

Wachstumsförderer in der Tierernährung

Prof. Dr. Joseph PALLAUF

1. Einleitung

Vor nunmehr 30 Jahren stellten STOCKSTADT et al. (1949) erstmals fest, daß bei der Verfütterung von Rückständen des Myzels von *Streptomyces aureofaciens* positive Wirkungen auf das Wachstum von Küken zu verzeichnen waren, die nicht allein mit dem Vitamin-B₁₂-Gehalt dieses Futterzusatzes erklärt werden konnten. Dieser Effekt konnte später auf das im Fermentationsprodukt des Pilzes vorhandene Antibiotikum Chlortetracyclin, auch Aureomycin genannt, zurückgeführt werden. Wachstumsverbesserungen traten dabei schon bei einer Dosierung von 5 - 20 mg/kg Futter auf, während in der medizinisch-therapeutischen Anwendung etwa das 100fache dieser Dosierung erforderlich ist. Die geringen, dem Futter zugesetzten Mengen werden deshalb allgemein als nutritive Antibiotikadosierung bezeichnet. Bei wachstumsfördernden Zusatzstoffen kann im Gegensatz zur Situation bei den eigentlichen Nährstoffen nicht von einem bestimmten ernährungsphysiologischen Bedarf des Tieres gesprochen werden. Es gibt allerdings eine Mindestdosierung, die für eine nutritive Wirkung Voraussetzung ist.

In einer Fülle von weltweiten Untersuchungen konnten inzwischen als nutritive Antibiotikaeffekte bei Jungtieren neben verbessertem Wachstum erhöhte Futteraufnahme, bessere Futterverwertung und geringere Infektionsanfälligkeit beobachtet werden. Die Frage, welcher Wirkungsmechanismus diesen Effekten zugrunde liegt, beschäftigte die Tierernährungsforschung von Anfang an. Die naheliegende Hypothese, daß die Darmflora beeinflußt wird, konnte allerdings nicht in allen Untersuchungen widerspruchsfrei bestätigt werden. Die qualitativen und quantitativen Schwankungen der bakteriellen Darmbesiedelung zwischen Einzeltieren und die zeitabhängigen Variationen waren häufig größer als die Effekte der Antibiotikafütterung (siehe VANSCHOU BROEK und GHESQUIERE, 1970 sowie MENKE und KRAMPITZ, 1973).

Sehr früh zeigte sich in Fütterungsversuchen, daß eine deutliche Abhängigkeit der nutritiven Antibiotikawirkung vom Infektionsdruck aus der Umwelt der Versuchstiere bestand. Je schlechter die hygienischen Haltungsbedingungen waren, desto deutlicher trat die Wirkung dieser Futterzusatzstoffe zutage. In der Anfangszeit des Antibiotikaeinsatzes wurde teilweise über Mehrzunahmen gegenüber den Kontrollgruppen von 20 - 35 % berichtet. Unter praktischen Bedingungen werden heute - bei insgesamt erhöhtem Produktionsniveau - Futtermittelverwertung sowie Wachstum von Jungtieren durch nutritive Antibiotikazulagen im allgemeinen um 3 - 15 % verbessert.

2. Probleme der Entwicklung und Prüfung wachstumsfördernder Substanzen

Mit dem Einsatz der Fütterungsantibiotika traten sehr bald eine Reihe von medizinisch-hygienischen sowie toxikologischen Fragen in den Vordergrund. Ein Schema zu diesem Problemkreis ist in Abb. 1 dargestellt.

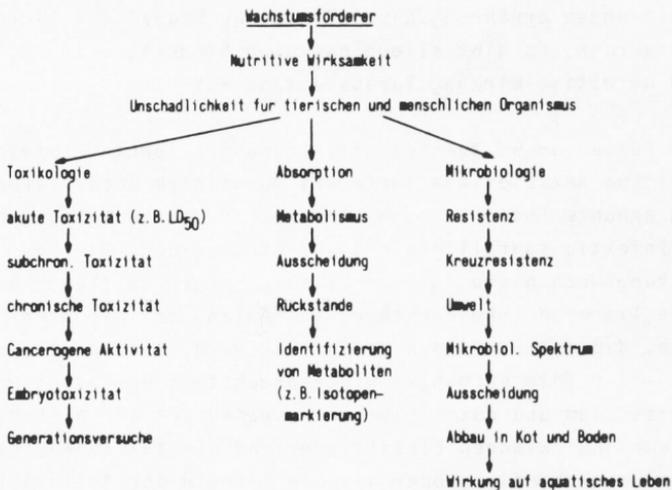


Abb. 1: Schema zur Prüfung von wachstumsfördernden Zusatzstoffen in der Tierernährung

Zunächst muß ein jeder Wachstumsförderer eine eindeutige und reproduzierbare nutritive Wirksamkeit bei jenen Tierarten aufweisen, bei denen er später eingesetzt werden soll. Genauso wichtig für die futtermittelrechtliche Zulassung ist jedoch der Nachweis der Unschädlichkeit für den tierischen und insbesondere auch den menschlichen Organismus. Dazu bedarf es einer engen wissenschaftlichen Zusammenarbeit mindestens dreier Disziplinen, nämlich Toxikologie, Ernährungsphysiologie und Mikrobiologie. Der Toxikologe testet die zu prüfende chemische Verbindung in vielfacher Oberdosierung nach klassischen Verfahren auf ihre akute bzw. chronische Giftigkeit. Auch Cancerogenität und Embryotoxizität werden dabei untersucht. Ein besonders zeitraubendes Prüfverfahren stellen die Versuche über mehrere Generationen dar.

Der zweite Bereich betrifft in erster Linie den eigentlichen Stoffwechsel bei der nutritiv wirksamen Konzentration. Zunächst muß die Frage beantwortet werden, ob und gegebenenfalls in welchem Ausmaß der zu prüfende Wachstumsförderer absorbiert wird. Damit im Zusammenhang steht die Untersuchung des Ausscheidungsmechanismus und das Problem von Rückständen in vom Tier stammenden Nahrungsmitteln. Der Gesetzgeber verlangt dabei auch die Identifizierung und Prüfung etwaiger Metaboliten, was häufig besondere analytische Schwierigkeiten beinhaltet. Um die Gefahr von meßbaren Rückständen zu umgehen, sind bei jenen Wachstums promotoren, die in erheblichem Umfange absorbiert werden, Wartefristen von 4 Wochen vorgeschrieben. Das heißt, zwischen letztmaligem nutritivem Einsatz und der Schlachtung des Tieres müssen mindestens 4 Wochen liegen. Aus heutiger Sicht kann dabei festgestellt werden, daß bei vorschriftsmäßigem und sachgemäßem Einsatz der derzeit in der Bundesrepublik zugelassenen Wachstumsförderer für den Verbraucher keine Gefahren aus deren Rückständen erwachsen. In diesem Zusammenhang ist daran zu erinnern, daß der Einsatz von Fütterungsantibiotika bei Milchkühen gänzlich untersagt ist. Beim Legehuhn sind wegen der besonderen Rückstandsproblematik nur die kaum absorbierbaren Antibiotika Zink-Bacitracin und Flavophospholipol zugelassen.

Die Prüfung des metabolischen Schicksals eines Wachstumsförderers setzt voraus, daß für die betreffende Substanz und deren Metaboliten möglichst genaue und hochempfindliche Analysemethoden zur Verfügung stehen. Eine ausgefeilte Analytik ist gleichzeitig auch für die amtliche Futtermittelkontrolle sowie die Rückstandskontrolle in Lebensmitteln erforderlich und deshalb ebenfalls Bedingung für die amtliche Zulassung eines Wachstums promotors.

Der dritte Problembereich der Prüfung von Wachstumsförderern umfaßt mikrobiologische Fragen. Von besonderem Gewicht sind in diesem Zusammenhang die Forschungsergebnisse über das Auftreten von extrachromosomalen, übertragbaren Faktoren der Antibiotikaresistenz bei Bakterien. Im Gegensatz zu den normalen chromosomalen R-Faktoren, die durch Mutation entstehen, können sich diese plasmatischen Faktoren nämlich auf Bakterien anderer Stämme übertragen, so daß ihre Ausbreitung wesentlich schneller vonstatten geht (KNOTHE, 1970; MENKE und KRAMPITZ, 1973). Insbesondere diese Tatsache hat dazu geführt, daß Penicillin und Tetracycline, die auch in der Humanmedizin eingesetzt werden, als Fütterungsantibiotika der ersten Stunde heute längst nicht mehr zugelassen sind. Sie sind heute durch Antibiotika ersetzt, die nicht in der Humanmedizin eingesetzt werden und nach Möglichkeit auch in der veterinärmedizinischen Prophylaxe und Therapie keine Verwendung finden. Dies ist vor allem auch wegen der Gefahr der Ausbildung von Kreuzresistenzen innerhalb chemisch verwandter Antibiotika mit ähnlichem Wirkungsmechanismus angezeigt. Für die Ablösung von Penicillin als Fütterungsantibiotikum waren darüber hinaus noch nicht auszuschließende Antigen- oder Hapteneigenschaften dieses Antibiotikums maßgebend, die in der Humanmedizin das Risiko für Allergie-Reaktionen erhöhen könnten.

Obwohl die Gefahren der Resistenzbildung pathogener Bakterien bei der veterinärmedizinischen Anwendung von Antibiotika, z.B. in Form von Injektionen oder in Form der ebenfalls verschreibungspflichtigen Fütterungsarzneimittel (Medizinalfutter) u.U. in noch höherem Maße bestehen, dürfen auch die diesbezüglichen Risiken bei den zwar in viel geringeren Dosierungen, jedoch über längere Zeiträume eingesetzten Fütterungsantibiotika grundsätzlich nicht außer acht gelassen werden. Neben dem Resistenzproblem am Tier

wird aber heute auch die Wirkung des potentiellen Wachstumsförderers auf die Umwelt und deren mikrobiologisches Spektrum untersucht. Schließlich interessiert auch noch der Abbau des Wirkstoffes in Faeces und Boden bis hin zur Wirkung auf das aquatische Leben.

Diese Fülle von zum Schutze des Verbrauchers und des ganzen Ökosystems notwendigen Untersuchungen bedeutet einen hohen Zeit- und Kostenaufwand. Für die Entwicklung und Prüfung einer neuen wachstumsfördernden Substanz werden heute Gesamtkosten von durchschnittlich 20 Millionen DM angegeben. Es ist deshalb schon die Befürchtung geäußert worden, die aufgrund neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse immer strenger werdenden Zulassungsaufgaben könnten sich in Zukunft zu sehr als Innovationshindernis auswirken. Immerhin sind aber auch noch in den vergangenen Jahren eine Reihe neuer Wachstumsförderer entwickelt und zugelassen worden.

3. Futtermittelrechtliche Grundlagen des Einsatzes von Wachstumsförderern

Das Futtermittelrecht kennt den Begriff Wachstumsförderer nicht ausdrücklich. Stattdessen wird dort von "Zusatzstoffen, die die Futtermittelverwertung verbessern", gesprochen. In Tabelle 1 sind die derzeit in der Bundesrepublik Deutschland nach den geltenden futtermittelrechtlichen Vorschriften zugelassenen diesbezüglichen Zusatzstoffe zusammengestellt. Nach der vom 19. Juli 1979 stammenden dritten Änderungsverordnung (BGBI. I, S. 1122) zur Futtermittelverordnung des Futtermittelgesetzes umfaßt die Liste der in der Tierernährung erlaubten Zusatzstoffe, die die Futtermittelverwertung verbessern, derzeit 7 Antibiotika und 3 sonstige, die Futtermittelverwertung verbessernde Zusatzstoffe.

Der Einsatz dieser Wachstumsförderer ist dabei an eine Reihe von Bedingungen geknüpft:

Tab. 1: Futtermittelrechtlich zugelassene Wachstumsförderer

Wachstumsförderer	Ferkel	Schweine (bis 6 Mon.)	erlaubte Mindest- und Höchstmenge in mg je kg Mischfutter (ppm)								
			Kalber	Schaf- u. Ziegenlämmer	Küken	Junghennen	Legehennen	Masthühner	Freihühner	Mastriinder	Peitziere
1. Antibiotika											
Avoparcin	10-40	5-20								8-15	
Flavophospholipol		1-20	6-16		1-20	1-20	2-5	1-20	1-20	2-5	2-4
Monensin-Natrium											10-40
Spiramycin	5-50	5-20*	5-50	5-20*	5-20	5-20		5-20	5-20		5-20
Tylosin	5-40	5-20									
Virginiamycin	5-50	5-20	5-50*		5-20	5-20		5-20	5-20		
Zink-Bacitracin	5-50	5-20	5-50	5-20*	5-50	5-20	15-100	5-50	5-50		5-20
2. Sonstige Wachstumsförderer											
Carbadox**		20-50									
Witropin	10-25	5-15	20-40		10-15	10-15		10-15	10-15		
Olaquinox**		15-50									

*) in Milchautsachern bis 80 ppm ***) 4 Wochen Wartefrist

Nicht zugelassen sind Wachstumsförderer für Milchkuhe, Zuchtsauen, Pferde, Kaninchen, Gänse, Enten, Tauben, Fische, Damwild und sonst. landw. Nutztiere

- 1.) Alle Wachstumsförderer dürfen wegen der Gefahr von Mischungs- und Dosierungsfehlern nicht direkt an den Landwirt und Tierhalter abgegeben werden, sondern nur an Großhändler, Vormischbetriebe bzw. anerkannte Mischfutterhersteller. Nur über den Einsatz von zugekauftem Mischfutter, sei es als Ergänzungs- oder als Alleinfutter, kann sich der Landwirt des Wachstumsförderers bedienen.
- 2.) Bei der Zulassung wird gleichzeitig der Dosierungsrahmen für erlaubte Mindest- und Höchstgehalte bindend vorgeschrieben. Der Zusatz zum Mischfutter muß dabei deklariert werden und unterliegt der amtlichen Futtermittelkontrolle. Wie Tab. 1 zeigt, schwanken die Mindest- und Höchstgehalte je nach Substanz, Tierart, Nutzungsrichtung und Alter der Tiere sehr stark. Der Schwerpunkt liegt jedoch bei Konzentrationen zwischen 15 und 20 ppm.
- 3.) Der Landwirt ist für den sachgemäßen Einsatz der Wachstumsförderer enthaltenden Mischfuttermittel verantwortlich. Dazu zählt auch die Beachtung des Höchstalters der Tiere. Bei Schweinen beträgt dieses in der Regel 6 Monate. Die synthetisch hergestellten Wachstumsförderer Carbadox und Olaquinox

dürfen davon abweichend allerdings nur bis zum Alter von 4 Monaten eingesetzt werden. Gleichzeitig ist bei diesen beiden in hohem Maße absorbierbaren Zusatzstoffen auch eine Wartezeit von 4 Wochen vorgeschrieben.

Mit wenigen Ausnahmen wie Legehuhn, Mastrind und Pelztier ist der Einsatz von Wachstumsförderern auch heute noch auf die besonders kritische Aufzuchtphase bei Jungtieren beschränkt.

Während vor einigen Jahren ein gewisser Trend zu synthetischen Wachstumsförderern zu beobachten war, scheinen in jüngerer Zeit wiederum durch mikrobiologische Fermentation hergestellte spezielle Fütterungsantibiotika in den Vordergrund des Interesses zu treten.

Auch Kupferzulagen werden bei Ferkeln und Mastschweinen verschiedentlich als Wachstumsförderer eingesetzt. Bei Ferkeln bis zum Alter von 16 Wochen sind derzeit bis zu 200 mg Cu je kg Futter und bei Schweinen bis zu 125 mg Cu je kg Futter zugelassen. Dieser wachstumsfördernde Zusatz liegt rund zwanzigfach höher als der ernährungsphysiologisch essentielle Bedarf an diesem Spurenelement. In Großbritannien sind dabei bereits in größerem Umfang Toxizitätsfälle bei Schafen aufgetreten, die auf Weideflächen gehalten wurden, auf die kupferreicher Schweinedung ausgebracht worden war. Das Schaf weist gegenüber dem Schwein eine sehr viel geringere Kupfertoleranz auf. Auch hieraus wird deutlich, daß sich ein Zusatzstoff sinnvoll in das gesamte Ökosystem einfügen muß, wenn aus seiner Anwendung nicht neue Gefahren für die Umwelt erwachsen sollen.

Nach wie vor nicht zugelassen ist in der Bundesrepublik die Verwendung von Hormonen oder hormonwirksamen Substanzen zur Verbesserung des Wachstums von Masttieren. Insgesamt ist bei den Futterzusatzstoffen mehr und mehr eine internationale Harmonisierung der Rechtsvorschriften - insbesondere auf der Ebene der Europäischen Gemeinschaft - zu verzeichnen.

4. Ernährungsphysiologische Wirksamkeit von Wachstumsförderern

Wie schon angedeutet, wurde bereits sehr früh vermutet, daß durch die Fütterungsantibiotika die Darmflora des tierischen Organismus beeinflußt wird. Die etwas vereinfachende Hypothese, daß schädliche und pathogene Bakterien unterdrückt und erwünschte Arten selektiv gefördert würden, konnte allerdings in dieser Form nicht vollends aufrecht erhalten werden. Die Ergebnisse der neueren Arbeiten weisen darauf hin, daß weniger eine Selektion der Bakterien, sondern in erster Linie eine Beeinflussung des bakteriellen Stoffwechsels zustande kommt, wie dies in Abb. 2 nach MENKE (1978) schematisch dargestellt ist.

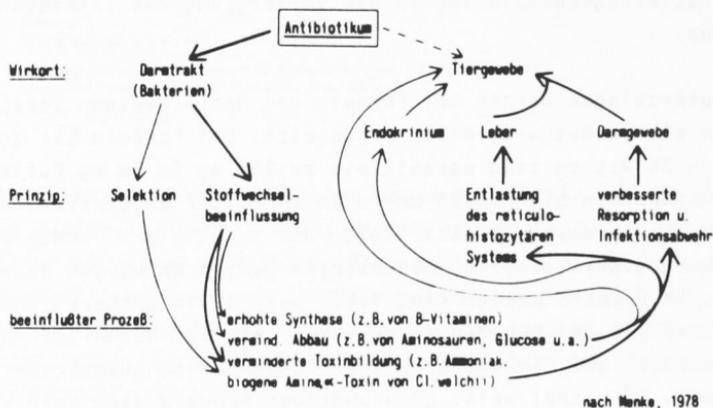


Abb. 2: Schematische Darstellung zur Wirkungsweise von Antibiotika in nutritiver Dosierung

So wurde zum einen eine erhöhte enterale Vitamin-B-Synthese und zum anderen eine reduzierte Desaminierung von Aminosäuren sowie ein geringerer Glucoseabbau festgestellt. Insbesondere bei *Clostridium welchii* konnte eine reduzierte Toxinbildung nachgewiesen werden. Durch eine Entlastung des reticulohistozytären Systems einerseits und eine verbesserte Nährstoffabsorption andererseits wird der tierische Organismus insgesamt in die Lage einer verbesserten Infektionsabwehr versetzt. Auch für eine positive (anabole) Beeinflussung des Endokrineriums gibt es Anhaltspunkte.

Aufgrund der chemischen Verschiedenartigkeit der Antibiotika kann allerdings nicht davon ausgegangen werden, daß jeweils derselbe Wirkungsmechanismus zugrunde liegt. Der neu zugelassene Wachstumsförderer Monensin-Natrium z.B., der aus dem Fermentationsprodukt eines Stammes von *Streptomyces cinnamomensis* hergestellt wird und in der Jungrindermast Einsatz findet, wirkt in erster Linie über eine Beeinflussung der Fettsäurebildung im Pansen. Nach Angaben aus der Literatur steigt der Anteil der Propionsäure bei Zugabe von Monensin zum Futter auf Kosten der Essig- und Buttersäure sowohl unter den Bedingungen der Kraftfuttermast als auch der Weidemast erheblich an. Die Mast mit Kraftfutter ist dabei hinsichtlich der Energiedichte der Ration durchaus mit der Intensivmast auf der Basis energiereicher Maissilage, wie sie in weiten Teilen der Bundesrepublik mehr und mehr an Bedeutung gewinnt, vergleichbar. Ein enges Verhältnis von Acetat:Propionat ist in der Rindermast erwünscht und führt zu wesentlich geringeren Energieverlusten sowohl im Pansen als auch im Intermediärstoffwechsel. Die Propionsäure als wichtiges Ausgangsprodukt für die Gluconeogenese kann damit indirekt auch einen Proteinspareffekt ausüben, da bei ausreichender Propionatanlieferung u.U. die Verwendung gluco- plastischer Aminosäuren für die Gluconeogenese reduziert werden kann.

Die Entwicklung auf dem Gebiet der Wachstumsförderer in der Tierernährung ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt keineswegs abgeschlossen. Vielmehr ist die Tierernährungsforschung auch weiterhin mit der Aufklärung der ernährungsphysiologischen Wirksamkeit von Wachstums promotoren beschäftigt. Darüber hinaus wird aber auch überlegt, ob es Möglichkeiten gibt, den Einsatz von Fütterungsantibiotika in Zukunft gegebenenfalls einzuschränken.

5. Untersuchungen über Alternativen zum Einsatz von Fütterungsantibiotika

Wir beschäftigen uns am Institut für Tierernährung in einem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützten Forschungsprojekt mit der Frage, ob und inwieweit organische Säuren, wie etwa Fumarsäure oder Citronensäure bei frühentwöhnten Ferkeln in der schwierigen Phase der Umstellung von der Milch- oder Milchersatz-

nahrung auf Getreide-Sojadiäten in Kombination mit oder anstelle von Fütterungsantibiotika einsetzbar sind. Im Gegensatz zu den aufgrund der erwähnten Resistenz- und Rückstandsprobleme nicht unumstrittenen Antibiotika hätten diese organischen Säuren den Vorteil, daß es sich dabei um natürliche Bestandteile des tierischen Organismus handelt. So sind beide Säuren in den Citratcyclus integriert. Fumarsäure liegt als ungesättigte Dicarbonsäure in der trans-Form vor und ist z.B. auch am Stoffwechsel verschiedener Aminosäuren sowie am Harnstoffcyclus beteiligt.

Zur Prüfung der ernährungsphysiologischen Wirksamkeit von Fumar- und Citronensäure hielten wir in mehreren Versuchsreihen je 32 Ferkel ab einem Lebendgewicht von 5 - 6 kg über 5 - 8 Wochen einzeln in Stoffwechselkäfigen und führten Bilanzversuche durch. Die pelletierte Diät wurde den Ferkeln restriktiv in täglich 4 bis 5 Mahlzeiten dargeboten. Im Gegensatz zu der unter Praxisbedingungen üblichen ad libitum-Fütterung ist bei der aus versuchsmethodischen Gründen angewandten restriktiven Fütterung keine sehr erhebliche Differenzierung der Lebendgewichte zwischen Kontroll- und Versuchsgruppen zu erwarten. Wie Tab. 2 (BRUNE und PALLAUF, 1979) zeigt, waren im ersten Versuch sowohl Futtermittelverwertung als auch N-Bilanz bei Tylosinzulage in Kombination mit 1,5 % Fumarsäure sowie bei alleiniger Zulage von 1,5 % Fumarsäure

Tabelle 2: Einfluß von Fumarsäure und Tylosin als Futterzusätze auf Leistungskriterien bei Ferkeln zwischen 5 - 16 kg Lebendmasse

Versuchsgruppe	Gewichtszunahmen g täglich	Futtermittelverwertung kg/kg	N-Bilanz %
A —	314 ± 22 [100]	2,20 ± 0,11 [100]	57,7 ± 3,9 [100]
B 40 ppm Tylosin	318 ± 25 [101]	2,30 ± 0,18 [104]	56,4 ± 2,9 [98]
C 40 ppm Tylosin 1,5% Fumarsäure	347 ± 10 [110]	2,02 ± 0,08 P<0,01 [92]	60,5 ± 2,7 P<0,05 [105]
D 1,5% Fumarsäure	331 ± 17 [106]	2,06 ± 0,10 P<0,01 [94]	60,3 ± 2,9 P<0,05 [105]

signifikant verbessert. Die \pm -Werte der Tabelle stellen jeweils die Standardabweichung der Einzelwerte aus 8 Tieren je Gruppe dar. Die Relativzahlen zur jeweils gleich 100 gesetzten Kontrollgruppe ohne wachstumsfördernden Zusatzstoff sind in eckigen Klammern angegeben.

In einem anschließenden Versuch (Institut für Tierernährung, unveröffentlicht) verwendeten wir eine noch etwas energie- und proteinreichere Diät. Dies drückt sich vor allem in der außerordentlich guten Futtermittelverwertung aus (Tab. 3). Im Schnitt wurden nur 1,3 kg Diät je kg Lebendmassezuwachs verbraucht. Eine gegenüber der Kontrollgruppe signifikant höhere Zunahme zeigte in diesem Versuch allerdings nur die Tylosingruppe. Die Futtermittelverwertung wurde in allen Zulagegruppen nicht signifikant verbessert.

Tabelle 3: Einfluß von Tylosin und Fumarsäure auf Wachstum und Futtermittelverwertung von Ferkeln im Lebendmassebereich 6 - 25 kg

Gruppe	tägl. Zunahme je Ferkel		Futtermittelverwertung (kg Diät/kg Zuwachs)	
	g	rel.		rel.
A Kontrollgruppe	333 \pm 11	100	1,34 \pm 0,03	100
B Tylosin (40 ppm)	345 \pm 14	104	1,29 \pm 0,04	96
C Fumarsäure (1,5%)	335 \pm 9	101	1,32 \pm 0,03	98
D Fumarsäure (3,0%)	336 \pm 13	101	1,30 \pm 0,03	97
Signifikanzen:	A:B P<0,05		A:B,D (P<0,10)	

Eine deutliche Tendenz zu effizienterer Futtermittelverwertung zeigt sich allerdings in der Tylosingruppe sowie bei 3 % Fumarsäurezulage. Eine signifikante Verbesserung ergibt sich hingegen bei allen 3 Zulagegruppen für die Verdaulichkeit der organischen Substanz (Tab. 4). Die Zulagen von Tylosin sowie von 1,5 % Fumarsäure führen darüber hinaus auch bei Rohprotein und Bruttoenergie zu einer signifikanten Verbesserung der Verdaulichkeit. Es zeigt sich somit, daß die Fumarsäure unter den vorliegenden Bedingungen

Tabelle 4: Einfluß von Tylosin und Fumarsäure auf Nährstoffverdaulichkeit und N-Bilanz von Ferkeln im Lebendmassebereich 6 - 25 kg

Gruppe	Verdaulichkeit						N-Bilanz	
	Organ. Substanz		Rohprotein		Bruttoenergie		%	rel.
	%	rel.	%	rel.	%	rel.	%	rel.
A Kontrollgruppe	92,7	100	90,7	100	92,4	100	70,9	100
	± 0,3		± 1,2		± 0,5		± 1,2	
B Tylosin (40 ppm)	94,3	102	93,1	103	93,8	102	71,8	101
	± 0,7		± 1,0		± 0,5		± 2,3	
C Fumarsäure (1,5%)	93,8	101	91,9	101	93,3	101	70,1	99
	± 0,6		± 0,5		± 0,2		± 1,5	
D Fumarsäure (3,0%)	93,3	101	91,1	100	93,0	101	70,6	100
	± 0,5		± 1,1		± 0,6		± 2,3	
Signifikanzen	A:B P<0,001 A:C, D P<0,01		A:B P<0,01 A:C P<0,05		A:B P<0,001 A:C P<0,01		—	

eine von dem Fütterungsantibiotikum Tylosin unabhängige und deutlich abgrenzbare positive Wirkung auf die Nährstoffverdaulichkeit ausübt. Die Stickstoffbilanz war in diesem Versuch allerdings nicht signifikant verändert.

In einem weiteren Stoffwechselversuch konnten wir auch erste Hinweise für einen wachstumsfördernden Effekt der Citronensäure finden. Der Zusatz von 1,5 % Citronensäure zur Diät führte dabei insbesondere zu einer Verbesserung der N-Bilanz.

Trotz der hohen biologischen Streubreite zeigte sich in unseren bisherigen Stoffwechseluntersuchungen insgesamt ein ernährungsphysiologisch positiver Effekt der Zulage organischer Säuren zum Ferkelaufzuchtfutter. In Fütterungsversuchen konnte darüber hinaus gezeigt werden, daß bei ad libitum-Fütterung unter Praxisbedingungen die Futterraufnahme von Ferkeln und Mastschweinen durch Fumarsäurezulagen erhöht werden kann (KIRCHGESSNER und ROTH, 1978). Dadurch wird ein weiterer positiver Effekt hinsichtlich Wachstum und Futtermittelverwertung erzielt.

6. Schlußfolgerung

Es bleibt künftigen Untersuchungen vorbehalten, die ernährungsphysiologischen Ursachen der Wirkung von Fumar- und Citronensäure noch genauer zu ergründen. Fumarsäure und Citronensäure sind derzeit futtermittelrechtlich als Konservierungsmittel zugelassen und können deshalb als Futterzusatzstoffe in der Tierernährung eingesetzt werden. Es wäre verfrüht, aus den vorgestellten Ergebnissen abzuleiten, daß auf Fütterungsantibiotika in absehbarer Zeit teilweise oder ganz verzichtet werden kann. Dennoch ist nicht auszuschließen, daß sich auf lange Sicht neue Perspektiven bei Wachstumsförderern ergeben. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt kann jedoch vor allem aus ökonomischen Gründen auf den Einsatz bestimmter Fütterungsantibiotika als Wachstumsförderer in der Tierernährung nicht völlig verzichtet werden. Bei Beachtung der futtermittelrechtlichen Vorschriften kann dabei eine Gefährdung des Verbrauchers nach heutiger Kenntnis ausgeschlossen werden.

Ziel der Tierernährungsforschung muß es sein, auch weiterhin die naturwissenschaftlichen Grundlagen und Kausalzusammenhänge zu klären, um so eine möglichst optimale Ernährung der Nutztiere bei möglichst geringer Umweltbelastung sicherzustellen.

Literatur

1. BRUNE, H. und J. PALLAUF (1979): Stoffwechsel- und Fütterungsversuche an landwirtschaftlichen Nutztieren. In: Fumarsäure in der Tierernährung, Ldw. Schriftenreihe Boden, Pflanze, Tier, Heft 18, Seite 20 - 28, Verlag Parey, Hamburg und Berlin
2. KIRCHGESSNER, M. und F.X. ROTH (1978): Fumarsäure als Futteradditiv in der Ferkelaufzucht und Schweinemast. Züchtungskde. 50, 17 - 25
3. KNOTHE, H. (1970): Medizinisch-hygienische Gesichtspunkte bei der Verwendung von Wirkstoffen. In: Bericht über die AID-Tagung "Einsatz von Wirkstoffen in der tierischen Produktion", Seite 47 - 54, Bonn-Bad Godesberg

4. MENKE, K.H. (1978): Proteinverdauung und Proteinansatz unter dem Einfluß von Antibiotika. In: Landwirtschaftliches Fachgespräch - Wachstumsfördernde Futtermittelzusätze in der Tierernährung, Seite 107 - 121, Cyanamid GmbH München
5. MENKE, K.H. und G. KRAMPITZ (1973): Antibiotikawirkungen in nutritiver Dosierung. Übers. Tierernährung 1, 255 - 272
6. VANSCHOUBROEK, F. und L. GHESQUIERE(1970): Betrachtungen nach 20jährigem Einsatz von Antibiotika in der Ernährung wachsender Schweine. Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. 26, 303 - 316