,980	4,380	3,120	-	-
Mono- Ca- Phosphat	-	0,520	0,440	0,660	-	-
Di- Ca- Phosphat	-	0,620	-	-	-	-
Mono- Na- Phosphat	-	-	0,360	-	-	-
Weizen'(Hohenheim)	-	-	-	-	30,000	30,000
Gerste'(Hohenheim)	-	-	-	-	30,000	-
Mais'(Hohenheim)	-	-	-	33,000	-	30,000
Ca, %	0,53	0,57	0,59	0,49	0,28	0,27
P, %	0,07	0,29	0,25	0,29	0,24	0,22

Tabelle 11: Mittelwerte für Futterverbrauch (Fvb) in g, Lebendmasse (LM) in g , Zunahmen über die verschiedenen Versuchsperioden in g (Versuch A3)

Gruppe	Rationen	LM (Vorperiode)	LM (Beginn Bilanz)	LM (Ende Bilanz)	Zunahme (Vorperiode)	Zunahme (Bilanz)	Fvb., g (Vorperiode)	Fvb., g (Bilanz)
1	**GR**	148,82	170,38	196,83	21,57 ^{ab}	26,45	111,38	104,45
2	**MCP+ DCP**	145,67	180,28	213,67	34,62 ^{a}	33,38	121,93	117,90
3	**MCP+ MNP**	142,55	162,33	187,67	19,78 ^{b}	25,33	104,42	82,42
4	**MCP+ Mais**	134,57	158,83	190,67	24,27 ^{ab}	31,83	109,73	100,27
5	**Weizen+ Gerste**	150,73	179,33	210,17	28,60 ^{ab}	30,83	134,25	116,08
6	**Weizen+ Mais**	149,38	173,33	205,50	23,95 ^{ab}	32,17	123,97	110,20
F Wert		1,3433 N.S.	1,4957 N.S.	1,4146 N.S.	2,9910 *	1,0028 N.S.	0,5594 N.S.	1,6761 N.S.

Werte, die mit einem gemeinsamen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich statistisch nicht signifikant ($P_{\geq} 0,05$)

Tabelle 12: P- Aufnahme, P- Bilanz in der Testmischung in % sowie die partiellen Bilanz (Verwertung der Testkomponenten in %) (Versuch A3)

Versuchsgruppe	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Rationen	**GR**	**MCP+DCP**	**MCP+MNP**	**MCP+MAIS**	**Weizen +Gerste**	**Weizen +Mais**
P- Aufnahme (mg)	73	354	214	281	290	231
P- Bilanz -Testration in (%)	69	59	76	50	53	62
P- Verwertung in der Testkomponente in (%)	-	56,3	78,1	46,9	51,3	60,8

8 VERWERTUNG VON PHOSPHOR BEI JAPANISCHEN WACHTELN BEI EXTREMEN KALZIUM: PHOSPHOR VERHÄLTNISSEN (B1+B2)

Y. Alfoteih und W. Bessei

Aus dem Institut für Tierhaltung und Tierzüchtung, Fg. Nutztierethologie und Kleintierzucht (470 c) der Universität Hohenheim, Deutschland

Corresponding Author address: Yassen Alfoteih

Email address: alfoteih@yahoo.com

Archiv für Geflügelkunde 72, Heft 4, 145- 151, 2008, ISSN 0003-9098

© Verlag Eugen Ulmer Stuttgart

8.1 Einleitung

Obwohl eine Vielzahl von Untersuchungen über den Stoffwechsel und den Bedarf von Phosphor (P) beim Geflügel vorliegen, bestehen erhebliche Unsicherheiten über die Verwertung des P aus mineralischen und organischen Quellen. Fehlendes Wissen und ungenaue Angaben über die Verwertung von P hatten über lange Zeit keine Konsequenzen in der Praxis. Erst als die Ausscheidung von P über die Exkremente des Geflügels als Umweltbelastung erkannt wurde und die Geflügelproduzenten somit gezwungen waren, die P- Gehalte im Geflügelfutter dem Bedarf anzupassen, erhielt die exakte Schätzungen der P-Verwertung eine besondere Bedeutung. In einer Serie von Versuchen wurde die Verwertung von P aus unterschiedlichen organischen und anorganischen Quellen bei den japanischen Wachteln als Modelltier untersucht. Dabei stellten sich gravierende Unterschiede zu den bisher angenommenen Werten heraus. Insbesondere zeigte sich, dass junge Wachteln sehr unempfindlich gegenüber P- Gehalten waren, die weit unterhalb der bisherigen Empfehlungen lagen (ALFOTEIH und BESSEI, 2007). In den vorangehenden Versuchen wurden die Kalzium (Ca)- Gehalte in den verschiedenen Versuchsrationen weitgehend konstant gehalten. Dabei wurde darauf geachtet, dass der Ca- Bedarf nach dem bisherigen Stand des Wissens gedeckt war und extreme Ca:P- Verhältnisse vermieden wurden. Wenn nun in der Geflügelfütterung P-Gehalte eingesetzt werden, die nahe beim tatsächlichen Bedarf liegen, muss damit gerechnet werden, dass der Ca- Gehalt die Verwertung des P und somit auch die Leistung der Tiere beeinträchtigen kann (SHAFEY und MCDONALD, 1990). Ein negativer Einfluss extremer Ca:P- Verhältnisse wurde von HÄRTEL (1989) an Legehennen demonstriert. Bei geringen P- und hohen Ca- Gehalten im Futter wurden nicht nur ein Rückgang der Leistung sondern auch eine Verschlechterung der Schalenqualität und eine Erhöhung der Mortalität beobachtet. HURWITZ et al. (1978) berichteten, das die P-Absorption bei jungen Puten mit steigendem Ca- Gehalt in der Ration absank. Es bestand außerdem eine lineare Beziehung zwischen überschüssigem Ca und der P-Verwertung. Nach SHAFEY (1993) liegt das optimale Ca:P- Verhältnis bei Hühnerküken im Bereich von 1-2:1. Auch nach MCDOWELL (2003) reicht für die Skelettbildungen beim Geflügel ein Ca: P-Verhältnis von 1-2:1 aus. Im vorliegenden Versuch soll geklärt werden, wie sich die Verwertung von P verändert, wenn das Ca: P- Verhältnis variiert wird. Die für wachsendes Geflügel relativ hohen Ca- Werte in Versuch B2 wurden eingesetzt, nachdem die niedrigeren Werte in Versuch B1 keine signifikanten Veränderungen in den Merkmalen bewirkt hatten.

8.2 Material und Methoden

8.2.1 Futterrationen

Die beiden Versuche wurden mit Wachteln einer französischen Mastlinie an der Versuchsstation für Tierhaltung, Tierzüchtung und Kleintierzucht ''Unterer Lindenhof ''der Universität Hohenheim durchgeführt. Versuchsanlage und Versuchsablauf waren in beiden Versuchen gleich. Sie unterschieden sich lediglich darin, dass Rationen mit unterschiedlichen Ca- und P- Werten eingesetzt wurde. Die Rationen wurden auf der Basis einer Ca und P-armen Grundration (DÄNNER und BESSEI, 2001) erstellt. Die Grundration des Versuchs B1 enthielt einen P- Gehalt von 0,07 % sowie einen Ca- Gehalt von 0,17 %. Im Versuch B2 lagen diese Gehalte bei 0,10 % und 0,20 %. Beide Grundrationen enthielten zudem Weizengrieß, Trockenschnitzel, Maisstärke und Sprüheiweiß. Die Zusammensetzung der Grundration entsprach in allen Nährstoffen mit Ausnahme von P und Ca den Empfehlungen des NRC (1994). Die Zusammensetzung der beiden Grundrationen ist in der Tab. 13 und 14 dargestellt. Die Zulagen von P und Ca erfolgten im Austausch von MCP (Monocalciumphosphat), Futterkalk und Na-Bikarbonat gegen Sand. Der Versuch B1 umfasste12 Behandlungen: 4 Ca- Gehalte (0,80; 1,20; 1,60 und 2,20 %) wurden mit 3 P-Stufen (0,30; 0,45; 0,60 %) kombiniert. Der Versuch B2 enthielt 9 Behandlungen mit je 3 Ca- (2,60; 3,00; 3,30 %) und P- Stufen (0,10; 0,20; 0,30 %). Die Analysenwerte der verschiedenen Futtergruppen sind in den Tabelle 15 und Tabelle 16 aufgelistet. Die Rationen wurden in der Mischanlage der Versuchsstation gemischt und in Pressform verfüttert. Vor Versuchsbeginn (4. Lebenswoche) wurde ein Starterfutter eingesetzt. Dabei handelte es sich um eine an der Versuchsstation übliche Ration mit 11,89 MJ UE/kg; 28,3 % Rohprotein; 0,84 % Ca und 0,72 % Gesamt- P.

8.2.2 Versuchsanlage und Ablauf

500 Eintagswachtelküken wurden aus einer kommerziellen französischen Mastlinie an der Versuchsstation erbrütet. Am ersten Lebenstag wurden die Tiere in Gruppen zu je ca. 80 in Aufzuchtsboxen (80 x 80 x 64 cm; Länge x Breite x Höhe) mit einem Drahtboden eingestallt. Um die Tiere vor Verletzungen zu schützen, wurden die Drahtgitterböden in den ersten Tagen mit Papier ausgelegt. Die Tiere wurden unter Dauerlicht gehalten. Den Küken stand Futter und Wasser ad libitum zur Verfügung. Das Starterfutter wurde zuerst in Futterschalen und dann in Trögen gegeben. Die Temperatur betrug in den ersten Tagen 38 ˚C und wurde anschließend sukzessiv auf 25 ˚C abgesenkt. Als Wärmequelle wurden Infrarotstrahler

benutzt. Am Ende der dritten Lebenswoche wurden die Tiere nach Geschlecht sortiert. Dies erfolgte anhand der Farbe des Brustgefieders der Tiere. Im Versuch B1 wurden 144 Tiere auf 12 Behandlungen, im Versuch B2 108 Tiere auf 9 Behandlungen aufgeteilt. Es wurden in der 4. Lebenswoche zunächst zwei männliche Tiere pro Käfig eingestallt. In der 5. Woche (Bilanzperiode) wurde ein Tier aus der Gruppe genommen, so dass die Bilanz mit Einzeltieren erfolgte. Diese Maßnahme diente dazu, eventuelle Verluste in der Vorfütterungsperiode auszugleichen und für die Bilanz Tiere mit etwa dem gleichen Gewicht auszuwählen. Die Versuchskäfige hatten eine Abmessung von (18,5 x 38 x 22 cm; Breite x Länge x Höhe). Die Futtertröge befanden sich an der Frontseite der Käfige. Sie waren mit besonders hohen Vorder- und Seitenwänden ausgestattet, um ein Herausschleudern von Futter zu verhindern. Zur Vermeidung von Futterverlusten wurde das Futter zweimal täglich (um 10 und 17 Uhr) verabreicht. Somit konnte die Füllhöhe deutlich verringert werden. Wasser wurde ad libitum über Cuptränken verabreicht.

Nach DÄNNER und BESSEI (2002) benötigen die Tiere mindestens fünf Tage zur Anpassung an eine geänderte P- Versorgung. Deswegen wurde den Tieren ab der vierten Lebenswoche das Versuchsfutter gefüttert (Vorperiode). Der Vorperiode schloss sich eine 7-tägige Bilanzperiode (5. Lebenswoche) an. Die Sammlung der Exkremente erfolgte mittels Auffangwannen, die unter den Käfigen gesetzt wurden. Die gesamte anfallende Kotmenge in der Bilanzperiode wurde 2- mal gesammelt und bis zur Analyse bei -18 °C tiefgefroren. Futterverbrauch und Gewichtzunahme wurden für die Einzeltiere für die Dauer der Bilanzperiode bestimmt.

8.2.3 Chemische Analysen

Für die Futteranalyse wurden Proben mit 250- 300 g von jeder Variante entnommen und bei -18 °C tiefgefroren. Die Bestimmung von Trockensubstanz erfolgte bei 105 °C über 4 Stunden. Bei der Kotanalyse wurden Trockensubstanz, Asche, Ca und P bestimmt. Die Futteranalyse schloß Wasser, Rohprotein (N x 6,25), Rohfett, Rohasche, Rohfaser, NFE, Zucker, Ca und P ein. Anhand von der Vanadat- Molybdate- Reaktions- Methode wurde der P als Orthophosphat bestimmt (NAUMMAN und BASSLER, 1976). Ca wurde mit dem Spektralphotometer gemessen.

8.2.4 Statistische Verfahren

Aus dem P- Gehalt des Futters und dem Futterverzehr wurde die mittlere P- Aufnahme über die Bilanzperiode ermittelt. Aus der Differenz zwischen der P- Aufnahme und der P-Ausscheidung im Kot errechnete sich die unkorrigierte Bilanz. Die unkorrigierte Bilanz wurde mit Hilfe einer linearen Regression wie folgt auf den mittleren Futterverbrauch korrigiert (korrigierte Bilanz).

$$У_k = y_i + b * (x_i - \bar{x})$$

$У_k$ = korrigierte P- Bilanz

$У_i$ = P – Aufnahme des i-ten Tieres

b = Regressionskoeffizient

x_i = Futteraufnahme des i-ten Tieres

$\bar{x}$ = Mittelwert der Futteraufnahme

Der Einfluss der P- und Ca- Gehalte auf Versuchsparameter wurde mit einer zweifaktoriellen Varianzanalyse im Modul ANOVA nach folgendem Modell getestet:

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + Ca_j + (P \text{ X } Ca)_{ij} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} = Merkmal

μ= Gesamtmittelwert

P_i = Effekt des i-ten P-Gehalts

Ca_j = Effekt des j-ten Ca-Gehalts

$(P \text{ X } Ca)_{ij}$ = Effekt der Interaktion des i-ten P-Gehalts x des j-ten Ca- Gehalts

e_{ijk}= zufällige Effekte

Bei signifikanten Faktoreffekten wurden Differenzen zwischen den entsprechenden Gruppenmittelwerten mit Hilfe des multiplen t-Tests auf Signifikanz geprüft. War die Interaktion signifikant, wurden die Mittelwerte der einzelnen Behandlungen getestet. Alle statistischen Berechnungen erfolgte mit dem JMP® Statistics und Graphics Programm (Version. 5 für Windows).

8.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der zweifaktoriellen Varianzanalyse für die Merkmale Gewichtszunahme, Futterverbrauch, Futterverwertung und korrigierte P- Bilanz für Versuch B1 und B2 sind in Tabelle 17 aufgeführt. Es wurde weder für die Gewichtszunahme noch für den Futterverbrauch ein signifikanter Effekt festgestellt. Im Versuch B2 war lediglich die Ca x P - Interaktionen für das Merkmal Futterverbrauch signifikant ($p< 0,024$). In Bezug auf die korrigierte P- Bilanz waren im Versuch B1 die Effekte der P-Konzentration sowie der Ca x P-Interaktionen signifikant. Im Versuch B2 wurde lediglich für die P-Konzentration ein signifikanter Effekt festgestellt. Die Mittelwerte für die Gewichtszunahme sowie den Futterverbrauch und die Futterverwertung des Versuchs B1 sind in den Tabellen 18, 19 und 20 wiedergegeben. Die Werte lagen in einem Bereich, der auch von DÄNNER et al. (2002) berichtet wurde. Die Versuchsfaktoren hatten keinen Einfluss auf diese Merkmale und es deutete sich auch keine gerichtete Tendenz an. Die Mittelwerte der korrigierten P- Bilanz fielen in Versuch B1 mit zunehmender P- Zulage signifikant von 42,46 auf 32,91 und 26,74 % ab (Tabelle 21). Alle drei Mittelwerte unterschieden sich signifikant voneinander. Die signifikante Ca x P- Interaktion beruhte darauf, dass der Effekt der P- Zulage auf die korrigierte P- Bilanz unterschiedlich abnahm. Bei 1,20 und 2,20 % Ca war die Depression der korrigierten Bilanz in den hohen P- Stufen geringer als bei 0,80 und 1,60 % Ca. Die Mittelwerte für Gewichtzunahme, Futteraufnahme, Futterverwertung und korrigierte Bilanz des Versuchs B2 sind in Tabelle 22, Tabelle 23, Tabelle 24 und Tabelle 25 angegeben. Insgesamt nahmen die Tiere in diesem Versuch etwas besser zu als im vorhergehenden. Auch die Futteraufnahmen waren etwas höher. Die signifikante Ca x P-Interaktionen für die Futteraufnahme kam darin zum Ausdruck, dass bei dem Ca- Gehalt von 2,60 % der Futterverbrauch mit zunehmender P- Zulage abnahm, während in den Rationen mit 3,00 und 3,30 % Ca in der Tendenz eine Zunahme festzustellen war (Tabelle 23). Die Versuchsfaktoren hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Futterverwertung. Die Mittelwerte der korrigierten Bilanz lagen allgemein höher als im Versuch B1. Mit zunehmender P- Zulage nahm die korrigierte Bilanz von 63,29 auf 39,45 und 27,10 % ab. Alle drei Mittelwerte unterschieden sich signifikant voneinander. Auch im vorliegenden Versuch nahm die korrigierte Bilanz in allen Ca-Stufen bei zunehmender P- Zulage ab. Die Reduktion war besonders bei der Stufe 2,60 % Ca ausgeprägt, war jedoch nicht signifikant (Tabelle 25).

8.4 Diskussion

Nach Ergebnissen von RODEHUTSCORD und DIECKMANN (2005) bieten sich japanischen Wachteln als Modelltiere für Fütterungsversuche beim Masthähnchen an. Sie weisen eine ähnliche P- Verwertung aus Basalrationen auf und zeigen die maximale P-Effizienz in einem ähnlichen Bereich wie das Masthähnchen. Allerdings zeigte sich in vorhergehenden eigenen Versuchen, dass - im Gegensatz zu Masthähnchen - bei der Wachtel die Zunahme durch sehr geringe P- Gehalte im Futter nur wenig beeinträchtigt wurden. Des Weiteren wurde festgestellt, dass die P- Verwertung aus organischen und anorganischen Quellen auch bei geringen P- Gehalten im Futter relativ schlecht war. RODEHUTSCORD und DIECKMANN (2005) vermuten, dass die Unempfindlichkeit von Wachteln gegenüber geringen P-Gehalten im Futter aufgrund der schlechten Futterverwertung erklärt werden kann. Während Puten im Alter von 3 Wochen eine Futterverwertung von 1: 1,29 aufwiesen, lag die Futterverwertung bei Wachteln im Alter von 3 Wochen im Bereich von 1: 3,48. Bezogen auf das Körpergewicht nahmen Wachteln somit das 2,7- fache an P auf als Puten. Um Wachteln mit anderen Geflügelarten vergleichen zu können, empfehlen RODEHUTSCORD und DIECKMANN (2005), die Wachteln entweder in einem früheren Wachstumsabschnitt zu untersuchen, oder die P- Konzentration in der Basalration entsprechend abzusenken. Bei Wachteln unter zwei Wochen ist eine exakte Erfassung der Futteraufnahme schwierig, da bisher keine geeigneten Futtertröge existieren. Für die vorliegenden Experimente wurde deshalb die zweite Option gewählt. Dabei wurde mit der Absenkung des P- Gehalts im Bereich von 0,10 % gearbeitet. Darüber hinaus wurde versucht, die P-Mangelsituation durch hohe Ca- Gehalte im Futter zu verschärfen. In der Literatur wurde erwähnt, dass die Interaktion zwischen Ca und P eine Ernährungsbedeutung hat, wenn die Versorgung von einem Element begrenzt ist und zugleich das andere übermäßig vorhanden ist (UNDERWOOD und SUTTLE, 1999). In den vorliegenden Versuchen wurden deshalb P-Gehalte von 0,10 bis 0,60 % und Ca-Gehalte von 0,80 bis 3,30 % untersucht. Sowohl beim P als auch beim Ca wurden somit Bereiche geprüft, die weit über die bisher bekannten Versuche hinaus gingen (RAMA RAO et al., 2006: 0,30- 0,45 % P und 0,60- 0,90 % Ca). Die Ergebnisse, wonach auch in den extremen P- und Ca- Gehalten Futterverbrauch und Zunahmen in beiden Versuchen in einem Bereich lagen, der auch in den vorhergehenden Versuchen gefunden wurde, zeigten, dass die Wachteln ihren Bedarf auch unter extrem geringen P- Gehalten und extrem weiten Ca: P- Verhältnissen decken können. NRC (1994) empfiehlt für Wachteln im Alter von sechs bis acht Wochen 0,30 % verfügbaren P. Die GfE

(1999) empfiehlt 0,37 g/ MJ AME_N Nicht- Phytin- P für Broiler im Alter von 5 Wochen. Die oben genannten Empfehlungen gehen offensichtlich weit über den tatsächlichen P- Bedarf bei Wachteln hinaus. Erst bei 0,10 % P zeigen sich erste Anzeichen, wonach sich das P- Angebot der Bedarfsgrenze nähert. Die P- Verwertung hat bei 0,10 % P und 2,60 % Ca mit 70,44 % den höchsten Wert und sinkt mit zunehmendem Ca- Gehalt deutlich ab. Schon bei 0,20 % P liegt die P- Verwertung deutlich niedriger und die Ca- Zulage zeigt keinen konsistenten Effekt mehr auf die P- Verwertung. Dieses Resultat stimmt mit anderen Publikationen überein. MCDOWELL (2003) und ANGEL et al. (2002) berichten, dass eine überschüssige P- Versorgung in alle Formen die Absorption des P verhindert. Unterstützt werden diese Ergebnisse durch die Reaktion des Futterverbrauchs. Die Futteraufnahme geht hier mit steigendem Ca- Gehalt zurück (Tabelle 23). Es ist bekannt, dass die Futteraufnahme sowohl durch Mangel an P als auch durch Überschuss an Ca gehemmt werden kann (SHAFEY, 1993; ABBOUD, 1995; HENNING, 1984). Der Rückgang der Futteraufnahme war bei der niedrigsten P- Stufe deutlicher ausgeprägt als bei den höheren P- Stufen. Die reduzierte P-Verwertung weist darauf hin, dass hier die Grenze des P- Bedarfs erreicht wird. Bei den höheren P- Gehalten in Versuch B1 (Tabelle 19) reagierte die Futteraufnahme nicht mehr auf steigende Ca- Gehalte.

Bei Legehennen führten weite Ca: P- Verhältnisse zu einer starken Depressionen von Reproduktion, Verschlechterung der Eierschalenqualität und zu höherer Mortalität (HÄRTEL, 1989). Die Erklärung für diese Ergebnisse muss in Anlehnung an RODEHUTSCORD und DIECKMANN (2005) bei der Futterverwertung gesucht werden. Allerdings lag die Futterverwertung im vorliegenden Versuchen mit 1: 5,11 (Tab. 20 und 24) noch höher als in der oben zitierten Untersuchung.

Bei Masthähnchen im Alter von 42 - 49 Tagen hatte ein geringer Nicht- Phytat- P-Gehalt im Futter (0,12 %) keinen Effekt auf Futteraufnahme, Zunahme und Mortalität (SKINNER et al., 1992). Allerdings war hier auch der Ca- Gehalt auf einem geringen Niveau (0,30 %) gehalten worden. Da in diesem Alter aufgrund der sinkenden Zunahmerate die Futterverwertung schlechter wird, steigt P- Aufnahme bezogen auf die Lebendmassezunahme an. Somit kann auch dieser Effekt über die Futterverwertung erklärt werden. Bei Broilern erbrachte eine Ca-reiche Ration (2,12 %) keinen signifikanten Effekt auf die Leistung. Jedoch fanden SHAFEY und MCDONALD (1990) bei einer Ca- Versorgung von 3,30 % eine signifikante Abnahme des Gewichts. Im Gegensatz hierzu zeigte das vorliegende Experiment bei Wachteln in der 4. bis 5. Lebenswoche auch bei 3,30 % Ca und einem Ca: P- Verhältnis von 10:1 keinen

erkennbaren Einfluss auf die untersuchten Parameter. Wachteln sind in diesem Alter offensichtlich robuster gegenüber extremen Ca-Gehalten und weiten Ca: P-Verhältnissen als andere Geflügelarten. Bei Wachteln im Alter von 7-14 Tagen dagegen fanden KAMBERI et al. (2007) bereits bei Ca- P- Verhältnissen von 5:1 und 6,25:1 negative Effekte auf die Zuwachsrate. Dies kann auf den höheren P-Bedarf bei den jüngeren Tieren zurückgeführt werden (HENNIG, 1984). Aufgrund der schnellen Entwicklung der Japanischen Wachtel scheint jedoch der P- Bedarf bis zur 4. Lebenswoche hin stark abzusinken. Allerdings muss auch berücksichtigt werden, dass die Fütterung der Versuchsrationen nur über zwei Wochen erfolgte. Es wäre in weiteren Versuchen zu klären, ob ein P- Mangel entstehen würde, wenn die P-armen Rationen über längere Zeit gefüttert werden würde

8.5 Zusammenfassung

In vorhergehenden Untersuchungen zeigten wachsende japanische Wachteln keine Reaktionen in der Futteraufnahme, im Wachstum, in Futterverwertung und Mortalität, wenn P- Gehalte unterhalb der derzeitigen Bedarfsnorm verabreicht wurden. Auch die Verwertung von anorganischen P war bei geringem P- Gehalt im Futter niedriger als erwartet. Im vorliegenden Versuch wurden die P- Verwertung in einem weiten Bereich des P- Gehalts im Futter und bei extremen Ca: P- Verhältnissen geprüft. Es wurden zwei Versuche durchgeführt. Im Versuch B1 wurden die Gehalte an anorganischen P von 0,30; 0,45; und 0,60 % mit 0,80; 1,20; 1,60 und 2,20 % Ca getestet. Im Versuch B2 wurde die P- Gehalte von 0,10, 0,20 und 0,30 % bei Ca- Gehalten von 2,60; 3,00 und 3,30 % geprüft. Alle Versuchsrationen wurden mit jeweils sechs männlichen Wachteln durchgeführt. Die Fütterung der Versuchsration begann in der vierten Lebenswoche. Die Bilanzperiode erstreckte sich über die fünften Lebenswochen. In beiden Versuchen zeigten die P- und Ca-Gehalte keine konsistenten Effekte auf Futteraufnahme, Zunahme, Futterverwertung und Mortalität. Die P- Verwertung sank mit steigendem P-Gehalt im Futter signifikant ab. Die Ca: P-Interaktion war für die P- Verwertung nur in Versuch B1 signifikant. Die Ergebnisse zeigten, dass japanische Wachteln auch bei P- Gehalten von 0,10 % ihren P- Bedarf decken konnten. Dementsprechend war der Effekt hoher Ca- Werte gering. Ursache für die relative Verträglichkeit niedriger P- Gehalte und weite Ca:P- Verhältnisse ist der hohe Futteraufwand der Wachtel.

Stichworte: Phosphor, Kalzium, P- Verwertung, Ca- P Interaktion, Wachtel

8.6 Literatur

ABBOUD, M., 1995: Poultry Nutrition, Theoretic Part. Ibn Khaldoon, Damascus.

ALFOTEIH, Y., and W. BESSEI, 2007: Calcium – Phosphorus contents: The effect of extreme Ca: P ratios on growth rate, feed intake, mortality and P- utilization in Japanese quail (Coturnix Jap.). The 16th European symposium on poultry nutrition. Strasbourg-France. Proceedings book, 92.

ANGEL, R., T. APPLEGATE, L. ELLESTAD, and A. DHANDAU, 2002: Phytic acid chemistry: How important is it for phosphorus digestibility in poultry? Multi. State poultry Meeting. Indianapolis, USA. (Personal communication)

DÄNNER, E., B. ZIMMERMANN, R. MOSENTHIN, und W. BESSEI, 2002: Dosis – Wirkung- Beziehung zwischen Phosphor – Aufnahme und Phosphor – Ansatz bei Mastwachteln. 7. Tagung Schweine- und Geflügelernährung, Wittenberg, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. 93-95.

DÄNNER, E., und W. BESSEI, 2001: Entwicklung einer Grundration zur Durchführung von Phosphor- Differenzversuchen beim wachsenden Geflügel. Arch. Geflügel. 66, 46-48.

DÄNNER, E., and W. BESSEI, 2002: Effect of a change in the phosphorus on the supply on the phosphorus excretion in growing poultry. Proc. Soc. Nutr. Physiol.11, 50.

GfE, 1999: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner(Broiler). Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Frankfurt am Main. DLG- Verlag, Energie – und Nährstoffbedarf Landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr.7.

HÄRTEL, H., 1989: Evaluation of the dietary interaction of calcium and phosphorus in the high producing laying hen. Brit. Poult. Sci. 31, 473-495.

HENNIG, F., 1984: Handbuch der praktischen Fütterung von Rind, Schaf, Pferd, Schwein, Geflügel und Süßwasserfischen. BLV Veralgsgesellschaft, München. Deutschland.

HURWITZ, S., D. DUBROV, U. EISNER, G. RISENFELD, and A. Bar, 1978: Phosphate absorption and excretion in the young turkey as influenced by calcium intake. J. Nutr. 108, 1329-1335

JMP, 2005: JMP start statistics, A guide to statistics and Data Analysis Using JMP® and JMP IN® Software, Version 5, third Edition. SAS Inst Inc.USA.

KAMBERI, M., W. BESEEI, R. BAKALLI, and G. PESTEI, 2007: The effect of calcium and available phosphorus levels on the performance of growing meat type Japanese quail: Effects on body weight, weight gain, feed consumption and feed efficiency. The16th European symposium on poultry nutrition. Strasbourg- France. Proceedings book, 126.

MCDOWELL, L., 2003: Minerals in animal and human nutrition, Second edition: Elsevier Science B.V. AE Amsterdam, The Netherlands.

NAUMANN, C., und R. BASSLER, 1976: Methodenbuch, Band III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchung- und Forschungsanstalten, VDLUFA- Verlag. Darmstadt, Deutschland.

(NRC) National Research Council, 1994: Nutrient Requirements of Poultry, 9th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.

RAMA RAO, S., M. RAJU, M. REDDY, and P. PAVANI, 2006: Interaction between dietary calcium and non- phytate phosphorus levels on growth, bone mineralization and mineral excretion in commercial broilers. Anim. feed Sci. Techn. 131, 135-150.

RODEHUTSCORD, M., and A. DIECKMANN, 2005: Comparative studies with 3 wk-old chickens , turkeys, ducks and quails on utilization and availability of phosphorus. Poult. Sci. 84, 52-60.

SHAFEY, M., 1993: Calcium tolerance of growing chickens: effect of ratio of dietary calcium to available phosphorus. Poult. Sci. 49, 5-18.

SHAFEY, M., and W. M. MCDONALD, 1990: Effects of dietary Ca, AP and vitamin D on growth rate, food utilization, plasma and bone constituents and Ca and phosphorus retention of commercial broiler strains. Brit. Poult. Sci. 31, 587-602.

SKINNER, J., A. IZAT and W. WALDROUP, 1992: Effects of Removal of supplemental calcium and phosphorus from broiler finisher diets. App. Poult. Res. 1, 42- 47.

UNDERWOOD, E., and N. SUTTLE, 1999: Mineral Nutrition of Livestock, 3rd edition,

© CAB International, UK.

Tabelle 13: Zusammensetzung der P- armen Grundration in % (Versuchs B1)

Rohstoff	**Anteil %**
Maisstärke	2,738
Futterzucker	7,469
Cellulose	2,142
Sojaöl	1,931
Sprüheiweiß	5,480
Methionin	0,142
L-Lysin- HCL	0,338
Threonin	0,212
Tryptophan	0,165
Trockenschnitzel	1,711
Weizengrieß	48,166
Gelatine	14,960
Palmfett	4,576
Vit-Vormischung (6/1.5)	0,135
Vitamin E (Alpha tocopherol)	0,004
Spurenelemente- Vormischung	0,062
Cloinchlorid	0,769
Summe in %	**100,000**

Tabelle 14: Zusammensetzung der P- armen Grundration in % (Versuchs B2)

Rohstoff	**Anteil %**
Maisstärke	2,740
Futterzucker	7,467
Cellulose	2,144
Sojaöl	1,932
Sprüheiweiß	5,480
Methionin	0,144
L-Lysin- HCL	0,340
Threonin	0,212
Tryptophan	0,164
Trockenschnitzel	10,711
Weizengrieß	48,164
Gelatine	14,959
Palmfett	4,576
Vit-Vormischung (6/1.5)	0,136
Vitamin E (Alpha tocopherol)	0,004
Spurenelemente- Vormischung	0,060
Cloinchlorid	0,768
Summe in %	**100,000**

Tabelle 15: Analysenwerte (in % TS) aller Gruppen (Versuch B1)

Behandlungen	Sollwerte		Analysiert		Rohprotein	MJ UE (WPSA)
	Ca	P	Ca	P		
1	0,80	0,30	0,81	0,32	26,40	12,83
2	1,20	0,30	1,22	0,29	26,34	12,84
3	1,60	0,30	1,58	0,31	26,32	12,44
4	2,20	0,30	2,21	0,31	26,34	12,05
5	0,80	0,45	0,84	0,45	27,07	12,69
6	1,20	0,45	1,18	0,43	26,02	12,36
7	1,60	0,45	1,57	0,45	25,47	12,47
8	2,20	0,45	2,23	0,46	25,44	12,46
9	0,80	0,60	0,82	0,62	26,08	12,33
10	1,20	0,60	1,21	0,59	27,41	12,60
11	1,60	0,60	1,59	0,61	26,08	12,30
12	2,20	0,60	2,21	0,60	25,41	11,84

Tabelle 16: Analysenwerte (in % TS) aller Gruppen (Versuch B2)

Behandlungen	Sollwerte		Analysiert		Rohprotein	MJ UE (WPSA)
	Ca	P	Ca	P		
1	2,60	0,10	2,62	0,11	26,03	12,67
2	3,00	0,10	3,04	0,11	23,67	11,97
3	3,30	0,10	3,26	0,12	26,67	12,64
4	2,60	0,20	2,61	0,21	25,51	12,36
5	3,00	0,20	3,03	0,21	26,96	12,62
6	3,30	0,20	3,32	0,23	25,95	12,05
7	2,60	0,30	2,58	0,34	26,73	12,48
8	3,00	0,30	2,98	0,28	26,17	12,13
9	3,30	0,30	3,33	0,33	25,06	11,78

Tabelle 17: Variationsursachen für Gewichtzunahme, Futterverbrauch sowie korrigierte P-Bilanz für die Versuche B1 und B2 (F- Werte und p)

Experiment 1								
Faktoren	Gewichtzunahme		Futterverbrauch		Futterverwertung		korr- P- Bilanz	
	F- Werte	**p**	**F- Werte**	**p**	**F- Werte**	**p**	**F- Werte**	**P**
Phosphor	0,132	0,876	1,233	0,299	0,503	0,607	40,945	<0,0001
Ca	1,480	0,231	0,390	0,760	1,873	0,145	0,781	0,509
Interaktion Ca x P	1,081	0,386	2,124	0,066	1,330	0,261	3,493	0,005
Experiment 2								
Phosphor	0,088	0,915	1,614	0,207	1,107	0,336	57,262	<0,0001
Ca	1,377	0,259	2,211	0,117	0,607	0,054	2,436	0,095
Interaktion Ca x P	2,043	0,099	3,006	0,024	0,849	0,499	1,906	0,120

Tabelle 18: Mittelwerte der Gewichtzunahme in g pro Tier und Woche (von der vierten bis zur fünften Lebenswoche) in Abhängigkeit des P und Ca- Gehalts im Futter (Versuch B1)

P %	**Ca %**				**Gruppen-Mittelwert**
	0,80	**1,20**	**1,60**	**2,20**	
0,30	37,35	39,50	36,18	42,70	**38,93**
0,45	37,98	45,08	35,77	37,50	**39,08**
0,60	38,76	37,66	37,30	38,97	**38,17**
Gruppen-Mittelwert	**38,03**	**40,74**	**36,4**	**39,72**	**38,72**

Tabelle 19: Mittelwerte des Futterverbrauchs in g pro Tier und Woche (von der vierten bis fünften Lebenswoche) in Abhängigkeit des P und Ca- Gehalts im Futter (Versuch B1)

P %	**Ca %**				**Gruppen-Mittelwert**
	0,80	**1,20**	**1,60**	**2,20**	
0,30	185,18	173,64	196,48	201,80	**189,27**
0,45	191,20	184,94	182,15	173,83	**183,03**
0,60	192,00	194,31	182,24	194,50	**190,76**
Gruppen-Mittelwert	**189,46**	**184,29**	**186,95**	**190,04**	**187,68**

Tabelle 20: Mittelwerte der Futterverwertung (FCR) pro Tier und Woche (von der vierten bis zur fünften Lebenswoche) in Abhängigkeit des P und Ca- Gehalts im Futter (Versuch B1)

P %	**Ca %**				**Gruppen-Mittelwert**
	0,80	**1,20**	**1,60**	**2,20**	
0,30	4,96	4,45	5,51	4,86	**4,95**
0,45	5,18	4,13	5,29	4,68	**4,82**
0,60	4,99	5,25	4,91	5,09	**5,06**
Gruppen-Mittelwert	**5,04**	**4,61**	**5,24**	**4,87**	**4,94**

Tabelle 21: Mittelwerte der Korr.P- Bilanz in % pro Tier und Woche (von der vierten bis zur fünften Lebenswoche) in Abhängigkeit des P und Ca- Gehalts im Futter (Versuch B1)

P %	**Ca %**				**Gruppen-Mittelwert**
	0,80	**1,20**	**1,60**	**2,20**	
0,30	43,38^{ab}	42,92^{ab}	35,41^{c}	48,14^{a}	**42,46^{a}**
0,45	33,44^{cd}	32,79^{cd}	36,33^{bc}	29,07^{cd}	**32,91^{b}**
0,60	29,50^{cd}	22,11^{e}	28,98^{cd}	26,36^{e}	**26,74^{c}**
Gruppen-Mittelwert	**35,43**	**32,61**	**33,57**	**34,52**	**34,03**

Werte, die mit einem gemeinsamen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich statistisch nicht signifikant ($P \geq 0,05$)

Tabelle 22: Mittelwerte der Gewichtzunahme in g pro Tier und Woche (von der vierten bis zur fünften Lebenswoche) in Abhängigkeit des P und Ca- Gehalts im Futter (Versuch B2)

P %	**Ca %**			**Gruppen-Mittelwert**
	2,60	**3,00**	**3,30**	
0,10	50,87	36,12	39,87	**42,28**
0,20	46,62	43,50	41,25	**43,79**
0,30	40,25	50,25	38,87	**43,12**
Gruppen-Mittelwert	**45,89**	**43,29**	**39,99**	**43,06**

Tabelle 23: Mittelwerte des Futterverbrauchs in g pro Tier und Woche (von der vierten bis zur fünften Lebenswoche) in Abhängigkeit des P und Ca- Gehalts im Futter (Versuchs B2)

P %	**Ca %**			**Gruppen-Mittelwert**
	2,60	**3,00**	**3,30**	
0,10	220,37^{a}	187,87^{b}	190,87^{b}	**199,70**
0,20	218,12^{a}	188,87^{b}	210,50^{ab}	**205,83**
0,30	201,37^{ab}	217,50^{a}	219,37^{a}	**212,74**
Gruppen- Mittelwert	**213,28**	**198,08**	**206,91**	**206,09**

Tabelle 24: Mittelwerte der Futterverwertung (FCR) pro Tier und Woche (von der vierten bis zur fünften Lebenswoche) in Abhängigkeit des P und Ca- Gehalts im Futter (Versuchs B2)

P %	**Ca %**			**Gruppen-Mittelwert**
	2,60	**3,00**	**3,30**	
0,10	4,36	5,30	5,07	**4,91**
0,20	5,02	4,50	5,34	**4,95**
0,30	5,78	4,95	5,72	**5,48**
Gruppen-Mittelwert	**5,05**	**4,92**	**5,38**	**5,11**

Tabelle 25: Mittelwerte der korrigierten P- Bilanz in % pro Tier und Woche (von der vierten bis zur fünften Lebenswoche) in Abhängigkeit des P und Ca- Gehalts im Futter (Versuchs B2)

P %	**Ca %**			**Gruppen-Mittelwert**
	2,60	**3,00**	**3,30**	
0,10	70,44	53,22	66,21	**63,29**[a]
0,20	45,35	37,29	35,97	**39,54**[b]
0,30	26,53	29,44	25,34	**27,10**[c]
Gruppen-Mittelwert	**47,44**	**39,98**	**42,50**	**42,72**

Werte, die mit einem gemeinsamen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich statistisch nicht signifikant ($P \geq 0{,}05$)

9 DER EFFEKT VON EXTREMEN CA: P VERHÄLTNISSEN IM FUTTER AUF WACHSTUM, P-VERWERTUNG UND KNOCHENMERKMALE BEI JAPANISCHEN WACHTELN (COTURNIX. COT. JAPONICA) (B3)

Y. Alfoteih und W. Bessei

Aus dem Institut für Tierhaltung und Tierzüchtung, Fg. Nutztierethologie und Kleintierzucht (470 c) der Universität Hohenheim, Deutschland

Corresponding Author address: Yassen Alfoteih

Email address: alfoteih@yahoo.com

Paper wurde akzeptiert (25 Juni / 08) bei Archiv für Geflügelkunde

European Poultry Science

9.1 Einleitung

Die Versorgung mit Calcium (Ca) und Phosphor (P) ist ein zentrales Problem in der Geflügelfütterung. Dabei spielen nicht nur die Gehalte der einzelnen Elemente, sondern auch deren Interaktion eine Rolle. Hohe Ca- Gehalte beeinträchtigen Futteraufnahme und Wachstum (SHAFEY et al., 1990; SHAFEY, 1993). Die Grenze der maximalen Ca- Gehalte bei Mastgeflügel wird von verschiedenen Autoren in unterschiedlicher Höhe angegeben. Der Bereich erstreckt sich von 6,00 bis 9,00 g/kg über 13,0 g/kg (RAMA RAO et al., 2006; MACDONALD und SOLVYNS, 1964) bis 20,0 g/kg (FANGAUF et al., 1961). Beim P wurden dagegen die Untergrenzen intensiv diskutiert. Bei Masthähnchen liegt der bedarfsdeckende Gehalt an verwertbarem P in der Ration in Abhängigkeit vom Alter der Tiere zwischen 2,00 und 4,00 g/kg (WALDROUP et al., 2000). Nach Untersuchungen von DIECKMANN (2005) liegen die entsprechenden Werte zwischen ca. 2,70 und 4,70 g/kg. Obwohl die Methoden in den genannten Arbeiten sehr unterschiedlich waren (Tibia-Aschegehalt und P- Ansatz im Ganzkörper), kamen sie zu sehr ähnlichen Werten. Es wird allgemein angenommen, dass hohe Ca- Gehalte in der Ration einen negativen Einfluss auf die Verfügbarkeit von P haben (HURWITZ et al., 1978; HENNIG, 1984). Ausgehend vom Ca: P-Verhältnis im Apatit, dem mineralischen Hauptbestandteil des Knochens von etwa 2:1, wird dieser Wert allgemein als Richtlinie angegeben. Nach DIECKMANN (2005) war die P-Verwertung bei Masthühnern über eine weite Spanne des Ca: P-Verhältnisses (1,20 - 3,30) nur geringfügig beeinflusst. Lediglich ab dem Bereich von 2,20 - 2,40 wurde ein Rückgang der P- Verwertung festgestellt. In einer vorausgehenden Untersuchung (ALFOTEIH und BESSEI, 2007) hat sich gezeigt, dass Japanische Wachteln in Bilanzversuchen in Bezug auf die Entwicklung des Körpergewichts nur in sehr geringem Umfang auf sehr weite Ca: P-Verhältnissen reagierten, obwohl die empfohlenen Werte mit (10: 1) weit überschritten worden waren. Als mögliche Ursache wurde die kurze Dauer der Fütterung der extremen Versuchsrationen (1 Woche) diskutiert. Außerdem wurde erwähnt, dass die Ca: P Verhältnisse keine Rolle mehr spielen, wenn der Ca- und P- Bedarf gedeckt ist (LARBIER und LECLERCQ, 1992). Es wurde außerdem in Betracht gezogen, dass sich eine Unterversorgung mit P bereits an den Knochen erkennen lässt, wenn noch keine Effekte in der Futteraufnahme und im Wachstum festzustellen sind, weil die Tiere für maximalen Knochenstärke und Aschengehalt mehr Ca und P benötigen als für maximales Wachstum und optimale Futterverwertung (MCDOWELL, 2003). Deshalb wurden in dem vorliegenden

Versuch hohe Ca- Gehalte mit niedrigen P-Gehalten kombiniert und über einen Zeitraum von drei Wochen verabreicht. Die Tibia wurde chemisch analysiert und computertomographisch untersucht, um weiter Aspekte über die P- Verwertung zu betrachten.

9.2 Material und Methoden

9.2.1 Futterrationen

Die Rationen wurden auf der Basis einer Ca- und P- armen Grundration (GR) (DÄNNER und BESSEI, 2001) erstellt. Die GR hatte einen P- Gehalt von 0,08 % und einen Ca- Gehalt von 0,20 % (Tabelle 26). Die Zusammensetzung der Grundration entsprach in allen Nährstoffen mit Ausnahme von P und Ca den Empfehlungen des National Research Council (NRC, 1994). Die Zulagen von P und Ca in den Versuchrationen erfolgten im Austausch von Monocalciumphosphat (MCP), Futterkalk und Na- Bikarbonat gegen Sand. Als Fütterungsfaktoren wurden Ca (2,40; 2,80 sowie 3,30 %) und P (0,10; 0,20 und 0,30 %) in jeweils 3 Stufen orthogonal kombiniert. Jede Behandlung wurde 8fach wiederholt. Der Versuch wurde somit im Design von 3x3 durchgeführt. Die Zusammensetzung der Futtermischungen ist in der Tabelle 26 angegeben.

9.2.2 Versuchsanlage und Ablauf

320 Wachtelküken wurden aus einer kommerziellen französischen Mastlinie an der Versuchsstation für Tierhaltung, Tierzüchtung und Kleintierzucht Unterer Lindenhof der Universität Hohenheim erbrütet. Am ersten Lebenstag wurden die Tiere in vier Aufzuchtsboxen (80 x 80 x 64 cm; Breite x Tiefe x Höhe) mit Drahtgitterboden eingestallt. Die Böden wurden in den ersten Tagen mit Papier ausgelegt, um die Füsse der Tiere vor Verletzungen zu schützen. Die Tiere wurden bei Dauerlicht gehalten. Sie erhielten zunächst eine an der Versuchsstation übliche Ration mit 11,89 MJ UE/kg; 26,30 % Rohprotein; 0,84 % Ca und 0,72 % Gesamt- P. Futter und Wasser standen ad libitum zur Verfügung. Das Starterfutter wurde zuerst in Futterschalen und dann in Trögen gegeben, während das Wasser durch Cuptränken verabreicht wurde. Die Futtertröge befanden sich an der Frontseite der Käfige und waren mit speziellen Vorrichtungen zur Vermeidung von Futterverlusten ausgestattet. Die Temperatur betrug in den ersten Tagen 38 ˚C und wurde anschließend sukzessiv auf 25 ˚C abgesenkt. Als Wärmequelle wurden Infrarotstrahler benutzt. Am Ende der dritten Lebenswoche wurden die Tiere nach Geschlecht sortiert. Je zwei männliche Tiere wurden in Käfigen mit den Abmessungen (18,5 x 38,0 x 22,0 cm; Breite x Tiefe x Höhe) untergebracht. Unter dem Gitterrost befand sich eine Auffangwanne für die Exkremente.

Nach DÄNNER und BESSEI (2002) benötigen die Tiere mindestens fünf Tage zur Anpassung an eine geänderte P- Versorgung. Deshalb wurde der Bilanzperiode eine 7- tägige Vorfütterungsperiode vorangestellt, in der die Tiere die Versuchsrationen erhielten. Nach der Vorperiode wurde von den zwei Tieren pro Käfig ein Tier ausgesucht. Diese Maßnahme diente dazu, eventuelle Verluste in der Vorfütterungsperiode auszugleichen, und für die Bilanz Tiere mit etwa dem gleichen Gewicht auszuwählen. Am Ende der vierten Lebenswoche begann die Bilanzperiode. Diese erstreckte sich über 3 Wochen (5. bis 7. Lebenswoche). Für die Bilanzperiode bestanden somit 72 Tiere zur Verfügung. Die angebotene Futtermenge betrug circa 35 g täglich. Zur Vermeidung von Futterverlusten wurde das Futter zwei Mal täglich (10 und 17 Uhr) gegeben. Die Sammlung der Exkremente erfolgte mittels Auffangwannen, die unter den Käfigen gesetzt wurden. Die anfallende Kotmenge wurde in der Bilanzperiode sechs Mal gesammelt (zwei Mal pro Woche) und bis zur Analyse bei -18 °C eingefroren.

9.2.3 Chemische Analysen

Für die Futteranalyse wurden Proben mit 250- 300 g von jeder Variante entnommen und bei -18 °C tiefgefroren. Die Bestimmung von Trockensubstanz erfolgte bei 105 °C über 4 Stunden. Bei der Kotanalyse wurde Trockensubstanz, Asche, Ca und P bestimmt. Die Futteranalyse schließt Wasser, Rohprotein (N x 6,25), Fett, Asche, Rohfaser, NFE, Zucker, Ca und P ein. Anhand von der Vanadat- Molybdate- Reaktions- Methode wurde der P als Orthophosphat bestimmt (NAUMMANN und BASSLER, 1976). Ca wurde mit dem Spektralphotometer gemessen.

9.2.4 Knochenuntersuchungen

Von 72 Tieren, die im Alter von 7 Wochen geschlachtet wurden, wurden die rechte Tibia entnommen und bei -18 °C eingefroren. Wegen der geringen Maße der einzelnen Knochen wurden je 4 Knochen zu einer Probe zusammengefasst. Die Analyse umfasste Trockensubstanz (TS %), Asche- Gehalt, Ca und P- Gehalt in % in der TS. Für die Computertomographischen Messungen wurde der Computertomograph- XCT960A der Firma STRATEC Medizintechnik GmbH verwendet. Die Messung von Knochen erfolgte anhand von der Methode von REINERS (1992) und SCHNEIDER und BÖRNER (1991). Es wurden folgende Merkmale erfasst: Gesamtfläche (TA), Gesamtdichte (TD), Corticalsfläche (CA), Corticalisdichte (CD) und Flächenträgheitsmoment (SSI). Die Messstellen an die Tibien

wurden in Abhängigkeit von ihrer Länge festgestellt. An die Tibien wurde die Messung im Abstand von 50,0 % vom proximalen Ende durchgeführt.

9.2.5 Statistische Verfahren

Aus dem P- Gehalt des Futters und dem Futterverzehr wurde die mittlere P- Aufnahme über die Bilanzperiode ermittelt. Aus der Differenz zwischen der P- Aufnahme und der P-Ausscheidung im Kot errechnete sich die unkorrigierte Bilanz. Die unkorrigierte P- Bilanz wurde mit Hilfe einer linearen Regression auf den mittleren Futterverbrauch korrigiert (korrigierte Bilanz).

Der Einfluss der P- und Ca- Gehalte auf die Versuchsparameter wurde mit einer zweifaktoriellen Varianzanalyse im Modul ANOVA nach folgendem Modell analysiert.

$Y_{ijk} = \mu + P_i + Ca_j + (P \text{ X } Ca)_{ij} + e_{ijk}$

Y_{ijk} = Merkmal

μ= Gesamtmittelwert

P_i = Effekt des i-ten P-Gehalts

Ca_j = Effekt des j-ten Ca-Gehalts

$(P \text{ X } Ca)_{ij}$ = Effekt der Interaktion des i-ten P-Gehalts x des j-ten Ca- Gehalts

e_{ijk}= zufällige Effekte

Bei signifikanten Faktoreffekten wurden die Differenzen zwischen den entsprechenden Gruppenmittelwerten mit Hilfe des multiplen t- Tests auf Signifikanz geprüft. War die Interaktion signifikant wurden die Mittelwerte der einzelnen Behandlungen getestet. Alle statistischen Berechnungen erfolgten mit dem JMP® Statistics und Graphics Programm Version. 5 für Windows (JMP, 2005).

Nachdem für die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung der Tibien nur jeweils 2 Pools (4 Tibien) zur Verfügung standen, wurde keine statistische Analyse vorgenommen.

9.3 Ergebnisse

Die Lebendmasse in der ersten Versuchswoche (5. Lebenswoche) wurde sowohl von der Ca- und P- Zulage als auch von der Ca x P Interaktion signifikant beeinflusst (Tab. 27). In der zweiten Versuchswoche war nur noch der Effekt der P- Zulage signifikant. In der dritten

Versuchswoche erbrachten weder die Ca- und P- Konzentration noch deren Interaktion einen signifikanten Effekt. Die Gruppenmittelwerte stiegen in der ersten Versuchswoche von der niedrigsten Ca- Stufe (2,40 %) zur nächsten Ca- Stufe (2,80 %) signifikant an und fielen danach wieder ab. Auch mit ansteigender P- Konzentration von 0,10 auf 0,30 % war ein signifikanter Anstieg der Lebendmasse zu verzeichnen. Die CaxP- Interaktion beruhte darauf, dass in der höchsten P- Stufe die Lebendmasse mit steigender Ca- Konzentration kontinuierlich zunahm, in den niedrigeren P- Stufen jedoch kein einheitlicher Verlauf erkennbar war (Abb. 2). Bei den Zunahmen zeigte nur die P- Konzentration in der ersten und dritten Versuchswoche einen signifikanten Effekt. Die Ca- Konzentration und die Interaktion waren in keiner Versuchswoche signifikant. Die Zunahmen zeigten in der ersten Versuchswoche einen ähnliche Reaktion wie die Lebendmasse, das heißt sie stiegen von der niedrigsten zur mittleren P- Stufe signifikant an. Die weitere Steigerung der P-Konzentration führte nicht zu einer wesentlichen Steigerung in der Lebendmasse. In der dritten Versuchswoche lagen die Werte auf einem wesentlich niedrigeren Niveau. In der zweiten Versuchswoche lagen alle Werte zwischen 27,7 und 32,2 g und unterschieden sich nicht signifikant. Bezüglich des Futterverbrauchs über die drei Versuchswochen zeigte nur der P-Gehalt einen signifikanten Effekt (Tab. 28). Die Mittelwerte des Futterverbrauchs stiegen mit zunehmender P-Zulage kontinuierlich von 583 auf 606 und 630 g an. Signifikante Unterschiede wurden jedoch nur zwischen den beiden höchsten Gruppen gefunden. Analog zur Futteraufnahme stieg auch die P- Aufnahme mit zunehmendem P-Gehalt an. Alle drei Gruppenmittelwerte unterschieden sich signifikant voneinander. Die Ca x P- Interaktion war hier signifikant (Abb. 3). Die Ca x P- Interaktion beruhte darauf, dass die Tiere mehr P mit steigender P- Zulage fressen und in der höchsten P- Stufe die P- Aufnahme mit steigender Ca-Konzentration zunahm. Jedoch war der Unterschied der P- Aufnahme zwischen den höchsten Ca- Stufe (3,30 %) und anderen Ca- Stufen (2,40; 2,80 %) marginal. In der P- Ausscheidung wurde auch ein signifikanter Effekt in der P- Zulage gefunden. Die Mittelwerte stiegen mit zunehmender P- Zulage signifikant an. Auch in der P- Bilanz war nur der Effekt der P-Zulage signifikant. Die Mittelwerte lagen bei der geringsten P- Konzentration bei 37,4 %. Sie fielen mit zunehmender P- Zulage auf 12,2 und 8,23 % ab.

Die Ergebnisse der computertomographisch erfassten Merkmale sind in Tab. 29 aufgeführt. Die Gesamtfläche und die Corticalisfläche wurden nur von der Ca-Zulage signifikant beeinflusst. Die geringsten Flächen wurden beim Ca-Gehalt von 2,40 % Ca gefunden. Die Steigerung der Ca- Konzentration von 2,80 auf 3,30 % erbrachte keine Veränderungen. Auch

wenn der Effekt der P- Konzentration auf die Gesamtfläche und die Corticalisfläche nicht signifikant war, so zeigte sich doch eine Tendenz, wonach die Gruppen mit den höchsten P-Konzentrationen auch die größten Flächen aufwiesen. Die Gesamtdichte sowie die Corticalisdichte wurden von keinem der vorliegenden Faktoren beeinflusst. Allerdings zeigte sich in beiden Merkmalen eine Tendenz, wonach mit zunehmender P- Zulage die Dichte zunahm. In Bezug auf die Ca- Konzentration wurde jeweils in der geringsten Stufe die höchste Dichte gemessen. Im Flächenträgheitsmoment (SSI) war der Effekt der P- Zulage signifikant. Die SSI- Werte lagen bei der P-Versorgung (0,10 und 0,20 %) auf gleicher Höhe mit 4,85 und 4,84 mm^3. Mit steigender P- Versorgung zu 0,30 % steigt dieser Wert bis 5,40 mm^3. Die Ergebnisse der Tibagewichte im Verhältnis zu Körpergewicht sind in Tab. 30 aufgelistet. Mit steigender P- und Ca- Versorgung nahmen die durchschnittlichen Tibiagewichte ab. Die Mittelwerte des Aschegehalts der Tibiaknochen sind in Tabelle 31 aufgeführt. In den Gruppenmittelwerten zeigte sich keine Veränderung in Abhängigkeit von der P- Konzentration. Mit zunehmender Ca- Konzentration war eine Abnahme des Aschegehalts festzustellen. Des Weiteren zeigt sich eine CaxP- Interaktion. Bei der geringsten Ca- Stufe fiel der Aschegehalt mit zunehmender P-Konzentration ab, während in der höchsten Ca- Stufe die gegenläufige Entwicklung zu erkennen war. Die Mittelwerte des Ca- Gehaltes zeigten in Bezug auf die Ca- Konzentration eine ähnliche Reaktion wie der Aschegehalt (Tab. 32), jedoch war hier auch eine Abnahme der Gruppenmittelwerte mit steigender P-Konzentration fest zu stellen. Auch die P- Gehalte in den Knochen nahmen mit zunehmender Ca- Konzentration ab. Im Gegensatz zu Asche und Ca- Gehalt nahmen die P- Gehalte jedoch mit zunehmender P- Konzentration zu (Tab. 33).

9.4 Diskussion

Wie aus Tab. 27 hervorgeht, reagierten in der ersten Versuchswoche (fünfte Lebenswoche) die Körpergewichte signifikant auf beide Versuchsfaktoren sowie auf ihre Ca x P- Interaktion. Das Ergebnis, wonach mit abnehmender P- Konzentration das Wachstum abnahm, weist daraufhin, dass die Tiere in der geringsten P- Stufe nicht optimal mit P versorgt waren. Insbesondere bei der höchsten Ca- Stufe (3,30 %) und der geringsten P-Stufe (0,10 %) zeigte sich eine deutliche Reduktion des Wachstums. Dies bedeutet, dass der erwartete hemmende Effekt von Ca auf die P- Versorgung von Wachteln erst bei Werten zu beobachten ist, die in der Praxis nicht relevant sind. Das Ergebnis, wonach der deutliche Effekt der Ca x P-Interaktion in den späteren Altersstufen verschwand, und nur noch die P- Konzentration

signifikant war, deutet darauf hin, dass sich mit zunehmendem Alter die P- Versorgung durch die höhere Futteraufnahme verbessert. Wie sich in vorherigen Versuchen gezeigt hat, spielt der Ca- Gehalt in den Rationen eine untergeordnete Rolle, sobald der P- Gehalt in der Ration den Bedarf der Tiere deckt. Dies war offensichtlich in den späteren Altersstufen der Fall. Entgegen unserer Erwartung stellten sich mit zunehmender Dauer der Verfütterung der extremen Rationen keine negativen Effekte ein. Dies ist offensichtlich darauf zurück zu führen, dass die Zunahmen, insbesondere von der zweiten zur dritten Bilanzwoche (6. bis 7. Lebenswoche), von ca. 30,0 g auf 10,0 g zurück gingen (Tab. 27). Der Rückgang der Zunahmen war in den höheren P- Stufen deutlicher ausgeprägt als in der niedrigsten. Dies ist dadurch zu erklären, dass die besser mit P versorgten Gruppen in der ersten Versuchswoche mehr zunahmen und somit früher den Bereich der maximalen Wachstumsgeschwindigkeit überschritten als die Tiere, die nur 0,10 % P erhielten. Die relativ hohen Zunahmen bei den niedrigsten Ca- und P- Konzentrationen in der zweiten Versuchswoche (Tab. 27) können als Kompensation für die geringen Zunahmen in der vorhergehenden Periode angesehen werden. Die höhere Futteraufnahme in den Rationen mit hohen P- Konzentrationen führte zu einer deutlichen Differenzierung in der P- Aufnahme zwischen den P- Stufen. Mit dem Anstieg der P-Aufnahme stiegen auch die P-Ausscheidungen an, und die P- Bilanz verschlechterte sich deutlich (Tab. 28). Diese Tendenz wurde auch von ALFOTEIH und BESSEI (2007) festgestellt. Nach MCNAB und BOORMAN (2002) ist eine Steigerung in der P-Zufuhr mit einer Steigerung P- Exkretion über die Nieren assoziiert. Als Folge nimmt die P-Ausscheidung mit dem Exkrement zu. Bei einem P- Defizit wird dagegen die Re- Absorption von P in den Nieren stimuliert. Dadurch wird die P- Ausscheidung verringert. Das Ergebnis, wonach die P- Bilanz im vorliegenden Versuch gegenüber den Versuchen von ALFOTEIH und BESSEI (2007) mit ähnlichen P- und Ca- Gehalten niedriger war, ist darauf zurückzuführen, dass die Tiere im vorliegenden Versuch um zwei Wochen älter waren. Das Ergebnis, wonach der Ca- Gehalt keinen Effekt auf die Tibia gebracht hat, lässt sich dadurch erklären, dass bereit das niedrigste Ca- Gehalt mit 2,40 % über dem Bedarf liegt.

Tiere mit einer niedrigen P- Versorgung (0,10 %; Tab. 30) zeigten schwerere Tibiagewichte im Vergleich zu den anderen Gruppen. Allerdings konnte bei einer steigenden P-Versorgung von 0,20 % bis zu 0,30 % keine Effekte gefunden werden. Die Ca- Versorgungslage hat ebenso keinen deutlichen Effekt auf das Tibiagewicht. Tiere haben mit solch einer Ca-Versorgung bereits ihren Bedarf für den Knochenaufbau gedeckt und somit hat eine Änderung in der Ca- Versorgung keinen Effekt. Tiere reagierten im Gegenteil dazu auf eine

steigende P- Versorgung von 0,10 bis zu 0,20 %. Das deutet darauf hin, dass der P-Bedarf für optimalen Knochenaufbau in diesem Bereich liegen kann.

KAMBERI (2008) berichtet, dass der Aschegehalt der Tibiaknochen empfindlicher auf Veränderungen in der Ca- und P- Konzentration in der Ration reagierten als der P oder Ca-Gehalt. Im vorliegenden Versuch reagierte der Aschegehalt in den Gruppenmittelwerten auf steigende Ca- Konzentrationen, jedoch nicht auf die steigenden P- Gehalte des Futters (Tab. 31). Der Grund liegt darin, dass das Experiment bei KAMBERI im Alter von 7-35 Lebenstag durchgeführt wurde. Im diesem Alter erreichen die Tiere die höchste Wachstumsrate des Skeletts. Hingegen wurde das vorliegende Experiment im Alter von 36-49 Lebenstagen durchgeführt. In diesem Alterabschnitt war das Skelett bereits weitgehend aufgebaut und zeigte eine geringe Sensitivität auf Änderung in der Ca- oder P- Zufuhr.

Aus der sich andeutenden Ca x P- Interaktion geht jedoch hervor, dass eine deutliche Reaktion auf steigende Ca- Gehalte bei der geringsten P-Stufe, und eine Reaktion auf steigende P- Gehalte bei der höchsten Ca- Stufe vorhanden war. Das gleiche gilt für den Ca- und den P- Gehalt der Knochen. Auch hier nahmen die Gehalte mit zunehmender Ca- Zulage bei der geringsten P- Konzentration ab, und bei steigender P- Konzentration war die Zunahme bei der höchsten Ca- Stufe klar ausgeprägt. In dieser Beziehung waren sowohl Aschegehalt als auch P- und Ca- Gehalte in ihrer Reaktion konsistent. Entscheidend für die Knochenbildung ist offensichtlich die Menge an verfügbarem P. SHAFEY et al. (1990) dokumentierte, dass der Anstieg in der Ca- Versorgung zur Verminderung der Ca- und P-Gehalte in der Tibia führt. Das stimmt mit den vorliegenden Ergebnissen überein, da mit steigender Ca- Versorgung die Gehalte von Ca und P in der Tibia abnahmen. Der Bedarf für die Knochenbildung – legt man als Maß eine optimale P- Einlagerung zugrunde – liegt demnach wesentlich höher als der für Wachstum. Dies stimmt mit Ergebnissen von YAN et al. (2001) und DIECKMANN (2005) überein. Nach YAN et al. (2001) lag die optimale P-Konzentration in Broilerfutter für die Knochenbildung bei 3,30 g/kg, für das Wachstum bei 1,9 g/kg und für die Futterverwertung bei 1,60 g/kg. Auch nach PAIK et al. (2000) und LIM et al. (2001) war der P- Gehalt der Tibia bei Unterversorgung von Broilern geringer als bei Versorgung nach NRC.

computertomographischen Messungen wurden im Zusammenhang mit der P-Versorgung beim Geflügel bisher nicht durchgeführt. Es fehlen deshalb Vergleichswerte aus der Literatur. Die Messung basiert auf einer räumlichen Erfassung der Dichte, wobei reiner Hydroxylapatit als Referenz herangezogen wird. Eine Dichte über 700 mg/cm³ wird als Corticalis definiert.

Aus den Pixeln, die oberhalb dieses Schwellenwertes liegen, werden Fläche und Form der Corticalis bestimmt. Die Vergrößerung der Gesamtknochenfläche und der Corticalsfläche beim Anstieg der Ca- Konzentration im Futter ist offensichtlich auf die erhöhte Körpermasse der Tiere in diesem Bereich zurückführen. Die Knochendichte wurde zwar von keinem Versuchsfaktor signifikant beeinflusst, jedoch zeigte sich sowohl in der Gesamtdichte als auch in der Corticalisdichte eine deutliche Erhöhung mit zunehmender P- Konzentration (Tab. 29). Die höheren Dichtewerte des Gesamtknochens und der Corticalis können als Ursache für das signifikant verbesserte Flächenträgheitsmoment bei der höchsten P- Stufe angesehen werden. Die Knochendichte und- stabilität bestätigt somit die Bedeutung der höheren P-Konzentrationen für die Knochenbildung.

Das Ergebnis, wonach der P- Bedarf für die Knochenbildung höher liegt als für das Wachstum wirft die Frage auf, ob bei einer P- Versorgung, die zwar optimales Wachstum erlaubt, aber Defizite in der Knochenbildung aufweist, mit gesundheitlichen Problemen verbunden ist.

Ein negativer Einfluss extremer Ca: P- Verhältnisse wurde von HÄRTEL (1989) an Legehennen demonstriert. Bei geringen P- und hohen Ca- Gehalten im Futter wurde nicht nur ein Rückgang der Leistung, sondern auch eine Erhöhung der Mortalität beobachtet. Im Gegensatz dazu wurde weder in den vorliegenden Versuchen, noch in Versuchen von ALFOTEIH und BESSEI (2007) oder KAMBERI (2008), in welchen extrem hohe Ca:P-Verhältnisse verbunden mit sehr geringen P-Konzentrationen im Futter eingesetzt wurden, gesundheitliche Probleme oder eine erhöhte Mortalität in Abhängigkeit von der P-Versorgung festgestellt. Auch DIECKMANN (2005) konnte in den Versuchgruppen mit geringen P- Konzentrationen und weiten Ca: P- Verhältnissen keine gesundheitlichen Probleme bei Broilern feststellen. Offensichtlich sind Wachteln in der Lage, bei suboptimaler P- Versorgung in der Jugendphase die P- Versorgung für die Erhaltung und für Wachstum zu lasten eines reduzierten Knochenaufbaus zu sichern. Die geprüften Kriterien zur Einschätzung der P- Verwertung des Geflügels lassen eine unterschiedliche Sensitivität erkennen. Im Gegenteil zu Knochenfestigkeit, die für Bestimmung des P- Bedarfs wenig geeignet ist, erlauben die Bestimmung des P- Gehaltes in Knochen sowie die Analyse der Knochenasche eine relative sichere Beurteilung der tatsächlichen P- Versorgung

9.5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden der Einfluss extremer Ca: P- Verhältnisse auf Wachstum, Knochenmerkmale und P- Verwertung geprüft. Insgesamt 72 männlichen Wachteln einer Mastherkunft wurden die Kombinationen von je 3 verschiedenen P-Stufen (0,10; 0,20; und 0,30 %) mit drei verschiedenen Ca-Stufen (2,40; 2,80 und 3,30 %) gefüttert. Jede Behandlungumfasste somit 8 Wiederholungen. In der Vorfütterungs- und Bilanzperiode wurden Lebendmassse, Zunahme und Futteraufnahme gemessen. Die P- Verwertung wurde auf Grund der Differenz der P- Aufnahme über das Futter und die P- Ausscheidung über den Kot errechnet. Die Versuche wurden mit Hilfe einer zweifaktoriellen Varianzanalyse ausgewertet. Bei signifikanten F- Werten wurden Unterschiede zwischen den Mittelwerten mit Hilfe des multiplen t- Tests auf Signifikanz geprüft. Die Fütterung der Versuchsration begann in der vierten Lebenswoche. Die Bilanzperiode erstreckte sich über die nächsten 3 Wochen, von der 5. bis einschließlich 7. Lebenswoche. Am Ende des Versuchs wurden die Tibiaknochen entnommen und sowohl chemisch als auch computertomographisch analysiert. Die Ca- Gehalte zeigten keine Effekte auf Zunahme, Futteraufnahme, P- Aufnahme, P- Ausscheidung und P- Verwertung. Derweil zeigten die P- Gehalte einen signifikanten Einfluss auf das Futterverbrauch, P- Aufnahme, P- Ausscheidung und P- Verwertung. Die P- Verwertung sank mit steigendem P- Gehalt im Futter signifikant ab. Das Flächenträgheitsmoment (SSI) der Tibiaknochen wurde bei der höchsten P- Versorgungsgruppe gefunden. Der Anstieg in der Ca- Versorgung verbesserte dagegen die Gesamtfläche und Corticalsfläche der Tibia. Es wurde aßerdem keine Gesundheitsprobleme oder eine erhöhte Mortalität in Abhängigkeit von der P- Versorgung festgestellt.

Stichworte: Ca: P- Verhältnisse, Knochenmerkmale, P- Verwertung, Wachtel

9.6 Literatur

ALFOTEIH, Y., and W. BESSEI, 2007: Calcium – Phosphorus contents: The effect of extreme Ca: P ratios on growth rate, feed intake, mortality and P- utilization in Japanese quail (Coturnix Jap.). The 16th European symposium on poultry nutrition. Strasbourg-France. Proceedings book, 92.

DÄNNER, E., und W. BESSEI, 2001: Entwicklung einer Grundration zur Durchführung von Phosphor- Differenzversuchen beim wachsenden Geflügel. Arch. Geflügelkde. **66**, 46-48.

DÄNNER, E., and W. BESSEI, 2002: Effect of a change in the phosphorus on the supply on the phosphorus excretion in growing poultry. Proc. Soc. Nutr. Physiol.**11**, 50.

DIECKMANN, A., 2005: Beiträge zur Optimierung der Phosphorversorgung von wachsenden Broilern. Dissertation, Aus dem Institut für Ernährungswissenschaften der Landwirtschaftlichen Fakultät. Martin- Luther- Universität. Halle- Wittenberg

FANGAUF, H., R. VOGT, und W. PENNER, 1961: Studies of Ca tolerance in chickens. Arch. Geflügelkde.**25**, 82-86.

HÄRTEL, H., 1989: Evaluation of the dietary interaction of calcium and phosphorus in the high producing laying hen. Brit. Poult. Sci. **31**, 473-495.

HENNIG, F., 1984: Handbuch der praktischen Fütterung von Rind, Schaf, Pferd, Schwein, Geflügel und Süßwasserfischen. BLV Verlagsgesellschaft, München. Deutschland.

HURWITZ, S., D. DUROV, U. BISNER, G. RISEFRELD, and A.BAR, 1978: Phosphate absorption and excretion in the young turkey as influenced by calcium intake. J. Nutr. **108:**1329-1336.

JMP, 2005: JMP start statistics, a guide to statistics and Data Analysis Using JMP® and JMP IN® Software, Version 5, third Edition. SAS Inst Inc.USA.

KAMBERI, M., 2008: The effect of different calcium and available phosphorus levels on body and production parameters of Japanese quail. Thesis, the faculty of agriculture and veterinary- university of Prishtina

LARBIER, M., and B. LECLERCQ, 1992: Nutrition and feeding of poultry. Nottigham. University Press. Nottingham.

LIM, S., H. NAMKURG, S. UM, R. KANG, S. KIM, and I. PAIK, 2001: The effect of phytase supplementation on the performance of broiler chickens fed diets with different levels of non- phytate phosphorus. Asian Aust. J. of Anim. Sci. **14**:250-257.

MCNAB, M. J., and K. N. BOORMAN, 2002: Poultry Feedstuffs: supply, Composition and Nutritive Value, Poultry Science Symposium Series Vol. 26. CAB International. London. UK.

MCDOWELL, L., 2003: Minerals in animal and human nutrition, Second edition: Elsevier Science B.V. AE Amsterdam, The Netherlands.

MCDONALD, W., and A. SOLVYNS, 1964: Dietary Ca levels and chicken growth. Australian Poul. Sci. Sharp and Dohme, News, pp. 112-116.

NAUMANN, C., und R. BASSLER, 1976: Methodenbuch, Band III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchung- und Forschungsanstalten, VDLUFA- Verlag. Darmstadt, Deutschland.

(NRC) National Research Council, 1994: Nutrient Requirements of Poultry, 9th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.

PAIK, K., S. UM, J. LEE, und G. LEE, 2000: Evaluation of the efficacy of crude phytase preparations in broiler chickens. Asian Aust. J. of Anim. Sci. 13:673-680.

RAMA RAO, V., M. RAJU, M . REDDY and P. PAVANI, 2006: Interaction between dietary calcium and non-phytate phosphorus levels on growth, bone mineralization and mineral excretion in commercial broilers J. of Anim Feed Sci. and Technology. **131**: 135 - 150

REINERS, C., 1992: Quantitative Bestimmung der Knochenmasse: Heutiger Stnad der Methode. Medizinisch- Orthopädische Technik. **122**: 138-146.

SHAFEY, M., 1993: Calcium tolerance of growing chickens: effect of ratio of dietary calcium to available phosphorus. Poult. Sci. **49**: 5-18.

SHAFEY, M., W. MCDONALD, and R. PYM, 1990: Effects of dietary Ca, AP and vitamin D on growth rate, food utilization, plasma and bone constituents and Ca and phosphorus retention of commercial broiler strains. Brit. Poult. Sci. **31**, 587-602.

SCHNEIDER, P., und W. BÖNER, 1991: Periphere quantitative Computertomographie zur Knochenmineralmessung mit einem neuen speziellen QCT- Scanner. Fortschritt Röntgenstrahlung. **154**: 292-299.

WALDROUP, W., H. KRESEY, A. SALEH, A. FRITIS, F. YAN, L. STILBORN, C. CRUM, and V. RABOY, 2000: Nonphytate phosphorus requirement and phosphorus excretion of broiler chicks fed diets composed of normal or high available phosphate corn with and without microbial phytase. Poult. Sci. **79**: 1451-1459.

YAN, F., H. KRESEY, and W. WALDROUP, 2001: Phosphorus requirement of broiler chicks three to six weeks of age as influenced by phytase supplementation. Poult. Sci. **80**: 455-459.

Tabelle 26: Analysierte Nährstoffgehalte der Versuchsrationen in (%TS)

Behandlungen	Eiweiß %	Fett %	Asche %	Rohfaser %	NFE %	Zucker %	Stärke %	Ca %	P %	MJ WPSA
Grundration (GR)	27,1	7,27	1,75	2,03	52,8	11,1	34,1	0,200	0,080	13,1
1	25,2	6,45	10,6	2,09	48,5	12,1	30,8	2,43	0,110	12,8
2	26,3	6,12	12,3	2,53	45,8	11,7	30,4	2,79	0,110	12,8
3	24,9	6,48	13,2	2,06	46,4	11,4	30,2	3,28	0,100	12,6
4	25,3	6,54	10,50	2,61	47,1	11,6	30,1	2,42	0,220	12,8
5	24,6	6,56	11,6	2,11	48,2	11,5	31,1	2,78	0,200	12,7
6	21,4	6,31	13,2	1,99	50,4	11,1	30,9	3,29	0,200	12,1
7	25,5	6,56	10,94	2,02	48,1	12,3	31,2	2,39	0,310	13,0
8	25,1	6,46	12,14	2,31	47,2	11,4	30,8	2,78	0,310	12,7
9	24,5	6,37	13,53	2,13	46,8	11,1	30,6	3,26	0,320	12,5

Tabelle 27: Mittelwerte der Lebendmasse (LM) in g und Zunahme (ZN) in g in Abhängigkeit von Ca- und P-Gehalt der Rationen, sowie Ergebnisse der Varianzanalyse in der 1, 2 und 3 Versuchswoche (Die erste Versuchswoche entspricht der 5. Lebenswoche)

Behandlungen	**Ca und P-Gehalte in %**	**LM 1.W**	**LM 2.W**	**LM 3.W**	**ZN 1.W**	**ZN 2.W**	**ZN 3.W**
Ca	**2,40**	**209 [b]**	**241**	**250**	**26,2**	**32,7**	**8,80**
	2,80	**226 [a]**	**254**	**265**	**32,1**	**27,7**	**10,80**
	3,30	**215 [b]**	**245**	**256**	**30,2**	**29,8**	**11,0**
P	**0,10**	**207 [b]**	**238 [b]**	**251**	**24,8[b]**	**31,0**	**13,1[a]**
	0,20	**220 [a]**	**249[ab]**	**257**	**30,6[a]**	**28,4**	**8,40[b]**
	0,30	**222[a]**	**253[a]**	**261**	**33,1[a]**	**29,8**	**8,70[b]**
Total		**217**	**247**	**257**	**29,5**	**30,1**	**10,1**
Variationsursache		**F-Werte**					
Ca		**6,28 ****	**2,69 n.s.**	**3,09 n.s.**	**2,20 n.s.**	**1,44 n.s**	**0,880 n.s.**
P		**5,08 ****	**3,67 ***	**1,32 n.s.**	**4,59***	**0,489 n.s.**	**3,44 ***
Ca x P		**3,75 ****	**1,57 n.s.**	**1,82 n.s.**	**1,10 n.s.**	**1,41 n.s.**	**1,51 n.s.**

Tabelle 28: Mittelwerte von Futterverbrauch (FV) in g, P- Aufnahme in g, P- Ausscheidung in g und P- Bilanz in % in Abhängigkeit von Ca und P- Gehalt der Rationen, sowie die Ergebnisse der Varianzanalyse für die gesamte Bilanzperiode (3 Wochen)

Behandlungen Ca und P-Gehalte in %		**FV g**	**P- Aufnahme g**	**P- Ausscheidung g**	**P- Bilanz %**
Ca	**2,40**	**681,6**	**1,24**	**1,08**	**18,18**
	2,80	**614,5**	**1,27**	**1,09**	**17,72**
	3,30	**624,5**	**1,31**	**1,09**	**21,97**
P	**0,10**	**583,2^{b}**	**0,610^{c}**	**0,370^{c}**	**37,41^{a}**
	0,20	**606,9^{ab}**	**1,25^{b}**	**1,09^{b}**	**12,24^{b}**
	0,30	**630,9^{a}**	**1,96^{a}**	**1,78^{a}**	**8,23^{b}**
Total		**623,6**	**1,27**	**1,08**	**19,29**
Variationsursache		**F-Werte**			
Ca		**2,18 n.s.**	**1,33 n.s.**	**0,066 n.s.**	**2,17 n.s.**
P		**3,49 ***	**530*****	**520*****	**99,9*****
Ca x P		**1,55 n.s.**	**4,64****	**2,01 n.s.**	**1,75 n.s.**

Tabelle 29: Mittelwerte der computertomographischen Merkmale der tibia, sowie die Ergebnisse der Varianzanalyse im Abhängigkeit von Ca- und P-Gehalt der Rationen

Behandlungen **Ca und P-Gehalte in %**		**Gesamtfläche (mm^2)**	**Gesamtdichte (mg/cm^3)**	**Corticalsfläche (mm^2)**	**Corticalisdichte (mg/cm^3)**	**Flächenträgheitsmoment (mm^3)**
Ca	**2,40**	**8,86[b]**	**683**	**4,88[b]**	**1028**	**4,71**
	2,80	**9,56[a]**	**664**	**5,27[a]**	**1016**	**5,20**
	3,30	**9,55[a]**	**677**	**5,26[a]**	**1020**	**5,19**
P	**0,10**	**9,31**	**653**	**5,12**	**1002**	**4,85[b]**
	0,20	**9,07**	**673**	**5,00**	**1024**	**4,84[b]**
	0,30	**9,58**	**698**	**5,26**	**1038**	**5,40[a]**
Total		**9,32**	**675**	**5,13**	**1021**	**4,98**
Variationsursache		**F-Werte**				
Ca		**3,68***	**0,570 n.s.**	**3,57***	**0,290 n.s.**	**2,98 n.s.**
P		**1,45 n.s.**	**2,65 n.s.**	**1,48 n.s.**	**2,00 n.s.**	**3,83***
Ca x P		**1,47 n.s.**	**1,43 n.s.**	**1,31 n.s.**	**1,61 n.s.**	**0,520 n.s.**

Tabelle 30: Mittelwerte des Tibiagewichts in % des Tiergewichts in Abhängigkeit von Ca und P-Gehalt in der Ration

P	**Ca**			
	2,40	**2,80**	**3,30**	**Durchschnitt**
0,10	0,389	0,387	0,388	0,388
0,20	0,376	0,359	0,337	0,357
0,30	0,347	0,361	0,363	0,357
Durchschnitt	0,370	0,369	0,362	0,367

Tabelle 31: Mittelwerte des Asche- Gehalts in % in der TS in verschieden Gruppen in Abhängigkeit von Ca und P- Gehalt in der Ration

P	**Ca**			
	2,40	**2,80**	**3,30**	**Durchschnitt**
0,10	52,7	46,0	43,6	47,4
0,20	49,4	48,9	44,4	47,6
0,30	46,8	46,1	49,6	47,5
Durchschnitt	49,6	47,06	45,9	47,5

Tabelle 32: Mittelwerte des Ca Gehalts in % des TS in Abhängigkeit von Ca und P- Gehalt in der Ration

P	**Ca**			
	2,4	**2,8**	**3,3**	**Durchschnitt**
0,10	18,9	17,9	16,1	17,6
0,20	17,4	17,2	16,3	17,0
0,30	17,0	16,00	17,4	16,8
Durchschnitt	17,8	17,0	16,5	17,1

Tabelle 33: Mittelwerte des P Gehalts in % des TS in Abhängigkeit von Ca und P- Gehalt

P	Ca			
	2,4	**2,8**	**3,3**	**Durchschnitt**
0,10	8,59	7,50	6,95	7,68
0,20	8,21	7,50	7,74	8,06
0,30	8,05	7,88	8,51	8,14
Durchschnitt	8,29	7,87	7,73	7,96

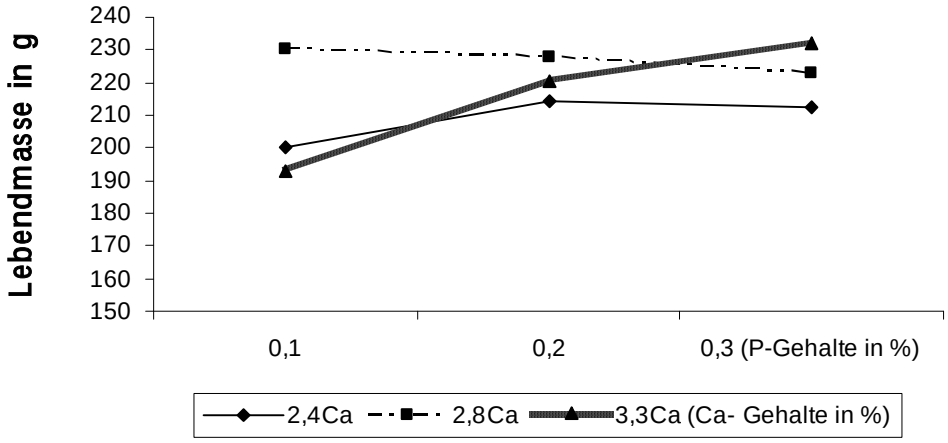

Abbildung 2: Ca x P- Interaktion der Lebendmasse in der erste Versuchswoche

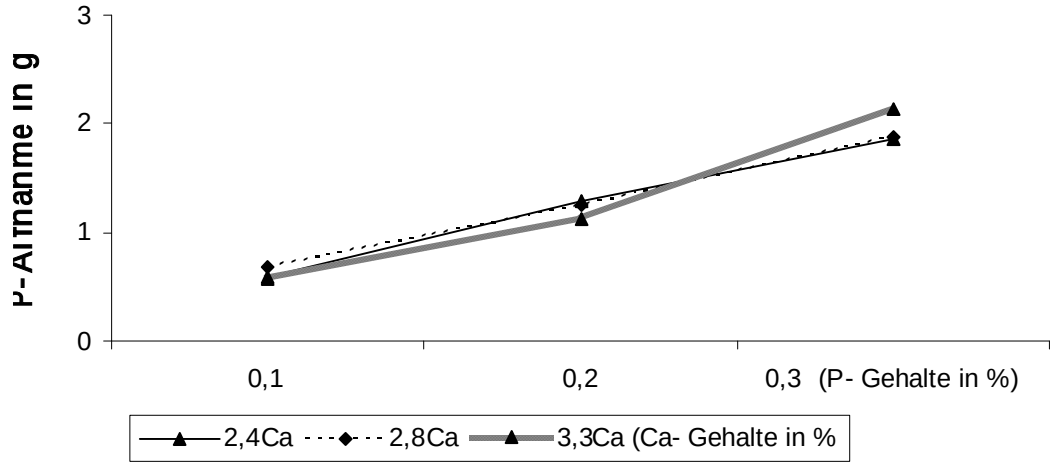

Abbildung 3: Ca x P- Interaktion der P- Aufnahme über die gesamte Bilanzperiode

10 ZUSAMMENFASSUNG

Obwohl über den Stoffwechsel und den Bedarf von Phosphor (P) beim Geflügel eine Vielzahl von Untersuchungen vorliegt, bestehen erhebliche Unsicherheiten über die Verwertung des P aus mineralischen und organischen Quellen. Fehlendes Wissen und ungenaue Angaben über die Verwertung von P hatten über lange Zeit keine Konsequenzen für die Praxis, da die P-Gehalte im Futter in der Regel über dem tatsächlichen Bedarf lagen. Erst als die Ausscheidung von P über die Exkremente des Geflügels als Umweltbelastung erkannt wurde, und die Geflügelproduzenten gezwungen waren, die P- Gehalte dem Bedarf anzupassen, erhielt die exakte Schätzungen der P- Verwertung eine besondere Bedeutung.

In einer Serie von Versuchen wurde die Verwertung von P aus unterschiedlichen organischen und anorganischen Quellen bei der Japanischen Wachtel (Coturnix japonica) als Modelltier untersucht. Die Versuche wurden weitgehend nach dem gleichen Versuchsplan durchgeführt. Als Versuchtiere standen Tiere einer französischen Mastlinie zur Verfügung. Die Küken wurden an der Versuchsstation erbrütet und mit einem Starterfutter bis zur dritten Lebenswoche aufgezogen. Es folgte eine Bilanzperiode, der jeweils eine einwöchige Vorfütterungsperiode vorausging. Die Testkomponenten wurden einer P- armen Grundration zugemischt, die alle wichtigen Nährstoffe für wachsende Wachteln, mit Ausnahme von P und Ca enthielt. Die P- Verwertung wurde aus der Bilanz der P- Aufnahme und der P-Ausscheidung errechnet. In allen Versuchen wurde auch die P- Verwertung der Grundration mit berücksichtigt. Aus dem Verhältnis der P- Verwertung aus der Grundration und der Testration wurde die partielle Verwertung der Testkomponenten bestimmt.

Es wurden insgesamt 6 Versuche durchgeführt. Im Versuch A1 wurde die Verfügbarkeit des P aus Sommergerste und Sommerhafer sowie aus der an der Versuchsstation üblichen Standardration geprüft. Im Versuch A2 wurden Winterweizen, Wintergerste, und Mais sowie die mineralischen P- Quellen Monocalciumphosphat (MCP), Dicalciumphosphat (DCP) und Mononatriumphosphat (MNP) untersucht. Im Versuch A3 wurden Mischungen aus ausgewählten Einzelkomponenten (MCP+DCP, MCP+MNP, MCP+Mais, Weizen+Gerste und Weizen+Mais) geprüft. Bei der Formulierung der Versuchsrationen wurde ein Gesamt-P- Gehalt im Bereich von 2 bis 3g/kg, beim Ca- Gehalt ein Bereich von 3 bis 5g/kg angestrebt. Das Ca: P Verhältnis sollte nicht weiter als 2:1 sein. Die Zulage der Getreidearten betrug 60,0 bis 66,0 %. Futterkalk und Natriumbikarbonat wurden als Ausgleichstoffe eingesetzt.

Im Versuch A1 wurden keine signifikanten Unterschiede in den Zunahmen zwischen den verschiedenen Versuchsrationen festgestellt. Die P-Verwertung in der Grundration lag mit 66,6 % am höchsten. Es folgten Gerste und Hafer mit 33,3 und 20,8 %. Die geringste P-Bilanz wurde mit 7,87 % bei Standardration gefunden. Die partielle P-Verfügbarkeit für Gerste lag bei 29 die des Hafers bei 15,4 %. Im Versuch A2 lag die P-Bilanz der Grundration bei 94 % und hob sich damit deutlich von den anderen Rationen ab. Die besten Bilanzen in den Testrationen wurden in den Gruppen mit Weizen und Mais mit 60 und 66 % erreicht. Die Gruppe mit Gerste nahm mit 34 % den niedrigsten Wert ein. Die anderen Gruppen lagen im Bereich von 47 bis 53 %. Die partielle P- Verwertung in den Testkomponenten lag auf einem niedrigeren Niveau als die P-Verwertung in der gesamten Testration. Die partielle P-Verwertung der Gruppen MCP, DCP, MNP lag bei 34,4; 33,6 und 37,6 %. Die P- Verwertung aus den organischen P- Quellen Weizen, Gerste und Mais lag bei 55,1; 27,4 und 61,5 %. Im Versuch A3 lag die P- Verwertung in der Grundration mit 69 % nicht wesentlich höher als in den Testrationen. Hier wies die Futtergruppe mit MCP+MNP mit 76 % den höchsten und die Futtergruppe mit Weizen+Gerste mit 53 % und MCP+Mais mit 50 % die geringsten Werte auf. Die partielle P- Verwertungen wiesen die gleiche Reihenfolge wie die Verwertung der gesamten Testrationen auf. Die höchste partielle P- Verwertung wurde in der Gruppe MCP+ MNP mit 78,1 % gefunden, die Gruppe MCP+Mais wies mit 46,9 % den geringsten Wert auf.

In drei weiteren Versuchen (Versuche B1, B2 und B3) wurde der Effekt von extremen Ca: P Verhältnissen auf die P- Verwertung und Wachstum sowie verschiedene Knochenmerkmale untersucht. Im Versuch B1 wurden vier Ca- Stufen (0,80; 1,20; 1,60 und 2,20 %) mit 3 P-Stufen (0,30; 0,45; 0,60 %) kombiniert. Versuch B2 enthielt 3 Ca- Stufen auf einem höheren Niveau als in Versuch 4 (2,60; 3,00; 3,30 %) und 3 P- Stufen auf einem geringeren Niveau (0,10; 0,20; 0,30 %) als in Versuch B1. Der Versuch B3 wurde mit den gleichen Ca- und P-Konzentrationen durchgeführt, allerdings wurde hier die Bilanzperiode von einer auf drei Wochen verlängert. Neben einer chemischen Analyse der Tibiaknochen wurden auch computertomographischen Analysen durchgeführt.

In den Versuchen B1 und B2 zeigten die P- und Ca- Gehalte keine konsistenten Effekte auf Futteraufnahme, Zunahme, Futterverwertung und Mortalität. Die P- Verwertung sank mit steigendem P- Gehalt im Futter signifikant ab. Die Ca x P- Interaktion war für die P-Verwertung nur in Versuch B1 signifikant. In der verlängerten Bilanzperiode im Versuch B3 zeigten sowohl die Ca- und P- Gehalte als auch die Ca x P- Interaktion in der ersten Versuchswoche signifikante Effekte auf die Lebendmasse. Ab der zweiten Versuchswoche wurden die Effekte jedoch geringer und sanken unter die Signifikanzschwelle. Die P-

Verwertung wurde nur von der P- Konzentration beeinflusst. Diese sank mit zunehmender P-Konzentration ab. Bei den Knochenparametern zeichnete sich die Tendenz ab, wonach bei der geringsten Ca- und P- Konzentration die höchsten Knochengewichte, und die höchsten Asche- Ca- und P- Gehalte vorhanden waren. Der Anstieg in der Ca- Versorgung verbesserte Gesamtfläche und die Corticalisfläche der Tibia. Allerdings war das Flächenträgheitsmoment (SSI) als Maß für die Stabilität der Tibia bei der höchsten P- Zulage am besten.

Insgesamt zeigen die vorliegenden Ergebnisse, dass die Verwertbarkeit von P sowohl bei den mineralischen als auch bei den pflanzlichen P- Trägern eine hohe Variabilität aufweist. Die Verwertung aus den mineralischen P- Trägern lag unterhalb, die aus den pflanzlichen P-Trägern oberhalb der erwarteten Werte. In Kombinationen von P- Trägern, die in ihrer Verwertung als Einzelkomponenten stark divergierten, lag die Verwertung der Mischung im Bereich der Mittelwerte der Einzelkomponenten. Die P- Aufnahme hatte einen großen Einfluss auf die P- Verwertung. Dies weist darauf hin, dass trotz der geringen P- Gehalte in den Testrationen der Bedarf an P bereits gedeckt oder überschritten war. Die derzeitigen Empfehlungen für die P- Versorgung bei der Wachtel bedürfen somit dringend einer Anpassung. Sollen Wachteln weiterhin als Modelltiere für wachsendes Geflügel genutzt werden, müssen entweder die P- Gehalte in der Ration drastisch abgesenkt, oder die Tests in einem früheren Altersabschnitt durchgeführt werden. Der geringe P-Bedarf erklärt auch die geringe Reaktion der Futteraufnahme und des Wachstums der Tiere auf extreme Ca:P-Verhältnisse. Bei den Knochenmerkmalen konnten auch in den späteren Wachstumsabschnitten noch Anzeichen für eine suboptimale P- Versorgung bei extremen Ca: P-Verhältnissen gefunden werden. Der P- Bedarf für die Knochenbildung liegt offensichtlich höher als für das Wachstum. Dies wirft die Frage auf, ob das Wachstum oder die optimale Knochenbildung als Maßstab für die P- Versorgung herangezogen werden soll.

11 SUMMARY

Although there are plenty of studies concerning the metabolism and requirement of phosphorous (P) in poultry, the availability of P from organic and inorganic sources has still to be elucidated. Lacking knowledge on the availability of P has not caused problems in the past since commercial diets have been supplemented with P levels far above the requirement. Only when the excretion of P has been recognized as a source of environmental pollution, and poultry producers were forced to reduce P supplementation in the diet according to the requirement, need more of accurate information on the availability of P has stimulated research in this field. A series of experiments on the utilization of P from different organic and inorganic sources has been carried out using Japanese quail as a model for other poultry species. In addition, the role of the Ca: P ratio on the availability of P was investigated.

A total of 6 experiments have been carried out. All experiments were carried out using almost the same methodology. Chicks of a commercial fast growing line of Japanese quail of french origin were hatched at the research station of the University of Hoheheheim and reared up to 3 weeks under standard conditions using a starter diet. Starting from week four, the birds were fed the experimental diets and data for the P-balance were collected for 7 consecutive days (fifth week of age). The components to be tested were added to a basal diet containing all nutrients with the exception of Ca and P. The utilization of P was calculated as difference between P intake and P excretion. The basal diet without supplementation of test-components was included in experiments since P utilization of the basal diet was needed to calculate the partial utilization of P from the test-components.

In experiment A1 the utilization of P from summer barley and oats was tested. In Experiment A2 experimental diets comprised three different sources of P, each of plant origin (winter wheat, winter barley and maize) and of inorganic sources mono-calcium phosphate (MCP), di-calcium phosphate (DCP) and mono-sodium phosphate (MNP) were used. Mixtures of P sources tested in experiment A3 (MCP+DCP, MCP+MNP, MCP+maize, Wheat+ barley and wheat+ maize) were examined in experiment A3. The P level in the experimental diets was adjusted to a range of 2 to 3 g/kg and the Ca-level to 3 to 5 g/kg. The Ca:P ratio was restricted to a maximum of 2:1. The supplementation of the different types of grain to the diets was 60.0 to 66.0 %. Calcium carbonate (CaCo3) and sodium bicarbonate (NaHCo3) were used to supplement Ca. The result showed that, there was no significant difference among the experimental diets on weight gain of the birds. P utilization was highest in the basal diet (66.6

%) followed by barley and oats (33.3 and 20.8 % respectively), while the standard diet showed the lowest utilization (7.87 %). In experiment A2 the utilization of P of the basal diet (94 %) was significantly higher than of all other P-sources wheat (60 %), maize (66 %), while diet supplemented with barley showed the lowest value (34 %) and the other sources an intermediate position between 47 and 53 %. The partial utilization was somewhat lower than the overall utilization in all diets. In experiment A3 the utilization of P of the basal diet was 69 % and did not significantly differ from the other diets. The combination MCP+MNP showed the highest utilization (76 %), followed by wheat+barley (53 %) and MCP+maize (50 %). The partial utilization showed the similar values as the overall utilization.

The three following experiments (B1, B2 und B3) dealt with the effects of different Ca: P ratios on the utilization of P, feed intake, growth rate and selected bone criteria. Four different Ca levels (0.80; 1.20; 1.60 and 2.20 %) were combined with three P levels (0.30; 0.45 and 0.60 %) in experiment B1. During Experiment B2, experimental diets contained three Ca concentrations at levels higher than in experiment B1 (2.60; 3.00 and 3.30 %) and three P concentrations at levels lower than in B1 (0.10; 0.20 and 0.30 %). Experiment B3 was conducted with the same Ca and P concentrations as in experiment B2, but the duration of the balance period was extended from 1 to 3 weeks. In addition of the P utilization and growth rate Ca and P contents of the tibia bones was analyzed and some bone characteristics were measured by computer tomography.

In experiments B1 and B2 neither the P nor the Ca concentration showed a consistent effect on feed intake, growth rate, feed conversion or mortality. The P utilization decreased with increasing P concentration and P intake. The effect of the Ca: P interaction on P utilization was only significant in experiment B1. In the extended balance period in experiment B3, the effects of Ca and P concentration as well as their interaction was significant for body weight in the first week of the experiment. From the second week onwards the effects of the sources of variance decreased and fell under the level of significance. The P utilization was only influenced by the P concentration. As in the previous experiments P utilization decreased with increasing P concentration. Bone characteristics showed tendencial response to Ca and P concentration, whereby with the lowest concentrations of Ca and P in the diet, the highest bone weight, ach content, Ca and P content was found. Elevating Ca supply meliorated the total area and cortical area of the tibia. However, the better tibia quality based on evaluating the Strain Strength Index (SSI) as a criterion for the stability of bone was found in groups fed diets with the highest level of P. The results of these experiments showed that there is an obvious variation in the availability of P from the organic and mineral resources. The utilized

P value from mineral resources was underestimated, while the utilized P value from organic resources overestimated. The P utilization of the combinations of different P sources which diverged in their P utilization showed intermediate values. The P concentrations of the diets and the P intake were the main influencing factors on P utilization. This result pointed out that the birds were capable to cover their requirements from P through the diets, although the P contents in the diets were low. The P contents of tested diets have met already the requirement of P with quails or even exceeded. The recommendations of P supply in quail diets need to be reduced accordingly. Should quail be used as model for the study of P requirement in broilers, it is essential either to decrease the P content drastically in the diets, or to conduct the tests at earlier age. The lower requirement of P in quail from 3 weeks of age onwards explains the weak reaction of feed intake and growth rate in response to the low P concentration and to extremely high Ca: P ratios. Some bone characteristics responded to low P concentrations and high Ca: P ratios even at higher ages. This confirms previous findings that P requirement for bone building is evidently higher than the P required for growth. The question posed by this result, weather growth rate or bone characteristics should be used to determine the requirement of P in poultry.

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt und keine anderen Hilfsmittel als die angegebenen benutzt habe.
Desweiteren erkläre ich, dass noch keine vergeblichen Promotionsversuche unternommen habe.

Yassen Alfoteih

Stuttgart, den 15.05.08

Danksagung

Ich möchte allen danken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. Bessei für die Überlassung des Themas, die Diskussionsbereitschaft und vielfältige Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit.

Des Weitern danke ich Frau Heisler für ihre Hilfsbereitschaft und freundliche Unterstützung.

Mein besonderer Dank gilt an Doktoranden des Fachgebiets für Nutztierethologie und Kleintierzucht für die schöne Unterhaltung und gemeinsame Zeit. Insbesondere gilt dieser Dank Hesham, Zahid, Van Dai und Helga.

Ich möchte auch den Mitarbeitern des Fachgebiets für Nutztierethologie und Kleintierzucht danken.

Für die Liebe, Für das Verständnis und die jederzeit verlässliche Unterstützung möchte ich mich herzlich bei meiner Frau Zelal Bedanken.

An meinen Sohn Albesher, Danke Gott dass du bei mir bist!!!

Lebenslauf

Persönlich Daten

Name, Vorname : Alfoteih Yassen
Geburtsdatum: 01.03.1976
Geburtsort: Deirazzor
Staatsangehörigkeit: Syrer

Schulbildung

1981-1987 Grundschule in Deirazzor
1987-1994 Gymnasium in Dierazzor; August 1994 Abitur

Akademische Ausbildung

1994- 1999 Studium der Agrarwissenschaften; Fachrichtung Tierwissenschaften an der Aleppo Universität- Syrien.

Diplomarbeit (2000) Die Beurteilung des Ausnutzungsgrads vom Stickstoff aus Urea in einem mangels Protein- Futter bei Huhn (Sehr Gut. 79,16%)

Seit 11. 03 Wissenschaftlich Mitarbeiter bei Prof. Dr. Bessei am Fachgebiet für Nutztierethologie und Kleintierzucht (470c) der Hohenheim Universität.

Praktikum

2000- 2001 als Wissenschaftlicher Mitarbeiter an die Aleppo Universitäts- Syrien

2001-2003 als Wissenschaftlicher Mitarbeiter ans Forschungszentrum in Dierazzor- Syrien

Sprachkenntnisse

Arabisch (Muttersprache), Deutsch und English.

Stuttgart- Hohenheim, Mai. 08