

Potential alternativer Zusatzstoffe

Prof. Jürgen Zentek (Berlin)

Einleitung

Wesentliches Ziel der Tierernährung ist es, neben den Aspekten der bedarfsdeckenden und ökonomischen Fütterung einen Beitrag zur Gesunderhaltung der Tiere und damit zur Erzeugung qualitativ hochwertiger Lebensmittel zu leisten. Allerdings: Methoden, die von Fachleuten als effizient und sicher eingestuft werden, werden von Medien und Verbrauchern oft völlig unterschiedlich bzw. konträr gesehen. In dieser Diskussion spielen auch Futterzusatzstoffe eine wichtige Rolle. Dieses drückt sich bereits in der von der Laienpresse bevorzugten sehr drastischen Wortwahl aus, insbesondere, wenn es um Leistungsförderer geht („Masthilfsstoffe“, „Wachstumspillen“, „Wunderstoffe“).

Rechtlich handelt es sich bei Futterzusatzstoffen um Substanzen, die in der Verordnung (EG) Nr. 1831/2003 bzw. im Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB) und der deutschen Futtermittelverordnung definiert und reguliert werden. Es wird zwischen technologischen, sensorischen, ernährungsphysiologischen, zootechnischen Zusatzstoffen sowie der Gruppe der Kokzidiostatika und Histomonostatika unterschieden. Im Rahmen der Verordnung 1831/2003 dürfen Antibiotika, die keine Kokzidiostatika und keine Histomonostatika sind, nur noch bis 31. Dezember 2005 in Verkehr gebracht und als Futtermittelzusatzstoffe verwendet werden. Ab dem 1. Januar 2006 werden diese Stoffe aus dem Register gestrichen.

In der genannten Verordnung wird auch die Entwicklung von Alternativprodukten als Ersatz für diese Stoffgruppe gefordert. Es wird zudem das Ersuchen an die Behörde für Lebensmittelsicherheit formuliert, bis 2005 „die bei der Entwicklung alternativer Stoffe und alternativer Methoden der Bewirtschaftung, der Fütterung, der Hygiene usw. erzielten Fortschritte zu prüfen“. Insofern wird ersichtlich, dass es durch den Wegfall bestimmter Zusatzstoffe zu weitgehenden gesundheitlichen Konsequenzen für Nutztiere kommen kann. In der Diskussion um Potentiale und Alternativen zum bestehenden Spektrum an Futterzusatzstoffen kommt der Gruppe der zootechnischen Zusatzstoffe eine besondere Bedeutung zu. Diese sollen die Leistung und den Gesundheitszustand von Tieren sowie die Auswirkungen auf die Umwelt positiv beeinflussen. Allerdings finden sich auch bei den als ernährungsphysiologischen und technologischen Zusatzstoffen eingestuften Substanzen interessante Effekte.

Rückblick: Antibiotische Leistungsförderer

Die mit 31.12. 2005 verbotenen antibiotischen Leistungsförderer (Avilamycin, Flavophospholipol, Monensin-Natrium, Salinomycin-Natrium) haben neben einer signifikanten Leistungssteigerung, die bei erheblicher Variation der Daten in etwa eine Größenordnung von 3 bis 4 % erreicht (Tab. 1), auch weitergehende Wirkungen gezeigt (Tab. 2). Diese werden oft mit den Stichworten „Darmstabilisierung“ bzw. „Gesundheitsförderung“ umschrieben. Eine unterstützende Wirkung auf das Immunsystem wird oft unterstellt, allerdings stehen experimentelle Beweise für einen direkten Effekt aus.

Tabelle 1: Übersicht über leistungssteigernde Effekte antibiotischer Leistungsförderer

Tierart/Altersgruppe	Tageszunahmen (%) ~
Ferkel	+3,0
Mastschwein	+3,4
Broiler	+3,6
Rind	+3,4

(FREITAG et al. 1999; KAMPHUES und HEBELER, 1999)

Tabelle 2: Beispiele für weitere Wirkungen zugelassener Futterzusatzstoffe

Produktgruppe	Wirkung	
	Mikroflora des Darms	Weitere Effekte
Säuren bzw. deren Salze	++	Durchfall ↓
Spurenelemente, z. B. Zink	+	Durchfall ↓, Darmwand, Immunsystem
Probiotika	+	Darmwand, Immunsystem
Enzyme	+	Verdauungsleistung ↑

Durch ihren nachgewiesenen Einfluss auf die Darmflora kann jedoch eine indirekte Wirkung auf das Immunsystem angenommen werden. Der Wegfall von antibiotischen Leistungsförderern kann zumindestens temporär zu einer erhöhten Krankheitsanfälligkeit, Mortalität bzw. zu zunehmendem Gesamtverbrauch an Antibiotika zur Therapie führen. Beispiele aus Dänemark und Schweden zeigen jedoch, dass eine optimierte Fütterung und Haltung dazu beitragen kann, dass diese Probleme insgesamt beherrscht werden, auch wenn in einzelnen Betrieben empfindliche Störungen auftreten können (CASEWELL et al., 2003; WEGENER, 2003; DIBNER und RICHARDS, 2005).

Alternativen zu antibiotischen Leistungsförderern

Es gibt ein breites Angebot von Substanzen völlig unterschiedlicher Stoffgruppen, darunter zugelassene Zusatzstoffe und eine Reihe von Produkten mit völlig unterschiedlichem rechtlichen Status. Unter den zugelassenen Zusatzstoffen sind organische Säuren bzw. deren Salze, Spurenelemente wie Kupfer, Probiotika und Enzyme verfügbar, die in gewissem Umfang leistungsfördernde Wirkungen haben. Als Leistungsförderer explizit zugelassen ist derzeit allerdings nur Kaliumdiformiat. Die leistungssteigernden Effekte erreichen im Falle der organischen

Säuren Größenordnungen, die in etwa den Wirkungen der antibiotischen Zusatzstoffe entsprechen (GABERT und SAUER, 1994; ROTH und KIRCHGESSNER, 1998; PARTANEN und MROZ, 1999; MROZ et al., 2002).

Die leistungsfördernden Effekte der übrigen zugelassenen Futterzusatzstoffe sind meist weniger ausgeprägt. Neben der positiven Beeinflussung der Leistung gehen auch gesundheitsfördernde Effekte von Futterzusatzstoffen aus. Ein interessantes Beispiel ist das Spurenelement Zink, das für zahlreiche Funktionen des Organismus benötigt wird. In den vergangenen Jahren hat sich aufgrund der verminderten Verwendung antibiotischer Leistungsförderer ein Trend zur Verwendung von Zinkoxid in hohen Konzentrationen (> 2500 mg/kg Alleinfutter) bei Absetzferkeln - insbesondere in den skandinavischen Ländern - gezeigt (POULSEN, 1995; JOHANSEN et al., 2000; MELIN und WALLGREN, 2002). Zinkoxid ist aufgrund der futtermittelrechtlichen Vorschriften in hoher Dosierung als Futterzusatzstoff nicht gesetzeskonform. Es ist aber bemerkenswert, dass Zink in hoher Dosierung Effekte auf die Darmbakterien, die Darmwand und das darmassoziierte Immunsystem hat. Bei der Mikroflora ist insbesondere ein Effekt auf die Zusammensetzung der grampositiven Keimflora festzustellen. Bei erhöhter Aufnahme von Zinkoxid war eine Reduktion der Keimzahlen von Laktobazillen und auch der Gesamtgruppe der Milchsäurebildner festzustellen (KATOULI et al., 1999; MAVROMICHALIS et al., 2000; HOJBERG et al., 2005). Gleichzeitig reduzierte sich auch die Zahl der Hefen im Intestinaltrakt. Die gramnegativen Keime, die für die Auslösung von Durchfallerkrankungen besondere Bedeutung haben, zeigten sich in verschiedenen Untersuchungen relativ unbeeinflusst. Allerdings war festzustellen, dass sich unter dem Einfluss von Zinkoxid in hoher Dosierung eine Stabilisierung der Keimpopulation im Darmtrakt spezifisch bei *Escherichia coli* zeigt (KATOULI et al., 1999; MELIN und WALLGREN, 2002).

Eigene Untersuchungen (unveröff.) mit Einsatz praxisüblicher Mengen von Zinkoxid beziehungsweise Zinkoxid in einer speziellen verarbeiteten Form („geschütztes Zink“) sowie einer weiteren Gruppe von Ferkeln, die Zinkoxid in hoher Dosierung (2500 mg/kg Alleinfutter) bekommen hatten, zeigten, dass sich selbst bei sehr hoher Zinkaufnahme keine Reduktion der Konzentrationen von *Escherichia coli* im Dünndarm oder im Dickdarm von Ferkeln andeutet. Interessanterweise ergab sich bei Verwendung des Zinkoxids in geschützter Form sowie insbesondere bei Verwendung des Zinkoxids in der hohen Dosierung ein Vorteil für die Tiergesundheit, da Ferkel dieser Gruppen weniger beziehungsweise gar keine Durchfallprobleme nach dem Absetzen zeigten. Neuere Untersuchungen zeigen, dass Zink nicht nur einige Effekte auf die Darmbesiedlung mit Mikroorganismen hat, sondern dass es auch die Empfindlichkeit des Darmes gegenüber bestimmten Toxinen, die eine vermehrte Sekretion auslösen, vermindert (CARLSON et al., 2004).

Aus dem Bereich der bekannten und zugelassenen Futterzusatzstoffe haben auch weitere Substanzen Effekte auf die Mikroflora des Magen/Darmtrakts. So ist bekannt, dass der Zusatz von Enzymen (Xylanase) die Bakterienpopulation im Dünndarm sowie auch die Bildung von bestimmten Toxinen der Bakterien beeinflusst (VAHJEN et al., 2000; SIMON et al., 2005).

Enzyme können durchaus auch gesundheitsfördernde Effekte entfalten. So wurde durch die Verwendung von Mannase bei Broilern festgestellt, dass es weniger Läsionen

durch die nekrotisierende Enteritis gab (JACKSON et al., 2003; ENGBERG et al., 2004). Die nekrotisierende Enteritis ist eine durch *Clostridium perfringens* ausgelöste massive Entzündung des Darms und kann zu schweren wirtschaftlichen Verlusten führen.

Alternative Substanzen, die nicht als Futterzusatzstoff zugelassen sind

Auf dem Futtermittelmarkt ist in letzten Jahren ein Trend zu einem zunehmenden Angebot unterschiedlichster Substanzen bzw. Produkte festzustellen, die mehr oder weniger offen den Claim vertreten, als Ersatz für antibiotische Leistungsförderer zu wirken. Der rechtliche Status ist oft nicht geklärt. Zugelassene Futterzusatzstoffe müssen ein umfangreiches Zulassungsverfahren durchlaufen. Einige „alternative“ Substanzen, die in den letzten Jahren vermehrt in der Tierernährung eingesetzt wurden, sind unproblematisch und rechtlich als Einzelfuttermittel zu bewerten. Bei anderen ist der Status unklar. Welche Substanz auch immer eingesetzt wird, sie muss letztlich wirksam sein und am Tier einen positiven Einfluss entweder auf die Mikroflora des Gastrointestinaltrakts, die Verdauungsvorgänge oder das Immunsystem haben.

Als mögliche Alternativen wurden in den letzten Jahren diverse fermentierbare Oligosaccharide und Faserstoffe, stickstoffhaltige Substanzen wie Nukleotide, anorganische Stoffe wie seltene Erden sowie eine Vielzahl weiterer sehr unterschiedlicher Stoffe untersucht. Diese Substanzen konnten teilweise einen positiven Einfluss auf die Futteraufnahme, die Nährstoffabsorption beziehungsweise auf die Sekretionsvorgänge im Darmtrakt und den mikrobiellen Stoffwechsel haben oder eine Wirksamkeit gegenüber bestimmten, häufig auftretenden Erkrankungen, zum Beispiel durch Kokzidien oder Histomonaden zeigen.

Ein besonderer Schwerpunkt kommt wiederum den Stoffen zu, die entweder auf die Mikroorganismen des Darmtrakts oder auf das Immunsystem von Tieren wirken können. Grundsätzlich wird angestrebt, dass die Mikroflora des Darmtrakts in einem ausgewogenen Gleichgewicht mit dem Wirtsorganismus existiert. Dieses kann erreicht werden durch den Zusatz von Stoffen, die im Sinne eines Substrats bestimmte erwünschte Mikroorganismen fördern. Die Alternative ist, dass Substanzen eingesetzt werden, die auf bestimmte unerwünschte Keime hemmende Effekte haben. Beispiele für Substrateffekte auf die Mikroflora des Darmtrakts, die in den letzten Jahren intensiv untersucht worden sind, sind präbiotisch wirkende Oligosaccharide (BOLDUAN, 1997; SPRING, 2002). Auch andere Substanzen, zum Beispiel Nukleotide oder Aminosäuren, können einen Substrateffekt und eine Wirkung auf die Zusammensetzung der Darmflora haben. Ähnliches ist ebenfalls von der großen Gruppe pflanzlicher Zusatzstoffe, den so genannten phyto-genen Additiven, vereinzelt nachgewiesen.

Das Problem des Einsatzes von Substanzen, die als Nährstoff für erwünschte Bakterien dienen, ist, dass oft keine selektive Förderung der erwünschten Darmflora stattfindet. Weiterhin ist die Interaktion mit der Futterzusammensetzung nicht sicher einzuschätzen, so dass die Wirkung variabel ist. Ergebnisse von in vitro Untersuchungen sind nicht direkt auf das Tier übertragbar. Die Alternative, um Einfluss auf die Zusammensetzung oder die Stoffwechselaktivität der Darmflora zu nehmen, ist, Substanzen einzusetzen, die einen bestimmten Selektionsdruck auf die Bakterien ausüben. Dieses wurde zum Beispiel nachge-

wiesen für bestimmte komplexe Kohlenhydrate in Form von Hefezellwandbestandteilen. Mannanoligosaccharide kommen in Hefezellwänden vor und können aufgrund ihrer Molekülstruktur bestimmte Keime, z. B. *Escherichia coli* binden und damit unschädlich machen (BOLDUAN, 1997; SPRING, 2002). Ähnliche Selektionswirkungen wurden beschrieben durch die Verabreichung bakterieller Mischkulturen im Sinne einer „Competitive Exclusion“, von Eidotterantikörpern oder auch durch bestimmte Zusätze pflanzlicher Herkunft. Bei dieser Gruppe können ganze Pflanzen beziehungsweise deren Teile, z. B. Früchte oder Samen, oder daraus gewonnene Extrakte verwendet werden. Häufig werden diese Stoffe aufgrund ihrer Auswirkungen auf die Futterakzeptanz verwendet und als Aromastoff-Mischungen gehandelt. Allerdings ist die Verwendung extrahierter Stoffe, z. B. ätherischer Öle, eher im Sinne eines Zusatzstoffes zu sehen. Die Inhaltsstoffe der phylogenen Additive sind vielfältig: ätherische Öle, Saponine, Anthracenderivate, Bitterstoffe, Flavonoide und andere. Die genannten Inhaltsstoffe haben sehr unterschiedliche Wirkungen und können direkten Einfluss auf die Mikroflora, die Verdauungsvorgänge oder weitere Prozesse im Organismus nehmen. Das Wissen über die spezifischen Wirkungen ist häufig rudimentär und es liegen wenige gut kontrollierte und in referierten Zeitschriften publizierte Studien vor.

Die in der Praxis oft eingesetzten Mischungen diverser Kräuter beziehungsweise Gewürze sollen zu einer verbesserten Futteraufnahme führen. Im Sinne einer wissenschaftlich objektiven Wirksamkeitsbeschreibung ist es erforderlich, Untersuchungen mit definierten Substanzen auch unter Beachtung von Dosis-Wirkungsbeziehungen zu machen. Es liegen einige Praxisbeobachtungen vor, die zeigen, dass bestimmte Pflanzen positive Wirkungen im Sinne einer Gesundheitsstabilisierung haben können. So konnte Oregano mit seinen verschiedenen Inhaltsstoffen eine Wirkung gegen den durch *Escherichia coli* ausgelösten Durchfall der Absetzferkel zugesprochen werden (KEN und BILKEI, 2003). Untersuchungen an Broilern konnten zeigen, dass bestimmte ätherische Öle das Vorkommen von *Clostridium perfringens* im Darmtrakt signifikant reduzieren können (MITSCH et al., 2004). Diese Wirkungen könnten prophylaktisch gegen die nekrotisierende Enteritis des Masthuhns genutzt werden.

Fütterung und Immunsystem

Das Immunsystem von Tieren ist ein äußerst komplexes und durch vielfältige Regulationsfaktoren beeinflusstes System. Sowohl die Versorgung mit essenziellen Nährstoffen als auch die Aufnahme von größeren Molekülen mit spezifischer Wirkung auf den Darm und seine immunologisch relevanten Strukturen als auch die Interaktion mit der Mikroflora kann einen Einfluss auf das Immunsystem haben. Das Immunsystem des Darms weist eine strukturierte Organisation auf. Es werden ständig auch größere Moleküle in kleinsten Mengen aus dem Darmtrakt aufgenommen. Diese lösen in verschiedenen lymphatischen Organen Reaktionen aus, die wiederum Rückwirkungen auf die Reaktionsfähigkeit des Darms selber oder auf das Immunsystem des Gesamtorganismus nehmen. Die Kontaktmöglichkeiten mit dem Immunsystem sind vielfältig. Durch Interaktion mit Lymphozyten, die sich in großer Zahl in der Darmschleimhaut befinden sowie durch die Interaktion von Nahrungsfaktoren über die Peyerschen Platten in der Dünndarmschleimhaut ist es möglich, dass Nahrungsfaktoren mit dem Immunsystem in Kontakt treten.

Beispiele für Effekte von Zusatzstoffen auf das Immunsystem sind zahlreich. So kann die Versorgung mit Spurenelementen, z. B. Zink oder Selen einen nachhaltigen Einfluss auf die Immunitätslage des Organismus nehmen (LATSHAW, 1991). Auch die Fettsäurenversorgung kann zum Beispiel bei jungen Tieren die Verteilung von Lymphozyten und deren Aktivierung beeinflussen. Makromoleküle, zum Beispiel die komplexen Beta-Glukane aus Hefen, können eine unterstützende Wirkung auf das Immunsystem entfalten. So zeigen neue Untersuchungen, dass die Beta-Glukane zu einer erhöhten Resistenz von Broilern gegenüber einer Salmonelleninfektion beitragen können (LOWRY et al., 2005).

Schlussfolgerung

Alternativen zu bestehenden Futterzusatzstoffen zu entwickeln ist eine wesentliche und wichtige Aufgabe für die Wissenschaft und die auf diesem Gebiet tätige Industrie. Das Ziel sollte sein, Verdauungsvorgänge zu stabilisieren, dadurch die Tiergesundheit zu unterstützen und eine möglichst hochwertige Lebensmittelqualität zu gewährleisten. Die Industrie ist darauf angewiesen, Zusatzstoffe zu verwenden, die ein klares und abgesichertes Wirkungskonzept haben. Für die Forschung bedeutet dieses, dass die komplexen Anforderungen und Fragestellungen durch eine Zusammenarbeit verschiedener Disziplinen zu lösen sind. Insbesondere müssen ernährungsphysiologische Grundlagen, mikrobiologische und immunologische Fragestellungen einbezogen werden.

Literatur

- BOLDUAN, G. (1997): Fütterungsprophylaxen gegen Ferkeldurchfall. Kraftfutter(12): 517-521
- CARLSON, D., H. D. POULSEN und J. SEHESTED (2004). Influence of weaning and effect of post weaning dietary zinc and copper on electrophysiological response to glucose, theophylline and 5-HT in piglet small intestinal mucosa. Comparative Biochemistry and Physiology A, Molecular and Integrative Physiology 137(4): 757-765
- CASEWELL, M., C. FRIIS, E. MARCO, P. McMULLIN und I. PHILLIPS (2003): The European ban on growth-promoting antibiotics and emerging consequences for human and animal health. Journal of Antimicrobial Chemotherapy 52(2): 159-161
- DIBNER, J. J. und J. D. RICHARDS (2005): Antibiotic growth promoters in agriculture: history and mode of action. Poultry Science 84(4): 634-643
- ENGBERG, R. M., M. S. HEDEMANN, S. STEINFELDT und B. B. JENSEN (2004): Influence of whole wheat and xylanase on broiler performance and microbial composition and activity in the digestive tract. Poultry Science 83(6): 925-938
- FREITAG, M., H. U. HENSCHKE, H. SCHULTE SIENBECK und B. REICHEL (1999): Biologische Effekte konventioneller und alternativer Leistungsförderer. Kraftfutter(2): 49-57
- GABERT, V. M. und W. C. SAUER (1994): The effects of supplementing diets for weanling pigs with organic acids. A review. Journal of Animal and Feed Sciences 3(2): 73-87
- HOJBERG, O., N. CANIBE, H. D. POULSEN, M. S. HEDEMANN und B. B. JENSEN (2005): Influence of dietary zinc oxide and copper sulfate on the gastrointestinal ecosystem in newly weaned piglets. Applied and Environmental Microbiology 71(5): 2267-2277
- JACKSON, M. E., D. M. ANDERSON, H. Y. HSIAO, G. F. MATHIS und D. W. FODGE (2003): Beneficial effect of beta-mannanase feed enzyme on performance of chicks challenged with *Eimeria* sp. and *Clostridium perfringens*. Avian Diseases 47(3): 759-763
- JOHANSEN, M., S. E. JORSAL, L. O. ANDRESEN, L. K. THOMSEN und P. BAEKBO (2000): Prevention and treatment of oedema disease in Denmark 1994-1998. A review of the results of Danish experiments. Dansk Veterinaertidsskrift 83(3): 6-9
- KAMPHUES, J. und D. HEBELER (1999): Leistungsförderer - der Status Quo aus Sicht der Tierernährung. Übersichten zur Tierernährung 27(1): 1-28
- KATOULI, M., L. MELIN, M. JENSEN WAERN, P. WALLGREN und R. MOLLBY (1999): The effect of zinc oxide supplementation on the stability of

- the intestinal flora with special reference to composition of coliforms in weaned pigs. *Journal of Applied Microbiology* 87(4): 564-573
- KEN, C. und G. BILKEI (2003): Effects of vaccination and of a phytogenic feed additive on postweaning mortality due to *Escherichia coli* and on piglet performance. *Veterinary Record* 153(10): 302-303
- LATSHAW, J. D. (1991): Nutrition - mechanisms of immunosuppression. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 30(1): 111-120
- LOWRY, V. K., M. B. FARNELL, P. J. FERRO, C. L. SWAGGERTY, A. BAHL und M. H. KOGUT (2005): Purified beta-glucan as an abiotic feed additive up-regulates the innate immune response in immature chickens against *Salmonella enterica* serovar Enteritidis. *International Journal of Food Microbiology* 98(3): 309-318
- MAVROMICHALIS, I., C. M. PETER, T. M. PARR, D. GANESSUNKER und D. H. BAKER (2000): Growth-promoting efficacy in young pigs of two sources of zinc oxide having either a high or a low bioavailability of zinc. *Journal of Animal Science* 78(11): 2896-2902
- MELIN, L. und P. WALLGREN (2002): Aspects on feed related prophylactic measures aiming to prevent post weaning diarrhoea in pigs. *Acta Veterinaria Scandinavica* 43(4): 231-245
- MITSCH, P., K. ZITTERL EGLSEER, B. KOHLER, C. GABLER, R. LOSA und I. ZIMPERNIK (2004): The effect of two different blends of essential oil components on the proliferation of *Clostridium perfringens* in the intestines of broiler chickens. *Poultry Science* 83(4): 669-675
- MROZ, Z., D. E. REESE, M. OVERLAND, J. T. M. v. DIEPEN und J. KOGUT (2002): The effects of potassium diformate and its molecular constituents on the apparent ileal and fecal digestibility and retention of nutrients in growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science* 80(3): 681-690
- PARTANEN, K. H. und Z. MROZ (1999): Organic acids for performance enhancement in pig diets. *Nutrition Research Reviews* 12(1): 117-145
- POULSEN, H. D. (1995): Zinc oxide for weanling piglets. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A, Animal Science* 45(3): 159-167
- ROTH, F. X. und M. KIRCHGESSNER (1998): Organic acids as feed additives for young pigs: nutritional and gastrointestinal effects. *Journal of Animal and Feed Sciences* 7(Supp 1): 25-33
- SIMON, O., D. TARAS und W. VAHJEN (2005): Nutritional impact on intestinal bacterial communities of pigs studied by molecular biology techniques. *Journal of Animal and Feed Sciences* 14(Suppl. 1): 575-578
- SPRING, P. (2002): The role of yeast cell wall derived mannan oligosaccharide in nutrition and health. *Feed Compounder* 22(4): 14-18
- VAHJEN, W., K. GOLLNISCH, O. SIMON und E. SCHULZ (2000): Development of a semiquantitative PCR assay for the detection of the *Clostridium perfringens* type C beta toxin gene in purified nucleic acid extracts from the intestinal tract of pigs. *Journal of Agricultural Science* 134(1): 77-87
- WEGENER, H. C. (2003): Antibiotics in animal feed and their role in resistance development. *Current Opinion in Microbiology* 6(5): 439-445

Anschrift des Verfassers

Prof. Jürgen Zentek
Institut für Tierernährung
Freie Universität Berlin
Brümmersstr. 34
4195 Berlin

E-Mail: zentek.juergen@vetmed.fu-berlin.de