

Forschungsbericht

Nr. 87

Einfluss der Düngung auf die Verdaulichkeit des Phosphors aus heimischen pflanzlichen Futtermitteln beim Schwein

Projektleitung: Prof. Dr. E. Pfeffer
Prof. Dr. M. Rodehutsord

Projektbearbeiter: Dr. M. Hovenjürgen

Institut für Tierernährung

Herausgeber: Lehr- und Forschungsschwerpunkt „Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft“, Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Endenicher Allee 15, 53115 Bonn
Tel.: 0228 – 73 2297; Fax.: 0228 – 73 1776
www.usl.uni-bonn.de

Forschungsvorhaben im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
Bonn, Juli 2002

ISSN 1610-2460

Projektleitung: Prof. Dr. E. Pfeffer
Prof. Dr. M. Rodehutschord

Projektbearbeiter: Dr. Michael Hovenjürgen

Institut für Tierernährung
Endenicher Allee 15, 53115 Bonn
Tel.: 0228 – 73 2292

Zitiervorschlag:

HOVENJÜRGEN, M., E. PFEFFER und M. RODEHUTSCORD (2002): Einfluss der Düngung auf die Verdaulichkeit des Phosphors aus heimischen pflanzlichen Futtermitteln beim Schwein. Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL, 87, 37 Seiten.

Inhaltsverzeichnis:

1	Einleitung.....	1
2	Literaturübersicht.....	2
3	Eigene Untersuchung.....	5
3.1	Zielsetzung und Versuchsplanung.....	5
3.2	Material, Methoden, Durchführung.....	6
3.2.1	Futtermischungen.....	6
3.2.2	Haltung und Fütterung der Tiere.....	8
3.2.3	Datenerfassung, Entnahme und Aufbereitung der Proben.....	9
3.2.4	Analytik.....	10
3.2.5	Berechnung der Verdaulichkeitsquotienten.....	11
3.2.6	Statistische Auswertung.....	12
3.3	Ergebnisse.....	12
4	Diskussion.....	16
4.1	Fehlerbetrachtung.....	16
4.2	Beurteilung der P-Versorgung.....	17
4.3	Bedeutung der endogenen P-Ausscheidungen im Hinblick auf die P-Verdaulichkeit der Testkomponenten.....	18
4.4	Bedeutung der Höhe des Anteils des zugelegten Phosphors am Gesamt-Phosphor.....	18
4.5	Einflüsse von Düngung und Sorte auf Phytaseaktivität, Phytat-Phosphoranteil und Phosphorverdaulichkeit.....	19
4.6	Phosphorverdaulichkeit - Zusammenhänge zu nativer Phytaseaktivität und Phytat-Phosphor-Anteil.....	20
5	Schlussfolgerungen für die Umsetzung in der Praxis.....	26
6	Zusammenfassung.....	27
7	Tabellenanhang.....	28
8	Literaturverzeichnis.....	36

Tabellen und Abbildungen:

Tabelle 1:	Literaturdaten zur Phosphorverdaulichkeit(VQ-P) nach GFE (1994) und zum Gehalt an Phytat-P und pflanzeneigener Phytase von heimischen pflanzlichen Futtermitteln für Schweine	4
Tabelle 2:	Zusammensetzung der Grundmischung	7
Tabelle 3:	Zusammensetzung der Testmischungen in g/kg	8
Tabelle 4:	Analysierte Gehalte an Protein, Phosphor, Calcium und Phytase, Anteil des Phytat-P und per Differenz berechnete Verdaulichkeit des Phosphors für geprüfte Düngungsvarianten von Sommergetreide	13
Tabelle 5:	Analysierte Gehalte an Protein, Phosphor, Calcium und Phytase, Anteil des Phytat-P und per Differenz berechnete Verdaulichkeit des Phosphors für geprüfte Düngungsvarianten von Wintergetreide	14
Tabelle 6:	Analysierte Gehalte an Protein, Phosphor, Calcium und Phytase, Anteil des Phytat-P und per Differenz berechnete Verdaulichkeit des Phosphors für geprüfte Sorten von Ackerbohne, Wintergerste und Winterweizen	15
Tabelle 7:	Bedeutung des Anteils des zugelegten Phosphors am Gesamt-Phosphor	19
Abbildung 1:	Verdaulichkeit des Phosphors aus Weizen, Triticale, Roggen, Gerste und Ackerbohnen in Abhängigkeit vom Anteil des Phytat-P	21
Abbildung 2:	Verdaulichkeit des Phosphors aus Weizen, Triticale, Roggen, Gerste und Ackerbohnen in Abhängigkeit von der Aktivität pflanzeneigener Phytase	22
Abbildung 3:	Verdaulichkeit des Phosphors aus Weizen, Triticale, Gerste und Ackerbohnen in Abhängigkeit von der Aktivität pflanzeneigener Phytase	23
Abbildung 4:	Beziehung zwischen der P-Verdaulichkeit und der nativen Phytaseaktivität (links) bzw. dem Anteil des als Phytat-P gebundenen Gesamt-P (rechts) bei verschiedenen Weizenchargen	24
Abbildung 5:	Beziehung zwischen der P-Verdaulichkeit und der nativen Phytaseaktivität (links) bzw. dem Anteil des als Phytat-P gebundenen Gesamt-P (rechts) bei verschiedenen Chargen Wintergerste	25

Tabellen im Anhang:

Tabelle A 1: Inhaltsstoffe der Sondermischung des Mineralfutters laut Hersteller (Höveler, Langenfeld)	28
Tabelle A 2: Analysierte Gehalte an Weender Rohnährstoffen, Calcium und Phosphor in der Grundmischung und den Testmischungen (g/kg T)	29
Tabelle A 3: Aufnahme und Ausscheidung von Phosphor für die GM und die geprüften Chargen Sommerroggen	30
Tabelle A 4: Aufnahme und Ausscheidung von Phosphor für die geprüften Chargen Sommerweizen	31
Tabelle A 5: Aufnahme und Ausscheidung von Phosphor für die geprüften Chargen Wintergerste	32
Tabelle A 6: Aufnahme und Ausscheidung von Phosphor für die geprüften Chargen Winterweizen	33
Tabelle A 7: Aufnahme und Ausscheidung von Phosphor für die geprüften Sorten Ackerbohne und Wintergerste	34
Tabelle A 8: Aufnahme und Ausscheidung von Phosphor für die geprüften Sorten Winterweizen	35

Abkürzungsverzeichnis:

Neben den Abkürzungen für Einheiten des internationalen Einheitensystems und den Symbolen für chemische Elemente wurden folgende Abkürzungen verwendet:

CVB	Central Veevoederbureau
GfE	Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
LM	Lebendmasse
LMZ	Lebendmassezunahme
ME	umsetzbare Energie
NfE	Stickstofffreie Extraktstoffe
NRC	National Research Council
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
s	Standardabweichung
T	Trockenmasse
vP	verdaulicher Phosphor
VQ	Verdaulichkeitsquotient
ξ	Mittelwert
XA	Rohasche
XF	Rohfaser
XL	Rohprotein

1 Einleitung

Zur Beurteilung der Phosphorversorgung von Schweinen ist Anfang 1997 von der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie das System des verdaulichen Phosphors veröffentlicht worden (GFE, 1997). Die entscheidende Neuerung, die mit diesem System einhergeht, ist die differenzierte Bewertung der P-Quellen hinsichtlich ihrer Verwertbarkeit durch das Schwein auf der Stufe der Verdaulichkeit, die Methode zur Bestimmung der Verdaulichkeit des Phosphors in Futtermittel wurde bereits 1994 vorgestellt (GFE, 1994).

Vor allem bei organischen P-Quellen sind die Schwankungen in der Verdaulichkeit des Phosphors hoch, auch innerhalb der Getreidearten deuten sich Unterschiede in der P-Verdaulichkeit zwischen verschiedenen Partien desselben Futtermittels an. Ursachen für Unterschiede in der P-Verdaulichkeit könnten Unterschiede im Anteil des als Phytinsäure gebundenen Phosphats und der Aktivität pflanzeneigener Phytase sein. Insgesamt ist jedoch die Datenbasis für Einzelfuttermittel, die nach der Anleitung der GFE (1994) auf ihre Phosphorverdaulichkeit untersucht wurden, noch sehr gering.

In dieser Studie sollte bei heimischen pflanzlichen Futtermitteln geprüft werden, welchen Einfluss die Düngung mit Phosphat und Stickstoff auf den Gehalt an Gesamt-P sowie auf den Gehalt an verschiedenen Phosphorfraktionen und auf die Phytaseaktivität hat und welche Konsequenzen sich hieraus für die Verdaulichkeit des Phosphors beim Schwein ergeben.

2 Literaturübersicht

Vorraussetzung für die Umsetzung des Systems des verdaulichen Phosphors beim Schwein nach GFE (1997) ist die Kenntnis der Verdaulichkeit des Phosphors in den in der Schweinefütterung eingesetzten Futtermitteln. Es können jedoch nur solche Werte für die Verdaulichkeit verwendet werden, die nach den methodischen Vorgaben der GFE (1994) im Differenzverfahren bestimmt worden sind. Eine Zusammenfassung der nach dieser Methode bis dato erzielten Ergebnisse von Bestimmungen der Phosphorverdaulichkeit finden sich ebenfalls bei GFE (1997). Die Spanne in der Verdaulichkeit des Phosphor bedeutender Futtermittel umfasst den gesamten Bereich von nahezu vollständig unverdaulich, wie z.B. aus Trockenschnitzeln (HOVENJÜRGEN et al., 1999) bis nahezu vollständig verdaulich aus Mononatriumphosphat (RODEHUTSCORD et al., 1994).

Futtermischungen für Schweine bestehen zu wesentlichen Teilen aus Samen von Getreide, Hülsen- und Ölfrüchten sowie deren Verarbeitungsprodukte. Der Phosphor in diesen pflanzlichen Futtermitteln liegt hauptsächlich als Salz der Phytinsäure (Myo-inositol 1,2,3,4,5,6 hexakis dihydrogenphosphat) vor, wobei der Anteil des in dieser Form gebundenen Phosphors am Gesamt-Phosphor zwischen Futtermitteln schwankt. Dieser Phytat-Phosphor ist für den Monogastrier nur in unzulänglichem Umfang absorbierbar. Vorraussetzung für die Absorption des in der Phytinsäure enthaltenen Phosphors ist die hydrolytische Spaltung der Phytate durch Phytasen körpereigener, pflanzlicher oder mikrobieller Herkunft. Eine Übersicht zur Wirkung von Phytasen auf die Verdaulichkeit des Phosphors beim Schwein findet sich bei DÜNGELHOEF und RODEHUTSCORD (1995).

Positive Wirkungen des Zusatzes mikrobieller Phytasen auf die P-Verdaulichkeit werden aus der oben genannten Zusammenfassung klar ersichtlich. Eine Verdaulichkeit des Phosphors von deutlich mehr als 70% lässt sich bislang auch bei Phytasezusatz kaum erreichen.

Bei der Umsetzung des Systems des verdaulichen Phosphors in die Praxis wird nach DLG (1999) bei Zulage mikrobieller Phytase von einer P-Verdaulichkeit der Einzelkomponenten von 65% ausgegangen.

In Tabelle 1 werden bisher im Differenzversuch ermittelte Phosphorverdaulichkeiten ausgewählter heimischer pflanzlicher Futtermittel (Gerste, Triticale, Weizen und Ackerbohnen) zusammen mit den jeweils analysierten Gehalten an Phytat-Phosphor und pflanzeigener Phytase dargestellt. Aufgeführt sind jeweils nur die ohne den Zusatz einer mikrobiellen Phytase ermittelten Werte. Insgesamt ist jedoch die Datenbasis für Einzelfuttermittel, die nach der Anleitung der GFE (1994) im Differenzversuch auf ihre Phosphorverdaulichkeit untersucht wurden, noch gering. Für die Getreideart Roggen liegen derzeit noch keine Daten zur Phosphorverdaulichkeit vor.

Auf Basis der Vorgaben nach GFE (1994) fanden DÜNGELHOEF et al. (1994) für je eine Charge Triticale und Weizen und RODEHUTSCORD et al. (1996) für Gerste und vier verschiedene Chargen Weizen Phosphorverdaulichkeiten, die bereits bei der Publikation des Systems „Verdaulicher Phosphor beim Schwein“ Berücksichtigung fanden.

BERK und SCHULZ (1993) und STEINBECK (2000) untersuchten je eine Charge Gerste, Weizen, Triticale und Ackerbohnen auf ihre P-Verdaulichkeit beim Schwein. STEINBECK (2000) prüfte die Futtermittel an Schweinen im Abschnitt 17-50 kg LM im lateinischen Quadrat (5x5), die Vorgehensweise und die Konzeption der Grundmischung erfolgte nach den Vorgaben der GFE (1994). Die Untersuchungen von BERK und SCHULZ (1993) erfolgten noch nicht nach GFE (1994), da jedoch die Futtermittel im Differenzversuch mit einer Grundmischung mit bekannter P-Verdaulichkeit an jeweils 5 bis 6 Schweinen in jeweils zwei Gewichtsabschnitten geprüft wurden, sind diese Daten methodisch zumindest annähernd vergleichbar .

FRANKIEWICZ et al. (1998) geben zwar an, nach der Methode der GFE (1994) Gerste, Weizen und Rapssaat auf ihre P-Verdaulichkeit geprüft zu haben, verwenden aber für die verschiedenen Futtermittel keine einheitliche Grundmischung sondern variieren deren Zusammensetzung, und damit auch die Herkunft des Phosphors aus der Grundmischung. Eine unter diesen Bedingungen per Differenz berechnete P-Verdaulichkeit lässt sich nicht mit anderen Werten vergleichen.

Bei Betrachtung der ermittelten P-Verdaulichkeiten innerhalb der verschiedenen Futtermittel zeigen sich teilweise deutliche Unterschiede. Zusammenhänge zwischen Phytat-P-Anteil und pflanzeneigener Phytaseaktivität einerseits und P-Verdaulichkeit andererseits sind, auch auf Grund des begrenzten Datenumfangs, nicht direkt ersichtlich.

Tabelle 1: Literaturdaten zur Phosphorverdaulichkeit(VQ-P) nach GFE (1994) und zum Gehalt an Phytat-P und pflanzeneigener Phytase von heimischen pflanzlichen Futtermitteln für Schweine

Futtermittel	P-Gehalt (g/kg T)	Phytat-P (% des Gesamt-Phosphor)	Phytaseaktivität (U/kg)	VQ-P (%)	Quelle
Gerste	4,40	64	550	45 ± 11	RODEHUTSCORD et al. (1996)
	4,11	63	310	38 ± 4	BERK und SCHULZ (1993)*
	4,1	67	509	57 ± 9	STEINBECK (2000)
Triticale	4,23	76	840	52 ± 4	DÜNGELHOEF et al. (1994)
	5,40	68	1475	55 ± 5	BERK und SCHULZ (1993)*
	3,6	72	1162	66 ± 6	STEINBECK (2000)
Weizen	4,22	74	750	62 ± 3	DÜNGELHOEF et al. (1994)
	3,25	73	700	71 ± 6	RODEHUTSCORD et al. (1996)
	3,08	73	570	69 ± 5	RODEHUTSCORD et al. (1996)
	3,43	77	810	61 ± 5	RODEHUTSCORD et al. (1996)
	3,72	73	820	74 ± 4	RODEHUTSCORD et al. (1996)
	3,82	74	815	45 ± 8	BERK und SCHULZ (1993)*
	3,5	73	451	63 ± 4	STEINBECK (2000)
Ackerbohnen	6,81	69	n. nwb.	21 ± 6	BERK und SCHULZ (1993)*
	6,3	68	n. nwb.	40 ± 14	STEINBECK (2000)

* BERK und SCHULZ (1993): Differenzversuch mit Grundmischung auf Basis Kasein (Getreide) bzw. Stärke (Ackerbohnen)

3 Eigene Untersuchung

3.1 Zielsetzung und Versuchsplanung

Gesamtziel des Vorhabens ist es, den Einfluss der Faktoren Düngungsintensität und Sorte auf die Gehalte verschiedener P-Fraktionen und auf die Phytaseaktivität in Getreiden sowie den Einfluss auf die Verdaulichkeit des Phosphors beim Schwein zu quantifizieren.

Hierzu wurden zunächst Proben aus einem Dauerdüngungsversuch des Instituts für Pflanzenbau herangezogen. Neben einer am Entzug der Pflanzen orientierten Düngung war auch eine Variante enthalten, die seit vielen Jahrzehnten nicht mit mineralischem Dünger gedüngt worden ist und bei der daher eine extrem geringe Konzentration von Phosphat im Boden angenommen werden kann.

Daran anschließend wurden Versuche angelegt, bei denen auf einem Standort entweder bei gleicher Sorte die Intensität der Düngung mit N und P variiert wurde oder bei gleicher Düngung verschiedene Sorten angebaut wurden. Die geernteten Körner wurden dann ebenfalls hinsichtlich der Gehalte verschiedener P-Fraktionen, der Phytaseaktivität und der Verdaulichkeit des Phosphors beim Schwein beurteilt.

Insgesamt wurden untersucht:

- vier Chargen Sommerweizen und drei Chargen Sommerroggen aus einem Dauerdüngungsversuch mit unterschiedlicher P-Düngung und mit oder ohne Stallmistgabe
- jeweils vier Chargen Winterweizen und Wintergerste mit unterschiedlicher P- und N-Düngung zur Frucht
- zwei Sorten Ackerbohnen, zwei Sorten Wintergerste und vier Sorten Winterweizen bei jeweils gleicher Düngung und gleichem Standort

Die genaue Beschreibung der Düngungsvarianten erfolgt im Rahmen der Darstellung der Ergebnisse.

3.2 Material, Methoden, Durchführung

3.2.1 Futtermischungen

Die vergleichende Ermittlung der P-Verdaulichkeiten verschiedener Futtermittel ist nur im Tierversuch möglich. Hierzu gibt es anerkannte methodische Vorgaben, die von der GFE (1994) publiziert wurden.

Um überhaupt von einer "P-Verdaulichkeit" sprechen zu können, muss über die gesamte Versuchsdauer eine suboptimale Versorgung der Tiere mit Phosphor gewährleistet sein. Eine Prüfung von Futtermitteln auf ihre P-Verdaulichkeit nach dem Prinzip des Differenzversuchs erfolgt durch Zulage des zu untersuchenden Futtermittels (im weiteren Testkomponente genannt) zu einer P-armen Grundmischung, deren P-Verdaulichkeit bekannt ist. Die Anforderungen, die an eine solche Grundmischung zu stellen sind, finden sich ebenfalls in der Beschreibung der Methode zur Bestimmung des verdaulichen Phosphors durch die Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GFE, 1994).

Die Grundmischung wurde im Hinblick auf die Nährstoff- und Energieversorgung nach den Empfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GFE, 1987) für wachsende Schweine ab ca. 30 kg Lebendmasse konzipiert. Zur Sicherstellung der tiergerechten Versorgung mit essentiellen Aminosäuren wurden die Empfehlungen der GFE (1987) und des NRC (1998) herangezogen. Die Vitamin- und Spurenelementversorgung sollte über ein entsprechend zusammengestelltes Mineralfutter gewährleistet werden und den Empfehlungen der GFE (1987) genügen.

Die Zusammensetzung der in den nachfolgenden Versuchen verwendeten Grundmischung ist in Tabelle 2 angegeben. Die Mischungen wurden in einem 50 kg fassenden Trommelmischer im Institut für Tierernährung der Universität Bonn hergestellt. Die für alle hier beschriebenen Versuche benötigte Menge Grundmischung wurde an einem Tag gemischt, so dass für alle Versuche nur eine Charge Grundmischung eingesetzt werden musste.

Tabelle 2: Zusammensetzung der Grundmischung

Komponente	Anteil (g/kg)
Kartoffelquellstärke	539,5
Melasseschnitzel	180
Kartoffeleiweiß	110
Sprüheiweiß	90
Cellulose	22
Zucker	20
Sojaöl	17
P u. Ca freies Mineralfutter ¹⁾	10
Futterkalk	8
NaCl	1,0
L-Lysin-HCl	1,5
L-Tryptophan	0,5

¹⁾ vom Hersteller deklarierte Inhaltsstoffe siehe Tabelle A 1 im Anhang

Mit dieser Grundmischung wurden die zu prüfenden Getreidepartien im Verhältnis 60:40 (Gerste bzw. Weizen:Grundmischung) bzw. 40:60 (Ackerbohnen bzw. Roggen:Grundmischung) verschnitten. Die P-Gehalte in den Testmischungen waren nicht höher als 3,2 g/kg T und die Gehalte an Ca wurden mit kohlensaurem Futterkalk auf 5-7 g/kg T eingestellt. Die Zusammensetzung der Testmischungen findet sich in Tabelle 3.

Die analysierten Gehalte der Testmischungen an Weender Roh Nährstoffen , Ca und P finden sich im Anhang in Tabelle A 2.

Tabelle 3: Zusammensetzung der Testmischungen in g/kg

Schwerpunkt	Düngungseinfluss				Sorteneinfluss		
	Sommer-		Winter-		Acker- bohne	Winter- gerste	Winter- weizen
Getreideart	roggen	weizen	gerste	weizen			
Anzahl der Varianten	3	4	4	4	2	2	4
Grundmischung (g/kg)	595	392	393	393	595	392	392
Getreideart (g/kg)	400	600	600	600	400	600	600
Kohlensaurer Futterkalk (g/kg)	5	8	7	7	5	8	8

Die Versuche waren in Form des Lateinischen Quadrates (4x4) angelegt. Diese Versuchsanordnung bedeutet, dass in jeder Periode jede Mischung an je ein Schwein verfüttert wird und dass nach jeder Periode die Mischungen gewechselt werden. Auf diese Weise liegen nach dem Versuch von jedem Schwein zu jeder Mischung Bilanzdaten vor.

Jeweils vier Futtermischungen wurden innerhalb eines Lateinischen Quadrates zusammengefasst, die drei Varianten Sommerroggen bildeten zusammen mit der Grundmischung ein Lateinisches Quadrat, insgesamt ergaben sich so 6 Lateinische Quadrate mit je 4 Mischungen.

3.2.2 Haltung und Fütterung der Tiere

Von der Anlieferung bis zum Ende des Versuches wurden die Tiere in einem Stall des Instituts für Tierernährung in Bonn gehalten. Zunächst erfolgte die Haltung der Tiere auf Flatdecks. Die Versorgung mit Futter war über Automaten gegeben, Wasser stand über Tränkenippel zur Verfügung. Die Haltung der Tiere auf Flatdecks erfolgte zur Anpassung der Tiere an das Versuchsfutter und das Stallklima. Nach der Anfütterungsphase wurden die Tiere gewogen und zufällig auf die Stoffwechselkäfige verteilt. Nach einer weiteren Eingewöhnungszeit von zwei Tagen begann der eigentliche Versuch.

Die im Versuch verwendeten Stoffwechselkäfige waren aus Edelstahl gefertigt. Die Seitenwände waren so verstellbar, dass die Käfigbreite der Tiergröße individuell angepasst werden konnte. Die Tiere waren über einen in Breite, Höhe und Länge verstellbaren Bügel fixiert, so dass ein Umdrehen der Tiere verhindert werden konnte. Der Boden des Käfigs bestand aus einem gummiummantelten Gitterrost und im hinteren Bereich aus gummiummantelten Stäben. Die Kotwanne befand sich unter den letzten 4 bis 5 Stäben und dahinter.

Durch Einlegen von zusätzlichen Stäben konnte der Boden entsprechend dem Wachstum der Tiere verlängert werden. Der Harn konnte in die unter dem Boden liegende Harnwanne und von dort in Kunststoffkanister abfließen. Zu dem an der Vorderseite befindlichen Futtertrog hatten die Tiere nur nach Öffnung des Frontgitters Zugang.

Je Tier und Versuchsperiode wurde die Futtermenge je Mahlzeit in Kunststofftüten abgewogen. Die Futtermenge war so bemessen, dass eine vollständige Aufnahme durch die Schweine erreicht wurde und gleichzeitig ein energetisches Ernährungsniveau gewährleistet war, das etwa dem 2 bis 2,5-fachem Erhaltungsbedarf der Tiere entsprach. Die Futtermenge wurde innerhalb einer Periode konstant gehalten und für die folgende Periode neu angepasst.

Die Fütterung der Tiere erfolgte zweimal täglich um 7.00 Uhr und um 15.30 Uhr. Das Futter wurde im Trog mit deionisiertem Wasser angeteigt. Die zugegebene Wassermenge richtete sich nach der Konsistenz des jeweiligen Futters.

Nachdem die Tiere das Futter weitgehend aufgenommen hatten, wurden die Futterreste mit einem Plastischaber zusammengesoben und den Tieren verabreicht. Anschließend wurde den Tieren Wasser für mindestens 30 Minuten zur freien Aufnahme angeboten.

3.2.3 Datenerfassung, Entnahme und Aufbereitung der Proben

Zur Prüfung der Gehalte der P-Fractionen und der Phytaseaktivität und zur Erstellung der Futtermischungen und der Nährstoff- und Mineralstoffbilanzen wurden folgende Proben gezogen:

- von jeder Getreidecharge eine repräsentative Probe
- von jeder Testmischung eine Sammelprobe
- von jedem Schwein eine Harn- und eine Kotsammelprobe je Sammelperiode

Futterproben

Von den Getreiden und den fertigen Futtermischungen wurde eine repräsentative Probe genommen und zur Analyse in einer Zentrifugalmühle der Firma Retsch mit einem Sieb der Lochweite von 1,0 mm gemahlen.

Die Trockenmassebestimmung der Futtermischungen erfolgte unmittelbar nach dem Mahlen, für die weiteren Analysen wurden die Proben in verschließbaren Kunststoffbehältern aufbewahrt.

Kotproben

Aufgrund der Konstruktion der Stoffwechselkäfige war gewährleistet, dass Kot und Harn vollständig und getrennt aufgefangen werden konnten. Die Entnahme des Kotes erfolgte während der morgendlichen Fütterung der Tiere, wobei an den Bodenstangen anhaftende Kotreste mit einem Spachtel abgekratzt wurden.

Nach dem Sammeln wurde die angefallene Tagesmenge an Kot gewogen und in verschließbaren Eimern tiefgefroren. Am Ende einer Sammelperiode erfolgte nach dem Auftauen eine Homogenisierung des Kotes mittels einer Bohrmaschine mit Rühraufsatz und eine anschließende Trockenmassebestimmung. Aus der Einwaage für die Trockenmassebestimmung erfolgte weiterhin die Asche- und Mineralstoffbestimmung.

Harnproben

Der Harn wurde in Kunststoffkanistern unterhalb des Stoffwechselstandes aufgefangen und die täglich abgesetzte Harnmenge wurde erfasst.

Ein aliquoter Teil des aufgefangenen Harns wurde zur Erstellung einer Sammelprobe entnommen und in Plastikflaschen bis zur Analyse tiefgefroren aufbewahrt.

3.2.4 Analytik

Die Gehalte der Futterproben an Trockenmasse, Gesamtfett (nach HCl-Aufschluß – Firma Tecator, Typ soxtec system, 1047 Hydrolyzing Unit), Rohfaser (Firma Tecator, System Fibertec I) und Rohasche wurden nach den Analysenvorschriften von NAUMANN und BASSLER (1976) durchgeführt. Die Bestimmung des Gehaltes an Rohprotein erfolgte über die Stickstoffbestimmung nach Dumas (N*6,25; – Firma Leco, Typ FP-328). Die Mineralstoffbestimmung in Futter-, Kot- und Harnproben erfolgte aus Aschelösungen, die nach folgendem Schema erstellt wurden:

Von den Futter- bzw. Kotproben wurde eine Substanzmenge, die einer T-Menge von 2-5g entsprach, in einen Porzellantiegel eingewogen. Nach der T-Bestimmung wurden die Proben unter langsamer Erhöhung der Temperatur verascht und anschließend mindestens acht Stunden bei 550 °C im Muffelofen verascht.

Von den Harnproben wurde vor der Veraschung eine Menge von 25 bis 30 g in einem Sandbad bei 80 – 100 °C bis zur Trockene eingedampft. Die erhaltenen Aschen wurden zweimal mit 5 ml verdünnter HCl (1:1) übergossen und im Sandbad eingedampft. Nach Zugabe von weiteren 5 ml verdünnter HCl wurden die Aschelösungen quantitativ in Messkolben filtriert, die Filter wurden anschließend heiß säurefrei gespült.

Nach Erkalten wurden die Messkolben bis zur Eichmarke aufgefüllt. Aus den so erhaltenen Aschelösungen wurden nach Erstellung der erforderlichen Verdünnungen die Elemente Phosphor und Calcium bestimmt.

Die P-Bestimmung wurde nach NAUMANN und BASSLER (1976) mit der dort beschriebenen Vanadat-Molybdat-Methode an einem Spektralphotometer der Firma Beckmann (DU-62) bei einer Wellenlänge von 435 nm durchgeführt. Die Messlösungen wurden vor Zugabe der Vanadat-Molybdat-Reagenz mit 2,5 ml verd. HNO₃-Lösung angesäuert und erhitzt.

Die Ca-Bestimmung erfolgte mit einem Atom-Absorptions-Spektralphotometer der Firma Perkin-Elmer (1100 B). Zur Messung von Ca wurden der verdünnten Aschelösung 5 ml einer fünfprozentigen Strontiumchloridlösung zugegeben, um Ionisationsstörungen zu vermeiden.

Die Phytaseaktivität der Getreideproben wurde im Labor der BASF-AG, Ludwigshafen bestimmt. Eine Einheit Phytase wurde dabei definiert als die Aktivität, die 1 µmol anorganisches Phosphat in einer Minute aus einer 0,0015 molaren Natriumphytatlösung bei einer Temperatur von 37°C und einem pH von 5,5 freisetzt. Die Nachweisgrenze liegt bei 50 bis 100 U/kg. Die Analyse auf den Gehalt an Phytat-P wurde im Labor des Instituts für Tierernährung der Universität Hohenheim nach HARLAND und OBERLEAS (1986) durchgeführt.

3.2.5 Berechnung der Verdaulichkeitsquotienten

Die Verdaulichkeit des Phosphors und die Nettoabsorption von Calcium in den Futtermischungen wurde nach folgender Formel berechnet:

$$\text{Verdaulichkeit [VQ] (\%)} = ((I - F) \cdot I^{-1}) \cdot 100$$

dabei sind

I = mit dem Futter aufgenommene Menge (g/Tag)

F = im Kot ausgeschiedene Menge (g/Tag)

Berechnung der partiellen Verdaulichkeitsquotienten

Die Differenzrechnung zur Bestimmung der P-Verdaulichkeit der Getreidechargen erfolgte nach folgendem Schema:

$$VQ P_{TK} = \frac{(VQ P_{TM} - VQ P_{GM} * (1-t))}{t}$$

mit

$VQ P_{TK}$ = P-Verdaulichkeit der Testkomponente (%)

$VQ P_{TM}$ = P-Verdaulichkeit der Testmischung (%)

$VQ P_{GM}$ = P-Verdaulichkeit der Grundmischung (%)

t = Anteil des Phosphors aus der Testkomponente (%)

Der aus der Testkomponente stammende Anteil des Phosphors wurde nach folgender Formel berechnet:

$$t = 1 - \frac{\text{P-Gehalt der Grundmischung (g/kg T)} * \text{T-Anteil der Grundmischung (\%)}}{\text{P-Gehalt der Testmischung (g/kg T)}}$$

3.2.6 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Versuchsdaten erfolgte mit dem Statistik-Softwarepaket SPSS Version 10.0 auf einem Personal Computer. Entsprechend dem Versuchsplan des Lateinischen Quadrates konnte für alle Versuchskriterien berechnet werden, ob die Faktoren Periode, Tier und Futter einen signifikanten Einfluss auf die Versuchsergebnisse hatten. Die Auswertung erfolgte mit der ANOVA-Prozedur.

3.3 Ergebnisse

Die in diesen Versuchen eingesetzten Börgen wiesen bei Versuchsbeginn ein Gewicht von 11,0 kg ($\pm 1,6$ kg) auf. Während der Verdaulichkeitsbestimmung realisierten die Tiere mittlere tägliche Tageszunahmen von 255 g (± 32 g). Die Lebendmasse der Tiere zu Versuchsende betrug 26,6 kg ($\pm 2,1$ kg).

Die Einzeltierergebnisse und die Mittelwerte der Phosphor-Aufnahme, -Ausscheidung und damit der Verdaulichkeit für die verschiedenen eingesetzten Mischungen finden sich in Tabelle A 3 - A 8 im Anhang. Im ersten Versuch wurde ebenfalls im lateinischen Quadrat die Phosphorverdaulichkeit der Grundmischung allein (Tabelle A 3) ermittelt. Unter Ansatz

dieses Wertes ließ sich per Differenz die Verdaulichkeit des Phosphors der zu prüfenden Einzelkomponenten ermitteln.

Die Verdaulichkeitsquotienten für den Phosphor der Einzelkomponenten sind zusammen mit den analysierten Gehalten an Protein, Phosphor, Calcium und Phytase angegeben, weiterhin wird der aus der Analyse des Phytat-P errechnete Anteil des Phytat-Phosphors am Gesamt-Phosphor aufgeführt.

In Tabelle 4 finden sich Daten für vier Chargen Sommerweizen und drei Chargen Sommerroggen aus einem Dauerdüngungsversuch des Instituts für Pflanzenbau der Universität Bonn. Die Partien unterschieden sich lediglich in der Phosphatdüngung und in der Stallmistgabe. Herangezogen wurden Varianten die entweder seit Jahrzehnten nicht mehr mit mineralischen P gedüngt worden waren oder die eine am Entzug der Pflanzen orientierte Düngung erhalten hatten. Bei der nicht mit P gedüngten Variante war daher von einer extrem geringen Konzentration an Phosphat im Boden auszugehen. Die sonstige Düngung und der Pflanzenschutz waren betriebsüblich durchgeführt worden.

Tabelle 4: Analyierte Gehalte an Protein, Phosphor, Calcium und Phytase, Anteil des Phytat-P und per Differenz berechnete Verdaulichkeit des Phosphors für geprüfte Düngungsvarianten von Sommergetreide

Variante	Sommerweizen (Cadenza)				Sommerroggen (Petka)		
	1	2	3	4	1	2	3
P-Düngung (langjährig)	+	+	-	-	+	+	-
Stallmistgabe (langjährig)	+	-	+	-	+	-	+
Proteingehalt, g/kg T	103	91	101	92	110	102	110
P-Gehalt, g/kg T	3,60	3,43	3,59	3,40	4,24	4,09	4,30
Ca-Gehalt, g/kg T	0,28	0,37	0,28	0,38	0,42	0,41	0,44
Phytat-P (% d. Gesamt -P)	72	76	72	74	71	73	70
Phytase (U/kg)	1300	1140	1270	1180	4030	4440	3890
VQ P in %	59	58	57	57	73	71	68
($\xi \pm s$)	± 6	± 5	± 6	± 8	± 7	± 10	± 7

Ein gerichteter Einfluss der mineralischen P-Düngung auf die P-Gehalte in Sommer-Weizen und -Roggen war nicht erkennbar. Es deutet sich an, dass bei Zufuhr von Stallmist die Protein- und P-Gehalte in Weizen und Roggen etwas höher waren als bei Verzicht auf Stallmist. Die Anteile des als Phytat gebundenen Phosphors deuten auf eine Steigerung des Nicht-Phytat-P durch die Stallmistgabe.

Ein signifikanter Einfluss der P-Düngung auf die Verdaulichkeit des Phosphors ist weder beim Weizen noch beim Roggen erkennbar. Die Verdaulichkeit des Phosphors war insgesamt auf einem hohen Niveau und im Falle des Roggen höher als beim Weizen. Vermutlich hängt dies mit der mit etwa 4000 U/kg sehr hohen Aktivität der Phytase im Roggen zusammen.

In Tabelle 5 sind die Ergebnisse für jeweils vier Chargen Winterweizen und Wintergerste aufgeführt. Die Partien innerhalb einer Getreideart stammten von einem Standort und unterschieden sich nur in der Düngung mit mineralischem Phosphor und Stickstoff zur Frucht, die weitere Düngung, Vorfrucht und der Pflanzenschutz unterschieden sich innerhalb der Getreideart nicht.

Tabelle 5: Analyisierte Gehalte an Protein, Phosphor, Calcium und Phytase, Anteil des Phytat-P und per Differenz berechnete Verdaulichkeit des Phosphors für geprüfte Düngungsvarianten von Wintergetreide

Variante	Winterweizen (Charger)				Wintergerste (Theresa)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
P-Düngung (kg P / ha)	0	44	0	44	0	44	0	44
N-Düngung (kg N / ha)	180	180	90	90	150	150	75	75
Proteingehalt (g/kg T)	134	127	105	102	132	126	93,4	91,5
P-Gehalt, g/kg T	3,31	3,31	3,02	2,90	3,91	3,99	3,98	3,95
Ca-Gehalt, g/kg T	0,45	0,36	0,28	0,29	0,60	0,58	0,56	0,52
Phytat-P (% d. Gesamt -P)	63	68	60	63	83	83	85	85
Phytase (U/kg)	1010	1100	1080	1130	370	380	300	290
VQ P in %, ($\xi \pm s$)	59 ± 3	56 ± 7	59 ± 5	57 ± 3	47 ± 3	46 ± 4	42 ± 9	43 ± 7

Beim Winterweizen waren bei betriebsüblicher N-Düngung die Gehalte an Protein und Phosphor höher als bei reduzierter N-Düngung, bei der Wintergerste galt dies nur für die Proteingehalte. Die Phosphordüngungsstufe hatte keinen Einfluss auf die Gehalte an Protein und Phosphor.

Es ergeben sich keine Einflüsse der Düngungsvarianten bei Stickstoff und Phosphor auf Phytat-P-Anteil und Phytaseaktivität, innerhalb der Getreideart zeigen sich keine signifikanten Unterschiede in der P-Verdaulichkeit. Die Verdaulichkeit des Phosphors lag beim Winterweizen auf ähnlichem Niveau wie beim Sommerweizen, die Wintergerste wies eine geringere P-Verdaulichkeit von ca. 45% auf.

In Tabelle 6 finden sich die Daten der geprüften Sorten von Ackerbohne, Wintergerste und Winterweizen, innerhalb einer Getreideart unterschieden sich Düngung und Pflanzenschutz nicht und wurde betriebsüblich durchgeführt.

Tabelle 6: Analysierte Gehalte an Protein, Phosphor, Calcium und Phytase, Anteil des Phytat-P und per Differenz berechnete Verdaulichkeit des Phosphors für geprüfte Sorten von Ackerbohne, Wintergerste und Winterweizen

Art Sorte	Ackerbohnen		Wintergerste		Winterweizen			
	Condor	Scirocco	Hanna	Sarah	Contra	Flair	Ritmo	Tilburi
Proteingehalt (g/kg T)	288	283	124	102	127	130	127	129
P-Gehalt, g/kg T	6,21	5,59	4,00	3,99	3,85	3,53	3,69	4,05
Ca-Gehalt, g/kg T	0,81	1,01	0,45	0,41	0,28	0,29	0,28	0,42
Phytat-P (% d. Gesamt -P)	71	70	63	55	78	79	70	84
Phytase (U/kg)	<70	70	440	820	890	890	1130	860
VQ P in %, ($\xi \pm s$)	36 ± 7	36 ± 6	44 ± 9	52 ± 3	43 ± 5	58 ± 3	53 ± 3	54 ± 7

Beim Winterweizen und bei der Wintergerste deuten sich Sorteneinflüsse an. Statistisch absichern ließen sich Unterschiede in der Verdaulichkeit des Phosphors innerhalb einer Getreideart nur beim Weizen, hier zeigt die Sorte „Contra“ eine signifikant geringere Verdaulichkeit des Phosphors als die anderen geprüften Winterweizen-Sorten.

Die Verdaulichkeit des Phosphors wies beim Weizen keinen Zusammenhang zum Anteil des Phytat-P am Gesamt-P oder zur Phytaseaktivität auf.

Bei der Gerste wies die Sorte „Hanna“ einen höheren Anteil Phytat-P am Gesamt-P und eine geringere Phytaseaktivität auf, dies könnte Ursache für die um 8 Prozentpunkte geringere Verdaulichkeit des Phosphors sein.

Die beiden Sorten Ackerbohnen unterschieden sich nur im Gehalt an Gesamt-Phosphor. Der mit 70 % hohe Anteil an Phytat-gebundenen Phosphor und die nur geringe Phytaseaktivität können mit als Ursache für die mit 36% im Gegensatz zu anderen Getreidearten nur geringe Verdaulichkeit des Phosphors betrachtet werden.

4 Diskussion

In dieser Studie wurde bei heimischen pflanzlichen Futtermitteln geprüft werden, welchen Einfluss die Düngung mit Phosphat und Stickstoff auf den Gehalt an Gesamt-P sowie auf den Gehalt an verschiedenen Phosphorfraktionen und auf die Phytaseaktivität hat und welche Konsequenzen sich hieraus für die Verdaulichkeit des Phosphors beim Schwein ergeben. Im Folgenden werden die Einzelergebnisse in Beziehung zueinander und zu Literaturdaten gesetzt.

4.1 Fehlerbetrachtung

Bei der verwendeten Sammeltechnik können Verfälschungen der Ergebnisse über Fehler bei der quantitativen Erfassung der aufgenommenen Futtermenge bzw. ausgeschiedenen Mengen an Kot und Harn auftreten. Durch die Konstruktion der Stoffwechsellkäfige konnten Verunreinigungen des Kotes durch Futter und Harn verhindert werden. Eine Verunreinigung des Kotes durch Hautabschilferungen und Haarausfall wurde durch tägliches, intensives Bürsten der Tiere während der Vorperiode vermieden. Eine zusätzliche Aufnahme von Calcium und Phosphor über das Trinkwasser kann ausgeschlossen werden, da nur deionisiertes Wasser verwendet wurde.

Für alle Analysen wurde mindestens eine Doppelbestimmung durchgeführt, wobei ein relativer Fehler der Einzelmesswerte von 2 % toleriert wurde. Die Trockenmassegehalte wurden dreifach bestimmt.

Da die Bestimmung der P-Verdaulichkeit im Differenzversuch erfolgen sollte, mussten Daten zur Grundmischung ohne Zusatz der zu untersuchenden Testkomponente gewonnen werden. Dies bedeutet, dass normalerweise in jedem Versuch die P-Verdaulichkeit der Grundmischung neu ermittelt wird. Falls jedoch die Grundmischung für mehrere Versuche identisch ist - gleiche Zusammensetzung, gleiche Verwendung identischer Chargen der Mischungskomponenten -, ist die Bestimmung der P-Verdaulichkeit der Grundmischung nur einmal erforderlich.

In weiteren Versuchen kann dann auf diese Bestimmung verzichtet werden, so dass in diesen Versuchen nur Testmischungen bilanziert werden können. Zur Berechnung der P-Verdaulichkeit der Testkomponenten wird die mittlere P-Verdaulichkeit der Grundmischung eingesetzt.

Im vorliegenden Fall wurde im ersten Versuch die Grundmischung allein als eine Ration eingesetzt, in einem 4x4 lateinischen Quadrat wurden also drei Testmischungen und die Grundmischung geprüft. In den übrigen lateinischen Quadraten kamen vier Testmischungen zum Einsatz, die Differenzrechnung erfolgte dann jeweils mit dem Mittelwert der für die Grundmischung allein ermittelten Verdaulichkeit.

4.2 Beurteilung der P-Versorgung

Eine grundlegende Voraussetzung für die Bestimmung der P-Verdaulichkeit beim Schwein ist eine realisierte Phosphor-Versorgung der Versuchstiere unterhalb des P-Nettobedarfs. Nach GFE (1994) sollte zur Sicherstellung einer suboptimalen P-Versorgung der Gehalt in der Testmischung 2,0 g je kg T nicht überschreiten. Über die Gehalte an Gesamt-Phosphor (Tabelle A 2) und die P-Verdaulichkeiten lassen sich die Gehalte an verdaulichem Phosphor in den Testmischungen berechnen. Die höchsten Gehalte an verdaulichem Phosphor in der vorliegenden Untersuchung ergeben sich für die Testmischungen mit Sommerroggen, je nach Charge liegen die Gehalte bei bis zu 1,7 g vP je kg T.

Aus den obigen Ausführungen kann daher auf eine maximale Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Phosphors geschlossen werden. FAUST (1996) gibt als Indikator für eine suboptimale P-Versorgung einen Grenzwert von 20 mg P/d für die renalen P-Ausscheidungen an. Dieser Wert wurde in der eigenen Untersuchung mit renalen P-Ausscheidungen von 2 bis 16 mg P/d nicht erreicht.

4.3 Bedeutung der endogenen P-Ausscheidungen im Hinblick auf die P-Verdaulichkeit der Testkomponenten

Die Phosphorausscheidungen von Schweinen umfassen auch endogene P-Ausscheidungen, die teilweise unvermeidlich sind. Bei der Bestimmung der P-Ausscheidung über den Kot werden diese miterfasst.

In der vorliegenden Untersuchung wurde die P-Verdaulichkeit der Testkomponenten mit Hilfe des Differenzverfahrens ermittelt. Hierbei wird die über den Kot ausgeschiedene P-Menge endogenen Ursprungs der Grundmischung zugeschrieben. Die wahre P-Verdaulichkeit der Grundmischung wird deshalb bewusst unterschätzt, gleichzeitig wird aber eine Unterschätzung der P-Verdaulichkeit der Testkomponenten vermieden. Daher wurde das Verfahren des Differenzversuches in die Empfehlungen der GFE (1994) aufgenommen. Ein direkter Vergleich von im Differenzversuch ermittelten Verdaulichkeiten mit Verdaulichkeiten aus der Literatur, die nicht im Differenzversuch ermittelt wurden, ist nicht zulässig.

4.4 Bedeutung der Höhe des Anteils des zugelegten Phosphors am Gesamt-Phosphor

Durch den Aufbau als Differenzversuch setzt sich die P-Aufnahme aus der Testmischung aus der P-Aufnahme mit der Grundmischung und der P-Aufnahme mit der Testkomponente zusammen. Hierbei spielt der Anteil des Phosphors, der aus der Testkomponente stammt, eine wesentliche Rolle. Wird die P-Verdaulichkeit der Grundmischung falsch eingeschätzt, so wird der Fehler im Hinblick auf die P-Verdaulichkeit der zugelegten Testkomponente umso kleiner, je höher der Anteil des zugelegten Phosphors am Gesamt-Phosphor ist. Dies wird in Tabelle 7 verdeutlicht.

Tabelle 7: Bedeutung des Anteils des zugelegten Phosphors am Gesamt-Phosphor

Annahmen:		VQ P _{Zulage} , %		
	P aus Zulage % des Gesamt-P	VQ P _{GM} sei:		
		50 %	60 %	70 %
P-Aufnahme: 3,0 g				
P-Ausscheidung Kot: 1,0 g	55 %	79	71	63
VQ P _{Gesamt} = 66 %	70 %	73	69	64
	85 %	69	67	65

Bei einer Fehleinschätzung der P-Verdaulichkeit der Grundmischung um 10 Prozentpunkte würde, wenn nur 55 % des Gesamt-Phosphors aus der Testkomponente stammen, die P-Verdaulichkeit der Testkomponente um 8 Prozentpunkte variieren. Bei einem Phosphor-Anteil aus der Testkomponente von 85 % beträgt dieser Unterschied nur 2 Prozentpunkte.

Es muss somit in Versuchen dieser Art stets ein Ziel sein, den Anteil des Phosphors aus der Zulage möglichst hoch zu halten. In den eigenen Testmischungen stammten ca. 80-85% des Phosphors aus den Testkomponenten, ein Fehler durch eine Fehleinschätzung der P-Verdaulichkeit der Grundmischung ist daher nur gering.

4.5 Einflüsse von Düngung und Sorte auf Phytaseaktivität, Phytat-Phosphoranteil und Phosphorverdaulichkeit

In den eigenen Untersuchungen wurde bei Sommerweizen, Sommerroggen, Winterweizen und Wintergerste kein Einfluss der Düngung auf die native, phytogene Phytaseaktivität und den Anteil des als Phytat-Phosphor gebundenen Phosphors festgestellt. Ebenso fand sich kein signifikanter Einfluss der Düngung auf die Verdaulichkeit des Phosphors. Eine reduzierte Stickstoff-Düngung bzw. der Verzicht auf Stallmist in der Fruchtfolge führte, außer bei Gerste, zu etwas geringeren Gehalten an Gesamt-Phosphor im Korn. Bei gleicher Düngung deuten sich bei Weizen und Gerste Sorteneinflüsse auf die Verdaulichkeit des Phosphors an, die aber beim Weizen keinen direkten Zusammenhang zum Gehalt an nativer Phytase bzw. dem Anteil des Phytat-Phosphor zeigen. BARRIER-GUILLOT et al. (1996b) prüften 56 verschiedene Weizenchargen auf native Phytaseaktivität und Phytat-P-Gehalte.

Die verwendeten Chargen unterschieden sich entweder in der Düngung mit Stickstoff oder Phosphor oder in der Sorte. Sie fanden Phytaseaktivitäten zwischen 206 U/kg und 775 U/kg, die nur durch die Sorte beeinflusst waren. Der Anteil des als Phytat-P gebundenen Phosphors schwankte zwischen 42% und 71%, wobei die Düngung mit Phosphor zu höheren Anteilen des Phytat-P führte. Bei vier dieser Phosphordüngungsvarianten fanden BARRIER-GUILLOT et al. (1996a) jedoch keinen Unterschied in der Verfügbarkeit des Phosphors für Schweine.

4.6 Phosphorverdaulichkeit - Zusammenhänge zu nativer Phytaseaktivität und Phytat-Phosphor-Anteil

Das System des verdaulichen Phosphors beim Schwein basiert auf den am Tier ermittelten Phosphorverdaulichkeiten der verschiedenen Futtermittel. Die Messungen zur Verdaulichkeit des Phosphors werden direkt an Schweinen durchgeführt, da derzeit kein Schätzverfahren verfügbar ist, das die Durchführung aufwendiger Tierversuche überflüssig macht. Zusammenhänge zwischen den Gehalten an nativer Phytase und dem Anteil des als Phytat-P gebundenen Phosphors auf der einen und der Verdaulichkeit des Phosphors auf der anderen Seite werden vermutet. POINTILLART et al. (1987) führen einen großen Einfluss der nativen Phytaseaktivität auf die Phytat-P-Verfügbarkeit beim Schwein an, sie testeten die P-Verfügbarkeit je einer Charge Triticale und Mais im Vergleich und führen die höhere Verfügbarkeit des Phosphors aus Triticale auf die höheren Aktivitäten der Phytase zurück. Dies allein lässt jedoch noch keine Rückschlüsse auf die Wirkung unterschiedlicher Phytaseaktivitäten bei verschiedenen Chargen einer Getreideart zu.

Im Folgenden werden daher Möglichkeiten zur Abschätzung der Phosphorverdaulichkeit anhand der eigenen Ergebnisse und Daten aus der Literatur diskutiert.

In den folgenden Abbildungen werden die eigenen Daten zusammen mit den bereits in Tabelle 1 dargestellten Daten aus der Literatur dargestellt. In Abbildung 1 findet sich die Phosphorverdaulichkeit in Abhängigkeit vom Anteil des als Phytat-P gebundenen Anteils des Gesamt-P.

Ein Zusammenhang zwischen Phytat-P-Anteil und Verdaulichkeit des Phosphors findet sich über alle Getreidearten nicht. Sowohl Wintergerste mit einem Phytat-P-Anteil von 55% als auch Weizen mit einem Phytat-P-Anteil von 85 % weisen eine P-Verdaulichkeit von ca. 55% auf. Die höchsten P-Verdaulichkeiten wiesen einige Roggen- und Weizenchargen mit Phytat-P-Anteilen im mittleren Bereich auf.

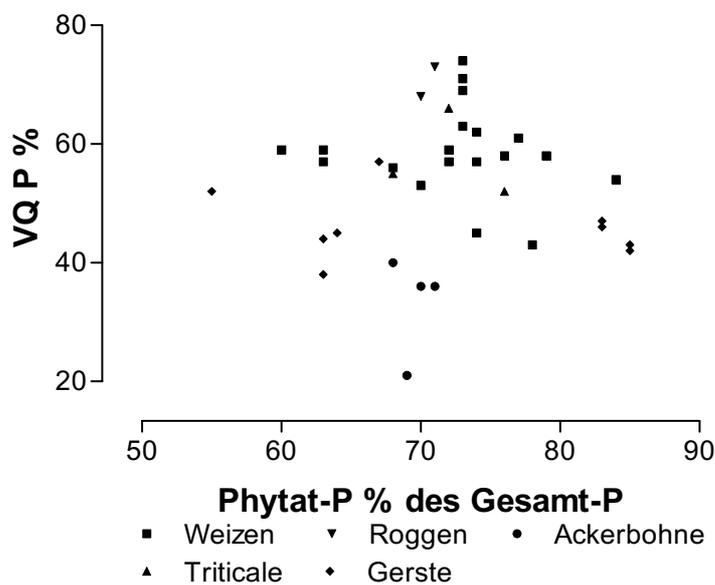


Abbildung 1: Verdaulichkeit des Phosphors aus Weizen, Triticale, Roggen, Gerste und Ackerbohnen in Abhängigkeit vom Anteil des Phytat-P

Bei der Betrachtung möglicher Beziehungen zwischen dem Gehalt an nativer Phytase und der Phosphorverdaulichkeit (Abbildung 2) fällt sofort der Roggen mit seiner extrem hohen Phytaseaktivität von ca. 4000 U/kg auf. Trotz Unterschieden in der Phytaseaktivität verschiedener Roggenchargen ergeben sich unabhängig von der Phytaseaktivität Phosphorverdaulichkeiten von ca. 70%, Unterschiede zwischen den Chargen in der P-Verdaulichkeit waren geringer als die Streuung jedes einzelnen Mittelwertes, für Roggen sollte daher mit einer mittleren P-Verdaulichkeit des Phosphors von 70% gerechnet werden.

Der von der DLG (1999) angegebene Wert von 50% für Roggen wurde vom CVB (1996) übernommen und ist nach den eigenen Untersuchungen, zumindest für Sommerroggen, als zu niedrig anzusehen.

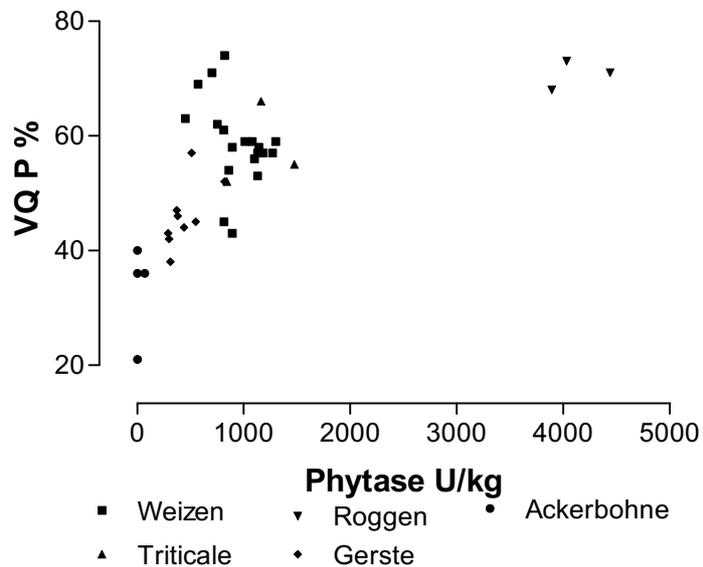


Abbildung 2: Verdaulichkeit des Phosphors aus Weizen, Triticale, Roggen, Gerste und Ackerbohnen in Abhängigkeit von der Aktivität pflanzeigener Phytase

Eine Abhängigkeit der Verdaulichkeit des Phosphors von der Phytaseaktivität im Bereich bis 1500 U/kg deutet sich an. In Abbildung 3 ist die P-Verdaulichkeit von Weizen, Triticale, Gerste und Ackerbohnen (ohne Roggen) in Abhängigkeit von der Phytaseaktivität dargestellt. Für diese 4 Arten ergibt sich ein schwacher linearer Zusammenhang zwischen der Aktivität der Phytase und der Verdaulichkeit des Phosphors mit einem r^2 von 0,40. Je 100 U/kg ergibt sich eine Steigerung der P-Verdaulichkeit um 1,7 %, ausgehend von einer P-Verdaulichkeit von 39,75% bei null Phytase.

Für die Erklärung der Verdaulichkeit des Phosphors eignet sich jedoch eher die Zuordnung zur einzelnen Art.

Ackerbohnen weisen im Allgemeinen nur geringe Phytaseaktivitäten auf, die unter oder knapp an der Nachweisgrenze liegen, im Mittel errechnet sich aus den dargestellten Untersuchungen eine P-Verdaulichkeit des Phosphors in Ackerbohnen von 35%, dieser Wert stimmt mit dem von der DLG (1999) tabellierten Wert überein.

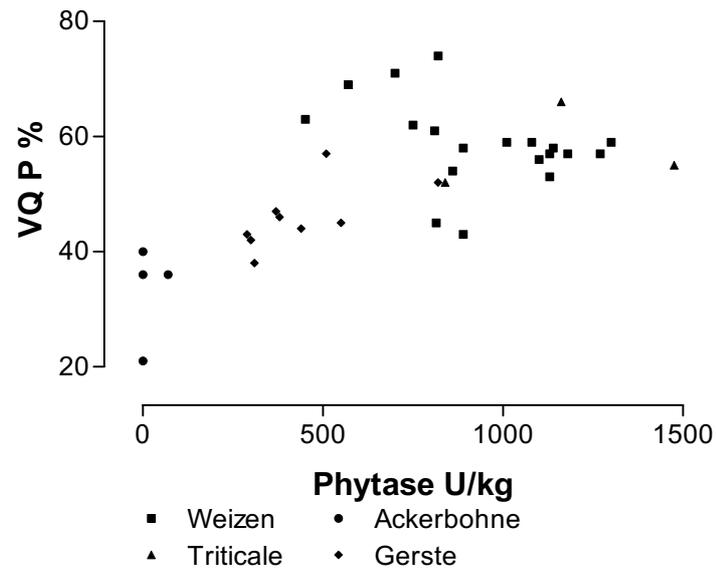


Abbildung 3: Verdaulichkeit des Phosphors aus Weizen, Triticale, Gerste und Ackerbohnen in Abhängigkeit von der Aktivität pflanzeneigener Phytase

Für die dargestellten Untersuchungen zur Phosphorverdaulichkeit von Triticale aus der Literatur ergibt sich eine mittlere P-Verdaulichkeit von 58 %, diese liegt über dem Wert von 50 % der von der DLG (1999) angegeben wird. Ein Zusammenhang der P-Verdaulichkeit zur Phytaseaktivität oder zum Anteil des als Phytat-P gebundenen Gesamt-P lässt sich für diese drei Chargen nicht erkennen.

Da sowohl für Weizen als auch für Gerste mehrere Chargen untersucht wurden, erfolgt im Folgenden eine getrennte Betrachtung für diese beiden Getreidearten.

Aus den vorliegenden Daten verschiedener Weizenchargen (Abbildung 4) lässt sich kein Zusammenhang der Verdaulichkeit des Phosphors zur Aktivität pflanzeigener Phytase und auch nicht zum Anteil des Phytat-P am Gesamt-P erkennen. Verdaulichkeiten von ca. 60% fanden sich für sowohl für eine Charge mit unter 500U/kg als auch für Chargen über 1250 U/kg. Den geringsten Fehler weißt die Annahme einer mittleren P-Verdaulichkeit von 60 % auf. Die von der DLG (1999) für Weizen tabellierte Verdaulichkeit des Phosphors liegt mit 65 % höher, in zukünftigen Tabellen sollte daher Weizen in der nächst niedrigeren Stufe mit einer Verdaulichkeit des Phosphors von 60 % eingeordnet werden.

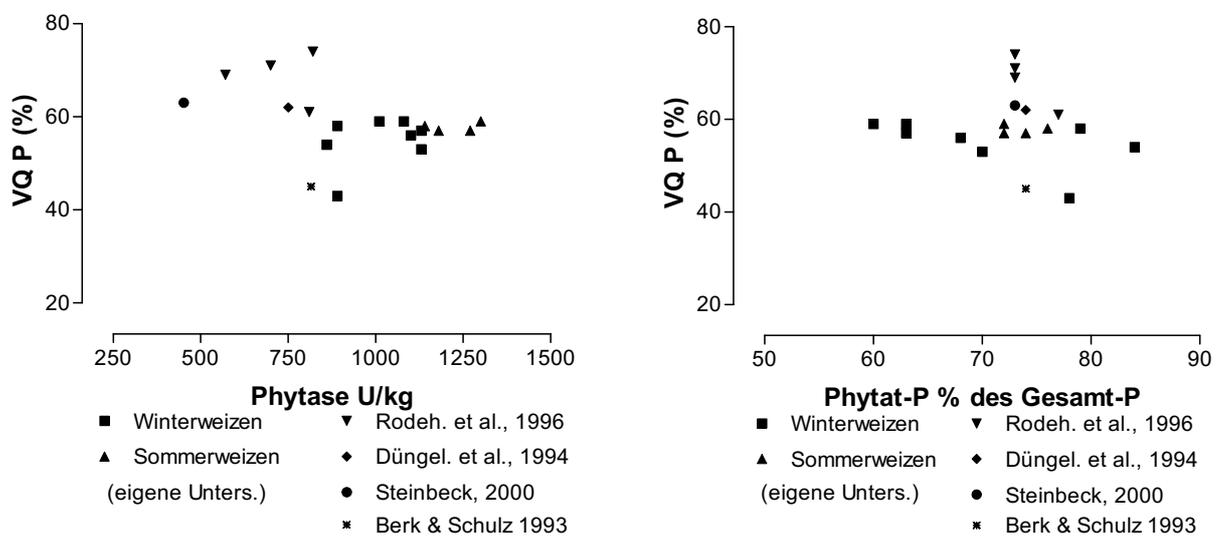


Abbildung 4: Beziehung zwischen der P-Verdaulichkeit und der nativen Phytaseaktivität (links) bzw. dem Anteil des als Phytat-P gebundenen Gesamt-P (rechts) bei verschiedenen Weizenchargen

Für Wintergerste liegen weniger Werte vor, aber auch hier lassen sich die Daten in ähnlicher Weise darstellen (Abbildung 5). Es deutet sich ein schwach positiver Zusammenhang der P-Verdaulichkeit zur Phytaseaktivität bzw. ein schwach negativer Zusammenhang zum Anteil des als Phytat-P gebundenen Gesamt-P an. Für die praktische Anwendung ist es jedoch ausreichend eine mittlere Verdaulichkeit des Phosphors von 45% anzunehmen, dieser Wert wurde bereits von der DLG (1999) vorgeschlagen.

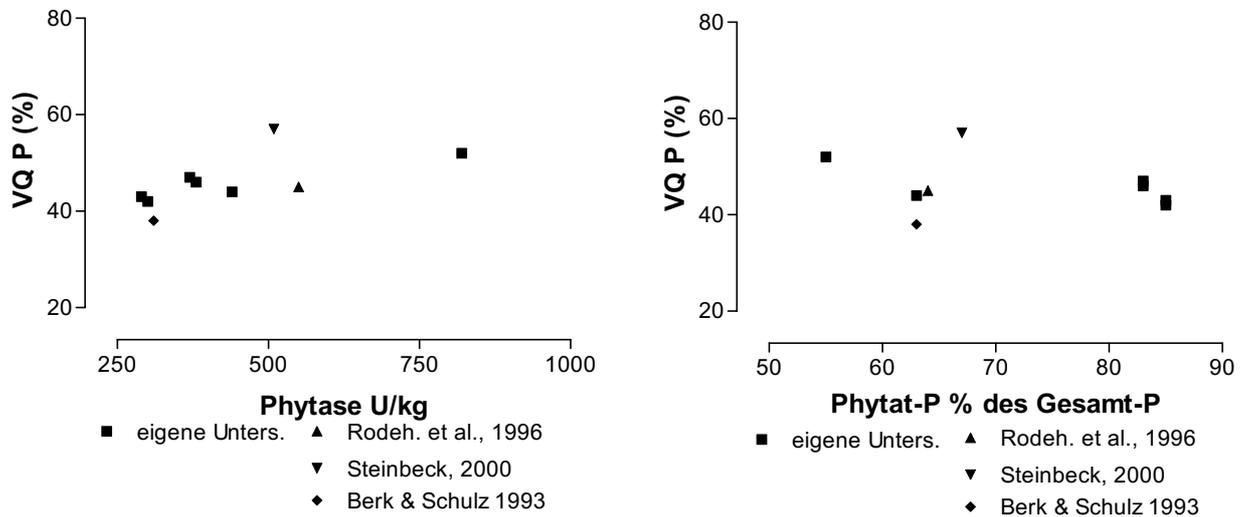


Abbildung 5: Beziehung zwischen der P-Verdaulichkeit und der nativen Phytaseaktivität (links) bzw. dem Anteil des als Phytat-P gebundenen Gesamt-P (rechts) bei verschiedenen Chargen Wintergerste

5 Schlussfolgerungen für die Umsetzung in der Praxis

Zur Beurteilung der Phosphorversorgung von Schweinen ist Anfang 1997 von der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie das System des verdaulichen Phosphors veröffentlicht worden (GFE, 1997). Die entscheidende Neuerung, die mit diesem System einhergeht, ist die differenzierte Bewertung der P-Quellen hinsichtlich ihrer Verwertbarkeit durch das Schwein auf der Stufe der Verdaulichkeit. Der DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung hat auf dieser Basis eine Empfehlung zur Umsetzung in die landwirtschaftliche Praxis gegeben (DLG, 1999), in der bereits eine erste Einordnung der Futtermittel in Klassen anhand der Verdaulichkeit des Phosphors vorgenommen wurde. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit erfolgte eine Überprüfung möglicher Einflussfaktoren, wie Düngungsintensität oder Sorte, auf die P-Verdaulichkeit heimischer pflanzlicher Futtermittel. Ein Einfluss der Düngungsintensität von Stickstoff oder Phosphor auf die P-Verdaulichkeit von Weizen, Roggen und Gerste konnte nicht nachgewiesen werden. Sorteneinflüsse bei Wintergerste und –weizen können nicht ausgeschlossen werden.

Anhand der Zusammenfassung der bisher vorliegenden Untersuchungen zur P-Verdaulichkeit nach GFE (1994) kann gefolgert werden:

Für Roggen wurde eine mittlere Verdaulichkeit des Phosphors von 70 % festgestellt. Für Weizen und Gerste sollte in der Praxis, unabhängig von der Düngungsintensität, mit einer P-Verdaulichkeit von 60 % bzw. 45 % gerechnet werden.

Eine Schätzung der P-Verdaulichkeit von Getreide unter Einbeziehung der Phytaseaktivität bzw. des Anteils des als Phytat-P gebundenen Gesamt-P bringt keinen wesentlichen Anstieg der Genauigkeit gegenüber der Annahme einer mittleren Verdaulichkeit für die einzelne Art.

6 Zusammenfassung

An heimischen Futtermittel wurden Einflüsse der Düngungsintensität auf die Gehalte an Phytat-P und auf die Phytaseaktivität sowie der Einfluss auf die Verdaulichkeit des Phosphors beim Schwein geprüft. Die Bestimmung des verdaulichen Phosphors erfolgte in Anlehnung an GFE (1994) im Differenzversuch an Ferkeln.

Neben Chargen mit und ohne langjährige Düngung mit Phosphat und/oder Stallmistgabe wurden Chargen mit und ohne Düngung mit Phosphat zur Frucht und gleichzeitig variierter N-Düngung eingesetzt.

Ein Einfluss der Düngungsintensität von Stickstoff oder Phosphor auf die P-Verdaulichkeit von Weizen, Roggen und Gerste konnte nicht nachgewiesen werden. Sorteneinflüsse bei Wintergerste und –weizen können nicht ausgeschlossen werden.

Für Roggen wurde eine mittlere Verdaulichkeit des Phosphors von 70 % festgestellt. Für Weizen und Gerste sollte in der Praxis, unabhängig von der Düngungsintensität, mit einer P-Verdaulichkeit von 60 % bzw. 45 % gerechnet werden.

Eine Schätzung der P-Verdaulichkeit von Getreide unter Einbeziehung der Phytaseaktivität bzw. des Anteils des als Phytat-P gebundenen Gesamt-P bringt keinen wesentlichen Anstieg der Genauigkeit gegenüber der Annahme einer mittleren Verdaulichkeit für die einzelne Art.

7 Tabellenanhang

Tabelle A 1: Inhaltsstoffe der Sondermischung des Mineralfutters
laut Hersteller (Höveler, Langenfeld)

Gehalte an Mengenelementen je kg	Gehalte an Spurenelementen je kg	Gehalte an Vitaminen je kg
1 g Calcium	9.750 mg Eisen	200.000 I.E. Vit. A
4 g Phosphor	200 mg Kupfer	20.000 I.E. Vit D ₃
39 g Natrium	6.135 mg Zink	1.200 mg Vit E
32 g Magnesium	2.050 mg Mangan	180 mg Vit B ₁
	16 mg Jod	260 mg Vit B ₂
	20 mg Selen	375 mg Vit B ₆
	3 mg Kobalt	1,75 mg Vit B ₁₂
		2.080 mg Nikotinsäure
		1.010 mg Pantothenensäure
		35.000 mg Cholinchlorid
		280 mg Folsäure
		140 mg Vit K ₃
		1 mg Biotin

Tabelle A 2: Analysierte Gehalte an Weender Rohnährstoffen, Calcium und Phosphor in der Grundmischung und den Testmischungen (g/kg T)

	GM	Sommerroggen			Sommerweizen			
		871	872	874	592	593	595	596
XA (g/kg T)	35	33	30	30	30	29	30	31
XP (g/kg T)	185	161	158	155	138	138	135	134
XF (g/kg T)	50	37	39	40	34	36	36	34
XL (g/kg T)	14	20	18	24	22	24	23	22
P (g/kg T)	1,05	2,38	2,30	2,20	2,58	2,51	2,52	2,41
Ca (g/kg T)	5,49	5,66	5,53	5,78	5,82	5,88	5,91	5,68
	Var.1	Wintergerste			Winterweizen			
		Var.3	Var.4	Var.6	Var.1	Var.3	Var.4	Var.6
XA (g/kg T)	31,6	33,4	35,1	35,8	28,1	30	29	28,6
XP (g/kg T)	148	146	136	134	151	148	129	129
XF (g/kg T)	60,2	57,6	60,1	65,5	43,3	43,3	41,4	47,1
XL (g/kg T)	25,9	21,3	28,5	25,9	25,8	20,8	22,5	24,2
P (g/kg T)	2,79	2,86	2,88	2,82	2,49	2,32	2,35	2,28
Ca (g/kg T)	4,89	4,94	5,3	4,83	4,75	5,38	4,83	4,98
	Ackerbohne		Wintergerste		Winterweizen			
	Condor	Scirocco	Hanna	Sarah	Contra	Flair	Ritmo	Tilburi
XA (g/kg T)	37	37	36	37	32	31	33	35
XP (g/kg T)	226	226	152	147	150	155	149	153
XF (g/kg T)	65	61	50	59	32	36	39	37
XL (g/kg T)	9	11	17	16	11	8	5	13
P (g/kg T)	3,17	2,96	2,99	2,92	2,41	2,76	2,69	3,00
Ca (g/kg T)	5,71	5,92	6,92	5,76	7,13	6,08	6,95	6,43

Tabelle A 3: Aufnahme und Ausscheidung von Phosphor für die GM und die geprüften Chargen Sommerroggen

Tier	Balu	Bimbo	Bonni	Bruno	$\xi \pm s$
Futtermischung	GM				
Periode	1	2	3	4	
P-Aufnahme, g/d	0,32	0,38	0,49	0,58	$0,44 \pm 0,11$
P im Kot, g/d	0,18	0,21	0,10	0,16	$0,16 \pm 0,05$
P im Harn, mg/d	4	4	11	6	6 ± 3
VQ P, %	45,1	43,6	78,8	73,2	$60,2 \pm 18,5$
Futtermischung	Sommerroggen 871				
Periode	4	1	2	3	
P-Aufnahme, g/d	1,57	0,76	1,09	1,26	$1,17 \pm 0,34$
P im Kot, g/d	0,51	0,29	0,31	0,28	$0,35 \pm 0,11$
P im Harn, mg/d	8	4	4	5	5 ± 2
VQ P, %	67,6	62,3	71,3	77,9	$69,8 \pm 6,5$
Futtermischung	Sommerroggen 872				
Periode	3	4	1	2	
P-Aufnahme, g/d	1,30	1,47	0,80	1,05	$1,16 \pm 0,29$
P im Kot, g/d	0,41	0,52	0,30	0,34	$0,39 \pm 0,10$
P im Harn, mg/d	8	7	5	6	6 ± 2
VQ P, %	68,3	64,5	62,2	68,1	$65,8 \pm 3,0$
Futtermischung	Sommerroggen 874				
Periode	2	3	4	1	
P-Aufnahme, g/d	1,01	1,25	1,41	0,81	$1,12 \pm 0,27$
P im Kot, g/d	0,39	0,43	0,26	0,31	$0,35 \pm 0,08$
P im Harn, mg/d	6	5	7	4	6 ± 1
VQ P, %	61,2	65,7	81,8	62,0	$67,7 \pm 9,6$

Tabelle A 4: Aufnahme und Ausscheidung von Phosphor für die geprüften Chargen Sommerweizen

Tier	Baldur	Bubu	Bertram	Bibo	$\xi \pm s$
Futtermischung	Sommerweizen 592				
Periode	1	2	3	4	
P-Aufnahme, g/d	0,98	1,11	1,27	1,69	$1,26 \pm 0,31$
P im Kot, g/d	0,42	0,41	0,54	0,69	$0,51 \pm 0,13$
P im Harn, mg/d	4	3	4	4	4 ± 1
VQ P, %	57,8	63,1	57,7	59,4	$59,5 \pm 2,5$
Futtermischung	Sommerweizen 593				
Periode	4	1	2	3	
P-Aufnahme, g/d	1,55	0,91	1,13	1,41	$1,25 \pm 0,29$
P im Kot, g/d	0,60	0,36	0,50	0,66	$0,53 \pm 0,13$
P im Harn, mg/d	7	4	4	4	5 ± 1
VQ P, %	61,2	60,5	55,8	53,4	$57,7 \pm 3,8$
Futtermischung	Sommerweizen 595				
Periode	3	4	1	2	
P-Aufnahme, g/d	1,24	1,51	0,92	1,15	$1,20 \pm 0,25$
P im Kot, g/d	0,47	0,53	0,45	0,52	$0,49 \pm 0,04$
P im Harn, mg/d	3	5	5	3	4 ± 1
VQ P, %	62,0	65,1	51,4	54,5	$58,2 \pm 6,4$
Futtermischung	Sommerweizen 596				
Periode	2	3	4	1	
P-Aufnahme, g/d	0,96	1,23	1,45	0,88	$1,13 \pm 0,26$
P im Kot, g/d	0,44	0,37	0,63	0,45	$0,47 \pm 0,11$
P im Harn, mg/d	4	2	5	5	4 ± 1
VQ P, %	54,1	70,2	56,5	48,7	$57,4 \pm 9,2$

Tabelle A 5: Aufnahme und Ausscheidung von Phosphor für die geprüften Chargen Wintergerste

Tier	Dingo	Darius	Daniel	Drafi	$\xi \pm s$
Futtermischung	Wintergerste Var.1				
Periode	1	2	3	4	
P-Aufnahme, g/d	1,07	1,42	1,58	1,93	$1,50 \pm 0,36$
P im Kot, g/d	0,54	0,79	0,79	0,96	$0,77 \pm 0,17$
P im Harn, mg/d	7	7	9	12	9 ± 2
VQ P, %	49,1	44,7	50,2	50,2	$48,6 \pm 2,6$
Futtermischung	Wintergerste Var.6				
Periode	2	3	4	1	
P-Aufnahme, g/d	1,44	1,59	1,95	0,92	$1,48 \pm 0,43$
P im Kot, g/d	0,87	0,81	0,96	0,54	$0,80 \pm 0,18$
P im Harn, mg/d	10	9	6	6	8 ± 2
VQ P, %	39,4	49,3	50,7	41,5	$45,2 \pm 5,6$
Futtermischung	Wintergerste Var.4				
Periode	3	4	1	2	
P-Aufnahme, g/d	1,63	1,99	1,21	1,37	$1,55 \pm 0,34$
P im Kot, g/d	0,88	0,94	0,68	0,91	$0,85 \pm 0,12$
P im Harn, mg/d	15	9	7	8	10 ± 4
VQ P, %	46,1	53,0	43,6	33,5	$44,1 \pm 8,1$
Futtermischung	Wintergerste Var.3				
Periode	4	1	2	3	
P-Aufnahme, g/d	1,97	1,20	1,46	1,62	$1,56 \pm 0,32$
P im Kot, g/d	0,93	0,67	0,78	0,83	$0,80 \pm 0,11$
P im Harn, mg/d	16	7	7	8	10 ± 4
VQ P, %	52,9	44,3	46,7	48,5	$48,1 \pm 3,6$

Tabelle A 6: Aufnahme und Ausscheidung von Phosphor für die geprüften Chargen Winterweizen

Tier	Donald	Dagobert	Dani	Duffi	$\xi \pm s$
Futtermischung	Winterweizen Var.1				
Periode	1	2	3	4	
P-Aufnahme, g/d	1,04	1,27	1,41	1,72	$1,36 \pm 0,28$
P im Kot, g/d	0,39	0,54	0,61	0,66	$0,55 \pm 0,12$
P im Harn, mg/d	9	8	7	7	8 ± 1
VQ P, %	62,2	57,7	56,5	61,5	$59,5 \pm 2,8$
Futtermischung	Winterweizen Var.6				
Periode	2	3	4	1	
P-Aufnahme, g/d	1,16	1,29	1,58	0,95	$1,24 \pm 0,26$
P im Kot, g/d	0,52	0,56	0,62	0,42	$0,53 \pm 0,08$
P im Harn, mg/d	7	5	9	6	7 ± 2
VQ P, %	55,4	56,4	60,7	56,0	$57,1 \pm 2,4$
Futtermischung	Winterweizen Var.4				
Periode	3	4	1	2	
P-Aufnahme, g/d	1,33	1,63	0,94	1,20	$1,27 \pm 0,28$
P im Kot, g/d	0,53	0,65	0,44	0,45	$0,52 \pm 0,10$
P im Harn, mg/d	4	8	8	6	7 ± 2
VQ P, %	60,4	59,9	52,9	62,4	$58,9 \pm 4,1$
Futtermischung	Winterweizen Var.3				
Periode	4	1	2	3	
P-Aufnahme, g/d	1,60	0,89	1,18	1,31	$1,25 \pm 0,30$
P im Kot, g/d	0,66	0,41	0,58	0,47	$0,53 \pm 0,11$
P im Harn, mg/d	7	7	9	6	7 ± 1
VQ P, %	58,9	53,6	51,3	63,9	$56,9 \pm 5,6$

Tabelle A 7: Aufnahme und Ausscheidung von Phosphor für die geprüften Sorten Ackerbohne und Wintergerste

Tier	Cäsar	Caspar	Christian	Christoph	$\xi \pm s$
Futtermischung	Ackerbohne Condor				
Periode	1	2	3	4	
P-Aufnahme, g/d	1,16	1,45	1,68	2,02	$1,58 \pm 0,37$
P im Kot, g/d	0,77	0,79	0,90	1,19	$0,91 \pm 0,20$
P im Harn, mg/d	4	6	7	8	6 ± 2
VQ P, %	33,5	45,7	46,2	41,1	$41,6 \pm 5,9$
Futtermischung	Ackerbohne Scirocco				
Periode	4	1	2	3	
P-Aufnahme, g/d	1,57	1,89	1,08	1,35	$1,47 \pm 0,34$
P im Kot, g/d	0,75	1,11	0,65	0,89	$0,85 \pm 0,20$
P im Harn, mg/d	9	9	5	6	7 ± 2
VQ P, %	52,2	41,4	39,9	33,9	$41,8 \pm 7,7$
Futtermischung	Wintergerste Hanna				
Periode	3	4	1	2	
P-Aufnahme, g/d	1,90	1,09	1,36	1,63	$1,50 \pm 0,35$
P im Kot, g/d	1,10	0,58	0,63	0,89	$0,80 \pm 0,24$
P im Harn, mg/d	9	3	5	5	6 ± 3
VQ P, %	42,3	46,5	53,8	45,4	$47,0 \pm 4,8$
Futtermischung	Wintergerste Sarah				
Periode	2	3	4	1	
P-Aufnahme, g/d	1,32	1,59	1,85	1,06	$1,46 \pm 0,34$
P im Kot, g/d	0,63	0,73	0,86	0,51	$0,68 \pm 0,15$
P im Harn, mg/d	4	5	7	5	6 ± 1
VQ P, %	52,1	54,0	53,4	52,3	$52,9 \pm 0,9$

Tabelle A 8: Aufnahme und Ausscheidung von Phosphor für die geprüften Sorten Winterweizen

Tier	Clemens	Claus	Claudio	Carlo	$\xi \pm s$
Futtermischung	Winterweizen Contra				
Periode	1	2	3	4	
P-Aufnahme, g/d	0,92	1,13	1,27	1,53	$1,21 \pm 0,26$
P im Kot, g/d	0,49	0,60	0,67	0,84	$0,65 \pm 0,14$
P im Harn, mg/d	3	3	4	7	4 ± 2
VQ P, %	46,2	47,1	46,8	45,3	$46,3 \pm 0,8$
Futtermischung	Winterweizen Flair				
Periode	2	3	4	1	
P-Aufnahme, g/d	1,30	1,60	1,75	1,00	$1,41 \pm 0,33$
P im Kot, g/d	0,54	0,66	0,72	0,45	$0,59 \pm 0,12$
P im Harn, mg/d	5	4	6	3	5 ± 1
VQ P, %	58,6	58,7	59,1	55,3	$57,9 \pm 1,8$
Futtermischung	Winterweizen Ritmo				
Periode	3	4	1	2	
P-Aufnahme, g/d	1,56	1,86	0,93	1,17	$1,38 \pm 0,41$
P im Kot, g/d	0,63	0,86	0,43	0,58	$0,63 \pm 0,18$
P im Harn, mg/d	6	4	6	4	5 ± 1
VQ P, %	59,4	53,8	53,6	50,3	$54,3 \pm 3,8$
Futtermischung	Winterweizen Tilburi				
Periode	4	1	2	3	
P-Aufnahme, g/d	2,13	1,09	1,25	1,58	$1,51 \pm 0,46$
P im Kot, g/d	0,87	0,58	0,52	0,71	$0,67 \pm 0,15$
P im Harn, mg/d	7	8	6	6	6 ± 1
VQ P, %	59,1	46,4	58,4	54,9	$54,7 \pm 5,8$

8 Literaturverzeichnis

- BARRIER-GUILLOT, B.; CASADO, P.; MAUPETIT, P.; JONDREVILLE, C.; GATEL, F. 1996a:
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
- BARRIER-GUILLOT, B.; CASADO, P.; MAUPETIT, P.; JONDREVILLE, C.; GATEL, F.; LARBIER, M. 1996b:
Wheat phosphorus availability: 1-In vitro study; factors affecting endogenous phytasic acitivity and phytic phosphorus content. *J. Sci. Food Agric.* 70, 62-68
- BERK, A.; SCHULZ, E. 1993:
Die Verdaulichkeit des Phosphors aus unterschiedlichen Futtermitteln beim Schwein während der Mast. VDLUFA-Kongreßband, 309-312
- CVB 1996:
Veevoedertabel gegevens over chemische Samenstelling, Verteerbaarheid en voederwaarde van voedermiddelen; Centraal Veevoederbureau: Lelystad
- DLG 1999:
DLG-Information 1/1999: Schweinefütterung auf der Basis des Verdaulichen Phosphors; Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft e.V.: Frankfurt am Main
- DÜNGELHOEF, M.; RODEHUTSCORD, M. 1995:
Wirkung von Phytasen auf die Verdaulichkeit des Phosphors beim Schwein. Übers. Tierernährg. 23, 133-157
- DÜNGELHOEF, M.; RODEHUTSCORD, M.; SPIEKERS, H.; PFEFFER, E. 1994:
Effects of supplemental microbial phytase on availability of phosphorus contained in maize, wheat and triticales to pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 49, 1-10
- FAUST, M. 1996:
Untersuchungen zur Verdaulichkeit des Phosphors in Futtermitteln pflanzlicher und tierischer Herkunft beim Schwein. Diss. agr., Universität Bonn
- FRANKIEWICZ, A.; POTANSKI, A.; KRACHT, W.; URBANIAK, M. 1998:
Effect of feed supplementation with phytase on phosphorus utilization by piglets. *Agribiol. Res.* 51, 219-225
- GFE 1987:
Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 4. Schweine.; DLG-Verlag: Frankfurt am Main, Germany
- GFE 1994:
Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie: Die Bestimmung des verdaulichen Phosphors beim Schwein. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 2, 113-119
- GFE 1997:
Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie: Überarbeitete Empfehlungen zur Versorgung von Schweinen mit Phosphor. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 6, 193-200
- HARLAND, B. F.; OBERLEAS, D. 1986:
Anion-Exchange Method for Determination of phytate in foods: Collaborative Study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 69, 667-670

- HOVENJÜRGEN, M.; RODEHUTSCORD, M.; PFEFFER, E., 1999:
ME-Gehalt und Phosphor-Verdaulichkeit von schwach melassierten
Trockenschnitzeln beim Schwein. In: *Aktuelle Aspekte bei der Erzeugung von
Schweinefleisch*. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 193, 328-332
- NAUMANN, C.; BASSLER, R. 1976:
VDLUFA-Methodenbuch, Vol. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln
(Ergänzungen von 1983, 1988, 1993 und 1997 in loser Blattsammlung); VDLUFA-
Verlag: Darmstadt
- NRC 1998:
Nutrient Requirements of Swine: 10th Revised Edition; National Academy Press:
Washington, D.C.
- POINTILLART, A.; FOURDIN, A.; FONTAINE, N. 1987:
Importance of Cereal Phytase Activity for Phytate Phosphorus Utilization by Growing
Pigs Fed Diets Containing Triticale or Corn. *J. Nutr.* 117, 907-913
- RODEHUTSCORD, M.; FAUST, M.; DÜNGELHOEF, M.; SPIEKERS, H.; PFEFFER, E.
1994:
Zur Messung der Verdaulichkeit des Phosphors aus mineralischen Phosphor-Trägern
sowie aus Mineralfuttern, Eiweißkonzentraten und Alleinfuttern für Schweine. *J.
Anim. Phys. Anim. Nutr.* 71, 169-178
- RODEHUTSCORD, M.; FAUST, M.; LORENZ, H. 1996:
Digestibility of phosphorus contained in soybean meal, barley, and different varieties
of wheat, without and with supplemental phytase fed to pigs and additivity of
digestibility in a wheat-soybean-meal diet. *J. Anim. Phys. Anim. Nutr.* 75, 40-48
- STEINBECK, A. 2000:
Phosphorverdaulichkeit pflanzlicher Futtermittel beim Schwein und in-vitro
Dialysierbarkeit von Mineralstoffen. Diss. agr., Universität Giessen