

Ergebnisse
landwirtschaftlicher Forschung
an der
Justus-Liebig-Universität

Heft XXIII

Herausgeber

Fachbereich 17 - Agrarwissenschaften und Umweltsicherung

der

Justus-Liebig-Universität Gießen

GIESSEN 1997
ISSN 0075-4609

Vorträge der 21. Hochschultagung
des Fachbereichs 17 - Agrarwissenschaften und Umweltsicherung
der Justus-Liebig-Universität Gießen
in Erfurt
21. November 1996

MASSNAHMEN ZUR GESTALTUNG EINER UMWELTVERTRÄGLICHEN TIERERNÄHRUNG

Prof. Dr. J. PALLAUF¹

1. Einleitung

Innerhalb der Nahrungskette nehmen die landwirtschaftlichen Nutztiere eine zentrale Stellung ein. Ihre Ausscheidungen über Kot und Harn, ursprünglich als wertvoller Dünger hoch geschätzt, können jedoch bei intensiver Tierhaltung zu Umweltbelastungen beitragen. Insbesondere die faecale und renale Exkretion verschiedener N-Verbindungen sowie von Phosphor und Spurenelementen, wie auch die Ausscheidung von CO₂ und CH₄ über die Atemluft bzw. die Darmgase sind hier zu nennen. Durch die Nutzung von Nebenprodukten der Landwirtschaft und der Lebensmittelherstellung zur Produktion hochwertiger vom Tier stammender Lebensmittel kann die Tierernährung jedoch die Umwelt auch entlasten.

Nachfolgend sollen Möglichkeiten zur Reduzierung der Methanemission des Rindes, zur Verminderung der Stickstoffausscheidung und zur Verbesserung der Effizienz der Mineralstoffverwertung am Beispiel des Phosphors beim Schwein sowie Möglichkeiten zur Reduktion des Spurenelementaustrages angesprochen werden.

2. Reduzierung der Methanemission des Rindes

Das klimarelevante Spurengas Methan war bis zum Jahre 1800, wie aus Messungen an Eisbohrkernen bekannt ist, weitgehend stabil mit 0,7 ppmv, d.h. 0,7 Millionstel Volumenteilen, in der Reingluft enthalten. Heute hingegen liegt der Gehalt mit 1,7 ppmv etwa 2,5 mal so hoch. Das Treibhauspotential von CH₄ ist dabei um rund das 25fache höher als jenes von CO₂, das allerdings mit 350 ppmv in der Atmosphäre vertreten ist, und dessen mittlere Verweildauer mit 50-200 Jahren um ein Vielfaches höher liegt als die Verweildauer von Methan, die rund 15 Jahre beträgt (TRAPP 1996). Von der weltweiten Methanemission von rund 465 Mt je Jahr stammen nach Untersuchungen von CRUTZEN und Mitarbeitern (zit. nach KIRCHGESSNER et al. 1993) etwa 16 % von landwirtschaftlichen Nutztieren und davon wiederum etwa drei Viertel von Rindern. Methan entsteht aus Kohlendioxid und Wasserstoff durch methanogene Bakterien als Nebenprodukt des mikrobiellen Abbaues von Kohlenhydraten im Pansen von Wiederkäuern (Abb. 1).

Während die Endprodukte Essigsäure, Propionsäure und Buttersäure direkt aus dem Pansen absorbiert werden und im Intermediärstoffwechsel wertvolle Energielieferanten darstellen, ist Methan für das Tier nicht nutzbar. Mit steigenden Anteilen an bakteriell fermentierbaren Zellwandbestandteilen werden auch im Dickdarm von monogastrischen Tieren, z.B. bei Zuchtsauen, mit ca. 5-10 g/Tag nennenswerte Mengen an Methan gebildet (KIRCHGESSNER et al. 1991b).

Spannweiten der Methanausscheidung von Kleinwiederkäuern, Mast- und Aufzuchtrindern sowie Milchkühen sind in Tabelle 1 angegeben. Die je Milchkuh und Tag gebildete Menge an CO₂ beträgt im Vergleich dazu etwa 10 kg (KIRCHGESSNER et al. 1991a). Vor allem bei hohen Anteilen an verdaulicher Rohfaser in der Ration, die zu einer vermehrten Acetatbildung im Pansen führen, fallen hohe CH₄-Mengen an. Mindest-Rohfaseranteile von z.B. 16 % der

¹ Institut für Tierernährung und Ernährungsphysiologie, Senckenbergstraße 5, 35390 Gießen

Trockenmasse der Gesamtration gelten jedoch als Voraussetzung für eine wiederkäuergerechte Milchviehration, und hohe Essigsäureanteile sind wiederum für einen hohen und stabilen MilCHFettgehalt erforderlich.

Abbildung 1: Methanbildung infolge des mikrobiellen Kohlenhydratabbaus im Pansen (DEMEYER und VAN NEVEL 1975)

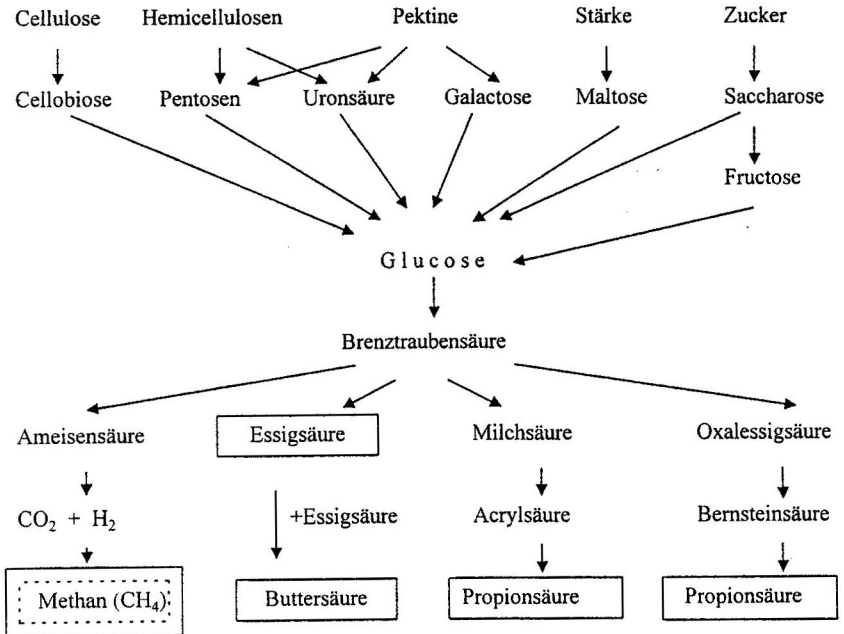


Tabelle 1: Tägliche Methanausscheidung von Wiederkäuern nach verschiedenen Literaturangaben (FLACHOWSKY 1996)

Tierart bzw. Nutzungsrichtung	Methanausscheidung (g/Tier und Tag)
Kleinviederkäuer (Ziege/Schaf)	5 – 35
Mastrinder (200 – 500 kg)	80 – 220
Jungrinder (200 – 500 kg)	110 – 250
Milchkühe	
trockenstehend	110 – 250
laktierend	180 – 400

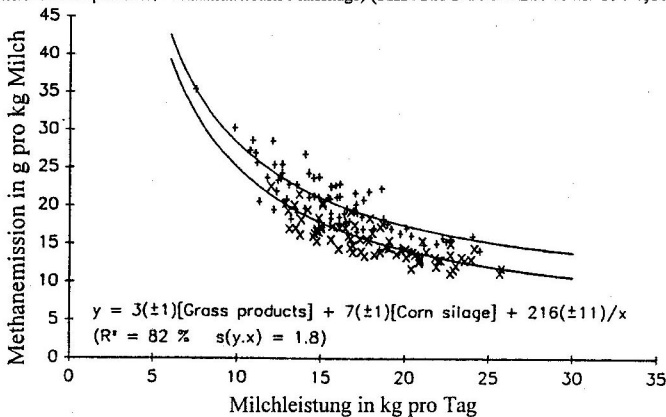
Die Methanausscheidung der Wiederkäuer variiert je nach Rationsgestaltung etwa zwischen 4 und 12 % der aufgenommenen Bruttoenergie. Im Mittel wird bei Rindern von Energieverlusten von 6-8 % durch Methan ausgegangen. Fütterungsmaßnahmen, die bei geringerer Acetatbildung zu erhöhter Propionatbildung führen, senken die Energieverluste durch Methanbildung. Zu diesen Maßnahmen zählen stärkereiche und rohfaserarmer Rationen.

Weiterhin läßt sich die Methanbildung durch den Einsatz von Futterfetten sowie die Verabreichung ionophorer Fütterungsantibiotika, wie sie ausschließlich für die Rindermast zugelassen sind, reduzieren. Der positive Einfluß von Monensin-Natrium, einem in der Rindermast zugelassenen ionophoren Zusatzstoff, auf Lebendmasse und Futterverwertung ist in Tabelle 2 aufgezeigt. Typisch für den eingesetzten ionophoren Leistungsförderer ist, daß sich die Futtermittelaufnahme der Tiere etwas reduziert. Trotzdem erzielte die Versuchsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe um 50 g höhere Tageszunahmen, so daß die Futterverwertung erheblich verbessert war. Hervorzuheben ist die absolut und je kg erzeugtes eßbares Protein erheblich reduzierte Ausscheidung an Methan, Stickstoff und Phosphor.

Tabelle 2: Einfluß eines Leistungsförderers in der Rindermast (150 – 600 kg LM) auf Mastdaten sowie die CH₄-, N- und P-Ausscheidung je kg eßbares Protein (FLACHOWSKY 1996)

	Kontrollgruppe	Versuchsgruppe mit Leistungsförderer (20 mg Monensin-Na je kg Futter-TM)
Trockenmasseaufnahme (kg/Tier und Tag)	8,0	7,5
Lebendmassezunahme (g/Tier und Tag)	1200	1250
Trockenmasseaufwand (kg/kg Zunahme)	6,7	6,0
Ausscheidungen je kg erzeugtes eßbares Protein		
g CH ₄	800	500
g N	1100	950
g P	150	130

Abbildung 2: Methanbildung je kg Milch in Abhängigkeit von der Milchleistung
(x: Rauhfutterbasis Grasprodukte; +: Rauhfutterbasis Maissilage) (KIRCHGESSNER et al. 1994,1995)



So werden in der Versuchsgruppe je kg erzeugtes eßbares Protein 37 % weniger Methan, 14 % weniger Stickstoff und 13 % weniger Phosphor als in der Kontrollgruppe an die Umwelt abgegeben. Die Bedeutung eines hohen Leistungsniveaus für eine je Produktseinheit möglichst geringe Umweltbelastung wird auch aus Abbildung 2 deutlich. Respirationstudien an Milchkühen zeigen, daß zwischen Leistungshöhe und Methanausscheidung je kg erzeugter Milch eine relativ enge nichtlineare Beziehung besteht. Bei 10 kg Milchleistung ist demnach jedes kg Milch mit einer Methanbildung von nahezu 30 g belastet, während bei einer Tagesleistung von 25 kg je Kuh die Methanbildung je kg Milch nur noch etwa 15 g beträgt. Die Untersuchung zeigt, daß auch rationspezifische Unterschiede bestehen. Unter den vorliegenden Bedingungen war die Methanbildung bei Rationen auf Basis Maissilage etwas höher als bei Rationen auf der Basis von Grünlandprodukten. Dies dürfte im wesentlichen auf die unterschiedliche Verdaulichkeit der Rohfaserfraktionen zurückzuführen sein (KIRCHGESSNER et al. 1991a).

Abschließend läßt sich zur Problematik der Methanbildung beim Wiederkäuer feststellen, daß durchaus gewisse Einflußnahmen möglich sind, andererseits aber die sinnvolle ökologische Stellung des Wiederkäuers in der Nahrungskette, die eingeschränkte Fetttoleranz sowie ernährungsphysiologische Besonderheiten insbesondere bei der Milchkuh Grenzen setzen.

3. Verminderung der Stickstoffausscheidung beim Schwein

Unter diesem Punkt soll exemplarisch die Schweinemast behandelt werden. Es ist bekannt, daß in der Schweinemast je nach Ausgangssituation teilweise ein enormes Einsparungspotential bei Proteinträgern gegeben ist. Zur konsequenten Anpassung der Zufuhr limitierender Aminosäuren an den sich im Laufe des Wachstums ändernden Bedarf der Schweine ist eine Phasenfütterung zwingend notwendig.

Zur Frage der Möglichkeit, durch Zusatz von reinen Aminosäuren weitere Einsparungen beim Proteineinsatz und damit bei der N-Exkretion des Mastschweines aufzuzeigen, führten wir einen Stoffwechselversuch über eine gesamte Mastperiode durch (Tab. 3). In allen Gruppen wurden dabei drei Mastphasen (I = 25 - 50 kg, II = 50 - 75 kg, III = 75 - 100 kg) unterschieden (WALZ und PALLAUF 1995). Die Kontrollgruppe wurde nach den gültigen Bedarfsempfehlungen (GfE 1987) mit einem Rohproteingehalt von 18,5 % (Phase I), 15,6 % (Phase II) bzw. 13,6 % (Phase III) versorgt. Als Basis dienten Gerste, Sojaextraktionsschrot und Mais mit bedarfsgerechten Ergänzungen an Mineralstoffen, Spurenelementen und Vitaminen. Phosphor und Calcium wurden in Form von Dicalciumphosphat (DCP) ergänzt. Die Mastschweine der Gruppen B und C erhielten Futtermischungen mit deutlich reduziertem Rohproteingehalt. Zur Deckung des Aminosäurenbedarfs wurden neben L-Lysin noch DL-Methionin, L-Threonin und L-Tryptophan ergänzt. In der Gruppe C wurde zusätzlich auch die Phosphorergänzung über Dicalciumphosphat reduziert und das Enzym Phytase (800 U/kg Futter) zugelegt, um die Verwertung des nativen Phytin-Phosphors aus Gerste, Mais und Sojaschrot zu verbessern. Tageszunahmen und Futtermittelverwertung waren in allen drei Gruppen statistisch identisch (Tab. 4). Mit 2,4 - 2,6 kg Futter je kg Zuwachs wurde insgesamt eine hervorragende Futtermittelverwertung erzielt. Signifikant verbessert war in Gruppe B und C gegenüber der Kontrollgruppe die Stickstoffretention in % der Aufnahme. Die in Gruppe B und C verringerte Stickstoffbelastung des Organismus kommt auch durch signifikant reduzierte Blut-Harnstoffwerte zum Ausdruck. Dies wirkt sich in einer statistisch gesichert von 39,5 auf 32 % bzw. 31 % reduzierten Stickstoff-Exkretion im Harn in % des aufgenommenen Stickstoffs aus.

Tabelle 3: Stoffwechselversuch an 3 × 6 Mastschweinen (DE × Pi) mit N- und P-reduzierten Futtermischungen über drei Fütterungsphasen (I = 25-50 kg, II = 50-75 kg, III = 75-100 kg LM)

	A Kontrolle			B Aminosäuren + DCP			C Aminosäuren + DCP reduziert + Phytase (800 U/kg)		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Ration	Gerste (60-80%), Sojaextraktionsschrot (2-23%), Mais (15%); 12,5 MJ ME/kg								
Rohprotein (%)	18,5	15,6	13,6	14,2	13,4	11,0	14,4	13,4	11,9
rel.	100	100	100	77	86	81	78	86	88
AS-Ergänzung									
Lys (%) ¹⁾	—	0,10	0,17	0,35	0,29	0,30	0,35	0,29	0,30
Met (%) ²⁾	—	—	—	0,13	0,08	0,05	0,13	0,08	0,05
Thr (%) ³⁾	—	—	—	0,20	0,12	0,09	0,20	0,12	0,09
Trp (%) ⁴⁾	—	—	—	0,08	0,04	0,03	0,08	0,04	0,03
Phosphor (%)	0,60	0,51	0,50	0,56	0,48	0,46	0,46	0,40	0,32
rel.	100	100	100	93	94	92	77	78	64
verdaulicher P (%) ⁵⁾	0,31	0,24	0,21	0,30	0,24	0,20	0,30	0,26	0,21
Calcium (%)	0,80	0,71	0,81	0,76	0,71	0,68	0,69	0,62	0,52

¹⁾ Lys gesamt: 0,88 / 0,75 / 0,70; ²⁾ Met + Cys gesamt: 0,58 / 0,50 / 0,45;

³⁾ Thr gesamt: 0,65 / 0,52 / 0,45; ⁴⁾ Trp gesamt: 0,22 / 0,17 / 0,15; ⁵⁾ berechnet

Tabelle 4: Mittlere Zunahmen, Futteraufwand und Stickstoffverwertung von Mastschweinen in einem dreiphasigen Stoffwechselversuch (25-100 kg; n = 6 Tiere/Gruppe)

	A Kontrolle		B Aminosäuren + DCP		C Aminosäuren + DCP reduziert + Phytase (800 U/kg)	
	(18,5/15,6/13,6 % XP)		(14,2/13,4/11,0 % XP)		(14,4/13,4/11,9 % XP)	
	M	SD	M	SD	M	SD
Masttage	103		93		105	
Tageszunahmen (g)	698 ^a	171	774 ^a	71	656 ^a	123
Futteraufwand (kg/kg LMZ)	2,39 ^a	0,16	2,38 ^a	0,13	2,57 ^a	0,21
N-Aufnahme (g/d)	42,2 ^a	8,8	38,5 ^a	2,9	34,4 ^b	5,8
N-Verdaulichkeit (%)	86,3 ^a	1,9	85,1 ^a	1,1	86,0 ^a	1,1
N-Retention (% der Aufnahme)	46,8 ^a	1,1	53,1 ^b	1,3	55,3 ^b	2,4
N-Retention (g/d)	19,7 ^a	4,0	20,4 ^a	1,2	19,1 ^a	3,3
N-Retention (g/kg LMZ)	28,2	1,6	26,4	0,9	29,1	0,9
Blutharnstoff (mmol/l)	6,0 ^a	0,9	4,0 ^b	0,9	3,6 ^b	0,8
Harn-N (% der Aufnahme)	39,5 ^a	2,0	32,1 ^b	2,0	30,6 ^b	1,9
N-Exkretion (g/kg LMZ)	32,4 ^a	1,5	23,3 ^b	1,2	23,4 ^b	1,3
N-Exkretion relativ	100		72		72	

Unterschiedliche Hochbuchstaben innerhalb einer Zeile kennzeichnen signifikante Differenzen

Stickstoff im Harn liegt zu einem hohen Anteil als Harnstoff vor, der sehr leicht und rasch zu Ammoniak gespalten wird und damit ein besonderes Gefährdungspotential für die Umwelt darstellt. Insgesamt ist es durch den Einsatz von reinen Aminosäuren gelungen, die Stickstoff-Exkretion während der gesamten Mast um 28 % zu reduzieren, ohne daß Gesundheit und Leistung der Tiere negativ beeinflusst wurden. Das Ergebnis erscheint deshalb besonders beachtenswert, weil in der Kontrollgruppe bereits mit drei dem Bedarf angepaßten Mastphasen und, im Vergleich zur derzeit vielfach noch üblichen Praxis, mit leicht reduzierten Proteingehalten gearbeitet wurde. Es ergeben sich somit bei Einsatz von reinen Aminosäuren noch erhebliche Einsparungspotentiale bei der Stickstoffausscheidung der Tiere. Voraussetzung für eine breite Anwendung in der Praxis ist allerdings die Preiswürdigkeit von Aminosäuren im Vergleich zu den üblichen Proteinträgern.

4. Verbesserung der Effizienz der Mineralstoffverwertung am Beispiel des Phosphors beim Schwein

Phosphor liegt in Körnerfrüchten zu einem hohen Anteil als Phytin-Phosphor vor, der für monogastrische Tiere, wie Schwein und Huhn, nur gering verfügbar ist (PALLAUF und RIMBACH 1995). Phytinsäure ist die Speicherform für Phosphat in Getreide und anderen Körnerfrüchten wie Raps und Leguminosenkörnern (Übersicht 1). Die Salze der Phytinsäure mit vorwiegend zweiwertigen Mineralstoffen werden als Phytate bezeichnet. Die zur Abspaltung der sechs Phosphatreste der Phytinsäure notwendige Phytase kommt entweder bereits in Futtermitteln vor, wie dies für Roggen, Triticale und Weizen zutrifft, oder wird von Mikroorganismen, z.B. im Pansen des Wiederkäuers, zur Verfügung gestellt. Die mikrobielle Phytase hat dabei den großen Vorteil, daß sie über einen sehr weiten pH-Bereich eine hohe Aktivität aufweist.

Übersicht 1: Definitionen von Phytinsäure, Phytat und Phytase

Phytinsäure:	myo-Inositol 1,2,3,4,5,6 hexakisdihydrogenphosphat internationale Abkürzung: PA (phytic acid)
Phytate:	Salze der Phytinsäure
Phytase:	Enzym, das die hydrolytische Phosphatabspaltung von Phytinsäure (IP6) zu niederen Inositolphosphatestern (IP5-IP1) und anorganischem Phosphat katalysiert a) 3-Phytase (EC 3.1.3.8) mikrobiellen Ursprungs b) 6-Phytase (EC 3.1.3.26) pflanzlichen Ursprungs

Die hydrolytische Abspaltung eines Phosphatrestes durch mikrobielle Phytase beginnt am C₃-Atom des Phytinsäuremoleküls (Abb. 3). Dabei entsteht ein Inositol-Penta-Phosphat und ein freies Phosphat, das vom Tier absorbiert werden kann. In weiteren Hydrolysestufen kann dann das Penta-Phosphat weiter abgebaut werden, so daß zunehmend Phosphat zur Absorption frei wird.

Die Phosphatabsorption aus drei verschiedenen Ferkeldiäten, denen keine mikrobielle Phytase zugesetzt wurde, hängt weitgehend vom natürlichen Phytasegehalt der Futterkomponenten ab (Abb. 4). Die Mais/Soja-Diät mit einer extrem niedrigen Phytaseaktivität von unter 50 Einheiten pro kg zeigt mit nur 29 % eine sehr geringe Verdaulichkeit des Gesamt-Phosphors (PALLAUF et al. 1992).

Abbildung 3: Hydrolyse von Phytinsäure (myo-Inositol 1,2,3,4,5,6 hexakisdihydrogenphosphat) durch mikrobielle Phytase (EC 3.1.3.8) unter Freisetzung von D-myo-Inositol 1,2,4,5,6 pentakisdihydrogenphosphat und anorganischem Phosphat (Pi)

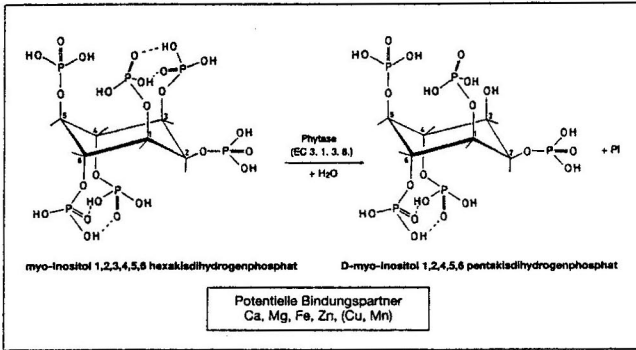
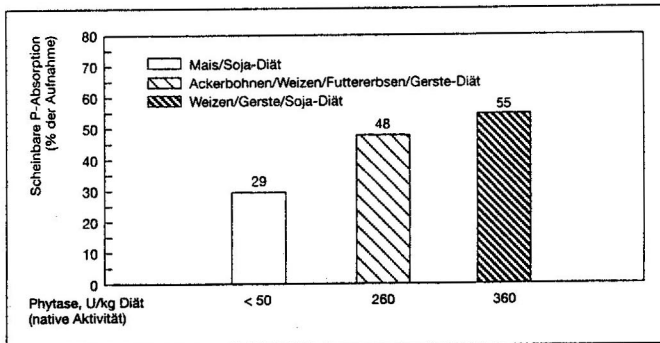


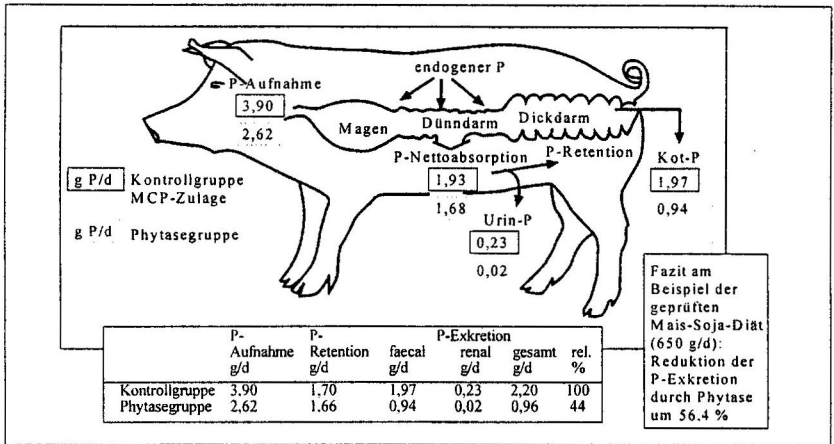
Abbildung 4: Scheinbare Phosphorabsorption beim Ferkel aus Diäten (ca. 4 g P/kg) auf der Basis von: a) Mais (64 %) und Soja (30 %), Zulage von 0,5 g P/kg aus MCP, Phytase n.n., b) Ackerbohnen (30 %), Weizen (28 %), Erbsen (25 %) und Gerste (14 %), 260 U Phytase/kg, c) Weizen (45 %), Gerste (30 %) und Soja (22 %), 360 U Phytase/kg



Der verdauliche Anteil des Phosphors stammt hierbei im wesentlichen aus dem pflanzlichen Nicht-Phytinphosphor, während sich der Phytinphosphor unter diesen Bedingungen praktisch als nicht verwertbar erwies. Gleichzeitig bindet der Phytatkomplex auch noch Spurenelemente, insbesondere Zink, was beim Schwein z.B. zur Parakeratose führen kann. Eine Diät aus Leguminosen, Weizen und Gerste mit einer Phytaseaktivität von 260 Einheiten/kg weist mit 48 % bereits eine deutlich verbesserte P-Verdaulichkeit auf (PALLAUF et al. 1994a), während die Weizen/Gerste/Soja/Weizenkleie-Diät mit der höchsten natürlichen Phytaseaktivität von 360 Einheiten/kg mit 55 % P-Verdaulichkeit (PALLAUF et al. 1994b) am besten abschneidet. Der Effekt einer Phytasezulage ist erwartungsgemäß bei einer phytasearmen Grundration besonders deutlich, wie Stoffwechselfersuche an Ferkeln mit 15 kg Lebendmasse zeigten (Abb. 5; PALLAUF 1992, PALLAUF et al. 1992). Die Kontrollgruppe erhielt eine Mais/Soja-Ration mit einer

bedarfsgerechten Ergänzung von Phosphor als Monocalcium-Phosphat. In der Phytasegruppe setzten wir anstelle von 0,20 % Phosphor aus MCP 1000 Einheiten mikrobielle Phytase je kg Futter ein. Pro Tier und Tag wurden in der Kontrollgruppe 3,9 g Phosphor mit dem Futter aufgenommen, während es in der Versuchsgruppe nur 2,6 g waren.

Abbildung 5: Reduktion der täglichen Phosphorausscheidung bei Ferkeln mit 15 kg Lebendmasse und 445 g Tageszunahme durch Zulage von mikrobieller Phytase zu einer Mais-Soja-Diät (1000 U/kg) anstelle einer Ergänzung mit 0,20 % P als Monocalciumphosphat (MCP)

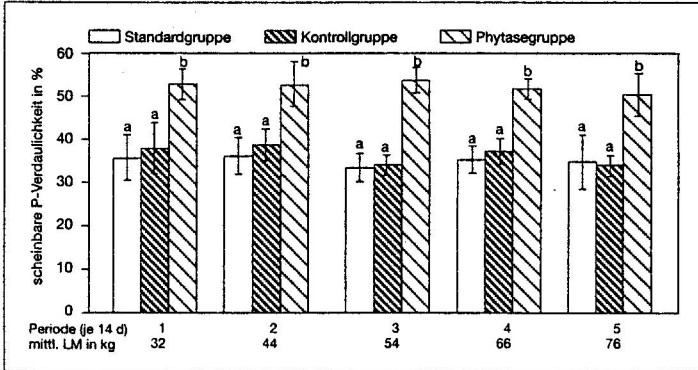


Durch eine phytasebedingte enorme Verbesserung der Verfügbarkeit des Phytin-Phosphors wurde jedoch eine praktisch identische Phosphor-Retention je Tier und Tag erreicht. In der Phytasegruppe war unter den geprüften Bedingungen die Phosphorausscheidung über Kot und Harn bei gleicher Leistung der Tiere (445 g Tageszunahmen) um nicht weniger als 56 % reduziert. Selbst wenn unter praktischen Bedingungen die Einspareffekte aus verschiedenen Gründen niedriger sein mögen, zeigt dieses Beispiel doch enorme Verbesserungsmöglichkeiten auf. Durch die verbesserte Nutzung des nativen Phytin-Phosphors wird nicht nur der Phosphoraustrag über die Gülle reduziert, sondern auch die weltweit begrenzten Phosphorvorkommen bleiben aufgrund des geringeren Einsatzes von Futterphosphaten länger erhalten.

Da Futterphosphate je nach chemischem Reinheitsgrad zum Teil mit nicht unerheblichen Mengen an unerwünschten Stoffen, wie Cadmium, Arsen, Blei und Fluor belastet sein können, führt eine Reduktion ihres Einsatzes in der Tierernährung auch zu einem geringeren Eintrag dieser unerwünschten Stoffe in die Nahrungskette.

Neben den Untersuchungen am Ferkel haben wir auch beim Mastschwein den Effekt mikrobieller Phytase auf die P-Verwertung geprüft (siehe Tab. 3). Die Ergebnisse der Phosphorverdaulichkeit über einen Zeitraum von 70 Tagen zeigen, daß gegenüber den beiden Vergleichsgruppen in der Phytasegruppe eine durchgehend signifikante Verbesserung der Phosphorverdaulichkeit um rund 15 Prozentpunkte erzielt werden konnte (Abb. 6).

Abbildung 6: Verlauf der scheinbaren P-Verdaulichkeit bei Mastschweinen über 70 Tage und einer Gerste-Mais-Sojadiät bei N- und P-Versorgung nach bisherigen Bedarfsangaben (Standardgruppe) sowie N-Reduktion (Kontrollgruppe) im Vergleich zu N-Reduktion mit zusätzlicher P-Reduktion und einer Zulage von 800 U/kg Diät an Aspergillus-Phytase (Phytasegruppe)



Da der P-Gehalt in der Phytasegruppe gleichzeitig reduziert war, ergab sich für diesen Mastversuch bei praxisnaher Rationsgestaltung eine Reduktion der Phosphorausscheidung je Mastschwein um 35 %. Dieses Einsparungspotential dürfte von erheblicher praktischer Bedeutung sein, da die in der Schweinemast anfallenden Güllemengen beträchtlich sind. Trotz der faszinierenden Effizienz des Phytaseinsatzes sollte aber nicht vergessen werden, daß es eine Reihe weiterer wichtiger Möglichkeiten zur Verbesserung der Phosphorverwertung gibt (Übersicht 2). Als erstes ist die exakte Ermittlung des P-Bedarfes und dessen Umsetzung in praxisnahe Versorgungsempfehlungen ohne überzogene Sicherheitszuschläge zu nennen.

Übersicht 2: Maßnahmen zur Verbesserung der P-Verwertung und damit zur Reduktion der P-Exkretion beim Schwein

1. Exakte Ermittlung des P-Bedarfes und Umsetzung in praxisnahe Versorgungsempfehlungen
2. Optimale tierische Leistung zur Minderung des (unproduktiven) Erhaltungsanteiles
3. Sorgfältige Rationsberechnung und Anpassung an Bedarfsänderungen durch Phasenfütterung
4. Einsatz von Leistungsförderern, organischen Säuren und Probiotika
5. Einsatz hochverwertbarer Phosphorträger
6. Förderung der gastrointestinalen Phytinsäurehydrolyse
 - 6.1. Auswahl phytasereicher Komponenten wie Roggen, Weizen, Triticale oder deren Kleien als Rationsbestandteil
 - 6.2. Einsatz von Phytase mikrobieller Herkunft

Mit diesem Thema beschäftigt sich derzeit der Ausschuß für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Eine hohe tierische Leistung verbessert die Verwertung auch bei Phosphor, da der Anteil des unproduktiven Erhaltungsbedarfes abnimmt. In der Schweinemast ist die sorgfältige Anpassung an wachstumsbedingte Bedarfsänderungen durch Phasenfütterung besonders wirksam. Der Einsatz von organischen Säuren, Probiotika und Leistungsförderern kann die Phosphorverwertung ebenfalls verbessern.

Soweit noch notwendig, sollten Phosphorzusätze in Form hochverwertbarer Phosphorträger erfolgen und schließlich ist der Förderung der gastrointestinalen Hydrolyse von Phytinsäure ein besonderes Augenmerk zu widmen.

5. Reduktion des Spurenelementaustrages

Eine Neuentwicklung auf dem Gebiete der Spurenelemente stellt der Einsatz von organischen Komplexverbindungen dar (Übersicht 3). Es wird dabei zwischen Metall-Aminosäurenkomplexen und -chelaten sowie Metallproteinaten und Metall-Polysaccharidkomplexen unterschieden (SPEARS 1996). In einigen Untersuchungen führten diese Komplexverbindungen zu einer verbesserten Verwertung der Spurenelemente. Diese Ergebnisse konnten jedoch

Übersicht 3: Organische Komplexverbindungen von Spurenelementen

1. Metall-Aminosäure-Komplexe
Produkte aus der Komplexierung eines löslichen Metallsalzes mit einer oder mehreren Aminosäuren
2. Metall-Aminosäure-Chelate
Reaktionsprodukte eines Metallions aus einem löslichen Metallsalz mit Aminosäuren in einer molaren Relation von 1:1 – 1:3 unter Bildung kovalenter Bindungen (Molekulargewicht maximal etwa 800)
3. Metall-Proteinate
Produkte aus Chelat-Bildung löslicher Salze mit Aminosäuren und/oder teilhydrolysiertem Protein
4. Metall-Polysaccharid-Komplexe
Komplexierung löslicher Salze mit Polysaccharid-Lösungen

bislang nicht generell bestätigt werden. Vermutlich spielen Interaktionen im Gastrointestinaltrakt eine entscheidende Rolle. Prinzipiell könnte bei verbesserter Bioverfügbarkeit der Spurenelemente aus diesen Komplexen eine Senkung der Spurenelementzulagen in Betracht gezogen werden.

Eine besondere Problematik ergibt sich durch erhöhte Kupfergaben beim Schwein (Tab. 5; PALLAUF 1991). Schweine sind gegenüber hohen Kupfergaben nicht nur sehr viel resistenter als z.B. Schafe, sondern hohe Kupferzulagen (175-250 mg Cu/kg Futter) entwickeln bei Ferkeln und Mastschweinen wachstumsfördernde Wirkung. Vor allem aus ökologischen Gründen ist bei Ferkeln der maximale Kupfergehalt laut Futtermittelverordnung (FMV) jedoch auf 175 mg/kg Futter begrenzt. Für Mastschweine über 16 Wochen liegt die Höchstgrenze bei 35 mg/kg Futter. Eine überschlägige Berechnung ergibt, daß bei 175 ppm Kupfer und entsprechend hoher Verdaulichkeit des Futters in der Gülle bis zu etwa 850 mg Kupfer je kg Trockenmasse zu erwarten sind. Die Verwertung der im hohen Übermaß zugeführten Mineralstoffmenge geht bei diesen, gemessen am Bedarf extrem hohen Zulagen

nahezu auf Null zurück, da das Tier beinahe die gesamte aufgenommene Menge an Kupfer wieder ausscheiden muß. Ansonsten käme es zu einer Intoxikation des Tieres. Bereits in den 60iger Jahren wurde in Großbritannien von Kupfervergiftungen bei Schafen berichtet, die auf mit kupferreicher Schweinegülle gedüngten Weiden gehalten wurden.

Tabelle 5: Problematik erhöhter Kupfergaben bei landwirtschaftlichen Nutztieren

Tierart bzw. Altersgruppe	mg Cu je kg Futtertrockenmasse			mg je kg Futter	Cu-Gehalt (ca.) in mg/kg Gülle-T bei maximalem Gehalt laut FMV im Futter
	Bedarf	Toleranz- schwelle	toxische Schwelle	Max.-Gehalt laut FMV (bei 88 % TM)	
Schafe	5	12	15-25	15	50
Mastkälber	4	20	30-40	30	160
Milchkühe	10	70	100	35	120
Ferkel	6	250	300 – 400	175*	850*
Mastschweine					
bis 16 Wo	5	250	300 – 400	175*	850*
über 16 Wo	4	250	300 – 400	35	180
Zuchtsauen	8-10	250	300 – 400	35	180

* bei Einsatz von Cu als Wachstumsförderer (früher 250 mg, heute max. 175 mg/kg) treten bedenklich hohe Cu-Konzentrationen in der Schweinegülle auf

Von Kupfer beim Schwein abgesehen, sind den Bedarf erheblich übersteigende Spurenelementzulagen zum Futter ernährungsphysiologisch in aller Regel unwirksam und aufgrund eines im Gastrointestinaltrakt wirksamen Ionenantagonismus sogar schädlich. Überdosierungen sind daher aus ernährungsphysiologischen wie auch aus ökologischen Gründen abzulehnen.

6. Zusammenfassung

1. Die **Methanemission** des Rindes kann je Produkteinheit durch steigende Leistungen sowie durch Änderungen der Rationszusammensetzung reduziert werden. Grenzen der Beeinflussung sind jedoch durch die Verdauungsphysiologie des Wiederkäuers gesetzt.
2. Die **Stickstoffausscheidung** des Schweines kann durch verbesserte Anpassung der Ration an den Bedarf (Phasenfütterung) sowie durch den Einsatz reiner Aminosäuren sehr erheblich eingeschränkt werden.
3. Für **Phosphor** zeigen sich in der Fütterung des Schweines anhand verschiedener Maßnahmen, insbesondere aber durch den Einsatz von mikrobieller Phytase, Möglichkeiten zur drastischen Absenkung des Gehaltes in der Gülle, ohne daß Gesundheit und Leistung der Tiere negativ beeinflußt werden. Die Einsparung von Futterphosphaten schont gleichzeitig die begrenzten Phosphatvorkommen und reduziert den Eintrag von unerwünschten Stoffen in die Nahrungskette.
4. Die Dosierung von **Spurenelementen** im Futter sollte aus ernährungsphysiologischen und ökologischen Gründen nicht wesentlich über dem Optimalbedarf liegen.

7. Literaturverzeichnis

- DEMEYER, D.I. and C.J. VAN NEVEL (1975): Methanogenesis, an integrated part of carbohydrate fermentation, and its control. pp. 366-382 in: *Digestion and Metabolism in the Ruminant*, I.W. McDONALD; A.C.I. WARNER (eds.), Proc. IV. Int. Symp. Ruminant Physiology. Univ. New England Publ. Unit, Armidale, Australia
- FLACHOWSKY, G. (1996): Reduktionspotentiale in der Tierhaltung - Möglichkeiten der Tierernährung zur Reduzierung der Spurengasemissionen. S. 74-91 in: *Emissionen umweltwirksamer Spurengase aus der Landwirtschaft*, DLG-Umweltgespräche vom 7.-8.2.1996 in Bonn-Röttgen; DLG Frankfurt/Main
- GfE (1987): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 4 Schweine, Ausschuß für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE), DLG-Verlag, Frankfurt/Main
- KIRCHGESSNER, M.; W. WINDISCH; H.L. MÜLLER and M. KREUZER (1991a): Release of methane and of carbon dioxide by dairy cattle. *Agribiol. Res.* **44**, 91-102
- KIRCHGESSNER, M.; M. KREUZER; H.L. MÜLLER and W. WINDISCH (1991b): Release of methane and of carbon dioxide by the pig. *Agribiol. Res.* **44**, 103-113
- KIRCHGESSNER, M.; F.X. ROTH and W. WINDISCH (1993): Verminderung der Stickstoff- und Methanausscheidung von Schwein und Rind durch die Fütterung. Übers. *Tierernährung* **21**, 89-120
- KIRCHGESSNER, M.; W. WINDISCH and H.L. MÜLLER (1994): Methane release from dairy cows and pigs. pp. 399-402 in: *Proc. XIII. Symp. on Energy Metabolism of Farm Animals*, J.F. AGUILERA (ed.), EAAP Publication 76, CSIC, Spain
- KIRCHGESSNER, M.; W. WINDISCH and H.L. MÜLLER (1995): Nutritional factors for the quantification of methane production. pp. 333-348 in: *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction*; W.v. ENGELHARDT; S. LEONHARD-MAREK; G. BREVES; D. GIESECKE (eds.), Proc. VIII. Int. Symp. Ruminant Physiology; Enke, Stuttgart
- PALLAUF, J und G. RIMBACH (1995): Neuere Ergebnisse zu Phytinsäure und Phytase. S. 43-64 in: *5. Forum Tierernährung der BASF-Feinchemie, Ludwigshafen*
- PALLAUF, J. (1991): Effizienz der Mineralstoffverwertung in der Tierernährung. S. 25-40 in: *Umweltaspekte der Tierproduktion, Kongreßband 103. VDLUFA-Kongreß Ulm 16.-21.9.1991*, VDLUFA-Verlag Darmstadt
- PALLAUF, J. (1992): Phytase als Zusatzstoff beim Schwein zur Verbesserung der Verwertung von Phosphor und weiteren Mengenelementen sowie Spurenelementen. *Schweinezucht und Schweinemast* **40**, 258-261
- PALLAUF, J.; D. HÖHLER; G. RIMBACH und H. NEUSSER (1992): Einfluß einer Zulage an mikrobieller Phytase zu einer Mais-Soja-Diät auf die scheinbare Absorption von Phosphor und Calcium beim Ferkel. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* **67**, 30-40

PALLAUF, J.; G. RIMBACH; S. PIPPIG; B. SCHINDLER.; D. HÖHLER and E. MOST (1994a): Dietary effect of phytogenic phytase and addition of microbial phytase to a diet based on field beans, wheat, peas and barley on the utilization of phosphorus, calcium, magnesium, zinc and protein in piglets. *Z. Ernährungswiss.* **33**, 128-135

PALLAUF, J.; G. RIMBACH; S. PIPPIG; B. SCHINDLER and E. MOST (1994b): Effect of phytase supplementation to a phytate-rich diet based on wheat, barley and soya on the bioavailability of dietary phosphorus, calcium, magnesium, zinc and protein in piglets. *Agribiol. Res.* **47**, 39-48

SPEARS, J.W. (1996): Organic trace minerals in ruminant nutrition. *Anim. Feed Sci. Technology* **58**, 151-163

TRAPP, D. (1996): Umweltwirksame Spurengase aus klimatologischer Sicht - Der Treibhauseffekt. S. 1-10 in: Emissionen umweltwirksamer Spurengase aus der Landwirtschaft, DLG-Umweltgespräche vom 7.-8.2.1996 in Bonn-Röttgen; DLG Frankfurt/Main

WALZ, O.P. and J. PALLAUF (1995): Protein and phosphorus utilization and carcass quality of pigs kept in metabolic cages from 25-100 kg weight and fed diets low in protein and phosphorus. pp. 483-488 in: Protein Metabolism and Nutrition, NUNES, A.F.; A.V. PORTUGAL; J.P. COSTA and J.R. RIBEIRO (eds.), Proc. 7th Int. Symp. Prot. Metab. a. Nutrition, Santarém - Portugal, 24-27.5.1995, EAAP Publication 81