

# Nutztiere

## Fusarientoxine im Schweinefutter: Wirksamkeit von Mykotoxinbindern

Andreas Gutzwiller, Levente Czeglédi und Peter Stoll, Agroscope Liebefeld-Posieux, Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere und Milchwirtschaft (ALP), CH-1725 Posieux

Lukas Bruckner, Institut für Viruskrankheiten und Immunprophylaxe (IVI), CH-3147 Mittelhäusern

Auskünfte: Andreas Gutzwiller, E-mail: andreas.gutzwiller@alp.admin.ch, Fax +41 (0)26 407 73 00, Tel. +41 (0)26 407 72 23

### Zusammenfassung

**Fusariengifte können das Wachstum beeinträchtigen und Fruchtbarkeitsstörungen verursachen. An ALP wurde in zwei Versuchen mit insgesamt 220 abgesetzten Ferkeln untersucht, ob Apfeltrester die negativen Effekte der Fusarientoxine reduziert. Die mit dem Fusarientoxin Deoxynivalenol kontaminierten Futter beeinträchtigten die Futteraufnahme und das Wachstum; mit Zearalenon kontaminiertes Futter verursachte zudem eine Vergrößerung der Gebärmutter. Der dem kontaminierten Futter zugesetzte Apfeltrester verbesserte das Wachstum, verhinderte jedoch die Gebärmuttervergrößerung nicht. Durch die Zufütterung von Apfeltrester kann somit die durch Fusarientoxine verursachte Wachstumseinbusse reduziert werden.**

Fusarien sind Pilze, welche Mais und Halmgetreide auf dem Feld befallen und Giftstoffe bilden können. 1929 wurde in der Schweiz erstmals über Leistungsminderungen und Erkrankungen bei Schweinen berichtet, denen mit Fusarien kontaminierte nordamerikanische Gerste gefüttert wurde (Stöckli 1929). Rund 40 Jahre später wurden die wichtigsten Fusarientoxine isoliert und ihre chemische Struktur aufgeklärt. Das am häufigsten vorkommende Fusariengift Deoxynivalenol (DON) hemmt den Futterverzehr und soll zudem das Immunsystem schwächen und die Anfälligkeit für verschiedene Krankheiten und Fertilitätsstörungen erhöhen. Das Fusariengift Zearalenon hat

eine hormonähnliche Wirkung und kann Fruchtbarkeitsprobleme verursachen. Das Rind reagiert wenig empfindlich auf DON, da die Pansenmikroben dieses Mykotoxin in grossem Umfang inaktivieren. Das Zearalenon hat beim Rind eine geringere hormonelle Wirkung als beim Schwein, das auf DON und Zearalenon empfindlicher als alle anderen landwirtschaftlichen Nutztiere reagiert. Dieser Unterschied zwischen den Tierarten widerspiegelt sich in den Orientierungswerten für DON und Zearalenon (Tab. 1).

### Fütterungsmassnahmen zur Mykotoxininaktivierung

Durch geeignete pflanzenbauliche Massnahmen kann das

Risiko des Fusarienbefalls von Halmgetreide reduziert werden. Trotzdem können einzelne Getreideposten in niederschlagsreichen Jahren mit diesen Pilzen und ihren Giften kontaminiert sein. Es wird deshalb nach Futterkomponenten und Futterzusätzen gesucht, welche die Fusariengifte binden oder inaktivieren und dadurch die Schädlichkeit von kontaminierten Futtermitteln reduzieren. Die Wirksamkeit der zurzeit verfügbaren Zusatzstoffe ist ungenügend belegt. In verschiedenen Untersuchungen wurde zwar die Bindung von DON und Zearalenon durch bestimmte Adsorbentien im Reagenzglas nachgewiesen. Döll *et al.* (2004) konnten jedoch in ihrer Laboruntersuchung bei keinem von sechs im Handel erhältlichen Futterzusätzen, die laut Angaben der Hersteller gegen Mykotoxine wirksam sind, eine deutliche Bindung beziehungsweise Inaktivierung von DON oder Zearalenon nachweisen. Auch von unabhängigen Institutionen durchgeführte Versuche mit Schweinen im Wachstum (Tab. 2) zeigen, dass die geprüften Produkte die wachstumshemmende Wirkung von

Tab. 1. Orientierungswerte zur Belastung der Ration (88 % TS) mit DON und Zearalenon

Tierart bzw. Tierkategorie	DON, mg/kg	Zearalenon, mg/kg
Weibliches Zuchtschwein vor Geschlechtsreife	1,0	0,05
Geschlechtsreife Zuchtsau, Mastschwein	1,0	0,25
Weibliches Aufzuchtrind, Milchkuh	5,0	0,5

Orientierungswerte des deutschen Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Werden diese Werte nicht überschritten, sind Schäden beim Tier praktisch ausgeschlossen.

DON nicht aufheben konnten. Die Behandlung von kontaminiertem Getreide mit Natriumbisulfit und feuchter Hitze reduzierte dagegen den DON-Gehalt und die wachstumshemmende Wirkung deutlich. Es stellt sich jedoch die Frage, ob ein solches Verfahren rentabel, grosstechnisch durchführbar und somit für die Praxis realisierbar ist. Zudem ist nicht bekannt, welche Nebenwirkungen Natriumbisulfit, das nicht als Futterzusatz zugelassen ist, auf den Organismus des Schweines haben könnte. Über die Wirksamkeit von Zusätzen gegen Zearalenon gibt es nur wenige Versuche beim Schwein. In einer einzigen Untersuchung konnte ein Bindemittel, das ein Aluminium-Silikat enthielt, die oestrogene Wirkung geringer Zearalenonmengen auf die Gebärmutter reduzieren, während die Wirkung bei stärkerer Kontamination nicht mehr vorhanden war (Coenen und Boyens 2001).

**Tab. 2. Mykotoxinbinder und Vorbehandlung des Futters im Schweineversuch**

Tierkategorie	DON mg/kg Futter	Geprüftes Produkt bzw. Verfahren	Einfluss auf das Wachstum	Quelle
Abgesetzte Ferkel	4,5-6	Glucomannan-Polymer †	↓ ††	Swamy <i>et al.</i> (2002)
Abgesetzte Ferkel	5,5-6	Glucomannan-Polymer †	→	Swamy <i>et al.</i> (2003)
Mastschweine	2,5-3	Mycofix® Plus	→	Dänicke <i>et al.</i> (2004a)
Mastschweine	5-7	Mycofix® Plus	→	Weiss <i>et al.</i> (1999)
Abgesetzte Ferkel	2,5-3	BioPlus2B® (Probiotikum)	→ (↑ 1. Woche)	Dänicke <i>et al.</i> (2004)
Mastschweine	5	Antitox Vana® (enthält PVP)	→	Friend <i>et al.</i> (1984)
Abgesetzte Ferkel	3,5-7	Na-Ca-Aluminosilikat	→	Patterson und Young (1993)
Abgesetzte Ferkel	7	Hydrotherm. Beh. mit Na-Bisulphit	↑	Young <i>et al.</i> (1987)
Abgesetzte Ferkel	3	Hydrotherm. Beh. mit Na-Bisulphit	↑	Dänicke <i>et al.</i> (2005)

↑ = signifikante Verbesserung, ↓ = signifikante Verschlechterung, → = keine Beeinflussung des Wachstums durch das geprüfte Produkt bzw. Verfahren im Vergleich zum mykotoxinhaltigen Futter ohne das geprüfte Produkt bzw. Verfahren

† Hersteller: Firma Alltech

†† Das Futter mit Glucomannan enthielt mehr DON als das kontaminierte Futter ohne Glucomannan



**Abb. 1. Beide Versuche wurden mit Ferkeln der Rasse Edelschwein in den ersten fünf Wochen nach dem Absetzen durchgeführt. Die Tiere wurden in Kleingruppen gehalten.**

### Details zur Versuchsdurchführung

**Tiere:** im Alter von fünf bis sechs Wochen abgesetzte Ferkel der Rasse Edelschwein aus eigener Zucht. Jeweils vier gleichgeschlechtliche ähnlich schwere Wurfgeschwister wurden auf die vier Verfahren aufgeteilt.

**Fütterung:** Der Nährstoffgehalt bezogen auf die verdauliche Energie der vier Futter (Tab. 3 und 4) war gleich und entsprach den Bedarfsnormen für abgesetzte Ferkel. Zwei Posten von mit Fusarien kontaminiertem Weizen wurden zur Herstellung der mykotoxinhaltigen Futter verwendet. Das Futter stand während den fünf Versuchswochen zur freien Verfügung.

**Spezielle Untersuchungen:** Blutuntersuchungen (Hämatologie, klinische Chemie). Hautreaktion auf Injektion von Phytohämagglutinin (PHA, ein Pflanzenextrakt, welcher die weissen Blutkörperchen stimuliert) als Indikator für die zellvermittelte Immunreaktion; im Versuch 1 zudem Antikörperbildung nach Impfung gegen Parvovirose (1/10 der üblichen Impfdosis; diese Dosis wurde gewählt, weil sich so Unterschiede in der Antikörperbildung eher zeigen). Bei 56 nach Versuchsende geschlachteten Ferkeln Wägung von Leber, Nieren, Herz und Milz sowie Beurteilung der Magenschleimhaut auf Schädigungen. Wägung der Gebärmutter bei den geschlachteten weiblichen Ferkeln.

**Auswertung:** Beide Versuche hatten die gleiche Struktur und die Resultate der beiden Versuche waren ähnlich. Deshalb wurden sie gemeinsam ausgewertet.

### Apfeltrester als Mykotoxinbinder?

Es gibt Hinweise dafür, dass bestimmte Rohfaserkomponenten in der Lage sind, Toxine zu binden und deren Absorption im Dünndarm zu reduzieren. Aus diesem Grunde wurde an ALP untersucht, ob Apfeltrester die negativen Auswirkungen von Fusarientoxinen beim Ferkel reduziert. Als Rohfaserträger wurde Apfeltrester gewählt, weil diese Futterkomponente von Ferkeln gerne gefressen wird und weil im Trester enthaltene Pektine möglicherweise die Magenschleimhaut vor reizenden Substanzen wie DON schützen können.

### Fütterungsversuche mit Ferkeln

In zwei Fütterungsversuchen mit abgesetzten Ferkeln untersuchten wir einerseits die Auswirkungen von Fusariengiften auf Gesundheit, Leistungen und das Immunsystem und andererseits die Schutzwirkung von Apfeltrester. Es wurden die Auswirkungen von vier Fütterungsvarianten miteinander verglichen: Futter ohne Mykotoxine, ohne Trester (Variante M-T-); Futter ohne Mykotoxine, mit 8 % Trester (Variante M-T+); mit Mykotoxinen kontaminiertes Futter ohne Trester (Variante M+T-); mit Mykotoxinen kontaminiertes Futter mit 8 % Trester (Variante M+T+).

### Leistungen nur mässig reduziert

Der DON-Gehalt der kontaminierten Futter (Tab. 3 und 4) betrug das zwei- bis dreifache des Orientierungswertes für Schweine (Tab. 1); der Zearalenon Gehalt der kontaminierten Futter lag im Versuch 1 im Bereich des Orientierungswertes für Ferkel und im Versuch 2 vier bis sechs mal darüber.

In beiden Versuchen wurden in den Verfahren M+ weder äussere

Tab. 3. Im Versuch 1 verwendete Futter

Zusammensetzung und Gehalt	Versuchsfutter			
	M-T-	M-T+	M+T-	M+T+
<b>Futterkomponenten, g/kg</b>				
Apfeltrester		80		80
Mit Fusarien kontaminierter Weizen			170	170
Unkontaminierter Weizen	270	610	100	440
Gerste	350		350	
Mais	60		60	
Sojaschrot	240	250	240	250
Molkepulver	50	20	50	20
Tierisches Fett	5	9	5	9
Mineralstoffe, Vitamine, Aminosäuren				
<b>Rohnährstoffgehalt, g/kg</b>				
Rohprotein	190	190	190	200
Rohfaser	35	38	35	39
Rohfett	37	41	35	40
Rohasche	49	46	52	48
<b>VES, MJ/kg</b>	13,4	13,3	13,4	13,3
<b>Mykotoxinkontamination, mg/kg</b>				
Deoxynivalenol (DON)	<0,2	0,2	3,1	3,2
Zearalenon	<0,05	<0,05	0,065	0,050

M-T- : Futter ohne Mykotoxine, ohne Trester;  
M-T+ : Futter ohne Mykotoxine, mit Trester;

M+T- : Futter mit Mykotoxinen, ohne Trester;  
M+T+ : Futter mit Mykotoxinen, mit Trester

Anzeichen einer Zearalenonwirkung (geschwollene Vulva und Zitzenvergrößerung) noch eine höhere Krankheitsanfälligkeit beobachtet. In sämtlichen Verfahren mussten einzelne Tiere wegen Durchfall behandelt werden und in den zwei Versuchen starben insgesamt drei Tiere aus drei verschiedenen Verfahren.

Alle mit Mykotoxinen kontaminierten Futter - d.h. Futter mit und ohne Trester - reduzierten die Futteraufnahme um rund 10 % (Tab. 5). Während im Verfahren mit Mykotoxinen ohne Trester (M+T-) das Wachstum ebenfalls um rund 10 % reduziert war, wuchsen die Ferkel des Verfahrens M+T+ gleich rasch wie die Tiere, welche Futter ohne kontaminierten Weizen erhielten. Die Futterverwertung wurde durch die Mykotoxinkontamination des Futters nicht beeinträchtigt, sondern sogar leicht verbessert. Sowohl die Blutuntersuchungen als auch die Organbefunde der geschlachteten Ferkel gaben keinen Hinweis auf eine gesundheitsschädigende Wirkung von DON. Im Versuch 2 war die Gebärmutter der geschlachteten weiblichen Tiere, welche kontaminiertes Futter erhalten hatten, durch die Zearalenonwirkung signifikant um rund 50 % ver-

**Tab. 4. Im Versuch 2 verwendete Futter**

Zusammensetzung und Gehalt	Versuchsfutter			
	M-T-	M-T+	M+T-	M+T+
<b>Futterkomponenten, g/kg</b>				
Apfeltrester		80		80
Mit Fusarien kontaminierter Weizen			220	220
Unkontaminierter Weizen	290	570	70	350
Gerste	490	190	480	190
Mais	40		40	
Sojaschrot	70	10	80	10
Kartoffelprotein	60	100	60	100
Mineralstoffe, Vitamine, Aminosäuren				
<b>Rohnährstoffgehalt, g/kg</b>				
Rohprotein	180	180	190	190
Rohfaser	29	33	30	34
Rohfett	32	34	33	34
Rohasche	46	45	45	44
<b>VES, MJ/kg</b>	13,9	13,6	13,8	13,6
<b>Mykotoxinkontamination, mg/kg</b>				
Deoxynivalenol (DON)	0,4	<0,2	2,0	2,2
Zearalenon	<0,05	<0,05	0,20	0,30

M-T- : Futter ohne Mykotoxine, ohne Trester; M+T- : Futter mit Mykotoxinen, ohne Trester;  
M-T+ : Futter ohne Mykotoxine, mit Trester; M+T+ : Futter mit Mykotoxinen, mit Trester

grössert (Abb. 2). Dies bestätigt, dass Zearalenonmengen, die laut Orientierungswerten (Tab. 1) für ausgewachsene Sauen unbedenklich sind, beim Ferkel eine deutliche Hormonwirkung haben. Der Zusatz von Trester

zum zearalenonhaltigen Futter verhinderte die Vergrößerung der Gebärmutter nicht. Die Prüfung der Immunreaktionen - Antikörperbildung nach Impfung und Hautreaktion nach Injektion der Testsubstanz PHA (Abb. 3) - gab

**Tab. 5. Auswirkungen der vier Versuchsfutter auf die Leistungen**

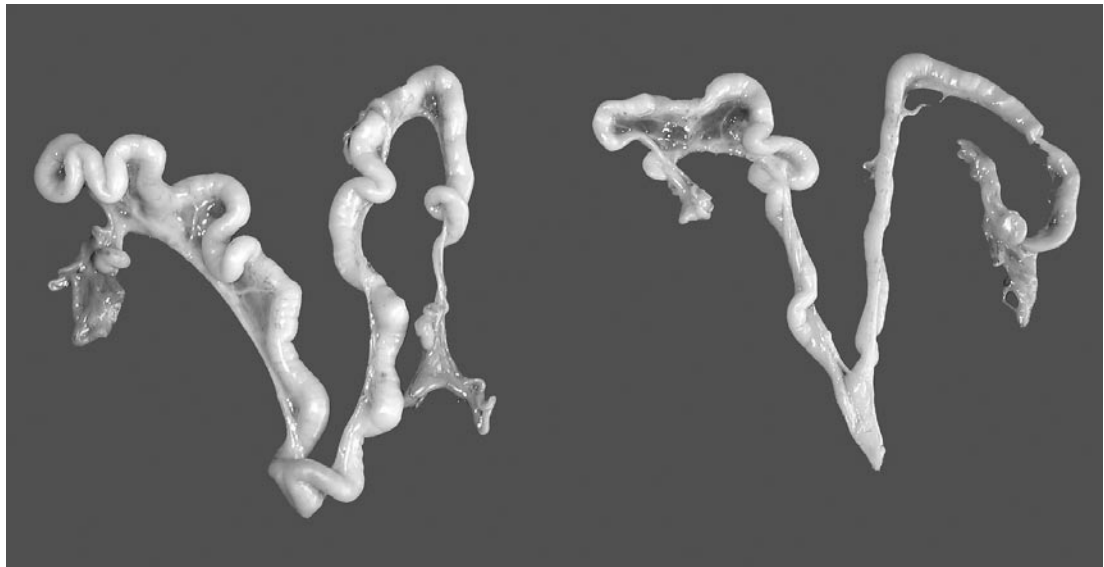
Die Daten beider Versuche sind gemeinsam dargestellt

	Verfahren					P - Werte			Kontraste	
	M-T-	M-T+	M+T-	M+T+	s <sub>x</sub>	ANOVA			M+T- gegen M-T-	M+T- gegen M+T+
						M	T	M x T		
Ferkel, n	55	55	55	55						
LG Beginn, kg	9,9	9,9	9,9	9,9	0,12					
LG Ende, kg	23,6	23,7	22,4	23,7	0,37	0,09	0,07	0,11		
Tageszuwachs, g	397	401	361	399	9	0,05	0,03	0,08	<0,01	<0,01
Energieaufnahme, MJ VES/Tag	9,8	9,5	8,7	8,6	0,23	<0,01			<0,01	
Energieverwertung, MJ VES/kg	25,2	25,9	24,4	22,5	1,02	0,04				

M-T- : Futter ohne Mykotoxine, ohne Trester; M+T- : Futter mit Mykotoxinen, ohne Trester;  
M-T+ : Futter ohne Mykotoxine, mit Trester; M+T+ : Futter mit Mykotoxinen, mit Trester  
nur P - Werte ≤ 0,15 sind aufgeführt



**Abb. 2.** Links die vergrösserte Gebärmutter eines Ferkels, das Futter mit 0.3 mg/kg Zearalenon erhalten hatte. Rechts zum Vergleich die Gebärmutter eines Ferkels, das mykotoxinfreies Futter erhalten hatte. Die Aufnahme von Mykotoxinen beeinflusste die übrigen nach der Schlachtung untersuchten Organe nicht.



**Abb. 3.** Zur Prüfung des Reaktionsvermögens des zellulären Immunsystems wurde in der letzten Versuchswoche die Testsubstanz Phytohämagglutinin (PHA) in die Haut injiziert und einen Tag später die Hautreaktion beurteilt (entzündliche Hautschwellung, verursacht durch ins Gewebe eingewanderte weisse Blutkörperchen).



keinen Hinweis auf eine Schwächung des Immunsystems durch die Mykotoxine.

### **Apfeltrester gegen DON wirksam**

Der Zusatz von Apfeltrester zu mit DON kontaminiertem Futter verbessert das Wachstum, ohne

jedoch die Wirkung des Mykotoxins Zearalenon abzuschwächen. Wenn mit Fusarien kontaminiertes Getreide an Schweine verfüttert werden muss, kann der Zusatz von nicht entpektiniertem Apfeltrester die Wachstumseinbusse abschwächen. Die Versuche zeigen zudem,

dass das Mykotoxin DON in derart hohen Mengen, wie wir sie in käuflichem Mischfutter in der Schweiz noch nie gefunden haben, nur die Futteraufnahme und das Wachstum leicht beeinträchtigt, ohne die Gesundheit und das Immunsystem der Ferkel negativ zu beeinflussen.

## Literatur

- Coenen M. & Boyens B., 2001. Capacity of zeolithe to depress the oestrogenic effects of zearalenone. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* **10**, 177.
- Dänicke S., Döll S., Valenta H. & Flachowsky G., 2004. On the effect of supplementing a deoxynivalenol (DON) contaminated piglet diet with a probiotic feed additive on performance of piglets. 26. Mykotoxin-Workshop, 17.-19. Mai 2004, Herrsching. Tagungsband. 58.
- Dänicke S., Valenta H., Döll S., Ganter M. & Flachowsky G., 2004a. On the effectiveness of a detoxifying agent in preventing fusario-toxicosis in fattening pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* **114**, 141-157.
- Dänicke S., Valenta H., Gareis M., Lucht H.W. & von Reichenbach H., 2005. On the effect of a hydrothermal treatment of deoxynivalenol (DON)-contaminated wheat in the presence of sodium metabisulphite ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) on DON reduction and on piglet performance. *Anim. Feed Sci. Technol.* **118**, 93-108.
- Döll S., Dänicke S., Valenta H. & Flachowsky G., 2004. *In vitro* stu-

dies on the evaluation of mycotoxin detoxifying agents for their efficacy on deoxynivalenol and zearalenone. *Arch. Anim. Nutr.* **58**(4), 311-324.

■ Friend D. W., Trenholm H. L., Young Y. C., Thompson B. K. & Hartin K. E., 1984. Effects of adding potential vomitoxin (deoxynivalenol) detoxicants or a F. graminearum inoculated corn supplement to wheat diets fed to pigs. *Can. J. Anim. Sci.* **64**, 733-741.

■ Patterson R. & Young L.G., 1993. Efficacy of hydrated sodium calcium aluminosilicate, screening and dilution in reducing the effects of mold contaminated corn in pigs. *Can. J. Anim. Sci.* **73**: 615-624.

■ Stöckli A., 1929. Nordamerikanische Futtergerste federal Nr. 2. *Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz* **43**, 398-411.

■ Swamy H.V., Smith T.K., MacDonald E.J., Boermans H.J. & Squires E.J., 2002. Effects of feeding a blend of grains naturally contaminated with *Fusarium* mycotoxins on swine performance, brain regional neurochemistry and serum chemistry, and the efficacy of a polymeric glucomannan mycotoxin

adsorbent. *J. Anim. Sci.* **80**, 3257-3267.

■ Swamy H.V., Smith T.K., MacDonald E.J., Karrow N.A., Woodward B. & Boermans H.J., 2003. Effects of feeding a blend of grains naturally contaminated with *Fusarium* mycotoxins on growth and immunological measurements of starter pigs, and the efficacy of a polymeric glucomannan mycotoxin adsorbent. *J. Anim. Sci.* **81**, 2792-2803.

■ Weiss J., Quanz G., Przybilla P. & Hertrampf B., 1999. Pilztoxine mit speziellen Futterzusätzen inaktivieren? *Deutsche Geflügel- und Schweineproduktion* **44**, 33-38.

■ Young J.C., Trenholm H.L., Friend D.W. & Prelusky D.B., 1987. Detoxification of deoxynivalenol with sodium bisulfite and evaluation of the effects when pure mycotoxin or contaminated corn was treated and given to pigs. *J. Agric. Food Chem.* **35**(2), 259-261.

## RÉSUMÉ

### Mycotoxines produites par *Fusarium*: efficacité d'adsorbants de mycotoxines chez le porc

Les toxines du champignon *Fusarium* diminuent l'appétit, freinent l'accroissement des jeunes animaux et provoquent des troubles de fertilité. Dans deux essais sur 220 porcelets sevrés faits à ALP, nous avons examiné l'efficacité du marc de pommes sur les effets des toxines de *Fusarium*. Les aliments contaminés ont diminué l'ingestion et la croissance; en outre, la matrice des porcelets s'est agrandie sous l'effet de la zéaralénone. L'adjonction de marc de pomme aux aliments contaminés a amélioré la croissance sans pour autant diminuer l'effet de la zéaralénone sur la matrice. Le marc de pommes peut donc améliorer la croissance des porcs recevant un aliment contaminé par des toxines de *Fusarium*.

## SUMMARY

### *Fusarium* toxins in pig feeds: efficacy of mycotoxin adsorbents

In two experiments using a total of 220 weaner pigs the hypothesis was tested that apple pomace alleviates the negative effects of *Fusarium* toxins in pigs. The two experiments had the same two-factor design: *Fusarium* contaminated versus uncontaminated wheat, and 8% apple pomace versus no pomace in the diet. Both trials yielded similar results and were thus evaluated together. The intake of feed that was contaminated with deoxynivalenol and zearalenone reduced feed intake ( $P < 0.01$ ) and weight gain ( $P = 0.05$ ) and increased the uterus weight ( $P < 0.01$ ) without affecting feed conversion ratio. Pomace intake had no effect on feed intake and uterus weight but improved weight gain ( $P = 0.03$ ; interaction pomace x mycotoxins:  $P = 0.08$ ). Apple pomace thus seems to counteract the negative effects of deoxynivalenol on growth, but is ineffective against the effect of zearalenone.

**Key words:** *Fusarium*, deoxynivalenol, piglet, adsorbent, pomace