

Bioverfügbarkeit der ätherischen Öle eines phytobiotischen Futterzusatzes und der Einfluss auf die Leistung bzw. Nährstoffverdaulichkeit bei Absetzferkeln

K. Zitterl-Eglseer, W. Wetscherek, A. Stoni, A. Kroismayr und W. Windisch

Bioavailability of essential oils of a phytobiotic feed additive and impact of performance and nutrient digestibility in weaned piglets

1 Einleitung

Der Verdauungstrakt von Ferkeln ist speziell in der Absetzphase großen Umweltveränderungen und nutritiven Belastungen ausgesetzt. Um dennoch ein hohes Leistungsniveau

zu sichern, wurden zur Aufrechterhaltung der Darmgesundheit über viele Jahre antimikrobielle Leistungsförderer eingesetzt. Seit dem Verbot des Einsatzes dieser Stoffe der europäischen Kommission (1. 1. 2006) konzentrieren sich die Forschungsaktivitäten auf die Suche nach alternativen Sub-

Summary

In a feeding trial involving 120 weaned piglets the phytobiotic feed additive Biomin® P.E.P 1000 (essential oils blended derived from oregano, anise and citrus peels) was compared with the antibiotic growth promoter avilamycin and a negative control group.

The main compounds of the phytobiotic zootechnical additive, carvacrol and thymol, could be recovered in the blood-plasma, faeces and the tissue of the kidney by means of solidphase microextraction interfaced with GC/MS analysis. Residues of the components of the essential oil and derived metabolites could not be detected in different meat samples. The significant improved digestibility confirmed the optimised conditions in the gut caused by a reduction of the activity of microorganisms and therefore an enhanced absorption of nutrients and zootechnical performance were shown in the groups with Avilamycin and essential oils.

Key words: Piglets, oregano, avilamycin, essential oil, carvacrol, thymol, bioavailability, nutrient digestibility.

Zusammenfassung

In einer Fütterungsstudie an 120 Absetzferkeln wurde der phytobiotische Futterzusatzstoff Biomin® P.E.P 1000, der aus ätherischen Ölen von Oregano (*Origanum vulgare* L.), Anis (*Pimpinella anisum* L.) und Citruschalen sowie präbiotischen Kohlenhydraten aus Zichorie (*Cichorium intybus* L.) besteht, mit dem antibiotischen Futterzusatzstoff Avilamycin und einer negativen Kontrolle verglichen, wobei die Bioverfügbarkeit der Hauptkomponenten der ätherischen Öle des pflanzlichen Futterzusatzstoffes und die Nährstoffverdaulichkeit im Mittelpunkt des Interesses dieser Studie standen. Die Hauptkomponenten des Phytobiotikums, Carvacrol und Thymol, konnten im Blutplasma, Kot und im Nierengewebe mit Hilfe einer Festphasen-Mikroextraktion (SPME) gekoppelt mit GC/MS wiedergefunden werden. In Fleischproben wurden keine Rückstände der ätherischen Ölkomponten sowie daraus abgeleiteter Metaboliten gefunden. Eine signifikant verbesserte Nährstoffverdaulichkeit sowohl in der Gruppe mit Biomin® P.E.P 1000-Zusatz als auch in der Avilamycin-Gruppe bestätigte die optimierten Bedingungen durch die Wirkung der beiden Leistungsförderer im Verdauungstrakt, die das Mikrobewachstum verringern und somit eine verbesserte Nährstoffverwertung und Wachstumsleistung ermöglichen.

Schlagworte: Ferkel, Avilamycin, Oregano, ätherisches Öl, Carvacrol, Thymol, Bioverfügbarkeit, Nährstoffverdaulichkeit, Aufzuchtleistung.

stanzen und Strategien. Eine davon ist der Einsatz von „phytogenen“ Zusatzstoffen, welche aus Kräutern, Gewürzen und anderen Pflanzen oder Pflanzenteilen bestehen oder aus ihnen durch Extraktion oder Wasserdampfdestillation gewonnen werden (z.B.: ätherische Öle). Es ist bekannt, dass sie die Tiergesundheit verbessern, stabilisieren und eine antimikrobielle Aktivität besitzen, über eine Appetitanregung zu einer Steigerung der Futtermittelaufnahme beitragen und die Verdauung durch Anregung der Speichel-, Magen- und Darmsekretion fördern (GOLLNISCH et al., 2001; GÜNTHER und ADIARTO, 1992; KLUTH et al., 2002; MATHE, 1996; TEDESCO, 2001; WENK, 2000; WILLIAMS und LOSA, 2001; WALD, 2002). Wissenschaftliche Daten über den Wirkungsmechanismus, die Sicherheit, Toxizität und Bioverfügbarkeit dieser Stoffe in der Schweineernährung gibt es bis jetzt nur in geringem Umfang (GOLLNISCH et al., 2001).

Der im Handel erhältliche Futterzusatz Biomin® P.E.P 1000 enthält eine Mischung aus EU-weit zugelassenen ätherischen Ölen von Oregano (*Origanum vulgare* L.), Anis (*Pimpinella anisum* L.) und Citruschalen mit präbiotischen Kohlenhydraten aus Zichorie (*Cichorium intybus* L.). Unverdauliche Kohlenhydrate wie die in Zichorie enthaltenen Fructooligosaccharide unterstützen die Entwicklung einer gesunden Darmmikroflora durch Stimulation des Wachstums von Lactobacilli- und Bifidobakterien. Oregano (*Origanum vulgare* L.) wurde schon in verschiedenen Studien als mit Fütterungsantibiotika vergleichbarer Leistungsförderer beschrieben (ALLAN und BILKEI, 2005; GÖSSLING, 2001; GÜNTHER und BOSSOW, 1998; HOFMANN et al., 2002; KYRIAKIS et al., 1998; TSINAS et al., 1998) und die Hauptkomponenten des ätherischen Öls, Carvacrol und Thymol, als potentielle Wirkstoffe bei Darmerkrankungen von Ferkeln erkannt (GÖSSLING, 2001; RECHT, 2005). Vom ätherischen Öl des Anis wird eine ähnliche Wirkung erwartet wie von Fenchel oder Kümmel, die in der Schweineernährung von SCHÖNE et al. (2006) untersucht wurden. Der ätherischen Ölkomponente – Limonen – aus Zitruschalen werden nach SCHÖNEFELD und SCHÖNEFELD (2004) eine schwach appetitanregende und verdauungsfördernde Wirkung zugeschrieben.

In einer internationalen Studie wurden die Einflüsse auf mikrobiologische, histologische und molekularbiologische Parameter beim Einsatz von Biomin® P.E.P 1000 als Leistungsförderer bei Ferkeln im Vergleich mit Avilamycin (Maxus 100, Elanco Animal Health LTD) und einer negativen Kontrolle untersucht (KROISMAYR et al., 2007). In dieser Veröffentlichung wird auf die Bioverfügbarkeit der Hauptkomponenten der ätherischen Öle im Blutplasma

und Kot sowie deren eventuelle Rückstände in verschiedenen Geweben und Fleischproben wie Niere, Milz, Bauchhöhlenfett und Lungenbraten eingegangen und darüber hinaus über die Auswirkung der Futterzusatzstoffe auf die Nährstoffverdaulichkeit und Leistung berichtet.

2 Material und Methoden

Der Versuch wurde in drei zeitlich aufeinander folgenden Durchgängen im Aufzuchtsteil des Lehr- und Versuchstalles an der LFS-Hatzendorf im Jahr 2004 durchgeführt. Der Versuchsplan wird in der Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Versuchsplan

Table 1: Experimental design

Merkmal	Versuchsgruppe		
	1	2	3
Avilamycin	–	–	40 mg/kg
Ätherische Ölkomponenten	–	15 mg/kg Carvacrol 0,8 mg/kg Limonen	
Durchgänge, n	3	3	3
Boxen je Durchgang, n	1	1	1
Ferkel je Box, n			
1. Durchgang	10	10	10
2. Durchgang	15	15	15
3. Durchgang	15	15	15

2.1 Tierversuch

Die verwendeten Tiere stammten aus der eigenen Nachzucht des Betriebes. Es handelte sich dabei um F1-Kreuzungstiere der Rassen Edelschwein × Pietrain. Für den Versuch wurden möglichst durchschnittliche Ferkel der Würfe nach den Kriterien Wurf, Geschlecht und Lebendmasse nach der vierten Lebenswoche ausgewählt und auf die 3 Versuchsgruppen verteilt. Für den Versuch standen in jedem Durchgang drei Boxen in einem vollklimatisierten Aufzuchtsteil zur Verfügung. Die einstreulosen Boxen waren mit einem Teilspaltenboden mit einer beheizten Liegefläche ausgestattet.

Die Zootechnischen Leistungen wurden durch Einzelerhebungen der Lebendmasse der Ferkel zu Versuchsbeginn und danach im einwöchigen Abstand erhoben. Für diese Perioden wurden auch die aufgenommenen Futtermengen je Box festgehalten.

Das Futter wurde den Ferkeln über Futterautomaten in mehlig Form ad libitum angeboten. Die Tiere erhielten in der ersten Versuchswoche eine Starterfuttermischung und

die beiden darauf folgenden Wochen eine Absetzfuttermischung. Die beiden Futtermischungen wurden jeweils in einer Grundmischung hergestellt und für die Gruppen geteilt und mit den entsprechenden Futterzusatzstoffen vermischt. Den Tieren stand auch Wasser ad libitum zur Verfügung. Die Zusammensetzung dieser Futtermischungen wird in der Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Zusammensetzung der Futtermischungen
Table 2: Composition of the diets

Futterkomponenten, %	Starterfuttermischung	Absetzfuttermischung
Gerste	–	40,00
Mais	–	35,255
Mikronisierter Mais	36,90	1,96
Mikronisierter Weizen	20,00	–
Sojaproteinkonzentrat	6,50	4,50
Süßmolkepulver	6,00	4,50
Kartoffeleiweiß	5,00	4,00
Fischmehl 65 %	5,00	4,00
Dextrose	5,00	–
Lactose	9,00	1,98
Rübenvinasse	3,00	–
Futterkalk	0,72	0,92
Sojaöl	0,52	0,45
Diathomeenerde	0,50	0,50
Monocalciumphosphat	0,45	0,45
Viehsalz	0,17	0,24
Magnesiumphosphat	0,17	0,17
L-Lysin	0,45	0,50
DL-Methionin	0,20	0,16
L-Threonin	0,135	0,14
L-Tryptophan	0,09	0,08
Cholinchlorid	0,07	0,07
Spurenelementmischung	0,09	0,09
Vitaminkonzentrat	0,035	0,035

2.2 Probenziehungen

In der dritten Versuchswoche wurden individuelle Kotproben von jedem Ferkel über mehrere Tage gezogen, vermischt und für spätere Analysen tiefgefroren.

Weiters wurden nach der dritten Versuchswoche Ferkel geschlachtet und Gewebeproben von Bauchhöhlenfett, Lungenbraten, Leber, Niere und Milz gezogen und bei -20°C tiefgefroren. Ebenfalls wurde von diesen Tieren bei der Schlachtung frisches Blut aufgefangen, mit Heparin versetzt und zentrifugiert. Dem Blutplasma wurde zur Stabilisierung jeweils $40\ \mu\text{l}$ Essigsäure $0,58\ \text{M}$ pro ml Plasma zugesetzt und das Plasma bei -20°C gelagert.

2.3 Analysemethoden

2.3.1 Nährstoffanalysen

Alle Futtermischungen und Kotproben wurden in jedem Durchgang beprobt und auf Trockenmasse, Rohasche, salzsäureunlösliche Asche, Rohprotein, Rohfett, Gesamtfett, Rohfaser, Stärke und Zucker nach den Standardmethoden der VDLUFA (NAUMANN und BASSLER, 1997) untersucht. Die zugesetzte Menge an Avilamycin wurde von der AGES (Österreichischen Agentur für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit) mit der Agardiffusionsmethode untersucht. Der ME-Gehalt der Futtermischungen wurde nach der Schätzformel für Alleinfutter (KIRCHGESSNER, 2004) berechnet.

2.3.2 Bestimmung der ätherischen Ölkomponenten in den Futterproben

Die Quantifizierung der ätherischen Ölkomponenten in den Futtermitteln erfolgte mittels GC/MS nach einer Festphasenmikroextraktion (SPME). Dafür wurde $1,00\ \text{g}$ Futter mit $2,0\ \text{ml}$ Dichlormethan versetzt und $15\ \text{min.}$ im Ultraschallwasserbad extrahiert. Das Extrakt wurde mit einem internen Standard (o-Cresol) versehen und gaschromatographisch bestimmt.

2.3.3 Aufbereitung der Blutplasmaproben zur Bestimmung der ätherischen Ölkomponenten

Das Plasma wurde nach dem Auftauen nochmals zentrifugiert ($5\ \text{min.}, 10\ 000\ \text{rpm}$). Nach Überführung von $1,00\ \text{ml}$ Plasma in ein Reagenzglas mit Lamellenstopfen wurden $40\ \mu\text{l}$ Essigsäure $0,58\ \text{M}$ und $100\ \mu\text{l}$ β -Glucuronidase-Lösung (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) zugesetzt. Anschließend erfolgte eine Inkubation bei 37°C im Wasserbad für $30\ \text{min.}$ Danach wurden $50\ \mu\text{l}$ interne Standardlösung ($40,0\ \text{mg}$ o-Cresol gelöst in $2\ \text{ml}$ Methanol, aufgefüllt mit Aqua dest. ad $100\ \text{ml}$, verdünnt mit Aqua dest. $1:10$) zugesetzt. In ein $10\ \text{ml}$ -Headspace Vial wurden $1,0\ \text{g}$ NaCl (Suprapur[®], Merck, Deutschland) eingewogen, $100\ \mu\text{l}$ H_3PO_4 hinzupipettiert und ein Magnetrührkern sowie das behandelte Plasma zugegeben.

2.3.4 Aufbereitung der Fleisch- (Leber, Niere, Milz, Lungenbraten, Bauchhöhlenfett) und Kotproben

$3,00\ \text{g}$ der vorzerkleinerten Gewebe- bzw. Kotprobe wurden in ein $20\ \text{ml}$ -Probenfläschchen eingewogen, mit $5\ \text{ml}$ Aqua dest. versetzt und anschließend mit dem Ultraturax

homogenisiert. Danach wurden 200 µl Essigsäure 0,58 M und 200 µl β-Glucuronidase-Lösung (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) hinzugegeben und die Probe bei 37 °C für 30 min., verschlossen mit einem Septum, inkubiert. Anschließend erfolgte die Zugabe von 1,0 g NaCl (Suprapur®, Merck, Deutschland), 50 µl Interner Standardlösung (40,0 mg o-Cresol gelöst in 2 ml Methanol, aufgefüllt mit Aqua dest. ad 100 ml, verdünnt mit Aqua dest. 1:5), 100 µl H₃PO₄ und einem Magnetrührkern.

2.3.5 Weitere Aufbereitung und Bestimmung der ätherischen Ölkomponenten

Das Probenfläschchen mit der vorbereiteten Probe (Plasma, Fleisch, Kot) wurde luftdicht mit Alukappe und Septum verschlossen und der Inhalt am Magnetrührer kurz durchgerührt. Dann wurde mit einer Nadel das Septum durchstoßen und durch dieses Loch der Faserhalter mit der Polydimethylsiloxan-divinylbenzen- (PDMS-DVB) Faser (65 µm, Supelco, Bellefonte, PA, USA) geschoben. Die Inkubation der Faser in der Gasphase über der Probe erfolgte für 35 min. bei 80 °C mit 750 rpm im Wasserbad am Magnetrührer. Anschließend wurde die Faser in den Injektorblock des GC/MS-Gerätes überführt und dort 5 min. bei 250 °C desorbiert. Zur Reinigung wurde die Faser vor Beginn jeder weiteren Exposition 10 min. bei 250 °C im Injektorblock ausgeglüht.

Die Analyse erfolgte mit einem Gaschromatographiegerät (HP 6890) mit massenselektivem Detektor (HP 5972) (Agilent Technologies GmbH, Willmington, DE, USA) an einer 30 m × 0,25 mm Kapillarsäule (Restek Corporation, Bellefonte, PA, USA) bei einem Splitverhältnis von 1:1. Die Starttemperatur von 60 °C wurde für 5 min. gehalten, dann wurde mit einer Aufheizrate von 4 °C pro min. auf 120 °C und weiter mit 20 °C pro min. auf 240 °C aufgeheizt. Die Nachheizphase bei 300 °C dauerte 5 min. Unter diesen Bedingungen eluierten Limonen nach ca. 9 min., o-Cresol nach ca. 10 min., trans-Anethol nach ca. 18 min., Thymol nach ca. 19 min. und Carvacrol nach ca. 20 min.

Eichkurven: Bei den Futterproben wurden Eichkurven für Carvacrol, Thymol, Anethol und Limonen erstellt, bei allen anderen Proben Eichkurven für Carvacrol und Thymol (Dreifachbestimmung). 40,00 mg Substanz wurden in 2 ml Methanol gelöst und mit Aqua dest. auf 100,0 ml aufgefüllt. Aus dieser Stammlösung wurden Verdünnungen von 1:50 bis 1:800 erstellt.

2.4 Bestimmung der scheinbaren Nährstoffverdaulichkeit

Die Verdaulichkeit der Nährstoffe wurde mittels der Indikatormethode bestimmt. Als Indikator wurde der Gehalt an salzsäurelöslicher Asche verwendet.

2.5 Statistische Auswertung

Die Daten der zootechnischen Leistungen und der Nährstoffverdaulichkeit wurden varianzanalytisch (Fixe Effekte: Gruppe, Geschlecht, Wurfgeschwister) ausgewertet und in den Ergebnistabellen werden die Mittelwerte, Standardabweichung und der P-Wert dargestellt. Als Signifikanzgrenze wurde 0,05 angenommen. Zur Prüfung von Gruppenunterschieden wurde zusätzlich ein T-Test durchgeführt und im Falle von signifikanten Unterschieden die Gruppenmittelwerte mit unterschiedlichen Hochbuchstaben gekennzeichnet.

3 Ergebnisse

3.1 Futteranalysen

Der Tabelle 3 sind die Analysenwerte der Absetzfuttermischungen und der daraus berechnete Gehalt an ME zu entnehmen. Die Futtermischungen unterschieden sich im Nährstoffgehalt nur geringfügig und konnten den Nährstoffbedarf der Tiere abdecken. Die Untersuchung des Avilamycingehaltes erbrachte einen Gehalt von 44,5 mg/kg in der Avilamycingruppe und in den beiden anderen Gruppen konnten keine Gehalte nachgewiesen werden.

Carvacrol als Hauptkomponente von Oregano erreichte im Absetzfutter mit Biomin® P.E.P 1000 – Zusatz mit

Tabelle 3: Analytierte Nährstoffgehalte des Ferkelabsetzfutters

Table 3: Analysed nutrient content in feed for piglets

Merkmal	Versuchsgruppe		
	1	2	3
Trockenmasse (g/kg FS)	900	898	894
Rohprotein (g/kg TS)	179	175	171
Rohfett (g/kg TS)	45	39	44
Stärke (g/kg TS)	432	442	443
Zucker (g/kg TS)	40	46	38
Rohfaser (g/kg TS)	30	31	29
Rohasche (g/kg TS)	58	58	57
ME (MJ/kg TS)	14,1	14,0	14,0

15,1 mg/kg den höchsten Wert der ätherischen Ölkomponenten. Der Limonengehalt betrug 0,8 mg/kg, während Thymol, γ -Terpinen und trans-Anethol nur in Spuren nachgewiesen werden konnten.

3.2 Zootechnische Leistungen

Über den Zeitraum von 3 Versuchswochen erreichte die Gruppe mit ätherischen Ölen (+6 % gegenüber der negativen Kontrollgruppe) annähernd gleich gute Tageszuwächse wie die Avilamycin-Gruppe (+4 % gegenüber der negativen Kontrollgruppe). Die Überlegenheit der Antibiotikagruppe gegenüber der negativen Kontrollgruppe war in der ersten Versuchswoche ausgeprägter (Tabelle 4).

3.3 Verdaulichkeit

Durch den Einsatz der ätherischen Öle wurde die Verdaulichkeit der Trockenmasse und der organischen Substanz in ähnlicher Größenordnung signifikant gesteigert, wie durch den Einsatz von Avilamycin. Bei der Verdaulichkeit des Rohproteins traten durch den Einsatz von ätherischen Ölen

ebenfalls signifikante Verbesserungen auf. Avilamycin erzielte bei diesem Merkmal nur geringere Effekte. Bei der Verdaulichkeit des Gesamtfettes und der Rohasche unterschieden sich die drei Gruppen nicht signifikant (Tabelle 5). Für das Carvacrol wurde eine scheinbare Verdaulichkeit von 99,6 % berechnet. Dies bedeutet, dass diese Substanz fast zur Gänze resorbiert wurde.

3.4 Wiederfindung in Blut und Geweben

Im Blutplasma der Absetzferkel, die Biomin® P.E.P 1000 als Futterzusatz erhalten hatten, konnten mit der SPME-GC/MS-Analytik Carvacrol-Werte von 106–171 ng/ml und Thymolwerte von 10–19 ng/ml wiedergefunden werden. Im Nierengewebe und im Kot waren die Analysenwerte für Carvacrol und Thymol ähnlich hoch wie im Plasma (Tabelle 6). Im Kot war Thymol aufgrund eines störenden Peaks im Gaschromatogramm, der von einer unbekannt Substanz stammte, nicht quantifizierbar. In den Leber-, Milz-, Bauchhöhlenfett- und Lungenbratenproben konnten keine ätherischen Ölkomponenten mit dieser Methode gefunden werden.

Tabelle 4: Zootechnische Leistungen
Table 4: Zootechnical performance

Merkmal	Mittelwerte der Versuchsgruppen			s	P
	1	2	3		
Lebendmasse, kg					
Versuchsbeginn	8,2	8,2	8,2	0,46	0,935
7. Versuchstag	8,5	8,6	8,7	0,57	0,260
14. Versuchstag	10,0	10,3	10,3	0,87	0,252
21. Versuchstag	12,8	13,1	13,0	1,24	0,513
Tageszuwachs, g					
1. Versuchswoche	34	48	56	40,7	0,059
2. Versuchswoche	225	246	234	91,8	0,597
3. Versuchswoche	393	396	386	87,8	0,877
1.–3. Versuchswoche	219	232	228	56,8	0,565

Tabelle 5: Verdaulichkeit der einzelnen Rohnährstoffe
Table 5: Digestibility of the nutrients

Merkmal	Mittelwerte der Versuchsgruppen			s	P
	1	2	3		
Trockenmasse, %	81,1 ^b	82,2 ^a	82,1 ^a	2,17	0,034
Rohasche, %	54,5	56,2	56,1	5,28	0,114
Rohprotein, %	73,2 ^b	75,6 ^a	74,5 ^{ab}	3,63	0,014
Gesamtfett, %	61,7	60,1	61,9	6,15	0,654
org. Substanz, %	82,9 ^b	83,9 ^a	83,9 ^a	2,09	0,039

Tabelle 6: Gehaltswerte von Carvacrol und Thymol im Plasma, Nierengewebe und Kot

Table 6: Amounts of carvacrol and thymol in plasma, kidney tissue and excrement

Carvacrol	Mittelwert, n = 12	Minimum	Maximum
Plasma ng/ml	136,8	105,8	171,1
Nierengewebe ng/g	122,4	50,0	240,4
Kot ng/g	215,8	121,2	366,6
Thymol			
Plasma ng/ml	15,4	10,1	19,2
Nierengewebe ng/g	23,4	14,4	30,7

4 Diskussion

4.1 Zootechnische Leistung

Der Einsatz von Avilamycin führte in dieser Untersuchung in Übereinstimmung mit einer Literaturschau (durchschnittliche Verbesserung des Tageszuwachses um 12,2 %) von FREITAG et al. (1999) zu einer Verbesserung des Tageszuwachses.

Untersuchungen von DZAPO und REINER (1991) ergaben eine Verbesserung der Aufzuchtleistung von bis zu 14 %. In Arbeiten von GOLLNISCH et al. (2001) bzw. WINDISCH et al. (1994) wurde der Tageszuwachs durch den Einsatz von Avilamycin um 9,8 bzw. 6 % gegenüber einer negativen Kontrollgruppe gesteigert. Die positive Wirkung wurde auch in einer aktuellen Studie von MANZANILLA et al. (2006) in den ersten 14 Tagen nach dem Absetzen bestätigt.

Die positive Wirkung (+ 6 % Tageszuwachs gegenüber der negativen Kontrollgruppe) der Mischung von ätherischen Ölen aus Oregano, Anis und Schalen von Zitrusfrüchten im eigenen Versuch, wird in einer Untersuchung mit Oreganoöl (+5 %) von WALD (2002) (+5,5 %) und von GOLLNISCH et al. (2001) bestätigt. Im Gegensatz dazu, zeigte eine Überprüfung der Wirkung von Oreganoöl durch HEBELER et al. (2000) bzw. NEILL et al. (2006) keine Auswirkung auf die Aufzuchtleistung von Ferkeln. Der Einsatz von 2 g/kg gemahlenem Oregano verbesserte in zwei Untersuchungen von HOFMANN et al. 2002 ebenfalls die Aufzuchtleistung von Ferkeln.

4.2 Verdaulichkeit

Durch den Zusatz von Avilamycin wurde die scheinbare Verdaulichkeit der Trockenmasse und der organischen Subs-

tanz signifikant und von Rohprotein tendenziell verbessert. Dies bestätigt die Untersuchung von ROTH und KIRCHGESSNER (1990) bzw. ROTH et al. (1999), welche positive Effekte auf die Rohproteinverdaulichkeit durch den Antibiotikaeinsatz feststellten. Ebenfalls positive Effekte auf die Nährstoffverdaulichkeit wurden von RATTAY et al. (1997) sowie O'CONNELL et al. (2006) festgestellt. Ähnliche Ergebnisse zeigte eine Untersuchung von KIRCHGESSNER et al. (1995) bei Mastschweinen.

KRÖGER (1991) und DZAPO und REINER (1991) erklärten die Wirkung von Avilamycin mit einem Glukosespareffekt. Durch eine Reduktion des mikrobiellen Glukoseabbaus im Dünndarm und einer beobachteten Verlangsamung der Darmpassage kommt es zu einer besseren Nährstoffausnutzung.

Der Zusatz der ätherischen Öle in dieser Untersuchung führte zu einer Verbesserung der Verdaulichkeit der Trockenmasse und der organischen Substanz in ähnlicher signifikanter Größenordnung, wie durch den Einsatz von Avilamycin. Bei der Verdaulichkeit des Rohproteins traten durch den Einsatz von ätherischen Ölen ebenfalls signifikante Verbesserungen auf. Avilamycin hingegen erzielte bei diesem Merkmal nur geringere Effekte. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit einer Untersuchung von MANZANILLA et al. (2004), welche eine Mischung von ätherischen Ölen von Oregano, Zimt und Paprika prüfte. In einem weiteren Versuch mit der gleichen Kombination ätherischer Öle konnten MANZANILLA et al. 2006 jedoch keine Verbesserung der Nährstoffverdaulichkeit feststellen. MAVROMICHALIS (2003) erreichte durch den Einsatz von einer Mischung von Pflanzenextrakten aus Pfeffer, Zimt, Oregano, Thymian und Anis eine Steigerung der Nährstoffverdaulichkeit und der Aufzuchtleistung.

Eine verbesserte Verdaulichkeit der Nährstoffe durch Einsatz von Phytobiotika beschreibt auch VARLEY (2002), indem er eine bessere und effektivere Absorption der Nährstoffe bestätigt, da erwünschte Bakterien gefördert und die Bedingungen im Verdauungstrakt optimiert werden.

Die in der Literatur beschriebenen Verbesserungen der Nährstoffverdaulichkeit durch die Beeinflussung der Darmflora konnten durch weiterführende Untersuchungsergebnisse in Zusammenhang mit dieser Studie, welche von KROISMAYR et al. 2007 veröffentlicht wurden, bestätigt werden. Es konnten eine signifikante Reduktion des anaeroben und aeroben Keimgehaltes im Ileum und Caecum festgestellt werden. Dies führte auch zu einer Verringerung der flüchtigen Fettsäuren, biogener Amine und Ammoniak im Chymus vor allem im Caecum.

4.3 Wiederfindung und Metabolisierung in Blut und Geweben

Des Weiteren zeigen die Ergebnisse der Untersuchung bezüglich der Wiederfindung von ätherischen Ölen, dass das im Futter enthaltene Carvacrol nur zu 0,35 % im Kot ausgeschieden wurde. Dies bedeutet, dass Carvacrol fast zur Gänze resorbiert wurde und daher in relativ hohen Konzentrationen im Blutplasma wiedergefunden werden konnte. Aufgrund dessen, dass weder in der Leber, in der Milz, im Bauchhöhlenfett noch im Lungenbraten Rückstände an Carvacrol und Thymol feststellbar waren, liegt der Schluss nahe, dass die Ausscheidung über den Harn erfolgte. Diese These wird durch die erhöhten Analysenwerte von Carvacrol- und Thymol im Nierengewebe erhärtet. Auch SCHELIN (1991) konnte die Ausscheidung von Carvacrol über den Harn feststellen. AUSTGULEN et al. (1987) beobachteten nach einer Verabreichung von Carvacrol in einer Dosis von 1 mM/kg an männliche Albinoratten über eine Magensonde eine Ausscheidung über den Harn einerseits in unveränderter Form und andererseits als Glucuronid bzw. Sulfat innerhalb von 24 Stunden nach der Verabreichung.

Metaboliten wurden durch eine Oxidation an den Methylgruppen gebildet, wobei Derivate von Benzylalkohol und 2-Phenylpropanol und ihre korrespondierenden Carboxylsäuren entstanden. Nur wenige Metaboliten entstanden durch Hydroxylierung des Rings (AUSTGULEN et al., 1987). In den in der vorliegenden Studie untersuchten Plasma-, Fleisch- und Kotproben konnten keine der beschriebenen Metaboliten mittels der angewandten Methode gefunden werden.

Beim Kaninchen scheint Carvacrol langsam aus dem Intestinum absorbiert zu werden, da in einer Studie 22 Stunden nach Verabreichung von 1,5 g sich noch 30 % im Gastro-Intestinal-Trakt befanden, während 25 % der Dosis in dieser Zeit mit dem Urin ausgeschieden wurden (SCHELIN, 1991; VINCENZI et al., 2004).

Im Nierengewebe und Kot zeigten die Carvacrolwerte bei den einzelnen Schweinen große Schwankungen, was auf unterschiedliche Stadien bei der Exkretion zum Zeitpunkt der Schlachtung zurückgeführt werden kann.

Bei der zur Analytik der ätherischen Ölkomponenten eingesetzten SPME stellt sich ein Gleichgewicht des Analyten in der flüssigen Phase und dem darüberliegenden Dampfraum ein, weshalb der mit dieser Methode bestimmbare Gehalt des Analyten nicht als absoluter Wert betrachtet werden soll. Die Nachweisgrenze lag bei dieser Methode bei 8,1 ng/ml (KOHLETT et al., 2002).

Schlussfolgerung

Verbesserte zootechnische Leistung und Nährstoffverdaulichkeit von Trockensubstanz, Organischer Substanz bzw. Rohprotein sind ein typisches Ergebnis für Leistungsförderer mit antimikrobieller Wirkung. Anhand der vorliegenden Arbeit kann bestätigt werden, dass die als Phytobiotikum eingesetzten ätherischen Öle in der Wirkung auf die Nährstoffverdaulichkeit einen ähnlichen Effekt besitzen wie der antibiotische Leistungsförderer Avilamycin und mit diesem gleichzusetzen sind.

Weiters führte der Einsatz dieses Futterzusatzes im Gewichtsbereich von 8 bis 13 kg Lebendmasse zu keiner Anreicherung der eingesetzten ätherischen Öle in Fett- bzw. Fleischfraktionen, sowie in der Leber und der Milz. Der vergleichsweise hohe Gehalt in der Niere zeigt deutlich die Rolle dieses Gewebes bei der Exkretion der ätherischen Öle bzw. deren Metabolite im Harn.

Danksagung

Wir danken der Landwirtschaftlichen Fachschule Hatzen-dorf/Steiermark für die Durchführung der Fütterungsversuche, der Firma Biomin GmbH für die Bereitstellung des Futterzusatzes und die finanzielle Unterstützung, sowie den technischen Assistenten Ing. Elisabeth Traxler und Roxana Kiener für ihre Mithilfe bei der Analytik.

Literatur

- ALLAN, P. und G. BILKEI (2005): Oregano improves reproductive performance of sows. *Theriogenology*, 63, 716–721.
- AUSTGULEN, L. T., E. SOLHEIN und R. R. SCHELIN (1987): Metabolism in rats of p-cymene derivatives: carvacrol and thymol. *Pharmacology and Toxicology*, 61, 98.
- DZAPO, V. und G. REINER (1991): Zur nutritiven Wirkung von Avilamycin in der Schweineaufzucht und Schweinemast. *Deutsche tierärztliche Wochenschrift* 98, 9, 341–343.
- FREITAG, M., H. U. HENSCHKE und H. SCHULTE-SIENBECK (1999): Nachteilige Aspekte beim Einsatz antibiotischer Leistungsförderer. *Kraftfutter*, 3, 92–98.
- GOLLNISCH, K., I. HALLE und G. FLACHOWSKY (2001): Einsatz von Kräutern und ätherischen Ölen in der Tierernährung. *Proc., Deutsche Gesellschaft für Qualitätsforschung*, 36. Vortragstagung, Jena, 249–258.

- GÖSSLING, A. (2001): Wirkungen eines Oreganoöl-Zusatzes als Futteradditiv auf die Darmflora von Absetzferkeln. Dissertation, Tierärztl. Hochschule Hannover.
- GÜNTHER, K. D. und A. ADIARTO (1992): Zum Einsatz ätherischer Öle in der Nutztierernährung. Die Mühle und Mischfüttertechnik, 129, 472–477.
- GÜNTHER, K. D. und H. BOSSOW (1998): The effects of etheric oil from *Origanum vulgare* (Ropadiar) in the feed ration of weaned pigs and their daily feed intake, daily gains and food utilization. Proc., 15th IPVS Congress, Birmingham, 223.
- HEBELER, D., T. MÖLLER, A. EWE, J. KAMPHUES und G. AMTSBERG (2000): Einfluss eines Oreganoöl-Zusatzes zum Futter auf die Zusammensetzung von Chymus sowie die Mikroflora im Darmkanal von Absetzferkel. 6. Tagung Schwein- und Geflügelernährung, 64–66.
- HOFMANN, M., A. SCHUHMACHER, E. BOLDT und J. M. GROPP (2002): Oregano (*Origanum vulgare*) – an alternative growth promoter for piglets? Proc., Soc. Nutr. Physiol., 11, 113.
- KIRCHGESSNER, M. (2004): Tierernährung, 11. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt.
- KIRCHGESSNER, M., W. WINDISCH und F. X. ROTH (1995): Effect of avilamycin and tylosin on the metabolizable energy in growing and finishing pigs. Archiv für Tierernährung, 48, 63–70.
- KLUTH, H., E. SCHULZ, I. HALLE und M. RODEHUTSCORD (2002): Zur Wirksamkeit von Kräutern und ätherischen Ölen bei Schwein und Geflügel. 7. Tagung, Schweine- und Geflügelernährung, Lutherstadt Wittenberg, 66–74.
- KOHLERT, C., G. ABEL, E. SCHMID und M. VEIT (2002): Determination of thymol in human plasma by automated headspace solid-phase microextraction-gas chromatographic analysis. Journal of Chromatography B, 767, 11–18.
- KRÖGER, H. (1991): Maxus G (Avilamycin) – Ein neuer Leistungsförderer für Ferkel und Schweine. Schweineproduktion – Wirtschaftliche Tierproduktion 22, 55–60.
- KROISMAYR, A., J. SEHM, M. PFAFFL, C. PLITZNER, H. FOISSY, T. ETTLE, H. MAYER, M. SCHREINER und W. WINDISCH (2007): Effects of essential oils or Avilamycin on gut microbiology and blood parameters of weaned piglets – Austrian J. Agric. Res. In preparation.
- KYRIAKIS, S. C., S. SARRIS, S. LEKKAS, A. C. TSINAS, C. GIANNAKOPOULOS, C. ALEXOPOULOS und K. SAOULIDIS (1998): Control of post weaning diarrhoea syndrome of piglets by in-feed application of oregano essential oils. Proc., 15th IPVS-Congress, Birmingham, 218.
- MANZANILLA, E. G., M. NOFRARIAS, M. ANGUITA, M. CASTILLO, J. F. PEREZ, S. M. MARTIN-ORUE, C. KAMEL und J. GASA (2006): Effects of butyrate, avilamycin and plant extract combination on the intestinal equilibrium of early-weaned pigs. J. Anim. Sci., 84, 2743–2751.
- MANZANILLA, E. G., J. F. PEREZ, M. MARTIN, C. KAMEL, F. BAUCCELLS und J. GASA (2004): Effects of plant extract and formic acid on the intestinal equilibrium of early-weaned pigs. J. Anim. Sci., 82, 3210–3218.
- MATHE, A. (1996): Essential oils as phytogetic feed additives. In: FRANZ, CH., A. MATHE und G. BUCHBAUER (Hrsg.): 27th International Symposium on Essential Oils. Essential Oils, Basic and Applied Research. Allured Publishing Corporation, Vienna, Austria, 315–321.
- MAVROMICHALIS, I. (2003): On additives and methods of feeding pigs. SUIS, 2003, (2), 8–9.
- NAUMANN, C. und R. BASSLER (1997): Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. In: Methodenbuch, Band III, 3. Ausgabe, 4. Ergänzungslieferung, VDLUFA-Verlag Darmstadt.
- NEILL, C. R., J. L. NELSON, M. D. TOKACH, R. D. GOODBAND, J. M. DE ROUCHEY, S. S. DRITZ, C. N. GROESBECK und K. R. BROWN (2006): Effects of oregano oil on performance of nursery pigs. Journal of Swine Health and Production, 14 (6), 312–316.
- O'CONNELL, M., J. CALLAN und J. DOHERTY (2006): The interaction between threonine and avilamycin on piglet performance and diet digestibility post weaning. J. Sci. Food Agric. 86, 191–196.
- RATTAY, D., E. SCHULZ und G. FLACHOWSKY (1997): Einfluss eines Leistungsförderers, eines NSP-spaltenden Enzyms und deren Kombination auf die Rohrnährstoffverdaulichkeit beim Schwein. Proc., 6. Symposium, Vitamine und Zusatzstoffe in der Ernährung von Mensch und Tier, Jena.
- RECHT, J. (2005): Einfluss seltener Erden in Verbindung mit phytogeten Zusatzstoffen auf Leistungsparameter beim Ferkel. Dissertation, Universität München.
- ROTH, F. X., G. G. GOTTERBARM, W. WINDISCH und M. KIRCHGESSNER (1999): Whole-Body protein turnover and nitrogen balance in growing pigs supplied with an antibiotic feed additive (Avilamycin) – Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 82, 88–93.
- ROTH, F. X. und M. KIRCHGESSNER (1990): Nutritive Wirksamkeit von Avilamycin bei Ferkeln und Mastschweinen. Agribiol. Res., 43, 26–35.
- SCHELIN, R. R. (1991): CRC Handbook of Mammalian Metabolism of Plant Compounds. CRC Press, Boca Raton.

- SCHÖNE, F., A. VETTER, H. HARTUNG, H. BERGMANN, A. BIERTÜMPFEL, G. RICHTER, S. MÜLLER und G. BREIT-SCHUH (2006): Effects of essential oils from fennel (*Foeniculi aetheroleum*) and caraway (*Carvi aetheroleum*) in pigs. *J. Anim. Physiol. Nutr.*, DOI: 10.1111/j.1439-0396.2006.00632.x
- SCHÖNEFELD, I. und P. SCHÖNEFELD (2004): Das neue Handbuch der Heilpflanzen. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart.
- TEDESCO, D. (2001): The potentially of herbs and plant extracts as feed additives in livestock production. *Zootecnica e Nutrizione Animale*, 27, 111–133.
- TSINAS, A. C., C. G. GIANNAKOPOULOS, A. PAPASTERIADES, C. ALEXOPOULOS, J. MAVROMATIS und S. C. KYRIAKIS (1998): Use of origanum essential oils as growth promoter in pigs. *Proc., 15th IPVS-Congress, Birmingham*, 221.
- VAN DEN HOVEN, R., H. ZAPPE, K. ZITTERL-EGlseer, M. JUGL und C. FRANZ (2003): Study of the effect of Bronchipret on the lung function of five Austrian saddle horses suffering recurrent airway obstruction (heaves). *Veterinary Record*, 152, 555–557.
- VARLEY, M. (2002): Real future for herbal nutraceuticals. *Pigs Progress*, 18, 10, 34–35.
- DE VINCENZI, M., A. STAMMATI, A. DE VINCENZI und M. SILANO (2004): Constituents of aromatic plants: carvacrol. *Fitoterapia*, 75, 801–804.
- WALD, C. (2002): Untersuchungen zur Wirksamkeit ätherischer Öle im Futter von Aufzuchtferkeln und Broilern. Dissertation, Universität Halle-Wittenberg.
- WENK, C. (2000): Herbs, spices and botanicals: “Old fashioned” or the new feed additives for tomorrow’s feed formulations? Concepts for their successful use. In: LYONS, T.P. and K.A. JACQUES: *Biotechnology in the Feed Industry. Proc., Alltech’s 16th Annual Symposium, Nottingham University Press, Nottingham*, 79–97.
- WILLIAMS, P. und R. LOSA (2001): The use of essential oils and their compounds in poultry nutrition. *World Poultry*, 17, 14–15.
- WINDISCH, W., F. X. ROTH und M. KIRCHGESSNER (1994): Zum Einfluss von Avilamycin und Carbohydrasen auf zootecnische Leistungsparameter in der Ferkelaufzucht. *Agribiol. Res.* 47 (2), 140–146.

Anschrift der Verfasser

Karin Zitterl-Eglseer, Institut für Angewandte Botanik und Pharmakognosie, Department für Nutztiere und in der Veterinärmedizin öffentliches Gesundheitswesen, Veterinärmedizinische Universität, Veterinärplatz 1, 1210 Wien, Austria

E-Mail: karin.zitterl@vu-wien.ac.at

Wolfgang Wetscherek, Wilhelm Windisch, Arthur Kroismayr und Anita Stoni, Department für Lebensmittelwissenschaften und -technologie, Abteilung Tierische Lebensmittel, Tierernährung und Ernährungsphysiologie, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor Mendel-Straße 33, 1180 Wien, Austria

Eingelangt am 24. Juli 2007

Angenommen am 22. April 2008