

Phosphor-Versorgung von Schweinen ohne Futtermittel tierischer Herkunft

Dr. Age W. Jongbloed, Dr. Paul A. Kemme (Lelystad, Niederlande)

1. Einführung

Die Auswirkungen der Tierproduktion auf die Umwelt finden zunehmende Beachtung, speziell in Ländern und Gebieten mit hoher Tierdichte wie z. B. in den Niederlanden oder in Deutschland im Raum Vechta (JONGBLOED et al., 1999b). In der Vergangenheit wurden die Tiere mit wirtschaftseigenem Futter gefüttert und der produzierte Mist wurde als knapper und wertvoller Rohstoff für die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit angesehen. Auf diese Weise verblieben die Nährstoffe innerhalb des Kreislaufes - abgesehen von gewissen Verlusten durch Lagerung, Transport und Nährstoffeinlagerung in Milch, Fleisch und Eiern. Diese Art der tierischen Erzeugung hat sich in den letzten Jahrzehnten in den meisten Ländern erheblich verändert. Es wurden intensive Haltungssysteme für Nutztiere auf begrenzter Fläche entwickelt. Abgesehen von den zweifellosen Vorteilen großer Tierhaltungssysteme, können auch verschiedene Nachteile festgestellt werden. Diese haben in einigen Ländern bereits zu gesetzlichen Regelungen geführt.

Wegen des Risikos der Bovinen Spongiformen Enzephalopathie (BSE) ist seit Januar 2001 in der gesamten Europäischen Gemeinschaft der Einsatz von Futtermitteln tierischer Herkunft wie Tiermehl, Fleischknochenmehl, Blutmehl und Federmehl im Futter für sämtliche landwirtschaftliche Nutztiere verboten. Dies ist durch die Tatsache begründet, dass der Konsum von tierischen Produkten von BSE-kranken Tieren zur Creutzfeld-Jakob Krankheit führen kann. Das Verbot von Futtermitteln tierischer Herkunft hat zu Veränderungen in der Rationsgestaltung geführt.

Ziel dieses Beitrages ist es, die Umwelteffekte der intensiven Schweineerzeugung im Hinblick auf Phosphor (P) zu beschreiben. Dabei werden auch Fütterungsmaßnahmen zur Reduzierung der Phosphorausscheidung im Hinblick auf das Verbot von Tiermehlen im Futter für Schweine dargestellt.

2. Auswirkungen auf die Umwelt

Die Umwelteffekte von Phosphor lassen sich unterteilen in solche, die den Boden (Anreicherung von Nährstoffen), oder die Gewässer (Eutrophie) betreffen. Die Hauptaufgabe in den meisten Ländern ist es, ein akzeptables Gleichgewicht zwischen dem Mineralstoffeintrag und dem Entzug pro ha landwirtschaftlicher Nutzfläche zu finden. Einige Mineralstoffe wie P, reichern sich im Boden an und tragen über Ausschwemmung und Erosion zur Eutrophie von Grund- und Binnengewässern bei. Tabelle 1 zeigt den Beitrag von Phosphor (P) aus tierischen Exkrementen und Düngemitteln in den Niederlanden (FONG, 1999).

Bedenkt man, dass Getreide im Durchschnitt 20 bis 30 kg P pro ha aufnimmt, wird klar, dass sich trotz einer beträchtlichen Verminderung der P-Menge pro ha landwirtschaftlicher Nutzfläche in den Niederlanden Phosphor im Boden anreichert. Dies kann zu Eutrophie führen und übermäßiges Algenwachstum auslösen, was wiederum massives Fischsterben nach sich ziehen kann (ROLAND et al., 1993). Generell kann die Anreicherung der Umwelt zu verminderter biologischer Vielfalt führen. Dieser Aspekt wird in verschiedenen Ländern mehr und mehr beachtet.

Tabelle 1: Phosphormenge in tierischen Exkrementen und Düngern (verschiedener Regionen) in den Niederlanden (kg/ha landwirtschaftlicher Nutzfläche; verändert nach Fong, 1999 und CBS, 2001)

Provinz	1970	1980	1987	1990	1998
Noord-Brabant	48,2	85,4	107,3	87,6	k,A,
Gelderland	50,4	74,5	87,6	76,7	k,A,
Limburg	48,2	72,3	94,2	70,1	k,A,
Niederlande (Gülle)	34,2	49,9	54,3	48,0	42,0
Niederlande (Dünger)	21,5	18,4	19,3	16,5	15,5
Niederlande (gesamt)	55,6	68,3	73,6	68,5	64,0

k.A. = keine Angaben

3. Phosphor

Phosphor ist ein essentielles Element, daher sollte die P-Versorgung von Tieren ausreichend sein. Eine zu geringe Versorgung kann die Knochenmineralisierung reduzieren, die Fruchtbarkeit von Zuchtvieh vermindern und die tierische Leistung beeinträchtigen. Kürzlich haben POULSEN und Mitarbeiter (1999) die Bedeutung von Phosphor in der Ernährung von Schweinen ausführlich beschrieben, so dass im vorliegenden Artikel nur kurz darauf eingegangen wird.

3.1 Scheinbare Verdaulichkeit des Phosphors

Die Umweltwirkung von P hat zu beträchtlichen Forschungsanstrengungen in verschiedenen Ländern geführt, um tabellierte Daten über den nutritiven Wert von P in Futtermitteln für Schweine zu erhalten. Für P werden tabellierte Werte für die Praxis zur Verfügung gestellt, welche auf der Verfügbarkeit, Absorbierbarkeit oder scheinbaren Verdaulichkeit in Einzelfuttermitteln für Schweine basieren. Man sollte jedoch bedenken, dass eine Vielzahl von Faktoren die Verdaulichkeit von Mineralstoffen beeinflussen (JONGBLOED, 1987). Am bekanntesten ist die Wechselwirkung zwischen Ca und P (POINTILLART et al., 1987). Für die Bewertung der P-Verdaulichkeit in Futtermitteln sollte der Ca-Gehalt in der Ration standardisiert sein. Ergebnisse der P-Verdaulichkeit in Futtermitteln pflanzlicher und tierischer Herkunft sowie von Futterphosphaten sind in Tabelle 2 aufgeführt. Weitere Daten zur P-Verdaulichkeit von Einzelfuttermitteln für Schweine wurden vom CVB (2001) veröffentlicht.

Wie aus Tabelle 2 zu ersehen ist, bestehen relativ große Differenzen zwischen den Futtermitteln hinsichtlich ihrer P-Verdaulichkeit. Der Unterschied in der P-Verdaulichkeit zwischen herkömmlichem Weizen und Weizen mit inaktivierter pflanzeneigener Phytase zeigt, dass Weizen-Phytase einen großen Einfluss hat. Dieses Ergebnis wurde auch durch Untersuchungen von FOURDIN und Mitarbeitern (1986) sowie EECKHOUT und De PAEPE (1992) bestätigt. Die Verwendung von konventionellem Weizen in der Ration hat demnach einen positiven Effekt auf die Verdaulichkeit der gesamten Ration, vorausgesetzt die Phytase wurde

Tabelle 2: P-Verdaulichkeit (%) einiger Futtermittel pflanzlicher und tierischer Herkunft sowie von Futterphosphaten bei Schweinen ermittelt am ID TNO Tierernährung

Futtermittel	Anzahl Versuche	Mittelwert	Standardabweichung	Spanne
Gerste	5	39	4	34-44
Mais	10	19	6	12-26
Weizen	4	48	2	46-51
Weizen, inakt.*	2	26	1	26-27
Erbsen	4	45	4	42-51
Bohnen	3	37	8	29-48
Lupinen	3	50	4	47-56
Fleischknochenmehl	2	81	1	80-81
Knochenprez. A**	1	87	-	-
Knochenprez. B**	1	61	-	-
Magermilchpulver	1	90	-	-
Fischmehl	2	72	17	61-84
Maisnachmehl	8	21	8	13-34
Rapsschrot	3	27	4	22-33
Reiskleie	6	14	4	9-20
Sojaschrot, extr.	9	39	4	33-46
Sonnenbl.schrot, extr.	10	15	4	9-20
Weizennachmehl	3	30	5	24-35
Tapioka	4	6	5	1-13
DCP·0H ₂ O (A,B)**	4	64	2	63-66
DCP·2H ₂ O (A,B)**	3	69	1	69-71
MDCP·xH ₂ O	3	80	5	76-86
MCP·1H ₂ O	4	82	2	80-84
MSP·1H ₂ O***	3	90	3	88-93

* Pflanzeneigene Phytase durch Wärmebehandlung inaktiviert

** A und B sind aus verschiedenen Herstellungsprozessen

*** bezogen auf chemisch reines Mono-Natrium-Phosphat

nicht durch Hitzebehandlung inaktiviert. Die große Variation innerhalb eines Futtermittels wird Unterschieden im Gehalt an Phytat-P, Phytase-Aktivität und der Verarbeitung zugeschrieben (JONGBLOED und KEMME, 1990).

Die Ergebnisse in Tabelle 2 zeigen auch, dass die scheinbare P-Verdaulichkeit zwischen verschiedenen Arten von Futterphosphaten und tierischen Produkten beträchtlich differiert. Zwischen den Mono-Dicalcium-Phosphaten existieren große Unterschiede bedingt durch unterschiedliche Ca/P-Verhältnisse. Unterschiede in der P-Verdaulichkeit zwischen verschiedenen Produkten tierischer Herkunft kommen vermutlich durch Unterschiede in der Herkunft und der Fraktion der Knochen sowie der technologischen Verarbeitung und physikalisch-chemischen Struktur der Produkte zustande.

Es liegen also verlässliche tabellierte Daten für P-Verdaulichkeitskoeffizienten in verschiedenen Futtermitteln für Schweine vor. Über die anzuwendende Technik der Verdaulichkeitsbestimmung wird allerdings noch diskutiert. Daher gibt es immer noch Unterschiede zwischen einzelnen Ländern hinsichtlich der Verdaulichkeitskoeffizienten für P beim Schwein (z. B. in Deutschland, Dänemark und den Niederlanden).

Angaben zur Verdaulichkeit beim Geflügel unterscheiden sich in vielen Fällen von denen für Schweine. Bei den meisten Einzelfuttermitteln pflanzlicher Herkunft sind die Werte für Geflügel höher als für Schweine.

3.2 Phosphorbedarf wachsender Schweine

Die Schätzung des genauen P-Bedarfs von Schweinen ist eine schwierige Aufgabe. Meist wird zu diesem Zweck auf zwei Methoden zurück gegriffen: die empirische und die faktorielle Methode, wobei die letztere für P mehr und mehr gebräuchlich ist (ARC, 1981; GUEGUEN und PEREZ, 1981; DLG, 1997; NRC, 1998; JONGBLOED et al., 1999a).

Der P-Bedarf hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie vom Tiermaterial (physiologischer Status, Leistungsniveau, Produktionsrichtung), dem Futter (eingesetzte Hauptbestandteile, chemische Zusammensetzung, chemische Bindungsform und verschiedene Wechselwirkungen), der Fütterungsstrategie (verabreichte Futtermenge), der Umwelt (Temperatur, Gesundheitsstatus, Management, Haltungsbedingungen, Produktionsziel) und den genutzten Kriterien (minimale oder sichere P-Bedarfsabdeckung, Untersuchungsmethode oder Responskriterium (Zehenasche, Futtermittelverwertung etc.)). Das bedeutet, dass der geschätzte Bedarf aufgrund von Unterschieden in den Voraussetzungen einige Variation aufweisen kann. Aus wissenschaftlichen Gründen und für das Verständnis bevorzugen wir die faktorielle Ableitung, bei der eine Bewertung für Erhaltung und für Leistung angegeben wird. In den nächsten Kapiteln wird dies nur kurz für Ferkel und für die Schweinemast dargestellt; ausführlichere Informationen sind bei JONGBLOED und Mitarbeitern (1998, 1999a) zu finden. Vor kurzem wurde aufgrund von Ergebnissen vergleichender Schlachtanalysen am ID TNO Tierernährung in Lelystad der P-Bedarf junger Schweine neu bewertet. Schätzungen für den Bedarf an Ca können aus denen für P abgeleitet werden.

3.2.1 Erhaltungsbedarf an Phosphor

Der Erhaltungsbedarf an P wird bestimmt durch den Verlust an endogenem P mit dem Kot und dem P-Verlust mit dem Urin. JONGBLOED und Mitarbeiter (1998) schlossen, dass der gesamte „Erhaltungsbedarf“ an P für alle Kategorien von Schweinen mit 7 mg P/kg Lebendgewicht (LG) und Tag angenommen werden kann. Die DLG (1997) nimmt einen Erhaltungsbedarf von 10 mg P/kg LG und Tag an.

3.2.2 Leistungsbedarf an Phosphor

Bei Ferkeln und wachsenden Schweinen wird P in Muskelgewebe, Organen und Knochen eingelagert. Zur Schätzung des P-Bedarfs für das Wachstum wurde eine allometrische Gleichung von JONGBLOED und Mitarbeitern (1999a) verwendet. Die Daten wurden unterteilt in solche von vor und nach 1985. Die Gleichungen basieren auf den Ergebnissen von jeweils 65 bzw. 35 Datensätzen. Es besteht die Vermutung, dass die Daten, die nach 1984 veröffentlicht wurden, auf einem moderneren (mageren) Schweinetyt beruhen. Diese Datensätze stammen aus der Literatur und eigenen Versuchen, in denen die P-Menge in Schweinen im LG-Bereich von 5 bis 110 kg ermittelt wurde (JONGBLOED et al., 1999a). Es wurden nur solche Daten verwendet, die eine maximale Knochenmineralisation erlaubten. Für beide Datensätze erwiesen sich eine lineare und eine quadratische Komponente des Leerkörpergewichtes (empty body weight (EBW), kg) als beste Anpassung. Die Untersuchungsergebnisse, veröffentlicht vor 1985, resultierten in Gleichung 1; Gleichung 2 gilt für die Daten nach 1984 (P in g, EBW in kg):

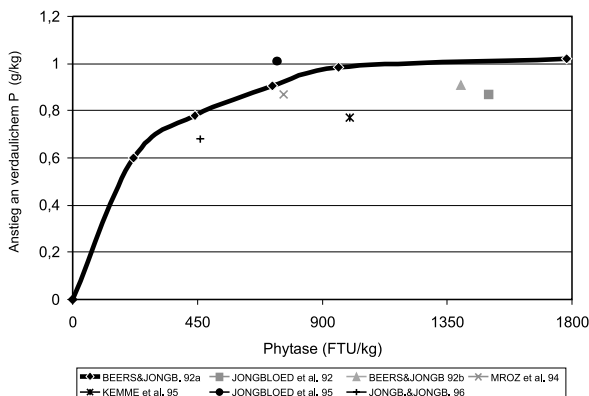
3.3 Mikrobielle Phytasen

Mikrobielle Phytasen lassen sich in zwei Gruppen unterteilen, je nach dem Ort des ersten Hydrolyseschrittes am Phytinsäuremolekül. Es gibt 3-Phytasen wie z. B. Natuphos (produziert von *Aspergillus niger*) und 6-Phytase wie z. B. ZY Phytase II (produziert von *Peniophora lycii*).

3.3.1 Mikrobielle Phytase in Rationen für wachsende Schweine

Zur Quantifizierung der Effekte auf die scheinbare Verdaulichkeit/Verfügbarkeit des Phosphors wurden verschiedene Experimente mit exogener mikrobieller Phytase veröffentlicht. Einen Überblick über einen großen Teil dieser Versuche geben JONGBLOED und Mitarbeiter (2000). Bei den meisten Untersuchungen zeigt sich eine exponentielle Dosis-Wirkungs-Kurve (Abb. 2). Auf Basis dieser Auswertung wird geschätzt, dass eine Menge von 500 U 3-Phytase /kg Futter gleichwertig zu 0,8 g verdaulichem P/kg Futter ist.

Abbildung 2: Dosis-Wirkungs-Effekt von 3-Phytase in verschiedenen Versuchen des ID TNO zur Menge des verdaulichen P aus Rationen mit mehr als 50 % Mais und Sojaschrot



Die ersten mikrobiellen Phytasen wiesen eine geringe Hitzestabilität auf, jedoch wurde dieses bei den neueren Phytasen entweder durch eine Bearbeitung der Phytase (z. B. Coating) oder durch weitere Selektion auf Hitzestabilität verbessert. Man muss sich darüber bewusst sein, dass die Wirksamkeit pro Einheit (U) aufgrund von Unterschieden in den physikalischen und chemischen Eigenschaften und des pH-Wertes, bei dem die Phytase-Aktivität bestimmt wird, variieren kann. Bisher haben sich aus dem Einsatz mikrobieller Phytase keine negativen Folgen ergeben und werden auch nicht erwartet, da es sich um ein Protein handelt, das im Gastrointestinaltrakt verdaut wird.

Zusätzlich zum positiven Effekt auf die P-Verdaulichkeit erhöht mikrobielle Phytase die Verdaulichkeit von Ca, Na und K sowie einiger Spurenelemente (JONGBLOED et al., 2000). Die Wirkung mikrobieller Phytase auf die Verdaulichkeit von Ca wurde als Verhältnis zwischen dem Anstieg in der Menge an verdaulichem Ca und der Menge an verdaulichem P berechnet. Durch eigene Untersuchungen und in Literaturangaben wurden Verhältniszahlen zwischen 0,55 und 0,84 gefunden. Eine höhere Ca-

Verdaulichkeit bedeutet, dass in Rationen mit mikrobieller Phytase der Zusatz von Ca etwas reduziert werden kann. Bei Verwendung von 500 U 3-Phytase/kg Futter werden 0,4 bis 0,7 g verdauliches Ca/kg generiert.

In verschiedenen in vitro-Studien wurde die Bildung von Komplexen aus Phytinsäure und Proteinen aufgezeigt, die von der Art des Proteins, dem pH-Wert und dem Ca- und Mg-Niveau abhängt. In vivo-Versuche belegen, dass die (ileale) Protein- und Aminosäureverdaulichkeit durch mikrobielle Phytase um 1 bis 3 %-Punkte verbessert werden (MROZ et al., 1994; KEMME et al., 1999).

Die Leistung von Schweinen, die mit mikrobieller Phytase gefüttert werden, ist gleich oder besser gegenüber Rationen ohne Zusatz oder gegenüber einer positiven Kontrollration (JONGBLOED et al., 2000). Die Verbesserung der Futtermittelverwertung kann der erhöhten Verdaulichkeit von Proteinen/Aminosäuren und einer etwas besseren Energieverdaulichkeit zugeschrieben werden. Das Ausmaß dieses Effekts hängt auch vom Phytat-Gehalt der Ration ab.

3.3.2 Mikrobielle Phytase in Rationen für Zuchtsauen

In neuerer Zeit wurden von uns zwei Versuche mit Sauen durchgeführt, einer mit laktierenden (JONGBLOED et al., 2001a) und einer mit tragenden Tieren (KEMME et al., unveröffentlicht), um die Wirkung von Phytase (6-Phytase, Ronozyme P) zu untersuchen. Bei den laktierenden Sauen wurden fünf Versuchsgruppen gebildet:

- 1) negative Kontrolle
- 2) wie 1) + 750 U Phytase/kg Futter
- 3) wie 1) + 1.000 U Phytase/kg Futter
- 4) wie 1) + 10.000 U Phytase/kg Futter
- 5) positive Kontrolle wie 1) + 1,5 g verdaulichem P (aus Mono-Calcium-Phosphat)/kg Futter

Der P-Gehalt in den Rationen der Gruppen 1 bis 4 bzw. 5 lag bei 5,0 bzw. 6,8 g/kg. Das Verhältnis von Ca zu verdaulichem P betrug für alle Gruppen gleichermaßen 2,9:1. Pro Gruppe wurden sechs Sauen eingesetzt, die ihre entsprechenden Rationen von zwei Wochen vor dem Abferkeln bis zum Absetzen der Ferkel mit vier Wochen erhielten. Kotproben wurden am Tag 15 und am Tag 21 nach dem Abferkeln genommen. Die Verdaulichkeit der Trockenmasse und der zu untersuchenden Mineralstoffe wurde mit Hilfe von Cr als unverdaulichem Marker bestimmt. Die zusammengefassten Ergebnisse dieses Versuchs sind in Tabelle 5 dargestellt (JONGBLOED et al., 2001a).

Tabelle 5: Effekt von 6-Phytase auf die durchschnittliche Verdaulichkeit (%) der Trockenmasse (TM) und einiger Mineralstoffe bei laktierenden Sauen

Behandlung	Negative Kontrolle	750 U	1.000 U	10.000 U	Positive Kontrolle
TM	78,2 ^{a1}	78,8 ^{ab}	79,0 ^b	78,4 ^{ab}	78,3 ^{ab}
P	21,4 ^a	36,8 ^b	38,1 ^b	44,9 ^c	34,9 ^b
Ca	19,5 ^a	29,4 ^b	28,8 ^b	29,0 ^b	24,6 ^{ab}
Mg	16,7 ^a	15,9 ^a	19,4 ^b	20,8 ^b	21,8 ^b
Cu	1,4 ^a	2,0 ^a	7,6 ^{bc}	9,6 ^c	5,5 ^{ab}

¹ abc Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in einer Zeile unterscheiden sich signifikant bei P < 0,05

Die Phytase erwies sich als sehr effektiv bei der Verbesserung der Verdaulichkeit verschiedener Mineralstoffe, vor allem bei P. Eine Menge von 750 und 1.000 U Phytase/kg Futter erzeugte 0,77 bzw. 0,83 g verdaulichen P/kg Futter. Selbst bei 10.000 U Phytase/kg Futter ergab sich noch ein Anstieg in der Freisetzung von verdaulichem P auf 1,17 g/kg Futter.

Für die Untersuchung mit tragenden Sauen wurden 24 Kreuzungssauen verwendet, die vier Versuchsgruppen zugeteilt wurden:

- 1) negative Kontrolle
- 2) wie 1) + 750 U Phytase/kg Futter
- 3) wie 1) + 1.000 U Phytase/kg Futter
- 4) positive Kontrolle wie 1) + 1,0 g verdaulichem P (aus Mono-Calcium-Phosphat) /kg Futter.

Die Ration mit geringem P-Niveau basierte auf Nebenprodukten ohne Phosphat oder Phytase. Der P-Gehalt der Rationen in den Gruppen 1 bis 3 bzw. 4 betrug 3,9 bzw. 5,2 g/kg. Das Verhältnis von Ca zu verdaulichem P wurde konstant gehalten (3,3:1) mit einem Minimum von 5,0 g Ca/kg. Das Futterangebot richtete sich nach den niederländischen Empfehlungen für tragende Sauen. In jeder Gruppe befanden sich sechs Sauen, die die entsprechenden Rationen vom 49. bis 100. Tag der Trächtigkeit erhielten. Kotproben wurden mit Hilfe rektaler Stimulation am 70. bis 71. Tag und am 98. bis 99. Tag der Trächtigkeit genommen. Die Verdaulichkeitskoeffizienten der Trockenmasse und der zu untersuchenden Mineralstoffe wurde mit Hilfe von Cr als unverdaulichem Marker bestimmt. Die Wirkung der Phytase war am 100. Trächtigkeitstag größer als am 70. Tag. Dies ist durch den höheren P-Bedarf am 100. Tag der Trächtigkeit zu erklären. Daher werden in Tabelle 6 nur die Ergebnisse für den 100. Trächtigkeitstag gezeigt (Tab. 6).

Tabelle 6: Effekt von 6-Phytase auf die Verdaulichkeit (%) der organischen Substanz (OS) und verschiedener Mineralstoffe bei tragenden Sauen am 100. Trächtigkeitstag

Behandlung	Negative Kontrolle	750 U/kg	1.000 U/kg	Positive Kontrolle
OS	80,0 ^a	80,7 ^a	79,4 ^a	80,2 ^a
P	21,7 ^a	32,5 ^c	32,0 ^c	26,7 ^b
Ca	28,1 ^a	34,2 ^a	29,3 ^a	27,5 ^a
Mg	25,5 ^a	28,3 ^a	26,4 ^a	23,8 ^a
Na	80,7 ^a	87,6 ^a	87,5 ^a	84,9 ^a
Zn	-2,5 ^a	3,8 ^b	-1,9 ^a	-0,4 ^a

1 abc Werte mit verschiedenen Buchstaben in einer Zeile unterscheiden sich signifikant bei P < 0,05

Die P-Verdaulichkeit am 100. Tag der Trächtigkeit betrug in den Versuchsgruppen 1 bis 4 jeweils 22, 33, 32 bzw. 27 Prozent. Die P-Verdaulichkeit wurde am 100. Trächtigkeitstag im Vergleich zur Basis-Ration um 10,8 Prozentpunkte erhöht. Durch Zusatz von 750 U 6-Phytase/kg Futter wurden am 100. Tag 0,42 g verdaulicher P/kg Futter erzeugt. In Übereinstimmung mit anderen Berichten (z. B. KEMME et al., 1997) verbesserte der Zusatz von Phytase zum Futter für tragende Sauen die P-Verdaulichkeit signifikant.

4. Auswirkungen des Verbots von Fleischmehl in Schweinerationen

Seit dem ersten Ausbruch von BSE im Jahr 1989 in Großbritannien wurden in den Mitgliedsstaaten der EU verschiedene Maßnahmen ergriffen. Tabelle 7 gibt einen Überblick über die Maßnahmen in den Niederlanden.

Tabelle 7: Übersicht über die verschiedenen Maßnahmen zur Vermeidung weiterer BSE-Infektionen bei Rindern in den Niederlanden

Jahr	Monat	Maßnahme
1989	Januar	Verbot von Fleischmehl in Rationen für Wiederkäuer
1990	September	Importverbot für Fleischmehl aus Großbritannien
1993	Januar	Verbot Futter für Wiederkäuer in der gleichen Produktionslinie herzustellen, in der auch Futtermittel mit mehr als 6 % Fleischmehl produziert werden
1994	August	Europaweites Verbot für Fleischmehl aus jeglichen Säugetieren in Futtermitteln für Wiederkäuer
1997	Juni	Gesetzliche Verpflichtung Ausgangsmaterialien für Fleischmehl zu sterilisieren und zwar für 20 Minuten bei 133 °C und 3 bar bei einer maximalen Partikelgröße von 50 mm
1997	August	Trennung einiger Gewebeteile von Wiederkäuerschlachtkörpern, die als Risikomaterial gelten
1999	März	Verbot Futtermittel für Wiederkäuer mit Proteinen tierischer Herkunft herzustellen
2001	Januar	Gänzlichliches EU-weites Verbot Futtermittel für Nutztiere mit Proteinen tierischer Herkunft zu produzieren

Obwohl bei Schweinen und Geflügel keine Spongiforme Enzephalopathie beobachtet wurde, ist es nicht zulässig Fleischmehl in Rationen für diese Spezies einzusetzen. Es ist offensichtlich, dass solch ein Verbot eine große Auswirkung auf die tierische Erzeugung haben kann. Die Verwendung anderer Ausgangsstoffe in der Rationsgestaltung kann sich sowohl auf die Futterpreise auswirken als auch die Umwelt beeinflussen.

Um den Effekt des Fleischmehlverbots in Schweinefuttern abzuschätzen, wurden beispielhaft die Rationszusammensetzungen kurz vor (Oktober 2000) und nach dem Verbot miteinander verglichen. Dabei wurden die Preise von August 2001 verwendet. Es ist klar, dass für jeden Futtermittelhersteller die Rationen aufgrund unterschiedlicher Ausgangssituationen verschieden sein können. Es wurden Berechnungen für ein Absetzerfutter (Absetzen bis 25 kg LG) und für ein Vormastfutter für Schweine von 25 bis 45 kg LG vorgenommen. In Tabelle 8 wird die chemische Zusammensetzung und der Nährwert verglichen, während Tabelle 9 Angaben zur komponentenseitigen Rationszusammensetzung enthält.

Die Tabellen zeigen, dass es in den Niederlanden nur zu geringen Veränderungen in den Futterrezepturen und -zusammensetzungen kam. Im Absetzerfutter wurde das

Tabelle 8: Effekt des Verbots von Fleischmehl auf die chemische Zusammensetzung (g/kg) und den Nährwert von Schweinefutter für die Abschnitte „Absetzen bis 25 kg“ und „25 bis 45 kg“

Futterbestandteile	Absetzen bis 25 kg		25 bis 45 kg	
	Vor Verbot	Nach Verbot	Vor Verbot	Nach Verbot
Preissteigerung (EUR/100 kg)	-	+ 0,20	-	+ 0,25
Rohprotein	185,0	178,5	177,0	177,0
Rohfett	54,7	55,4	52,9	50,2
Rohfaser	47,7	48,1	45,3	41,0
Calcium	7,2	7,2	7,2	7,2
P, gesamt	5,6	5,5	4,6	4,6
Verdaulicher P	3,5	3,5	2,7	2,7
P aus Futterphosphat	0,45	0,74	0,11	0,43
Phytase-Zusatz (U/kg)	500	500	500	500
Ileal verdauliches Lysin	9,9	9,9	9,0	9,0
Ileal verdauliches Methionin + Cystin	6,0	6,0	5,3	5,3
Nettoenergie (MJ/kg)	9,58	9,58	9,49	9,49

Tabelle 9: Effekt des Fleischmehlverbots auf die Futterzusammensetzung (g/kg) für Schweine vom Absetzen bis 25 kg sowie von 25 bis 45 kg in den Niederlanden

Futterkomponenten	Absetzen bis 25 kg		25 bis 45 kg	
	Vor Verbot	Nach Verbot	Vor Verbot	Nach Verbot
Gerste	250	359,8	150,0	200,0
Mais	97,5	50,0	35,8	18,1
Weizen	200,0	200,0	200,0	200,0
Anderes Getreide	0,0	0,0	10,0	53,3
Weizennachmehl	18,2	4,9	75,0	72,8
Sojaschrot	125,0	125,0	159,0	159,0
Sonnenblumenschrot	75,0	75,0	20,0	0,0
Tapiokamehl	38,7	0,0	181,3	78,1
Kartoffelprotein	2,9	0,0	0,0	0,0
Zuckerrohrmelasse	15,0	15,0	25,0	25,0
Fleischmehl	20,0	0,0	25,2	0,0
Fischmehl	0,0	2,8	0,0	0,0
Molkenpulver	45,9	47,4	0,0	0,0
Tierisches Fett	30,0	30,0	25,0	25,0
Sojaöl	3,8	9,6	0,0	0,0
Erbsen	50,0	50,0	30,0	100,0
Anderes	8,0	8,0	40,0	40,0
Premix	9,0	9,0	9,0	9,0
L-Lysin	3,3	3,8	2,2	1,9
DL-Methionin	1,1	1,2	0,9	0,9
L-Threonin	0,8	1,1	0,4	0,4
L-Tryptophan	0,2	0,2	0,1	0,1
Kalk	0,0	0,0	8,7	12,0
Monocalciumphosphat	2,0	3,3	0,5	1,9
Salz	3,7	3,9	2,0	2,5

Protein aus Fleischmehl hauptsächlich durch Fischmehl ersetzt, wobei etwas mehr Molkenpulver und freie Aminosäuren eingesetzt wurden. Eine andere Möglichkeit wäre der Einsatz von Kartoffelprotein als Eiweißquelle in diesen Futtertypen, wenn die Verwendung von Fischmehl zu problematisch ist, wie derzeit in den meisten deutschen

Mischfutterwerken. Im Vormastfutter wurden vermehrt Erbsen verwendet, aber kein zusätzliches Sojaschrot, während weniger Tapioka eingesetzt wird. Im Vormastfutter war kein erhöhter Einsatz von freien Aminosäuren zu beobachten.

Nach dem Verbot wurde in beiden Futterarten zwar mehr Monocalcium-Phosphat eingesetzt, aber keine zusätzliche mikrobielle Phytase zur Kompensation des fehlenden Fleischmehls. Der Grund dafür ist wahrscheinlich der ohnehin schon recht hohe Gehalt an mikrobieller Phytase in diesen Futtertypen. Wäre dies nicht der Fall gewesen, wäre sicherlich vermehrt mikrobielle Phytase eingesetzt worden. Die Preise für diese beiden Futtertypen lagen um etwa 0,20 und 0,25 EUR /100 kg höher als vor dem Verbot. Da der Gehalt an tierischen Nebenprodukten im Geflügelfutter zwischen 4 und 6 % lag, erhöhten sich die Preise von Geflügelfutter durch das Verbot um 0,40 bis 0,50 EUR/100 kg.

5. Phosphorausscheidung von Schweinen in den Niederlanden

Die verbesserten Kenntnisse über die P-Verdaulichkeit in Futterrohstoffen und über den P-Bedarf von Schweinen haben zusammen mit dem Einsatz von mikrobieller Phytase erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt. Eine Menge von 500 U 3-Phytase oder 750 U 6-Phytase/kg Futter erzeugt etwa 0,8 g verdaulichen P/kg, was 1,0 g P aus Monocalcium-Phosphat oder 1,23 g P aus Dicalcium-Phosphat-Anhydrid entspricht. Für die Endmast ist dies etwa die Hälfte des Bedarfs an verdaulichem Phosphor.

In den Niederlanden wird der Gehalt von einigen Mineralstoffen in Futtermitteln regelmäßig kontrolliert. Daher kann die P-Ausscheidung der Schweine geschätzt werden. Tabelle 10 gibt für die Jahre 1973 bis 2000 einen Überblick für Schweine (Mast bis Endmast). In diesem Zeitraum verbesserte sich die Tageszunahme im Gewichtsabschnitt 25 bis 110 kg Lebendgewicht von 625 auf 768 g/Tag. Trotz der besseren Leistungen (Zuwachs und Futterverwertung) verminderte sich der P-Gehalt im Schweinefutter um mehr als 2,0 g/kg. Die Daten in Tabelle 10 zeigen, dass die P-Ausscheidung von Schweinen in der Mast/Endmast von 1,62 auf 0,62 kg sank, d. h. um 1,0 kg! Neben den besseren tierernährerischen Kenntnissen trugen sicherlich die gesetzlichen Verordnungen hinsichtlich P und der Einsatz mikrobieller Phytase zu dieser Senkung der P-Exkretion bei. Heutzutage wird in den Niederlanden in 80 % der Futtermittel für Schweine mikrobielle Phytase verwendet. In den nächsten Jahren wird eine höhere Einsatzrate von mikrobieller Phytase im Schweinefutter die Phosphor-Ausscheidung der Tiere weiter vermindern.

Tabelle 10: Mittlere P-Ausscheidung von Schweinen im Gewichtsabschnitt 25 bis 110 kg in den Niederlanden

Jahr	Futter-P (g/kg)	Futterverwertung	Ausscheidung (kg/Tier)
1973	7,4	3,37	1,62
1983	6,2	3,08	1,18
1988	6,0/5,0	2,96	0,88
1992	5,5/4,9	2,87	0,80
1996	5,3/4,6	2,74	0,67
2000	5,3/4,7	2,60	0,62

6. Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Bodenfruchtbarkeit und die Qualität von Oberflächen- und Grundwasser bestimmen in hohem Maße die Menge an tierischen Exkrementen, die pro Hektar ausgebracht werden kann. Da heutzutage auf den meisten intensiven Schweinemastbetrieben der Eintrag an Phosphor durch Mist und anorganische Dünger den Entzug über Fleisch übersteigt, wurden neue gesetzliche Verordnungen erlassen, die den Einsatz von tierischen Exkrementen je ha Nutzfläche begrenzen. Dennoch ist Mist immer noch ein wertvoller Artikel für die Erhaltung oder Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit.

Besonders bei Schweinen kann das Fütterungsmanagement beträchtlich zu einer Verminderung der P-Ausscheidung beitragen. Ausreichende Kenntnisse über die Verfügbarkeit/Verdaulichkeit von Phosphor im Futter und über den P-Bedarf der Tiere zu jedem Zeitpunkt der Produktion und in jeder Produktionsrichtung sind notwendig. Bei Schweinen kann die P-Verdaulichkeit durch den Einsatz mikrobieller Phytase verbessert werden, was zu einer Absenkung der P-Exkretion um 20 bis 30 % führt.

Trotz des Verbots von Fleischmehl ist es sehr gut möglich, bedarfsgerechte Rationen für Schweine zu formulieren, auch wenn die Preise für einen Austausch von 2 bis 3 % Fleischmehl im Futter um 1 bis 2 % höher liegen. Die vorgestellten Rationen enthalten mehr Futterphosphat, Fischmehl und freie Aminosäuren. In vielen Fällen kann der Einsatz an mikrobieller Phytase noch weiter als bisher erhöht werden. In den Niederlanden wird derzeit eine weitere Anhebung des Gehalts an mikrobieller Phytase im Futter erwogen.

Einerseits mag man denken, dass das Problem einer weiteren Ausbreitung von BSE durch die Verbrennung von Fleischmehl gelöst ist. Andererseits gibt es einige Nachteile, die ebenfalls berücksichtigt werden sollten. Man kann darüber streiten, ob die Fleischmehl-Verbrennung nachhaltig ist, weil tatsächlich mehr Phosphor- und Proteinquellen importiert werden müssen. In den Niederlanden machte eine neuere Studie über das Verbot von Fleischmehl in Geflügelfutter (POS, 2001) deutlich, dass für Anbau, Produktion und Transport von Sojaschrot und Monocalciumphosphat fast 10 % mehr fossile Energie benötigt wird. Vielleicht kann das verbrannte Fleischmehl als Düngemittel im Austausch für die üblichen Phosphat-Dünger verwendet werden. Darüber hinaus wird eine Proteinquelle mit einer hohen biologischen Wertigkeit zerstört.

7. Zusammenfassung

In Gebieten mit intensiver Tierproduktion stellt die anfallende Menge tierischer Exkremente ein großes Problem dar. Die P-Menge in den Exkrementen übersteigt meistens die Menge an Mineralstoffen, die von den Nutzpflanzen aufgenommen werden kann. Dies führt zu Anreicherung, Auswaschung und Mineralstoffverlusten. Der Phosphor in den Ausscheidungen ist von größerer Bedeutung. Seine Wirkung auf die Umwelt wird umrissen. Um die Belastung der Umwelt zu minimieren, sollte die P-Versorgung dem Bedarf der Tiere möglichst nahe kommen. Die Verdaulichkeit von Phosphor in verschiedenen Einzelfuttermitteln für Schweine wird diskutiert. Ein neueres Experiment zur Bestimmung der P-Menge im Körper junger Schweine wurde durchgeführt. Auf der Basis dieser Untersuchung wurde der Phosphorbedarf von Schweinen neu bewertet und die Ergebnisse dargestellt. Im Rahmen einer Redu-

zierung und Verbesserung der Bioverfügbarkeit von Phosphor wird der Effekt einer mikrobiellen Phytase im Futter für Schweine diskutiert. Besondere Beachtung wird neuen Versuchen mit mikrobieller Phytase bei Zuchtsauen geschenkt. Außerdem werden die Auswirkungen des Verbots tierischer Produkte im Schweinefutter unter besonderer Berücksichtigung von Rationsgestaltung und Umwelt diskutiert. Abschließend werden die vom Schwein ausgehenden Einflüsse auf die P-Ausscheidung dargestellt.

8. Literaturverzeichnis

- ARC (1981): Agricultural Research Council. The Nutrient Requirements of Farm Livestock. no. 3. Pigs. Agricultural Research Council, Slough, London
- COSGROVE, D.J. (1980): Inositol phosphates. Their chemistry, biochemistry and physiology. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 175 pp
- CBS (2001): Statistisch Jaarboek, 2001, Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg, The Netherlands
- CVB (2001): Futtermitteltabellen. Informationen über chemische Zusammensetzung, Verdaulichkeit und Nährwert von Futtermitteln (in Holländisch), Centraal Veevoederbureau, Lelystad, The Netherlands
- DLG (1997): Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 6, 193-200
- ECKHOUT, W., M. DE PAEPE (1992): Betere benutting van de voeders. 1.1. Synthetische fytase. 1.1.1. Betekenis van een microbieel fytasepreparaat voor de schijnbare fosforverteerbaarheid van biggenvoeders. Landbouwtijdschrift-Revue de l'Agriculture 45, 183-192
- FONG, P.K.N. (1999): Kwartaalbericht Milieustatistiek 16, no.4, 32-39
- FOURDIN, A., N. FONTAINE, A. POINTILLART (1986): [Importance of cereal phytase activity for phytate phosphorus utilization by growing pigs fed triticale or maize diets]. Journées de la Recherche Porcine en France 18, 83-90
- GUÉQUEN, L., J.M. PEREZ (1981): A re-evaluation of recommended dietary allowances of calcium and phosphorus for pigs. Proc. Nutr. Soc. 40, 273-278
- JONGBLOED, A.W. (1987): Phosphorus in the feeding of pigs; effect of diet on the absorption and retention of phosphorus by growing pigs, Ph.D thesis, Agricultural University, Wageningen, Netherlands
- JONGBLOED, A.W., P.A. KEMME (1990): Apparent digestible phosphorus in the feeding of pigs in relation to availability, requirement and environment. 1. Digestible phosphorus in feedstuffs from plant and animal origin. Neth. J. Agric. Sci. 38, 567-575
- JONGBLOED, A.W., H. EVERTS, P.A. KEMME, Z. MROZ (1998): Absorbability and requirements of macroelements for pigs. In: I. Kyriazakis (Ed.), Toward a Quantitative Biology of the Pig. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, 275-298
- JONGBLOED, A.W., J.Th.M. van DIEPEN, R. van der WEIJ-JONGBLOED, P.A. KEMME (1999a): Herzene fosfor behoeftenormen voor varkens. ID-DLO Rapport no. 99.056
- JONGBLOED, A.W., H.D. POULSEN, J.Y. DOURMAD, C.M.C. van der PEET-SCHWERING (1999b): Environmental and legislative aspects of pig production in The Netherlands, France and Denmark. Livest. Prod. Sci. 58, 243-249
- JONGBLOED, A.W., P.A. KEMME, Z. MROZ, J.Th.M. van DIEPEN (2000): Efficacy, use and application of microbial phytase in swine production. a review. In: Biotechnology in the Feed Industry, Proc. of Alltech's 16th Annual Symposium, T.P. Lyons and K. Jacques (Eds). Nottingham University Press, Nottingham, United Kingdom, p. 111-129
- JONGBLOED, A.W., J.Th.M. van DIEPEN, P.A. KEMME, H. DIAS, J. BROZ (2001a): Efficacy of microbial phytase on mineral digestibility in diets for lactating sows and on reduction of phosphorus excretion. Short paper N5.5, Book of Abstracts No. 7, 52nd Annual Meeting EAAP, Budapest, Hungary, 26-29 August 2001, p. 122
- JONGBLOED, A.W., A. KLOP, M. BARMENTLOO (2001b): [The amount of minerals and nitrogen in piglets from birth to 25 kg body weight]. Report ID-Lelystad (im Druck)
- KEMME, P.A., A.W. JONGBLOED, Z. MROZ, A.C. BEYNEN (1997): The efficacy of *Aspergillus niger* phytase in rendering phytate phosphorus available for absorption in pigs is influenced by pig physiological status. J. Anim. Sci. 75, 2129-2138
- KEMME, P.A., A.W. JONGBLOED, Z. MROZ, J. KOGUT, A.C. BEYNEN (1999): Digestibility of nutrients in growing-finishing pigs is affected by *Aspergillus niger* phytase, phytate and lactic acid levels. 1. Apparent ileal digestibility of amino acids. Livest. Prod. Sci. 58, 107-117
- MROZ, Z., A.W. JONGBLOED, P.A. KEMME (1994): Apparent digestibility and retention of nutrients bound to phytate complexes as influence

- by microbial phytase and feeding regimen in pigs. *J. Anim. Sci.* 72, 126-132
- NRC (1998): Nutrient Requirements of Swine. Washington DC
- POINTILLART, A., N. FOURDIN, A. DELMAS (1987): Consequences de l'excès de calcium chez des porcs non supplémentés en phosphore minéral. *Journées Recherches Porcine en France* 19, 281-287
- POS, J. (2001): A quantitative analysis of the impact of the European ban on using meat meal for the Dutch poultry sector. Effects for diet composition and nutrient flows. Thesis Department Animal Nutrition, Wageningen University, The Netherlands
- POULSEN, H.D., A.W. JONGBLOED, P. LATIMIER, J.A. FERNANDEZ (1999): Phosphorus consumption, utilization and losses in pig production in France, The Netherlands and Denmark. *Livest. Prod. Sci.* 58, 251-259
- ROLAND, D.A., R.W. GORDON, S.K. RAO (1993): Phosphorus solubilization and its effect on the environment. In: *Proc. Maryland Nutr. Conf.*, 138-145. Departments of Poultry Science and Animal Sciences, University of Maryland, College Park, MD, USA