

Einfluß eines antimikrobiellen Zusatzstoffes, eines NSP-hydrolysierenden Enzyms und deren Kombination auf die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe und den Gehalt an umsetzbarer Energie beim Schwein

DORLE RATTAY, KAREN GOLNISCH, EDGAR SCHULZ und GERHARD FLACHOWSKY

Institut für Tierernährung

1 Einleitung

Seit vielen Jahren werden antimikrobielle Futterzusatzstoffe (Leistungsförderer) zur Verbesserung der Lebendmassezunahmen und des Futteraufwandes in der Nutztierernährung eingesetzt. Die vielfach belegten Steigerungen in der Wachstumsleistung (Berschauer et al. 1979, Windisch et al. 1994, Wetscherek 1997, Kampf et al. 1998) beruhen dabei unter anderem auf einer Verbesserung der Verdaulichkeit der Rohnährstoffe (Berschauer et al. 1979, Schneider et al. 1979, Roth und Kirchgessner 1990, Wetscherek 1997). Dies wird damit erklärt, daß die antimikrobielle Wirkung zu einer Verminderung der mikrobiellen Besiedlung beiträgt, was zu einer dünneren Darmwand führt, da die Abwehrstrukturen schwächer ausgeprägt sind und der Zellturnover der Darmmukosa verringert ist. Dadurch kann die Nährstoffresorption am Darm verbessert und der Proteinbedarf für den Aufbau der Darmmukosa gesenkt werden (Bickel 1983, Dicrick et al. 1986).

Seit etwa zehn Jahren kommen auch Nicht-Stärke-Polysaccharid(NSP)-spaltende Enzyme zum Einsatz, da diese vom Säugetierorganismus nicht selbst gebildet werden können. Mit ihrer Zulage wird beabsichtigt, die physiko-chemischen Eigenschaften der Nicht-Stärke-Polysaccharide (v. a. 1,3-1,4 β -Glucan und Arabinoxylan) im Verdauungstrakt zu verändern. Dadurch können die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe und damit die Gewichtsentwicklung und der Futteraufwand verbessert werden (Chesson 1993). Zur Erklärung einer positiven Wirkung auf die Rohnährstoffverdaulichkeit werden die Herabsetzung der Chymusviskosität im vorderen Verdauungstrakt (Burnett 1966) und die Zerstörung von Endosperm-Zellwandstrukturen im Getreide und in dessen Nebenprodukten („Käfigeffekt“, Hesselman und Åman 1986) herangezogen. Beim Schwein liegen bisher nur wenige Ergebnisse zum Einfluß auf die Verdaulichkeit der NSP vor, was unter anderem an den Analysenverfahren speziell zur Bestimmung der NSP und ihrer Fraktionen lag, die entweder nicht vorhanden oder zu aufwendig waren. Daher wurde von Haberer (1997) neben der Wirkung von Enzymen auf die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe und den Gehalt an umsetzbarer Energie auch die Verdaulichkeit der NSP und deren Fraktionen bei Schweinen in Magen und Dünndarm ermittelt. Rattay (1998) dehnte in ihrer

umfassenden Studie zum Einfluß eines antimikrobiellen und enzymatischen Zusatzstoffes die Untersuchung auf den Dickdarm aus.

Da sowohl von einer positiven Wirkung der Leistungsförderer als auch der NSP-hydrolysierenden Enzyme auf die Nährstoffverdaulichkeit auszugehen ist, sollte ebenfalls die Frage beantwortet werden, wie sich eine Kombination von beiden Zusatzstoffen auf die Verdaulichkeit auswirkt. Der gemeinsame Einsatz von einem Leistungsförderer und einem Enzym ist futtermittelrechtlich gestattet.

2 Material und Methoden

2.1 Versuchsdurchführung

2.1.1 Versuchstiere

Für diesen Versuch wurden insgesamt 16 Böрге der Deutschen Landrasse im Gewichtsabschnitt von ca. 23 kg LM über 29 Tage bis zu einem Endgewicht von ca. 45 kg LM eingesetzt. Jede Gruppe umfaßte vier Tiere (Tabelle 1), die über 17 Tage zur Adaptation an das Futter in einstreulosen Einzelboxen (vollklimatisierter Raum, 20 °C, rel. Luftfeuchte 60 %) untergebracht waren. Bei Erreichen von ca. 35 kg LM wurden sie zur Bestimmung der Verdaulichkeit der Nährstoffe und der Energie in Stoffwechselläufigen aufgestellt (Oslage und Farries 1961). Nach einer vier-tägigen Gewöhnungsphase an den Käfig wurden Kot und Harn über acht Tage quantitativ gesammelt. Daneben erfolgte vor und nach der Bilanzperiode eine Wägung der Tiere. Der Versuch verlief ohne Störungen.

2.1.2 Versuchsfutter und Fütterung

Die Futtermischung sollte eine praxisbezogene Zusammensetzung mit einem möglichst hohen Arabinoxylananteil aufweisen. Die eingesetzten Futtermischungen sind in Tabelle 2 beschrieben. Sie wurden in der institutseigenen Mahl- und Mischanlage hergestellt. Die Vermahlung der Komponenten erfolgte mit einem 3 mm-Lochsieb. Die tägliche Futterzuteilung war auf die Lebendmasse und die Gewichtsentwicklung der Tiere abgestimmt, wobei jedes Tier zum gleichen Zeitpunkt während der Versuchsfütterung die gleiche Futtermenge bekam. Im Mittel der gesamten Bilanzperiode erhielten die Tiere 1769 g je Tag. Das

Futter wurde mit etwa 1 l Wasser direkt vor der Fütterung im Trog angerührt. Da die Tiere zwischen den Mahlzeiten keinen freien Zugang zum Wasser hatten, wurde ihnen zusätzlich nach der Fütterung ca. 2 l Wasser angeboten.

2.2 Probengewinnung und -aufbereitung

Der Kot wurde zweimal täglich aus den Auffangschalen gesammelt und bei -20 °C gelagert. Nach Abschluß der achtägigen Sammelperiode wurde die Gesamtmenge gewogen, homogenisiert und ein Aliquot gefriergetrocknet. Danach erfolgte die Bestimmung der Restfeuchte durch Trocknung bei 105 °C. Die Proben wurden auf 0,5 mm bzw. auf 0,25 mm (für die Stärkebestimmung) Sieblochgröße vermahlen.

Der Harn wurde in Sammelbehältern mit Schwefelsäurezusatz ebenfalls quantitativ aufgefangen, gewogen, jeweils ein Aliquot von 10 % entnommen und bei -20 °C gelagert.

2.3 Analysenmethoden

Die Bestimmung der Weender Roh Nährstoffe in den Futtermischungen und im Kot erfolgte nach Naumann und Bassler (1993) in getrocknetem Material. Die Stickstoffgehalte von Kot und Harn wurden nach dem Standard-Kjeldahlverfahren der VDI/VFA (1993) zur Vermeidung von N-Verlusten in der Frischsubstanz bestimmt. Die Stärkebestimmung erfolgte photometrisch nach Salomonsson et al. (1984).

Der NSP-Bestimmung in den pflanzlichen Komponenten des Futters, der Futtermischung und dem Kot ging ein quantitativer Stärkeabbau mit einer thermostabilen α -Amylase voraus. Zur Erfassung der Gesamt-NSP erfolgte vor der Hydrolyse eine Alkoholfällung der löslichen NSP. Die Gesamt-NSP und die unlöslichen wurden nach der Säurehydrolyse in Form von Monomeren als Alditolacetate gaschromatographisch (Theander et al. 1990) bestimmt.

Tabelle 1: Versuchsanlage und Dosierungsrahmen (je kg Futtermischung)

Gruppe	Tierzahl n	Avilamycin		Xylanase	
		angestrebte Dosierung	Analysen- ergebnis	angestrebte Dosierung	Analysen- ergebnis
K	4	-	-	-	-
A	4	40 mg/kg	40 mg/kg	-	-
E	4	-	-	4000 U/kg	5069 U/kg
A/E	4	40 mg/kg	44 mg/kg	4000 U/kg	4500 U/kg

Tabelle 2: Zusammensetzung der Futtermischungen (%) der Kontrollgruppe (K), der Avilamycingruppe (A), der Xylanasegruppe (E) und der kombinierten Gruppe (A/E)

Komponenten		K	A	E	A/E
Weizen	%	34,00	33,96	33,90	33,86
Weizenkleie	%	5,00	5,00	5,00	5,00
Gerste	%	40,00	40,00	40,00	40,00
Sojaextraktionsschrot	%	16,95	16,95	16,95	16,95
Sojaöl	%	1,50	1,50	1,50	1,50
Vitamine und Mineralstoffe *	%	2,00	2,00	2,00	2,00
Calciumcarbonat **	%	0,25	0,25	0,25	0,25
Lysin-HCl	%	0,30	0,30	0,30	0,30
Maxus G ***	%	-	0,04	-	0,04
Porzyme 9300 ****	%	-	-	0,10	0,10
*) Zusammensetzung: (in mg/kg, wenn nicht abweichend angegeben) Calcium 240 g/kg, Phosphor 60 g/kg, Natrium 55 g/kg, Magnesium 10 g/kg, Eisen 5500, Zink 4000, Mangan 2500, Kupfer 950, Jod 40, Selen 13, Vitamin: A 400.000 IE/kg, D3 40.000 IE/kg, E 1200, K3 40, B1 40, B2 125, B6 80, B12 600 µg/kg Ca-Pantothenat 245, Nicotinsäure 500, Cholinchlorid 2400					
**)		Calcium 380 g/kg			
***)		Inhalt: Avilamycin 10 %			
****)		Hauptaktivität: 4000U Endo-1,4-b-Xylanasase (EC 3.2.1.8.) /g			

Die löslichen NSP ergeben sich aus der Differenz von Gesamt-NSP minus unlöslichem Anteil.

Die Energie in Futtermischung, Kot und Harn wurde nach DIN-Norm 51900 bombenkalorimetrisch gemessen.

2.4 Mathematisch-statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte über eine Varianzanalyse mit Hilfe des Scheffé-Tests. Die Ergebnisse wurden bei $p \leq 0,05$ als signifikant interpretiert und in den Tabellen mit unterschiedlichen hochgestellten Buchstaben gekennzeichnet.

3 Ergebnisse

Der Gehalt an Rohnährstoffen in der Futtermischung ist in Tabelle 3 dargestellt. Der NSP-Gehalt der Mischungen betrug 17,1 % und der von Arabinoxylan (AX) 7,9 % in der Trockenmasse, wobei der Anteil an löslichen NSP nur ca. 17,0 % und der an löslichem Arabinoxylan ca. 7,3 % betrug.

Die Schweine hatten in den Bilanzkäfigen eine mittlere Lebendmassezunahme von 770 g/Tag (749 ± 56 g/d in K, 774 ± 65 g/d in A, 773 ± 64 g/d in E und 802 ± 32 g/d in A/E).

In Tabelle 4 ist die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe und der Energie ohne bzw. mit den verschiedenen Zusätzen dargestellt.

Durch die verschiedenen Zusätze konnte bei allen Rohnährstoffen eine Erhöhung der Verdaulichkeit in unterschiedlichem Umfang festgestellt werden. Der Zusatz von Avilamycin führte bei der Verdaulichkeit der organischen Substanz (OS) und Rohfaser (XF) zu einer signifikanten Erhöhung um 2 %-Punkte bzw. 10 %-Punkte ($p < 0,05$). Beim Rohprotein (XP) und Rohfett (XL) kam es zu einer Erhöhung um 3,5 %-Punkte bzw. 5,7 %-Punkte, die jedoch aufgrund der hohen Streuung der Einzelwerte nicht signifikant war. Durch die Zugabe des Enzymkomplexes wurde die Verdaulichkeit der OS, des XP, des XL und der XF signifikant verbessert. Keinen Einfluß hatten die beiden Zusatzstoffe hingegen auf die Verdaulichkeit der N-freien Extraktstoffe (XX). Ein Vergleich zwischen der Wirksamkeit des Leistungsförderers und des Enzyms zeigte keine Unterschiede bei der Rohnährstoffverdaulichkeit. Auch die Kombination der beiden Zusatzstoffe führte gegenüber dem getrennten Einsatz zu keiner weiteren signifikanten Steigerung der Verdaulichkeit der untersuchten Nährstoffe. So war die Verdaulichkeit von XP, XL und XF nur tendenziell höher.

Die Tiere der Gruppen E und A/E wiesen einen höheren Kot-T-Gehalt auf ($p > 0,05$). Kleine Unterschiede bestan-

Tabelle 3: Rohnährstoffgehalte der Futtermischungen (n = 8)

Trockensubstanz	%	88,45 ± 0,16	Stärke	% i. T	48,20 ± 0,04
Org. Substanz	% i. T	94,69 ± 0,08	Zucker	% i. T	3,96 ± 0,04
Rohprotein	% i. T	18,68 ± 0,07	NSP	% i. T	17,11 ± 0,17
Rohfett	% i. T	2,56 ± 0,34	NSPunlöslich	% i. T	14,16 ± 0,14
Rohfaser	% i. T	6,19 ± 0,33	AX	% i. T	7,93 ± 0,08
N-freie Extraktstoffe	% i. T	67,26 ± 0,37	AXunlöslich	% i. T	7,35 ± 0,07
Rohasche	% i. T	5,31 ± 0,08			

Tabelle 4: Verdaulichkeit der Rohnährstoffe und Energie bei den verschiedenen Zusätzen

		K	A	E	A/E
Organische Substanz	(%)	82,7 ^b ± 1,1	85,2 ^a ± 0,8	85,1 ^a ± 1,1	85,4 ^a ± 0,8
Rohprotein	(%)	77,9 ^b ± 1,4	82,3 ^a ± 3,0	81,6 ^a ± 0,6	82,4 ^a ± 2,2
Rohfett	(%)	69,4 ^b ± 5,7	74,9 ^{ab} ± 5,6	76,6 ^a ± 1,4	77,7 ^a ± 2,1
Rohfaser	(%)	28,6 ^b ± 1,2	39,4 ^a ± 0,8	38,9 ^a ± 5,9	41,1 ^a ± 4,7
NfE	(%)	89,6 ± 1,3	90,7 ± 0,6	90,7 ± 0,9	90,6 ± 0,7
Rohasche	(%)	53,5 ± 2,8	55,4 ± 4,0	55,4 ± 2,3	55,4 ± 2,6
Verdauliche Energie	(%)	80,5 ^b ± 1,3	83,3 ^a ± 1,0	83,1 ^a ± 1,2	83,5 ^a ± 0,9

Tabelle 5: Einfluß der Zusatzstoffe auf die Verdaulichkeit (%) der NSP, der Arabinoxylane, sowie ihrer unlöslichen und löslichen Fraktionen

		K	A	E	A/E
NSP					
gesamt	56,3 ^b ± 1,0	60,4 ^a ± 1,7	60,3 ^a ± 2,6	60,8 ^a ± 3,5	
unlöslich	53,1 ± 1,7	54,5 ± 1,6	53,8 ± 3,3	54,7 ± 4,2	
löslich	71,6 ^b ± 6,1	89,0 ^a ± 2,4	91,6 ^a ± 1,2	90,4 ^a ± 2,1	
Arabinoxylan					
gesamt	53,9 ^b ± 0,7	57,1 ^a ± 2,4	57,0 ^{ab} ± 3,3	57,2 ^{ab} ± 3,6	
unlöslich	54,1 ± 1,3	55,2 ± 2,4	54,0 ± 3,5	54,8 ± 3,9	
löslich	51,0 ^c ± 1,2	82,2 ^b ± 5,3	94,8 ^a ± 1,3	88,2 ^{ab} ± 5,1	

den auch bei der Harnausscheidung, die auf Grund der großen Streuung aber nicht signifikant waren.

Der Zusatz des Antibiotikums und des Enzyms sowie deren Kombination bewirkten eine Verbesserung der Verdaulichkeit der Energie und damit einen signifikanten Anstieg der Aufnahme an verdaulicher Energie.

Die Verdaulichkeit der NSP ist in Tabelle 5 dargestellt. Die Verdaulichkeit der Gesamt-NSP betrug in der Kontrollgruppe 56,3 %. Sie wurde in Gruppe A um 4,1 %-Punkte, in Gruppe E um 4,0 %-Punkte und in Gruppe A/E um 4,5 %-Punkte signifikant verbessert. Die Verdaulichkeit stieg insbesondere in der löslichen NSP-Fraktion. Während hier die Verdaulichkeit in der Kontrollgruppe bei 71,6 % lag, stieg diese in der Gruppe A auf 89,0 % an. Etwas höhere Werte wurden in den Gruppen E (91,6 %) und A/E (90,4 %) ermittelt.

Die Verdaulichkeit der Arabinoxylane (Tabelle 5) lag bei 54 % und wurde in beiden Fällen durch den Enzymzusatz (und/oder den Antibiotikazusatz) tendenziell verbessert.

Der Energiegehalt der Futtermittel wurde einerseits bombenkalorimetrisch bestimmt und andererseits mit Hilfe der Regressionsgleichung der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE, 1987, BFS korrigiert) unter Berücksichtigung der mittleren Verdauungswerte (Tabelle 4) berechnet. Die Änderungen im Energiegehalt durch den Einsatz der Zusatzstoffe sind aus der Tabelle 6 zu entnehmen. Ein Vergleich der beiden Methoden zur Ermittlung des Energiegehaltes zeigt, daß die regressive Berechnung mit Hilfe der Rohnährstoffverdaulichkeit zu einem etwas geringeren Energiegehalt führt als die der direkten Energiebilanz, wobei die Abweichungen in der Energiebewertung innerhalb einer vertretbaren Spanne liegen. Deutlich wird bei beiden Arten der Energiebewertung, daß die Zusätze zu einer Steigerung der Energiekonzentration von 3,1 % bis 3,3 % (Brennwert) bzw. 2,4 % bis 2,7 % (BFS-korrigiert) geführt haben. Die Energiekonzentration (Brennwert) der eingesetzten Futtermischung wurde durch den Zusatz des Antibiotikums um 0,45 MJ/kg T, des Enzyms um 0,46 MJ/kg T und durch die Kombination um 0,49 MJ/kg T erhöht. Diese Verbesserung war in allen Gruppen signifikant. Durch die Kombination der Zusätze lag, wie bei der Nährstoffverdaulichkeit schon erkennbar, kein additiver oder synergistischer Effekt vor.

4 Diskussion

Über die Wirkung von antimikrobiellen und enzymatischen Zusätzen auf die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe liegen in der Literatur sehr kontroverse Ergebnisse vor.

Die Zulage von Olaquinox an Mastschweine in einem Gewichtsabschnitt von 10 bis 36 kg verbesserte bei Hauschild et al. (1977) die Verdaulichkeit von XP und XI. um 3 % Pkt. bzw. 2,9 %-Punkte und lag damit niedriger als im eigenen Versuch mit 3,3 % Pkt. bzw. 5,7 %-Punkten. Pfirter et al. (1978) stellten ebenfalls durch Chinoxaline eine Verbesserung der Verdaulichkeit des XP als Ursache für die verbesserte Verdaulichkeit der OS fest. Bei einer Zulage von 40 bzw. 20 ppm Avotan (Avoparcin, seit Frühjahr 1997 in Deutschland nicht mehr zugelassen) zum Futter konnten Schneider et al. (1979) eine um 3,6 % verbesserte XP-Verdaulichkeit feststellen. Bei Berschauer et al. (1979) führte sowohl die Futterzulage von 100 ppm Olaquinox als auch von 100 ppm Chlortetrazyklin (nicht mehr als Futterzusatzstoff zugelassen) an Mastschweine im Bereich von 13-20 kg LM zu einer Verbesserung der Verdaulichkeit von XP um 3 %, der Verdaulichkeit von Rohfett sogar um 12 %. Die Ergebnisse liegen damit für Rohprotein mit den eigenen auf gleicher Höhe, während die Verdaulichkeit des Rohfettes in den eigenen Untersuchungen weit weniger verbessert wurde. Wetscherek (1997) konnte eine signifikante Erhöhung der XL-Verdaulichkeit durch Tylosin aufzeigen. Roth und Kirchgessner (1990) konnten hingegen keine Wirkung eines

Tabelle 6: Einfluß der Zusätze auf den Energiegehalt

Gruppe	Umsetzbare Energie (MJ/kg T)	
	Brennwert	GfE, BFS korrigiert
K	14,67 ^b ± 0,24	14,28
A	15,12 ^a ± 0,15	14,64
E	15,13 ^a ± 0,22	14,62
A/E	15,16 ^a ± 0,14	14,67

antimikrobiellen Zusatzes (Avilamycin) auf die Rohnährstoffverdaulichkeit feststellen. Vanschoubroek und Ghesquiere (1970) weisen in einer Literaturübersicht darauf hin, daß Antibiotika vor allem die Verdauung von Fett und Protein verbessern.

Durch Enzymzulagen konnten in Versuchen mit Absetzferkeln und Mastschweinen Steigerungen der Rohproteinverdaulichkeit von 0,3 % bis 12,6 % ermittelt werden (Übersicht bei Haberer und Schulz 1998). Inbarr und Graham (1991) stellten ebenfalls bei Absetzern eine Verbesserung der Verdaulichkeiten für XX, XP, XA fest, wobei es sich bei dem eingesetzten Enzymkomplex um ein Gemisch aus α -Amylase, Cellulase, β -Glucanase und Xylanase handelte. Schmitz (1995) ermittelte bei alleinigem Einsatz einer Xylanase zu einer Weizen-Gerste-Ration erhöhte Verdaulichkeiten für XL, XF, XP, Schulze et al. (1997) hingegen lediglich für XP. Haberer (1997) konnte durch Zulage eines β -Glucanase-Xylanase-Enzymgemisches zu einer Gersten-Roggen-Weizenkleie-Ration an Schweine im Gewichtsabschnitt von 26 kg bis 40 kg LM eine signifikant erhöhte Verdaulichkeit der XF, XX und damit der OS sowie XA nachweisen. Demgegenüber kam es bei Untersuchungen von Nási (1991) durch Enzymapplikation zu einer signifikant geringeren XL-Verdaulichkeit.

Aus den vorliegenden Veröffentlichungen ist ersichtlich, daß die Futterzusammensetzung, die Fütterungsart, das Alter der Tiere und die Art des Zusatzstoffes eine wichtige Rolle für die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe spielen.

Eine Beeinflussung der Verdaulichkeit der NSP war vor allem durch den Einfluß des Enzymkomplexes zu erwarten. Dennoch konnte auch durch Avilamycin eine Verbesserung erreicht werden. Nach Angaben in der Literatur konnte die Verdaulichkeit der Gesamt-NSP durch verschiedene Enzymzusätze um 1,4 % bis 6,1 % verbessert werden (Übersicht bei Haberer und Schulz 1998). Dagegen wurde die Verdaulichkeit der AX unterschiedlich beeinflusst. Schmitz (1995) wies durch Einsatz einer Cellulase eine um 11,1 % schlechtere Verdaulichkeit nach, während Graham et al. (1986) durch eine β -Glucanase eine Verbesserung um 16,6 % erreichen konnten. Die Erhöhung der Verdaulichkeit der Gesamt-NSP lag mit 4 %-Punkten etwas höher als die in der Literatur im Mittel angegebenen Werte von 2,5 % (Graham et al. 1986, 1989) bzw. 3,6 % (Haberer 1997). Für die geringe Verdaulichkeit der NSP ist nach Vervaeke et al. (1991) die Zusammensetzung der unlöslichen NSP-Fraktion verantwortlich, da die lösli-

che NSP-Fraktion im hinteren Verdauungstrakt fast vollständig fermentiert wird. Haberer (1997) ermittelte eine NSP-Verdaulichkeit von 56 % in der un-supplementierten Gruppe bei einem unlöslichen NSP-Anteil von 76 %. In den eigenen Untersuchungen lag die NSP-Verdaulichkeit ebenfalls bei 56 % in der Kontrollgruppe bei einem Anteil der unlöslichen Fraktion von 83 %. Die Verdaulichkeit der Arabinoxylane lag mit 54 % in gleicher Größenordnung wie bei Haberer (1997) mit 58 % und wurde in beiden Fällen durch den Enzymzusatz (und/oder den Antibiotikazusatz) tendenziell verbessert. Dieses steht in Übereinstimmung mit Ergebnissen von Graham et al. (1986, 1988 a, b, 1989) und Schmitz (1995). Unter dem Einfluß der Zusatzstoffe konnte die Verdaulichkeit der löslichen Fraktion der Arabinoxylane um 31 % Pkt. bis 44 %-Punkte verbessert werden. Ein Einfluß auf den unlöslichen Fraktionsanteil durch die Zusätze bestand nicht ($p > 0,05$). Bei Haberer (1997) lag durch einen Enzymzusatz die Verdaulichkeit des unlöslichen AX-Anteils mit etwa 50 % und des löslichen AX-Anteils mit etwa 92 % auf gleichem Niveau mit den in der eigenen Untersuchung bei Xylanasezusatz ermittelten Verdaulichkeiten (54 % bzw. 95 %).

Die geringe Verdaulichkeit des AX, das aufgrund des oft hohen Anteils in den Futtermischungen die Verdaulichkeit der Gesamt-NSP negativ beeinflusst, ist auf eine Behinderung des Abbaus des „Xylan-Skeletts“ durch die Arabinose-Substituenten mittels mikrobieller Enzyme zurückzuführen (Düsterhöft et al. 1993).

Während in den eigenen Untersuchungen der Zusatz von Avilamycin zu einer Erhöhung der umsetzbaren Energie um 0,45 MJ/kg T führte, konnten Kirchgessner et al. (1995) keinen Einfluß durch Avilamycin feststellen, dagegen eine Erhöhung der umsetzbaren Energie um 0,2 MJ/kg T durch Tylosin. Nach Angaben in der Literatur führten Zulagen von NSP-spaltenden Enzymen zu Verbesserungen der Energieverdaulichkeit um 0,4 % Pkt. bis 19,0 % (Übersicht bei Haberer und Schulz 1998). Die Erhöhung um 0,46 MJ/kg T im eigenen Versuch (Brennwertbestimmung) durch den Xylanase-Zusatz steht in guter Übereinstimmung mit den Werten von Schulze et al. (1997) und Haberer (1997), die eine Verbesserung von 0,46 MJ/kg T bzw. 0,45 MJ ME/kg T des Futters nach Enzymzulage ermittelten. Bolduan et al. (1997) fanden in Weizenbetonten Mischungen (zwei Sorten) eine Erhöhung der umsetzbaren Energie um lediglich 0,28 MJ bzw. 0,20 MJ/kg T des Futters.

Zusammenfassung

In einem Bilanzversuch (Kot- und Harnsammlung über 8 Tage nach 21-tägiger Vorfütterung) mit 4 x 4 Schweinen mit ca. 35 kg LM wurde die Wirkung von Avilamycin (Gr. A, 40 mg/kg Futter) und eines Nicht-Stärke-Polysaccharid (NSP)-hydrolysierenden Enzyms (Gr. E, 4000 U/kg Futter Endo 1-4- β -Xylanase, EC 3.2.1.8) allein und in Kombination (Gr. A/E) auf die Verdaulichkeit der Nährstoffe und die umsetzbare Energie untersucht. Hierzu wurde eine pra-

xisübliche Mischung aus Gerste (40 %), Weizen (34 %), Sojaextraktionsschrot (17 %) und Weizenkleie (5 %) mit 17,1% NSP eingesetzt. Durch die beiden Zusätze stieg die Verdaulichkeit der organischen Substanz von 82,7 % (Kontrollgr. = K) auf 85,2 % (Gr. A), 85,1 % (Gr. E) bzw. 85,4 % (Gr. A/E), die des Rohproteins von 77,9 % (K) auf 82,3 % (Gr. A), 81,6 % (Gr. E) bzw. 82,4 % (Gr. A/E), die des Rohfettes von 69,4 % (K) auf 74,9 % (Gr. A), 76,6 % (Gr. E) bzw. 77,7 % (Gr. A/E), die der Rohfaser von 28,6 % (K) auf 39,4 % (Gr. A), 38,9 % (Gr. E) bzw. 41,1 % (Gr. A/E). Damit wurde auch der kalorimetrisch ermittelte Gehalt an umsetzbarer Energie um 0,45 MJ/kg T (Gr. A), 0,46 MJ/kg T (Gr. E) bzw. 0,49 MJ/kg T (Gr. A/E) erhöht.

Die Verdaulichkeit der Gesamt-NSP erhöhte sich ebenfalls in allen Versuchsgruppen von 56,3 % (K) auf 60,4 % (Gr. A), 60,3 % (Gr. E) bzw. 60,8 % (Gr. A/E), was vor allem auf einer Steigerung der Verdaulichkeit der löslichen Fraktion von 71,6 % (K) auf 89,0 % (Gr. A), 91,6 % (Gr. E) bzw. 90,4 % (Gr. A/E) beruhte. Am stärksten wurden dabei die löslichen Arabinoxylane beeinflusst.

The effect of an antimicrobial feed additive, a non-starch-polysaccharide (NSP)-hydrolyzing enzyme and their combination on the overall digestibility of nutrients and the content of metabolizable energy in growing pigs

The effect of an antimicrobial feed additive and a non-starch-polysaccharide (NSP)-hydrolyzing enzyme both fed alone or in combination to growing pigs on the overall digestibility of nutrients and the content of metabolizable energy was studied. The experimental diets consisted of barley (40 %), wheat (34 %), soy bean meal (17 %) and wheatbran (5 %) containing 17,1 % NSP. The control group (K) received the diet without additives. The antibiotic feed (A) was supplemented with 40 mg avilamycin, the enzyme feed (E) with 4000 U of an Endo 1,4 β -Xylanase (EC 3.2.1.8) per kg feed and the combined group (A/E) with both additives, respectively.

A total of 16 pigs (German Landrace) received the diets during the balance trial (1769 g/d, reaching about 45 kg bodyweight). The supplementation of both additives led to an increase in digestibility of organic matter from 82,7 % (K) to 85,2 % (A), 85,1 % (E) and 85,4 % (A/E), respectively, of crude protein from 77,9 % (K) to 82,3 % (A), 81,6 % (E) and 82,4 % (A/E), respectively, of crude fat from 69,4 % (K) to 74,9 % (A), 76,6 % (E) and 77,7 % (A/E), respectively, of crude fibre from 28,6 % (K) to 39,4 % (A), 38,9 % (E) bzw. 41,1 % (A/E), respectively. This led also to a rise in the calorimetric determined content of metabolizable energy of 0,45 MJ (A), 0,46 MJ (E) and 0,49 MJ/kg DM (A/E), respectively.

Besides, in all experimental groups a higher digestibility of total NSP from 56,3 % (K) to 60,4 % (A), 60,3 % (E) and 60,8 % (A/E), respectively, could be observed. This was due to a higher digestibility of the soluble fraction, rising

from 71,6 % (K) to 89,0 % (A), 91,6 % (E) and 90,4 % (A/E), respectively.

The highest influence could be seen in the soluble arabinoxylan fraction.

Literatur

Berschauer, F., Ehrensward, U., Menke, K. H. (1979): Zur Wirksamkeit von Olaquinox und Chlortetracyclin in der Ferkelaufzucht. - Z. Tierphysiol. Tierernährg. Futtermittelk., 41, S. 280-292.

Bickel, H. (1983): Wachstumsfördernde antimikrobielle Stoffe. - Schweiz. Arch. Tierheilk., 125, S. 175-184.

Bolduan, G., Henning, U., Kluge, H., Hackl, W., Stölken, B. (1997): Xylanasewirkungen in Schweinerationen bei Einsatz von zwei Weizensorten. - 4. Tagung Schweine- und Geflügelnahrung, 26.-28.11.1996 Halle (Saale); Niederkleen: Wissenschaftl. Fachverlag Dr. Fleck, S. 124-128.

Burnett, G. (1966): Studies of viscosity as the probable factor in the improvement of certain barleys for chickens by enzyme supplementation. - Brit. Poultry Sci., 7, S. 55-75.

Chesson, A. (1993): Feed enzymes. - Anim. Feed Sci. Technol., 45, S. 65-79.

Dierick, N. A., Vervaeke, I. J., Decuypere, J. A., Henderickx, H. K. (1986): Influence of some growth-promoting feed additives on nitrogen metabolism in pigs II. Studies in vivo. - Livest. Prod. Sci., 14, S. 177-193.

Düsterhöft, E. M., Verbruggen, M. A., Gruppen, H., Kormelink, F. J. M., Voragen, A. G. J. (1993): Cooperative and synergistic action of specific enzymes enhances the degradation of non-starch polysaccharides in animal feed. - In: Enzymes in Animal Nutrition. Proceedings of the 1st Symposium, Kartause Ittingen, Switzerland, 13.-16. Oktober 1993 Wenk, C. (ed.) Zürich, Schweiz: Schriftenreihe aus dem Institut für Nutztierwissenschaften Gruppe Ernährung Vol 11, S. 29-33.

GfE (Ausschuß der Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (1987): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Schweine. Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 4. - DLG-Verlag, Frankfurt/Main.

Graham, H., Hesselman, K., Jonsson, E., Åman, P. (1986): Influence of β -glucanase supplementation on digestion of a barley-based diet in pig gastrointestinal tract. - Nutr. Rep. Int., 34, S. 1089-1096.

Graham, H., Åman, P., Löwgren, W. (1988a): Enzyme supplementation of pig feeds. - In: Proceedings of the 4th International Symposium on Digestive Physiology in the Pig. Polish Academy of Sciences, Institute of Animal Physiology and Nutrition; Jablonna/Poland, S. 371-376.

Graham, H., Löwgren, W., Pettersson, D., Åman, P. (1988b): Effect of enzyme supplementation on digestion of a barley/pollard-based pig diet. - Nutr. Rep. Int., 38, S. 1073-1079.

Graham, H., Fadel, J. G., Newman, C. W., Newman, R. K. (1989): Effect of pelleting and β -glu-

canase supplementation on the ileal and fecal digestibility of a barley-based diet in the pig. - J. Anim. Sci., 67, S. 1293-1298.

Haberer, B. (1997): Untersuchungen zur Wirkung eines Zusatzes Nicht-Stärke-Polysaccharid (NSP)-spaltender Enzyme auf Fraktionen der NSP und weitere Nährstoffe im Verdauungstrakt von Schweinen. - Gießen, Justus-Liebig-Universität, Fachber. Veterinärmed., Diss.

Haberer, B., Schulz, E. (1998): Zum Einfluß NSP-hydrolysierender Enzyme in der Schweinefütterung. - Übers. Tierernährg., 26, S. 25-64.

Hauschild, H. J., Schneider, D., Bronsch, K. (1977): Olaquinox - ein neuer Wachstumspromotor in der Tierernährung. 4. Zur Wirkung auf die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe und der Energie im Ferkelaufzuchtfutter. - Z. Tierphysiol. Tierernährg. Futtermittelk., 38, S. 241-248.

Hesselmann, K., Åman, P. (1986): The effect of β -glucanase on the utilization of starch and nitrogen by broiler chicks fed on barley of low- or high-viscosity. - Anim. Feed Sci. Technol., 15, S. 83-93.

Inbarr, J., Graham, H. (1991): The effect of enzyme supplementation of a wheat-barley-based starter diet on nutrient fecal digestibility in early-weaned pigs. - Anim. Prod., 52, S. 565.

Kampf, D., Flachowsky, G., Berk, A., Haxsen, G. (1998): Untersuchungen zum Einsatz des antimikrobiellen Zusatzstoffes Avilamycin in der Mastschweinefütterung. - Landbauforschung Völkensrode 48 (2), S. 56-64.

Kirchgessner, M., Windisch, W., Roth, F. X. (1995): Zum Einfluß von Avilamycin und Tylosin auf die umsetzbare Energie in der Anfangs- und Endmast von Schweinen. - Arch. Anim. Nutr., 48, S. 63-70.

Näsi, M. (1991): Digestibility and protein utilization responses of soybean and rape seed meal to physical and enzymatic treatments in diets for growing pigs. - J. Agric. Sci. in Finland, 63, S. 465-474.

Naumann, K., Bassler, R. (1993): Methodenbuch Band III Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, 3. Ergänzungsband, Verlag: Verlag Neumann-Neudamm.

Oslage, H. J., Farries, F. E. (1961): Zur Technik langfristiger Stoffwechselfersuche an wachsenden Schweinen. - Z. Tierphysiol. Tierernährg. Futtermittelk., 16, S. 11-18.

Pfirter, H. P., Halter, H. M., Jucker, H., Bickel, H. (1978): Die Wirkung von Chinoxalinderivaten auf das Wachstum und den Stoffwechsel des Schweines. - Z. Tierphysiol. Tierernährg. Futtermittelk., 40, S. 191-203.

Rattay, D. (1998): Einfluß eines antimikrobiellen Zusatzstoffes (Avilamycin) und eines Nicht-Stärke-Polysaccharid (NSP)-hydrolysierenden Enzyms (Xylanase) allein und in Kombination auf die Nährstoffumsetzungen im Verdauungstrakt beim Schwein. - Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

- Roth, F. X., Kirchgessner, M. (1990): Nutritive Wirksamkeit von Avilamycin bei Ferkeln und Mastschweinen. - *Agribiol. Res.*, 43, S. 26-35.
- Salomonssen, A. C., Theander, O., Westerlund, E. (1984): Chemical characterization of some Swedish cereal whole meal and bran fractions. - *Swed. J. Agric. Res.*, 14, S. 111-117.
- Schmitz, W. (1995): Zum Einfluß NSP-abbauender Enzyme auf die N-Verwertung beim wachsenden Schwein. - In: *Vitamine und Zusatzstoffe in der Ernährung von Mensch und Tier*. - 5. Symp. 28./29.9.1995, Jena/Thüringen; Schubert, R., Flachowsky, G., Bitsch, R. (eds.) Weimar: Keßler GmbH, S. 405-411.
- Schneider, W., Berschauer, F., Ehrensvärd, U., Menke, K. H. (1979): Zur wachstumsfördernden Wirkung von Avotan bei Mastschweinen. - *Z. Tierphysiol. Tierernährg. Futtermittelk.*, 41, S. 293-300.
- Schulze, H., McCracken, K. J., Yin, Y. L., McEvoy, J. (1997): Einfluß von kohlehydratspaltenden Futterenzymen auf die Verdaulichkeit von Gerste-betonten Futtermischungen unterschiedlicher Qualität beim Schwein. - 4. Tagung Schweine- und Geflügelernährung, 26.-28.11.1996 Halle (Saale); Niederkleen: Wissenschaftl. Fachverlag Dr. Fleck, S. 129-132.
- Theander, O., Åman, P., Westerlund, E., Graham, H. (1990): The Uppsala method for rapid analysis of total dietary fiber. - In: *New Developments in Dietary Fiber: Physiological, Physicochemical, and Analytical Aspects*. - Furda, I. (ed.) New York: Plenum Press, *Advances in experimental medicine and biology*, Band 270, S. 273-281.
- Vanschoubroek, F., Ghesquiere, L. (1970): Betrachtung nach 20jährigem Einsatz von Antibiotika in der Ernährung wachsender Schweine. - *Z. Tierphysiol. Tierernährg. Futtermittelk.*, 26, S. 303-316.
- VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten) (1993): Die chemische Untersuchung von Futtermitteln (Band III). - VDLUFA-Verlag Darmstadt.
- Vervaeke, I. J., Graham, H., Dierick, N. A., Demeyer, D. I., Decuyper, J. A. (1991): Chemical analysis of cell wall and energy digestibility in growing pigs. - *Anim. Feed Sci. Technol.*, 32, S. 55-61.
- Wetscherek, W. (1997): Einsatz von Tylosin in der Schweinemast. - In: *Vitamine und Zusatzstoffe in der Ernährung von Mensch und Tier*. - 6. Symp. 24./25.9.1997, Jena/Thüringen; Schubert, R., Flachowsky, G., Bitsch, R., Jahreis, G. (eds.) Weimar: Keßler GmbH, S. 310-315.
- Windisch, W., Roth, F. X., Kirchgessner, M. (1994): Zum Einfluß von Avilamycin und Carbohydrasen auf zootechnische Leistungsparameter in der Ferkelaufzucht. - *Agribiol. Res.* 47 (2), S. 140-146.
- Verfasser: Rattay, Dorle, Tierärztin; Gollnisch, Karen, Tierärztin; Schulz, Edgar, Dr. agr.; Flachowsky, Gerhard, Prof. Dr. agr., Institut für Tierernährung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Leiter: Professor Dr. agr. Gerhard Flachowsky.