

# 51. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V.

Tagungsband

*„Tierernährung und Tierwohl“*

07. Oktober 2013 in Freising



Herausgeber:

Carmen Fahn und Wilhelm Windisch

Bayerische Arbeitsgemeinschaft Tierernährung (BAT) e.V.

Liesel-Beckmann-Str. 6

85354 Freising

[bat@wzw.tum.de](mailto:bat@wzw.tum.de)

Selbstverlag:

Bayerische Arbeitsgemeinschaft Tierernährung (BAT) e.V.

ISBN 978-3-9816116-0-1

Für den Inhalt der Beiträge sind allein die Autoren verantwortlich.

## Inhaltsverzeichnis

### Übersichtsvorträge

Schrader L Indikatoren für Tiergerechtheit	1
Weiß J Was kostet Tierwohl?	6
Kaspers B Das darmassoziierte Immunsystem und seine Bedeutung für Gesundheit und Leistung	14
Zentek J Futterzusatzstoffe zur Stabilisierung der Schweinegesundheit	19
Schenkel H Gesundheitliche Beurteilung von Futtermitteln – Grenzwerte und Risiken am Beispiel von Mykotoxinen	26
Martens H Die Hochleistungskuh: Wenn die Leistung zur Last wird!	27
Dänicke S Gefahren aus dem Futter und wie der Pansen damit umgeht	36
Gierus M Potentials and limits in the feeding of ruminants [Potenziale und Grenzen der Wiederkäuerfütterung]	58
Zehetmeier M, O'Brien D, Hoffmann H, Hofmann G, Dorfner G, Heißenhuber A Leistung pro/contra Umwelt - Treibhausgas-Emissionen und Flächennutzung	64

### Fütterungsstrategien und Futtermittel

Koch C, Potthast C, Romberg F-J, Steingaß H, Dusel G, Südekum K-H Austausch von Maissilage und Kraftfutter durch Pressschnitzelsilage in der Milchviehfütterung	72
Ensink J, Kampf D Effects of rumen protected choline chloride in dairy cows	77
Weindl P, Bellof G Vergleich von ME-Aufnahme und ME-Bedarf von Mastochsen der Rassen Deutsche Holstein und Deutsches Fleckvieh bei unterschiedlichen Weidesystemen	82
Schedle K Einfluss unterschiedlicher Marker- sowie der Sammelmethode auf die scheinbare Gesamtraktverdaulichkeiten (ATTD) verschiedener Nährstoffe und Mengenelemente beim Mastschwein	90
Preißinger W, Lindermayer H, Propstmeier G Auswirkungen unterschiedlicher Rohfasergehalte in der Ferkelaufzucht auf zootecnische Leistungen	95

Preißinger W, Lindermayer H, Propstmeier G Auswirkungen eines Mineralfuttermittelverzichtes ab 100 kg Lebendmasse auf die Mast- und Schlachtleistung beim Schwein	101
Humer E, Schedle K Effect of maize conservation technique on zootechnical performance in a conventional maize-soybean meal diet in growing pigs	107
Rimbach M, Pecher H-P, Ramhold D Untersuchungen zur Aminosäurestabilität in fermentiertem Flüssigfutter	111
Loibl P, Brugger D, Windisch W In vitro Untersuchungen zur Aktivität eines Trypsininhibitors in Maiskörnern	117
Zeindl R, Asam L, Windisch W, Thurner S Sojaaufbereitung in Bayern: Verfahrenstechnik und Aufbereitungsqualität	124
Naehrer K, Nies W, Malachova A, Sulyok M, Berthiller F, Krska R 2012 Mycotoxin Survey and Multi-Mycotoxin Screening in Germany	132
Fuhrmann S, Lindermayer H, Schuster M webFuLab – Futterprobenanmeldung, Ergebnismeldung und -vergleiche online	138
 <b>Futterzusatzstoffe</b>	
Budan A, Bouyahmed M, Daubner F Potential benefits on zootechnical performance of supplementing beef cattle with saponins	145
Schieder C, Urbaityte R, Engelbrecht R, Markert W Effect of a mixture of organic acids, cinnamaldehyde and a permeabilizing substance on the growth performance and health status of weaning dairy calves	150
Stoiber Ch, Dohnal I, Ganner A, Reichel Ch, Rose S, Schatzmayr G Influence of autolysed yeast derivatives on rumen fermentation in vitro	157
Sipos W, Kroismayr A, Entenfellner F, Knecht Ch Einfluss eubiotischer Lignozellulose auf die Abferkeldauer und die Anzahl totgeborener Ferkel bei Zuchtsauen	163
Krämer C, Zentek J, Goerke M, Wendler KR Improvement of growth performance and apparent ileal digestibility of crude protein by a zootechnical phytogetic feed additive	168
Laustsen P, Nollet L, Haidle L Effect of Mannan Rich Fraction (MRF) on technical results and food pad lesions in broilers	172
Philipps P, Dos Santos T, Ten Doeschate RAHM, O'Neill HM, Schröder B Wirksamkeit einer alleinigen Xylanasezulage im Vergleich zur Kombination mit anderen NSP-abbauenden Enzymen beim Broiler	177
Kovács A, Urbaityte R, Markert W Application of a combined natural growth promoter in broiler feed to improve growth performance	184
Aschenbroich R, Heinzl I Phytogene Zusatzstoffe: Futtermittelverwertung im Vergleich zu antibiotischen Leistungsförderern	188

Korzekwa M, Lohölter M, Würzbach M, Eckel B, Südekum K-H Effects of specific phytogetic feed additives on performance characteristics of growing quails	193
--	-----

### **Mineralstoffe und Spurenelemente**

Furtner F, Wernert W, Wetscherek W, Schwarz C Modulation der Qualitätsmerkmale von Karreefleisch durch die Fütterung von hohen Selen- und Mangankonzentrationen in der Mastschweinration	199
--	-----

Monse G Dusting potential of feeds in regard to cobalt release	206
---	-----

Autorenverzeichnis	210
--------------------	-----

Sponsoren	212
-----------	-----



# Indikatoren für Tiergerechtigkeit

**Lars Schrader**

Institut für Tierschutz und Tierhaltung, Friedrich-Loeffler-Institut

## Einleitung

Die Tiergerechtigkeit spielt in der Haltung landwirtschaftlicher Nutztiere aber auch in Tierversuchen eine zunehmend wichtiger werdende Rolle. Zur Untersuchung und Bewertung der Tiergerechtigkeit werden unterschiedliche Ansätze verfolgt (Duncan und Fraser, 1997). Untersucht wird, ob

- die biologischen Funktionen der Tiere aufrechterhalten werden können,
- sich bei den Tieren Anzeichen für negative Emotionen (z.B. Leiden und Angst) finden lassen, und
- es den Tieren möglich ist, ihr artgemäßes Verhaltensrepertoire ausüben zu können.

Die Kriterien, die diesen Ansätzen zugrunde liegen, finden sich auch im deutschen Tierschutzgesetz wieder. Danach muss, „(w)er ein Tier hält, betreut oder zu betreuen hat, (...) das Tier seiner Art und seinen Bedürfnissen entsprechend angemessen ernähren, pflegen und verhaltensgerecht unterbringen“, und „2. darf die Möglichkeit des Tieres zu artgemäßer Bewegung nicht so einschränken, dass ihm Schmerzen oder vermeidbare Leiden oder Schäden zugefügt werden“ (§ 2 TSchG). Die Begriffe „angemessen ernähren“ und „pflegen“ sowie „Schäden“ lassen sich dem Aspekt der Aufrechterhaltung der biologischen Funktionen zuordnen, die Begriffe „verhaltensgerecht“ und „artgemäße Bewegung“ der Möglichkeit der Tiere, ihr artgemäßes Verhaltensrepertoire ausüben zu können, und die Begriffe „Schmerzen“ und „Leiden“ der Vermeidung negativer Emotionen. Somit bezieht sich die Tiergerechtigkeit nicht nur auf die Vermeidung von Verletzungen und Krankheiten, sondern auch auf die Möglichkeit zur Ausübung des artgemäßen Verhaltens der Tiere. In anderen Worten: Für eine tiergerechte Haltung sind die Tiergesundheit und die angemessene Möglichkeit, artgemäßes Verhalten zeigen zu können, gleichermaßen wichtig. Meist hängen die genannten Aspekte eng miteinander zusammen. Beispielsweise kann es zu Belastungsreaktionen und letztlich zu Erkrankungen führen, wenn Tiere an der Ausübung hoch motivierten Verhaltens gehindert werden, Erkrankungen gehen oft einher mit negativen Emotionen.

Das wohl einflussreichste Konzept für Tiergerechtigkeit wurde vom britischen „Farm Animal Welfare Council“ (1979) erarbeitet. Dieses Konzept formuliert „Fünf Freiheiten“, mit denen Tiergerechtigkeit gewährleistet werden sollte:

1. Freiheit von Hunger und Durst - durch Zugang zu frischem Wasser und Futter für den Erhalt ihrer vollständigen Gesundheit und Vitalität.
2. Freiheit von Beschwerden - durch das Angebot einer geeigneten Unterbringung, die Schutz und einen komfortable Ruhebereich bietet.
3. Freiheit von Schmerz, Verletzungen und Krankheiten - durch Vorbeugung oder schnelle Diagnose und Behandlung.
4. Freiheit zum Ausleben normaler Verhaltensweisen - durch ausreichendes Platzangebot, geeignete Einrichtungen und gemeinsame Haltung mit Artgenossen.

5. Freiheit von Furcht und Belastung - durch Gewährleisten von Haltungsbedingungen und einen Umgang mit den Tieren, der Leiden vermeidet.

Auch in diesen „Fünf Freiheiten“ finden sich die oben genannten Aspekte wieder, die sich durch eine ganze Reihe von Indikatoren auch messen lassen.

## Indikatoren für Tiergerechtigkeit

Bei Indikatoren für Tiergerechtigkeit wird zwischen ressourcen-, management- und tierbezogenen Indikatoren unterschieden. Ressourcenbezogene Indikatoren geben Informationen über die baulich-technischen Gegebenheiten. Beispiele hierfür sind etwa das Platzangebot je Tier, das Tier-Fressplatzverhältnis oder die Ausgestaltung des Ruhebereiches. Bei managementbezogenen Indikatoren wird erfasst, wie mit den Tieren umgegangen wird, wie sie versorgt werden und welche Praktiken an ihnen angewendet werden. Beispiele hierfür sind, ob etwa regelmäßig Klauenpflege bei Kühen durchgeführt wird, wie häufig und mit welcher Qualität die Tiere gefüttert werden und ob und in welcher Weise Eingriffe wie etwa die Kastration bei Ferkeln durchgeführt werden. Ressourcen- und managementbezogene Indikatoren haben den Vorteil, dass sie sich vergleichsweise einfach erfassen und messen lassen. Mit ihnen kann sehr gut beschrieben werden, ob die Haltungsumwelt und der Umgang mit den Tieren die Voraussetzung für ein bestimmtes Niveau an Tiergerechtigkeit erfüllen. Entsprechend sind in rechtlichen Anforderungen an die Tierhaltung ganz überwiegend auch ressourcen- und managementbezogene Indikatoren definiert. Die unmittelbare Auswirkung der Tierhaltung und des Managements auf die Tiere lässt sich jedoch nur mit tierbezogenen Indikatoren messen, d.h. direkt am Tier.

Tierbezogene Indikatoren für die Aufrechterhaltung der biologischen Funktionen sind beispielsweise Verletzungen, Krankheiten, physiologische Stressreaktionen aber auch Leistungsmerkmale wie Wachstum, Produktion und Reproduktion. Haltungsbedingte Abweichungen vom sogenannten Normalverhalten lassen sich durch Vergleiche mit dem Verhalten der Tiere in Referenzsystemen, in dem die untersuchten Aspekte des Verhaltens uneingeschränkt gezeigt werden können, erfassen (Schrader, 2006). Als Indikatoren eignen sich hier die Häufigkeiten und Dauern definierter Verhaltensmerkmale, die über Videoaufzeichnungen oder auch mit automatischen Systemen, z.B. mit RFID-Transponder-Antennensystemen, erfasst werden können. Besonders aussagekräftig sind pathologische Verhaltensabweichungen wie etwa das Zungenrollen bei Rindern. Derartige Verhaltensstörungen zeigen eine Überforderung der Anpassungsfähigkeit der Tiere an, wenn beispielsweise zwar der Nährstoffbedarf der Tiere, jedoch nicht ihre Verhaltensansprüche an die Futterstruktur erfüllt sind. Insbesondere für Fütterungsversuche sind Verhaltensmerkmale aus dem Kontext der Nahrungsaufnahme, d.h. Häufigkeiten und Dauern der Nahrungsaufnahme, aber auch von oralen Beschäftigungen mit der Haltungsumwelt interessant. Verhaltensmerkmale des Sozialverhaltens können ebenfalls wichtige Indikatoren zur Beurteilung der Fütterung und des Futters sein, da es bei unzureichendem Zugang zur Ressource Futter, aber auch bei nicht bedarfsgerechter Fütterung vermehrt zu agonistischen Auseinandersetzungen zwischen den Tieren kommt. Während sich Indikatoren für die biologischen Funktionen und für das Verhalten der Tiere direkt und quantitativ messen lassen, ist dies für die Erfassung von Emotionen nicht möglich, da hier subjektive Befindlichkeiten erfasst werden sollen. Aufgrund von Analogien zwischen bestimmten physiologischen sowie neuroanatomischen und -physiologischen Regelsystemen und Strukturen mit denen des Menschen lassen jedoch beispielsweise Schmerz- und Frustrationsreaktionen Rückschlüsse auf die Empfindung der Tiere zu. Interessante Ansätze ergeben sich hier aus pharmakologischen Untersuchungen, in denen den Tieren Analgetika verabreicht werden, um aus Verhaltensänderungen Rückschlüsse auf Schmerzen, beispielsweise bei Lahmheiten, ziehen zu können. In Wahlversuchen gibt man den Tieren die Möglichkeit, Analgetika in unterschiedlichen Dosierungen selber aufzunehmen, wobei erwartet werden kann, dass die aufgenommene Dosis mit der Stärke der

empfundene Schmerzen kovariert (Danburry et al., 2000). Da Entscheidungen von der emotionalen Grundeinstellung abhängig sind, wird versucht, über die Entscheidung der Tiere in Lernversuchen Aussagen über ihren - haltungsabhängigen - Gefühlszustand machen zu können (Harding et al., 2004).

Während in der Vergangenheit tierbezogene Indikatoren überwiegend im Rahmen von Forschungsprojekten angewendet wurden, werden sie zunehmend auch in Qualitätssicherungssystemen eingesetzt. Wie bereits erwähnt, ist der Hintergrund hierfür, dass Vorgaben zu baulich-technischen Gegebenheiten und zum Management zwar wichtige Voraussetzungen zum Erreichen des gewollten Tierschutzniveaus sind. Ob diese Maßnahmen aber auch tatsächlich die gewollte Wirkung erzielen, lässt sich nur direkt am Tier, d.h. mit tierbezogenen Indikatoren erfassen. Mit derartigen Indikatoren beschäftigte sich das EU-weite Welfare Quality® Projekt, in welchem tierbezogene Indikatoren für Tiergerechtigkeit für verschiedene Nutztierarten und Produktionsrichtungen entwickelt, überprüft und validiert wurde ([www.welfarequality.net](http://www.welfarequality.net)). Diese können in Zukunft einen Standard für die Erfassung der Tiergerechtigkeit bilden, auch wenn sie noch weiterentwickelt werden müssen.

Bei der Auswahl der Indikatoren ist zu beachten, welche Fragestellung beantwortet werden soll. Dabei ist es zumeist notwendig, mehrere Indikatoren zu berücksichtigen, um ein umfassendes Bild für die Auswirkungen von Haltungsverfahren oder Tierversuchen auf die Tiergerechtigkeit zu erhalten. Regelmäßig kommt es dabei zu gegensätzlichen Befunden. Beispielsweise kann sich ein Haltungssystem auf Gesundheitsindikatoren positiv, auf Indikatoren des Verhaltens jedoch negativ auswirken. So ist etwa das Infektionsrisiko in geschlossenen Ställen geringer als in Ställen mit Auslauf, die Möglichkeit arteigenes Verhalten zu zeigen, jedoch verbessert. Eine Verrechnung der positiven mit den negativen Wirkungen ist nicht möglich. Hier müssen in einer Gesamtbewertung die Relevanz und die Risiken abgewogen werden, was sich einem rein wissenschaftlichen Zugang entzieht. Grundsätzlich muss auch zwischen der Messung eines Indikators (z.B. Anteil lahmer Kühe in einem Bestand) und dessen Bewertung (was kann als „gut“ bezeichnet werden?) unterschieden werden. Während die Messung mit wissenschaftlichen, reproduzierbaren Methoden erfolgt, stellt die Bewertung ein Werturteil da, in dem das aus ethischen Gründen Gewollte mit den wissenschaftlich erfassten Befunden abgeglichen wird.

## Tiergerechtigkeit und Tierernährung

Eine bedarfsgerechte Futterration mit angepassten Inhaltsstoffen ist eine zentrale Voraussetzung für eine tiergerechte Haltung. Hierdurch werden die Voraussetzungen für die Leistung und Gesundheit der Tiere geschaffen. Neben den Futterinhaltsstoffen ist auch die Futterstruktur wesentlich (z.B. Kamphues et al., 2007), da sie die Darmgesundheit, die Sättigung aber auch die Verhaltensgerechtigkeit entscheidend beeinflussen. So lässt sich die Verhaltensstörung des Stangenbeißen bei restriktiv gefütterten, trächtigen Sauen durch die zusätzliche Gabe von Stroh signifikant reduzieren (Spooler et al., 1995) und das Zungenrollen bei Kälbern durch den Anteil an strukturiertem Futter in der Ration beeinflussen (Webb et al., 2012).

Einen großen Einfluss auf die Tiergerechtigkeit hat ebenfalls die Art der Fütterung. Genannt werden sollen hier insbesondere das Tier-Fressplatzverhältnis und das zeitliche Fütterungsregime (ad libitum oder rationiert). In sozial stabilen Gruppen finden Auseinandersetzungen zwischen Tieren immer dann statt, wenn Ressourcen, wie der Zugang zu Futter, knapp sind, d.h. kein ausreichender Zugang zum Futter für jedes einzelne Tier gegeben ist. Entsprechend steigt die Anzahl sozialer Auseinandersetzungen mit zunehmendem Tier-Fressplatzverhältnis und ist bei rationierter Fütterung höher als bei ad libitum Fütterung. Leichtere Schweine, die meist auch einen niedrigeren sozialen Rang haben, können einen schlechteren Zugang zum Futter haben als schwere bzw. ranghohe Tiere, was sich nicht nur auf die Tiergerechtigkeit, sondern auch auf ihre Gewichtszunahme negativ auswirken

kann (Rasmussen et al., 2006). Bei Milchkühen kann sich ein erhöhtes Tier-Fressplatzverhältnis nicht nur ungünstig auf die Auseinandersetzungen zwischen den Tieren auswirken, sondern kann auch zu einer Beeinträchtigung des Ruheverhaltens führen (Schrader et al., 2002). Für Schweine scheint der Platz am Trog für die Wahl des Fressplatzes wichtiger zu sein als die Füllmenge des Troges (Done et al., 1996). Das Fütterungsregime hat auch auf unerwünschte Verhaltensweisen einen Einfluss. So erkunden ad libitum gefütterte Mastschweine das ihnen angebotene Beschäftigungsmaterial aber auch die Buchteneinrichtung weniger als restriktiv gefütterte Mastschweine (Zwicker et al., 2013), was sich auf das Risiko von Schwanzbeißen auswirken könnte.

Die bereits erwähnten, sowie weitere Faktoren wie beispielsweise die Schmackhaftigkeit des Futters können auch die Ergebnisse in Fütterungsversuchen beeinflussen. Hinzu kommen Faktoren wie das Stallklima, die Besatzdichte, die Gruppengröße, die Haltungsform oder die Bodenqualität der Buchten (z.B. Averos et al., 2012), die sich nicht nur auf die Futteraufnahme und die Gewichtsentwicklung, sondern gleichzeitig auf die Tiergerechtigkeit auswirken können. Bei Absatzferkeln kann beispielsweise ein erhöhtes Platzangebot - vermutlich durch eine reduzierte Stressbelastung der Tiere - nicht nur die Gewichtszunahme sondern auch das Immunsystem positiv beeinflussen (Oh et al., 2010). Bei Fütterungsversuchen, die mit einzeln gehaltenen Tieren durchgeführt werden, hat diese Art der Haltung einen großen Effekt auf die erzielten Ergebnisse und damit auf die Übertragbarkeit in die Praxis. So wurden beim Vergleich von einzeln oder in Gruppe gehaltenen Ebern geringere Futteraufnahmen bei besserer Futtermittelverwertung für die Gruppentiere gefunden, was eine Übertragbarkeit der Daten aus Versuchen mit Einzelhaltung in Frage stellt (von Felde et al., 1996).

## Schlussfolgerungen

Die Auswirkung von Haltungsverfahren und auch von Tierversuchen auf die Tiergerechtigkeit lässt sich mit Indikatoren wissenschaftlich untersuchen. Tiergerechtigkeit entspricht dabei keinem ja oder nein Prinzip, sondern lässt sich nur entlang eines Kontinuums von nicht bis sehr tiergerecht beurteilen. Die Bewertung oder die Grenzziehung, welche Haltungs- oder Versuchsbedingungen als nicht mehr tiergerecht zu bewerten sind, muss mit einem Werturteil erfolgen, in dem das aus ethischen Gründen Gewollte mit den wissenschaftlich erfassten Befunden abgeglichen wird. Daher hängt diese Bewertung nicht nur vom jeweiligen wissenschaftlichen Erkenntnisstand ab, sondern auch von gesellschaftspolitischen Entwicklungen.

Zwischen der Tierernährung und der Tiergerechtigkeit besteht ein enger, wechselseitiger Zusammenhang. Die Einbeziehung von Indikatoren für Tiergerechtigkeit in Fütterungsversuchen kann helfen, die beobachteten Effekte der Fütterung besser beurteilen und interpretieren zu können. Für bestimmte Fragestellungen erscheint es lohnenswert, auch das Sozialverhalten der Tiere zu berücksichtigen, da sich dies auf die Futteraufnahme und Leistung der einzelnen Tiere auswirken kann. Die jeweiligen Haltungs- oder Versuchsbedingungen müssen berücksichtigt werden. Nur so lässt sich die Validität der Daten und die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die sehr variablen Bedingungen in der Praxis einschätzen. Umgekehrt sollten auch die verschiedenen Aspekte des Futters und der Fütterung in Untersuchungen zur Tiergerechtigkeit von Haltungsverfahren berücksichtigt werden. Es lohnt sich, die vielfachen Interaktionen zwischen Haltungsbedingungen und Tierernährung in der Zukunft stärker als bisher zu untersuchen.

## Literatur

- Averos, X., Brossard, L., Dourmad, J.Y., de Greef, K.H., Edwards, S.A., Meunier-Salau, M.C. (2012): Meta-analysis on the effects of the physical environment, animal traits, feeder and feed characteristics on the feeding behaviour and performance of growing-finishing pigs. *Animal* 6: 1275–1289
- Danburry, T.C., Weeks, C.A., Chambers, J.P., Waterman-Pearson, A.E., Kestin, S.C. (2000): Self-selection of the analgesic drug car-profen by lame broiler chickens. *Veterinary Record*, 146, 307-311.
- Done, E., Wheatley, S., Mendl, M. (1996): Feeding pigs in troughs: a preliminary study of the distribution of individuals around depleting resources. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 47: 255-262
- Duncan, I.J.H., Fraser, D. (1997): Understanding Animal Welfare; in: Appleby, M.C. and Hughes, B.O. (eds.): *Animal Welfare*. CAB International, UK, pp 316.
- Farm Animal Welfare Council (1979): [www.fawc.org.uk/freedoms.htm](http://www.fawc.org.uk/freedoms.htm) (Zugriff am 12.09.2013)
- Harding, E.J., Paul, E.S., Mendl, M. (2004): Animal behavior - Cognitive bias and affective state, *Nature*, 427, 312
- Kamphues, J., Brüning, I., Papenbrock, S., Mößeler, A., Wolf, P., Verspohl, J. (2007): Lower grinding intensity of cereals for dietetic effects in piglets? *Livestock Science* 109: 132–134
- Oh, H.K., Choi, H.B., Ju, W.S., Chung, C.S., Kim, Y.Y. (2010): Effects of space allocation on growth performance and immune system in weaning pigs. *Livestock Science* 132: 113–118
- Rasmussen, D.K., Weber, R., Wechsler, B. (2006): Effects of animal/feeding-place ratio on the behaviour and performance of fattening pigs fed via sensor-controlled liquid feeding. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 98: 45-53
- Schrader, L. (2006): Methoden der Nutztierethologie. In: Naguib, M.: *Methoden der Verhaltensbiologie*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 210-214
- Schrader, L., Keil, N.M., Rölli, D. und Nydegger, F. (2002): Einfluss eines erhöhten Tier-Fressplatzverhältnisses auf das individuelle Verhalten von Milchkühen im Laufstall. *Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung*. KTBL-Schrift 407: 17-22
- Spooler, H.A.M., Burbidge, J.A., Edwards, S.A., Simmins, P.H., Lawrence, A.B. (1995): Provision of straw as a foraging substrate reduces the development of excessive chain and bar manipulation in food restricted sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 43: 249-262
- von Felde, A., Röhe, R., Kalm, E. (1996): Genetische Analyse von Merkmalen der Mastleistung und des Schlachtkörperwertes stationsgeprüfter Jungeber in Einzel- und Gruppenhaltung mittels Gibbs-Sampling. *Züchtungskunde* 68: 305-318
- Webb, L.E., Bokkers, E.A.M., Engel, B., Gerrits, W.J.J., Berends, H., van Reenen, C.G. (2012): Behaviour and welfare of veal calves fed different amounts of solid feed supplemented to a milk replacer ration adjusted for similar growth. *Applied Animal Behaviour Science*: 136, 108–116
- Welfare Quality®: [www.welfarequality.net](http://www.welfarequality.net) (Zugriff am 12.09.2013)
- Zwicker, B., Gygax, L., Wechsler, B., Weber, R. (2013): Short- and long-term effects of eight enrichment materials on the behaviour of finishing pigs fed ad libitum or restrictively. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 144: 31-38

### Autorenanschrift

Dr. Lars Schrader  
Institut für Tierschutz und Tierhaltung  
Friedrich-Loeffler-Institut  
Dörnbergstraße 25/27  
29223 Celle  
[lars.schrader@fli.bund.de](mailto:lars.schrader@fli.bund.de)

## Was kostet Tierwohl?

### Josef Weiß

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft - Institut für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur, München

### Einleitung

Auf der Tierhaltung in Deutschland lastet großer öffentlicher Druck. Politik, verschiedene gesellschaftliche Gruppen, Tierschutzverbände und zunehmend auch der Lebensmitteleinzelhandel greifen die Kritik der Bevölkerung und der Verbraucher auf und fordern höhere Tierwohlstandards auch in der Schweinehaltung.

Konkretisiert werden die Forderungen in Form verschiedener Initiativen. Für die Politik bietet sich dabei der Weg einer Verschärfung der gesetzlichen Grundlagen an. So hat zum Beispiel das Bundesland Nordrhein-Westfalen versucht, im Bundesrat eine Änderung der geltenden Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung anzustoßen. Kernpunkte sind dabei verschiedene Maßnahmen hinsichtlich Platzangebot, Anpassungen bei der Fütterung und Haltung, eine Erhöhung der Mindestsäugedauer sowie Bereiche des Managements und erweiterte Dokumentationspflichten.

Der deutsche Tierschutzbund hat mit Unterstützung der Politik und Unternehmen der Schlachtwirtschaft zu Beginn dieses Jahres ein Tierschutzlabel vorgestellt, das am Markt ansetzt und den Verbraucher dazu bewegen soll, ein mehr an Tierwohl durch einen höheren Preis zu honorieren. Dabei wurden zwei verschiedene Niveaustufen mit deutlich gestaffelten Mindestanforderungen entwickelt. Nach bisher vorliegenden Erfahrungen zeigen diese Programme jedoch nur sehr begrenzten Erfolg bei der Marktdurchdringung.

Mit Spannung wird deshalb erwartet, wie sich ein vollkommen anderer Ansatz im Markt durchsetzen lässt, der auf einer umfassenden Branchenvereinbarung zur Honorierung freiwilliger höherer Tierwohlstandards aufbaut. Dabei wollen alle bedeutenden Vertreter des Lebensmitteleinzelhandels mittels höherer Verkaufspreise für das Gesamtsortiment an Fleisch an der Theke einen speziellen Ausgleichsfond füllen. Mit diesem Geld will der Handel den Schweinehaltern die höheren Kosten ausgleichen, die auf der Erzeugerstufe durch Maßnahmen zur Verbesserung des Tierwohls entstehen. Diese Bonitierung soll unabhängig vom Marktpreis erfolgen und für ein breites Spektrum an Kriterien angesetzt werden, das in Zusammenarbeit von Vertretern der Agrar- und Ernährungswirtschaft sowie dem Lebensmitteleinzelhandel erarbeitet wurde. Diese sogenannte Branchenlösung bietet dem Landwirt einen breit angelegten Katalog an Maßnahmen für mehr Tierwohl an, die kostenorientiert honoriert werden sollen. Die Teilnahme ist für die Tierhalter freiwillig.

### Welche Maßnahmen sollen mehr Tierwohl bringen?

Die verschiedenen Interessensgruppen formulieren sehr unterschiedliche Anforderungen und Kriterien, die in der Schweinehaltung zu einem Mehr an Tierwohl führen sollen. Gemeinsam ist dabei lediglich, dass es sich um Maßnahmen handelt, die über dem derzeit geltenden gesetzlichen Standard hinausgehen, wie er vor allem in der aktuellen Fassung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung festgeschrieben ist. Im Speziellen wird dabei ein Spektrum von vergleichsweise einfach umzusetzenden Maßnahmen bis hin zu Anforderungen diskutiert, die sehr nahe an die Vorgaben der ökologischen Schweinehaltung heranreichen.

Sie erstrecken sich auf die gesamte Produktionskette von der Ferkelerzeugung bis zur Schweinemast und lassen sich folgenden Bereichen zuordnen:

- Höheres Platzangebot
- Ausgestaltung der Boden- und Liegeflächen
  - Festflächen
  - Spaltenböden mit reduzierten Schlitzanteilen
  - Einstreu
  - Gummimatten
- Strukturierung der Buchten
- Beschäftigungsmöglichkeiten
- Scheuermöglichkeiten
- Fütterung
  - Raufuttergaben
  - Erhöhte Rohfaseranteile
  - Tränkwasserangebot und -qualität
- Längere Säugezeit der Ferkel
- Verzicht auf mutterlose Aufzucht
- Freilaufmöglichkeit der Sauen im Deckzentrum und in der Abferkelbucht
- Eingriffe am Tier
  - Verzicht auf die (betäubungslose) Kastration
  - Verzicht auf Kupieren der Schwänze
- Verbesserung beim Stallklima (Stallklimacheck, zusätzliche Kühlmöglichkeiten)
- Aussenklimareize und Auslauf ins Freie
- Freiheit von Verletzungen und Organschäden

Je nach Konzept werden aus dieser Palette von Einzelmaßnahmen unterschiedliche Anforderungspakete geschnürt. Nicht selten sind dabei auch Zielkonflikte zu erwarten. Zudem ist die Umsetzung zahlreicher Maßnahmen in den bestehenden Haltungssystemen nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich.

## Welche Kosten fallen an

Die Landwirte interessieren neben der grundsätzlichen Frage der einzelbetrieblichen Umsetzbarkeit vor allem die Kosten, die diese zusätzlichen Maßnahmen verursachen. Die Palette der Änderungen reicht von baulichen Maßnahmen bis hin zu einem höheren Aufwand für zusätzliche Dokumentationen. Zum Teil werden komplette Systemumstellungen erforderlich.

Bei der Kostenkalkulation sind dabei folgende Positionen zu berücksichtigen:

- investitionsbedingte Kosten
- zusätzlicher Arbeitszeitaufwand
- höhere Direktkosten
- Veränderungen bei den Tierleistungen

Tatsächlich sind die Kostenstrukturen jedoch je nach Betrieb sehr unterschiedlich. Bei dem einen Betrieb kann ein Kriterium möglicherweise leicht umgesetzt werden, bei dem anderen dagegen nur mit überproportional hohem Aufwand. Speziell für die Bewertung von Auswirkungen auf veränderte Tierleistungen liegen vielfach keine aktuellen Versuchsergebnisse vor.

Für die Kostenkalkulation ist ferner auch der Planungs- und Umsetzungshorizont von entscheidender Bedeutung. Dies lässt sich besonders eindrucksvoll am Beispiel eines höheren Platzangebotes verdeutlichen. Soll das erhöhte Platzangebot kurzfristig umgesetzt werden, bleibt vielfach nur die Alternative einer Bestandsabstockung. Der Bestandsabbau bedeutet einen Verlust der bisherigen Direktkostenfreien Leistung, der fast vollständig auf den Gewinn durchschlägt, da nur ein geringer Teil durch eingesparte Arbeitszeit aufgefangen werden kann.

Mittel- und langfristig bietet sich eine Erweiterung der Stallplatzkapazität an, um bei höherem Platzangebot für das Einzeltier das bestehende Produktionsvolumen erhalten zu können. Die dadurch entstehenden Kosten verteilen sich dann entsprechend der Nutzungsdauer auf die gesamte Erzeugung. Diese Alternative kann jedoch nur in Betracht gezogen werden, wenn eine Erweiterung genehmigungsrechtlich überhaupt möglich ist.

Erfolgt ein Ausgleich der Kosten über entsprechende Marktanreize, sind aus kaufmännischer Sicht die Amortisationsdauer und damit der Abschreibungszeitraum speziell der investitionsbedingten Kosten mit der erwarteten bzw. vertraglich zugesicherten Projektlaufzeit in Einklang zu bringen. Dies bedeutet, dass zum Teil erheblich kürzere Abschreibungszeiträume in die Kalkulation eingesetzt werden müssen als bei einer Betrachtung nach rein technischen Gesichtspunkten.

In den folgenden Tabellen sind getrennt nach den Produktionsverfahren Sauenhaltung mit Absetzferkelerzeugung, Ferkelaufzucht und Schweinemast eine Reihe von diskutierten Maßnahmen für mehr Tierwohl tabellarisch mit ihrer Kostenstruktur aufgeführt. Die Kalkulationen sind auf Basis von Referenzbetriebsgrößen erstellt, welche die vorherrschenden Betriebsstrukturen in der deutschen Schweinehaltung gut repräsentieren.

**Tabelle 1a:** Kostenkalkulation von Kriterien für mehr Tierwohl in der Zuchtsauenhaltung - Teil 1 –

	Bemerkungen zur Kalkulation *)	Gesamtkosten		Teilbeträge			
		investitionsbeding	Mehrarbeit	Dienstleistung, Materialaufwand	Leistungseffekt, Produktion		
		[€ je Sau]	[€/Ferkel]	[€ je Sau]			
20% mehr Platzangebot in der Gruppenhaltung <b>Alternative Bestandsabstockung</b>	ca. 17 % weniger Sauen; Dkfl je Sau 350 € brutto = 316 € netto	<b>64,76</b>	<b>2,70</b>				64,76
20% mehr Platzangebot in der Gruppenhaltung <b>Alternative Stallerweiterung</b>	20 % mehr Sauenplätze im Wartestall; 2.000 € je Warteplatz	<b>22,86</b>	<b>0,95</b>	22,86			
Komfortliegefläche im Wartebereich/Gruppenhaltung <b>Alternative Gummimatte</b>	Gummimatte 100 € je m <sup>2</sup> ; 1,3 m <sup>2</sup> Liegefläche je Platz; Reinigung 0,3 h je Warteplatz; 4 Gruppen im Wartestall	<b>19,43</b>	<b>0,81</b>	16,34	3,09		
Komfortliegefläche im Wartebereich/Gruppenhaltung <b>Alternative Einstreu</b>	1 Quaderballen je Sau u. Jahr a 300 kg, Strohlager 175 €/t; Qualitätsstroh 15,00 €/dt; 1 AKh Mehrarbeit je Sau /a lt. Praktikerbericht in Pilotbetrieb; Maschinenkosten für Stroh-Mistkette 40% höher als Flüssigmistkette	<b>68,79</b>	<b>2,87</b>	3,15	18,00	47,64	
organisches Beschäftigungsmaterial (beißbar, wühlbar, fressbar)	Abferkelstall: Funbar Spender für Stroh; 40 €; Strohgabe: 100 g/Tag; Deckstall: Hebebalken mit Rundholz, 20 € pauschal je Deckplatz /a; Wartestall: Holzhalter a`9 € je Gruppe; 4 Gruppen; 20 € pauschal für Weichholz; Mehrarbeit ca. 1 AKh je Sau u. Jahr gesamt je Wurf 1 € für Jutesack + 2 € für Arbeit	<b>27,32</b>	<b>1,14</b>	2,62	18,00	6,70	
Bereitstellung von organischem Nestbaumaterial		<b>6,90</b>	<b>0,29</b>		4,60	2,30	
Scheuermöglichkeiten in der Gruppenhaltung	Scheuerbürste für Schweine 90 €; 1 Bürste je 24 Sauen; 4 Gruppen	<b>1,11</b>	<b>0,05</b>	1,11			

\*) zu Grunde gelegte Kalkulationsbasis:

168 Zuchtsauen, 3-Wochen-Rhythmus, 24 Ferkel je Sau und Jahr; 2,3 Würfe je Sau u. Jahr; netto; für Investitionen Ansatz einer technisch bedingten Abschreibungsdauer; Lohnansatz je AKh: 18 €

**Tabelle 1b:** Kostenkalkulation von Kriterien für mehr Tierwohl in der Zuchtsauenhaltung - **Teil 2** -

	Bemerkungen zur Kalkulation *)	Gesamtkosten		Teilbeträge			
		investitions- bedingt	Mehr- arbeit	Dienst- leistung, Material- aufwand	Leistungs- effekt, Produktion		
		[€ je Sau]	[€/Ferkel]	[€ je Sau]			
Ständiger Zugang zu gesundheitlich unbedenklichem Raufutter in Gruppenhaltung <b>Referenz Wühlturm</b>	4 Automaten für 4 Gruppen à 24 Wartesauen; Anschaffungskosten je Wühlturm 230 €; Raufutterlager 175 €/t; Qualitätsraufutterbedarf 300 g/Tier u. Tag bei 195 Tagen; Raufutterpreis 20 €/dt; AKH-Bedarf 4 h je Automat	14,85	0,62	1,44	1,71	11,70	
Ständiger Zugang zu gesundheitlich unbedenklichem Raufutter in Gruppenhaltung <b>Referenz Raufe</b>	4 Raufen für 4 Gruppen à 24 Wartesauen; Anschaffungskosten je Raufe 100 €; Raufutterlager 175 €/t; Raufutterbedarf 300 g/Tier u. Tag bei 195 Tagen im Wartestall; Raufutterpreis 20 €/dt; AKH-Bedarf 4 h je Raufe	14,38	0,60	0,97	1,71	11,70	
Wühlerde für Ferkel in der Abferkelbucht	Produkt Miravit vom RKW Süd; Verbrauch 16 kg für 7 Würfe lt. Produktbeschreibung; 1,50 €/kg; keine Mehrarbeit kalkuliert (Teil der Tierkontrolle)	7,89	0,33			7,89	
Saufen aus der offenen Fläche im Abferkelbereich	Mutter-Kindtränke à 100 €; 48 Abferkelbuchten	4,29	0,18	4,29			
Saufen aus der offenen Fläche in der Gruppenhaltung	Referenz Troglüter; keine Mehrkosten						
Verweildauer im Deckzentrum max. 5 Tage nach Belegung	Selbstfangbuchten im Deckzentrum; erhöhter Flächenbedarf von 0,42 m <sup>2</sup> je Bucht à 350 € Baukosten; Mehrkosten Selbstfangbesamungstür 150 €; zusätzlich 0,5 AKH/Sau/a; <b>Leistungseinbuße 10% Umrausrisiko</b>	23,99	1,00	8,49	9,00		6,50
freie Abferkelung ohne permanente Fixierungsmöglichkeit	zusätzlicher Flächenbedarf je Abferkelbucht 3 m <sup>2</sup> à 350 €; 150 € Mehrkosten Buchtentrennwände; Reinigungsaufwand 2 AKH je Abferkelbucht; 3 % höheres Ferkelverlustrisiko	74,58	3,11	34,29	10,29		30,00
Abdeckung des Ferkelnestes in der Abferkelbucht	Abdeckung 0,72 m <sup>2</sup> à 75 €	2,31	0,10	2,31			
4-wöchige Säugezeit; entspricht dem 21 Wochen Produktionszyklus	5 % mehr Abferkelplätze à 3500 € je produktive Sau; 5 % mehr Sauen à 650 € Direktkosten; 5 % mehr Arbeit; <b>Annahme:</b> Leistungseffekte und Vermarktungserlöse neutralisieren sich	60,80	2,53	17,50	10,80	32,50	
Kastration mit wirksamer Schmerzausschaltung	Kosten lt. Literatur 2 bis 6 € je Eberferkel; 12 Eberferkel/Sau	48,00	2,00			48,00	
regelmäßiger Stallklimacheck	1x pro Jahr: 450 € je Check mit 6 Std. à 75 €/h; zzgl. 50 € Materialkosten	2,98	0,12			2,98	
Tränkewassercheck	1x pro Jahr: 1 Probe je Abteil; Kosten je Probe (chemisch & mikrobiell) 41,40 €; Probenahme und Material 30,00 €; 6 Abteile bzw. <b>Stallbereiche</b>	2,55	0,11			2,55	
Gesundheitsplan unter Berücksichtigung der betrieblichen Krankheits-Historie	Referenz: Bayer. Produktionshygiene-programm; 1 Bestandsbesuch à 225 €; 20 Blutproben für serologisches Profil à 20 €; 2 Tiersektionen à 75 €	4,61	0,19			4,61	

\*) zu Grunde gelegte Kalkulationsbasis:

168 Zuchtsauen, 3-Wochen-Rhythmus, 24 Ferkel je Sau und Jahr; 2,3 Würfe je Sau u. Jahr; netto; für Investitionen Ansatz einer technisch bedingten Abschreibungsdauer; Lohnansatz je AKH: 18 €

**Tabelle 2:** Kostenkalkulation von Kriterien für mehr Tierwohl in der Ferkelaufzucht

	Bemerkungen zur Kalkulation *)	Gesamtkosten	Teilbeträge			
			investitionsbedingt	Mehrarbeit	Dienstleistung, Materialaufwand	Leistungseffekt, Produktion
		[€ je Ferkel]	[€ je Ferkel]			
20% mehr Platzangebot im Stall <b>Referenz Bestandsabstockung</b>	entgangene Dkfl je Aufzucht tier 8,00 € brutto = 7,27 € netto; ca. 17 % weniger Tiere je Bucht; 10 kWh höher Heizbedarf je Platz; 0,06 €/kWh	<b>1,54</b>			0,09	1,45
20% mehr Platzangebot im Stall <b>Referenz Stallerweiterung</b>	20 % mehr Ferkelaufzuchtplätze; 300 € je Platz; 10 kWh höher Heizbedarf je Platz; 0,06 €/kWh	<b>1,01</b>	0,92		0,09	
Komfortliegefläche <b>Referenz Gummimatte</b>	Gummimatte 100 € je m <sup>2</sup> ; 0,26 m <sup>2</sup> Liegefläche je Platz; Reinigung 0,05 h je Aufzuchtplatz	<b>1,03</b>	0,89	0,14		
Komfortliegefläche <b>Referenz Einstreu</b>	Einstreumenge 200 g je Tier u. Tag; Kosten Strohlager 175 €/t; 15,00 €/dt Stroh; spez. AKH-Bedarf für Stroh-Mistkette 0,25 AKh je Platz u. J.; Maschinenkosten für Stroh-Mistkette 40% höher als Flüssigmistkette	<b>2,41</b>	0,11	0,69	1,61	
Mikroklimabereich	Abdeckung Liegebereich; 0,07 m <sup>2</sup> je Aufzuchtplatz; PVC-Hartschaumplatte 75 €/m <sup>2</sup>	<b>0,12</b>	0,12			
organisches Beschäftigungsmaterial	Referenz: MIK Rols; Vorlagehalter MIK Toy 40 €; 1 €/ Stange; 0,25 Stangen je Ferkel	<b>0,30</b>	0,05		0,25	
Scheuermöglichkeiten (Scheuerbalken etc.)	Scheuerbalken 100 €; Holz 40 €/a; Platzbedarf 0,04 m <sup>2</sup>	<b>0,36</b>	0,09		0,24	0,03
Ständiger Zugang zu gesundheitlich unbedenklichem Raufutter in Gruppenhaltung <b>Referenz Wühlturm</b>	16 Wühlturm-Automaten je 840 Aufzuchtplätze (Einbau in Buchtentrennwänden, 1 Automat je 2 Buchten) a` 180 €; Raufutterlager 175 €/t; Platzbedarf 0,5 Aufzuchtplätze a` 52 € Dkfl brutto; Qualitätsraufutterbedarf 20 g/Tier u. Tag bei 50 Aufzuchttagen; Raufutterpreis 20 €/dt; AKH-Bedarf 2h je Automat	<b>0,47</b>	0,09	0,11	0,20	0,07
Ständiger Zugang zu gesundheitlich unbedenklichem Raufutter in Gruppenhaltung <b>Referenz Raufe</b>	32 Raufen je 840 Aufzuchtplätze a` 100 €; Raufutterlager 175 €/t; Raufutterbedarf 20 g/Tier u. Tag bei 50 Aufzuchttagen; Raufutterpreis 20 €/dt; AKH-Bedarf 1 h je Raufe	<b>0,40</b>	0,09	0,11	0,20	
Saufen aus der offenen Fläche	60 € je Tränke; Arbeit für Reinigung 3 h/a; 1 Tränke je Bucht = 26 Plätze je Tränke	<b>0,37</b>	0,05	0,32		
regelmäßiger Stallklimacheck	1x pro Jahr: 375 € je Check mit 5 Std. a` 75 €/h; zzgl. 50 € Materialkosten	<b>0,08</b>			0,08	
Tränkewassercheck	1x pro Jahr: 1 Probe je Aufzuchttafel a` 210 Aufzuchtplätze; Kosten je Probe (chemisch & mikrobiell) 41,40 €; Probenahme und Material 30,00 €	<b>0,05</b>			0,05	
Gesundheitsplan unter Berücksichtigung der betrieblichen Krankheits-Historie	Referenz: Bayerisches Produktionshygieneprogramm; 1 Bestandsbesuch a` 225 €; 15 Blutproben für serologisches Profil a` 20 €; 2 Tiersektionen a` 75 €	<b>0,12</b>			0,12	

\*) zu Grunde gelegte Kalkulationsbasis:

840 Ferkelaufzuchtplätze, korrespondierend zu 168 Zuchtsauen, 50 Aufzucht tage je Tier; 6,5 Umtriebe je Aufzuchtplatz; für Investitionen Ansatz einer technisch bedingten Abschreibungsdauer; Lohnansatz je AKh: 18 €

Am Beispiel der Schweinemast wird der Einfluss der Gruppengrößen (Anzahl Tiere je Bucht) besonders verdeutlicht. Speziell die investitionsabhängigen Kosten unterliegen dabei einem deutlichen Degressionseffekt. Zudem lassen sich verschiedene Maßnahmen in einer Kleingruppenaufstallung überhaupt nicht sinnvoll umsetzen.

**Tabelle 3:** Kostenkalkulation von Kriterien für mehr Tierwohl in der Schweinemast (gruppengrößenunabhängig)

	Bemerkungen zur Kalkulation *)	Gesamtkosten	Teilbeträge			
			investitionsbedingt	Mehrarbeit	Dienstleistung, Materialaufwand	Leistungseffekt, Produktion
		[€ je Mastschwein]	[€ je Mastschwein]			
20% mehr Platzangebot im Stall <b>Referenz Stallerweiterung</b>	20 % mehr Mastplätze; 450 € je Platz; Mehrarbeit 0,4 AKh je zusätzlichem Mastplatz	<b>3,80</b>	3,27	0,52		
Komfortliegefläche <b>Referenz Gummimatte</b>	Gummimatte 100 € je m <sup>2</sup> ; 0,375 m <sup>2</sup> Liegefläche je Platz; Reinigung 0,1 h je Mastplatz	<b>4,06</b>	3,41	0,65		
Komfortliegefläche <b>Referenz Einstreu</b>	Einstreumenge 500 g je Tier u. Tag; Kosten Strohlager 15.000 € je 960 Mastplätze; 12,00 €/dt Stroh; Mehr-AKh-Bedarf 0,25 h/Mastschwein	<b>12,57</b>	0,57	4,50	7,50	
Automatische Luftkühlung	Niederdruckvernebelung; Investitionskosten für Pumpe, Regelung und Verrohrung 1.000 € je 240er Abteil; Energiebedarf 2 kWh x 60 h; 0,25 €/kWh	<b>0,28</b>	0,23		0,05	
Mast unkrastrierter Tiere	Improvac bzw. Ebermast (jeweils nur 50 % der Schweine)	<b>2,50</b>				2,50
regelmäßiger Stallklimacheck	1x pro Jahr: 375 € je Check mit 5 Std. a` 75 €/h; zzgl. 50 € Materialkosten	<b>0,16</b>			0,16	
Tränkwassercheck	1x pro Jahr: 1 Probe je Mastabteil a` 240 Mastplätze; Kosten je Probe (chemisch & mikrobiell) 41,40 €; Probenahme und Material 30,00 €	<b>0,11</b>			0,11	

**Tabelle 4:** Kostenkalkulation von Kriterien für mehr Tierwohl in der Schweinemast (Großgruppen mit 40 Tieren)

	Bemerkungen zur Kalkulation *)	Gesamtkosten	Teilbeträge			
			investitionsbedingt	Mehrarbeit	Dienstleistung, Materialaufwand	Leistungseffekt, Produktion
		[€ je Mastschwein]	[€ je Mastschwein]			
20% mehr Platzangebot im Stall <b>Referenz Bestandsabstockung (40 Tiere/Bucht)</b>	entgangene Dkfl je Mastplatz 22,58 x 2,75 € = 62,10 € netto; ca. 17,5 % Abstockung => ca. 21 % Kompensation	<b>4,79</b>				4,79
Ständiger Zugang zu gesundheitlich unbedenklichem Raufutter in Gruppenhaltung <b>Referenz Wühlturm</b>	1 Wühlturm-Automat je Bucht (40 Tiere) a` 230 €; Raufutterlager 3000 € je 960 Mastplätze; Platzbedarf 0,38 m <sup>2</sup> => 0,5 Mastplätze a` 22,58 € Dkfl netto; Qualitätsraufutterbedarf 50 g/Tier u. Tag bei 125 Masttagen; Raufutterpreis 15 €/dt; AKh-Bedarf 2 h je Automat	<b>1,97</b>	0,42	0,33	0,94	0,28
Buchtenstrukturierung durch Trennwände	1 Wand je Bucht (1,10 x 2,00 m); 100 € netto	<b>0,14</b>	0,14			
organisches Beschäftigungsmaterial	Referenz: MIK Rols; Vorlagehalter MIK Toy 40 €; 1 €/ Stange; 1,3 Stangen je Mastschwein	<b>1,42</b>	0,09		1,33	
Scheuermöglichkeiten (Scheuerbalken etc.)	Scheuerbalken 100 €; Holz 40 €/a; Platzbedarf 0,04 m <sup>2</sup>	<b>0,53</b>	0,14		0,36	0,03
Saufen aus der offenen Fläche	60 € je Tränke; Arbeit für Reinigung 3 h/a; 1 Tränke je Bucht = 40 Plätze je Tränke	<b>0,57</b>	0,08	0,49		

**Tabelle 5:** Kostenkalkulation von Kriterien für mehr Tierwohl in der Schweinemast (Kleingruppen mit 15 Tieren)

	Bemerkungen zur Kalkulation *)	Gesamtkosten	Teilbeträge			
			investitions- bedingt	Mehr- arbeit	Dienst- leistung, Material- aufwand	Leistungs- effekt, Produktion
		[€ je Mastschwein]	[€ je Mastschwein]			
20% mehr Platzangebot im Stall <b>Referenz Bestandsabstockung (15 Tiere je Bucht)</b>	entgangene Dkfl je Mastplatz 22,58 x 2,75 € = 62,10 € netto; ca. 20 % Abstockung => ca. 25 % Kompensation	<b>5,65</b>				5,65
Ständiger Zugang zu gesundheitlich unbedenklichem Raufutter in Gruppenhaltung <b>Referenz Raufe</b>	1 Strohraufe je Bucht (15 Tiere) a` 80 €; Raufutterlager 3000 € je 960 Mastplätze; Qualitätsraufutterbedarf 50 g/Tier u. Tag bei 125 Masttagen; Raufutterpreis 15 €/dt; AKh-Bedarf 1 h je Raufe	<b>1,78</b>	0,40	0,44	0,94	
organisches Beschäftigungsmaterial	Referenz: MIK Rols; Vorlagehalter MIK Toy 40 €; 1 €/ Stange; 1,3 Stangen je Mastschwein	<b>1,57</b>	0,24		1,33	
Scheuermöglichkeiten (Scheuerbalken etc.)	Scheuerbalken 100 €; Holz 40 €/a; Platzbedarf 0,04 m²	<b>0,80</b>	0,36		0,36	0,08
Saufen aus der offenen Fläche	60 € je Tränke; Arbeit für Reinigung 3 h/a; 1 Tränke je Bucht = 40 Plätze je Tränke	<b>1,53</b>	0,22	1,31		

\*) zu Grunde gelegte Kalkulationsbasis:

960 Mastplätze (4 Abteile a` 240 Schweine); 25 € Dkfl je Schwein brutto; 2,75 Umtriebe je Mastplatz; für Investitionen Ansatz einer technisch bedingten Abschreibungsdauer; Lohnansatz je AKh: 18 €

Bislang werden zusätzliche Maßnahmen für mehr Tierwohl vielfach nur für ein Produktionsverfahren der Produktionskette formuliert. Vorreiterrolle spielt dabei in der Regel die Schweinemast. Bei einem durchgängigen System sind jedoch auch die Zusatzkosten der Vorstufen in die Gesamtrechnung einzubeziehen. Die Mehrkosten bezogen auf das erzeugte Kilogramm Schweinefleisch erhöhen sich dadurch erheblich. Entsprechend steigt der erforderliche finanzielle Ausgleich für den zusätzlichen Produktionsaufwand.

## Schlussfolgerung

Festzuhalten ist: Die Kostenkalkulation ist für die verschiedenen Produktionsverfahren jeweils anhand einer Referenzbetriebsgröße bemessen. Tatsächlich sind die Kostenstrukturen jedoch je nach Betrieb sehr unterschiedlich. Bei dem einen Betrieb kann ein Kriterium möglicherweise leicht umgesetzt werden, bei dem anderen dagegen nur mit überproportional hohem Aufwand. Solange der Gesetzgeber keine weiteren Vorgaben zum Tierwohl über die bestehende Rechtslage hinaus erlässt, muss jeder Landwirt muss also für seinen Betrieb individuell prüfen, ob und wenn ja, mit welchen Kriterien eine Teilnahme an den verschiedenen Marktangeboten möglich und rentabel ist.

## Literatur:

Aden, M., Beckhove, A., 2013, Tierwohl: Kommt es zum Schwur?, top agrar, Ausgabe 2/2013, Seite156-157

Deutscher Tierschutzbund, 2013, Tierschutzlabel, <http://www.tierschutzlabel.info/home/>

Entwurf einer Verordnung zur Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung, Verordnungsantrag des Landes Nordrhein-Westfalen, Bundesrat Drucksache 318/13, 25.04.2013, [www.bundesrat.de/cln\\_350/sid\\_7E40882F5A1D566826D6EF715E7D520E/SharedDocs/Drucksachen/2013/0301-400/318-13,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/318-13.pdf](http://www.bundesrat.de/cln_350/sid_7E40882F5A1D566826D6EF715E7D520E/SharedDocs/Drucksachen/2013/0301-400/318-13,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/318-13.pdf); abgerufen am 12.09.2013

Karpeles, L. M., Jäger, C., 2012, Stellungnahme: Alternativen zur betäubungslosen Ferkelkastration, [www.mlr.baden-wuerttemberg.de/mlr/slt/Ferkelkastration.pdf](http://www.mlr.baden-wuerttemberg.de/mlr/slt/Ferkelkastration.pdf), Seite 25-26; abgerufen am 09.01.2013

Spandau, P., 2013, Kostenbewertung der Kriterienblöcke für die Schweinemast, persönliche Mitteilung

## Autorenanschrift

Josef Weiß  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Institut für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur  
Menzinger Straße 54  
80638 München  
[josef.weiss@lfl.bayern.de](mailto:josef.weiss@lfl.bayern.de)

## **Das darmassoziierte Immunsystem und seine Bedeutung für Gesundheit und Leistung**

**Bernd Kaspers**

Veterinärwissenschaftliches Department, Institut für Tierphysiologie, Ludwig-  
Maximilians-Universität München

### **Die intestinale Barriere**

Die intestinale Schleimhaut bildet eine riesige Oberfläche, die das Darmlumen und die darin enthaltene Mikroflora vom Körperinneren trennt. Die eigentliche Barriere besteht dabei lediglich aus einem einschichtigen Epithel, welches auf seiner apikalen Seite mit dem Darminhalt in Kontakt ist und auf seiner baso-lateralen Seite mit den Zellen der Lamina propria kommuniziert. Das Epithel stellt allerdings nicht einfach eine Barriere dar, welche an der Prozessierung und Resorption von Nährstoffen beteiligt ist. Vielmehr erfüllt es zahlreiche Aufgaben, wie die Sekretion von Substanzen, die die mikrobielle Zusammensetzung des Darminhalts kontrollieren, die Erkennung von pathogenen und nicht pathogenen Mikroorganismen und die Aktivierung und Kontrolle von Immunreaktionen (Artis 2008). Dieses Spektrum an unterschiedlichen Aufgaben wird durch verschiedene Zelltypen des Epithels und des Immunsystems erfüllt. Die Regulation der epithelialen Homoeostase erfolgt durch die Koordination von Signalen aus dem Darmlumen (der mikrobiellen Flora) und der Lamina propria und hier insbesondere der darin lokalisierten Leukozyten. Imbalancen in diesem regulatorischen System führen zu Dysbiosen und intestinalen Entzündungsreaktionen (Maloy and Powrie 2011).

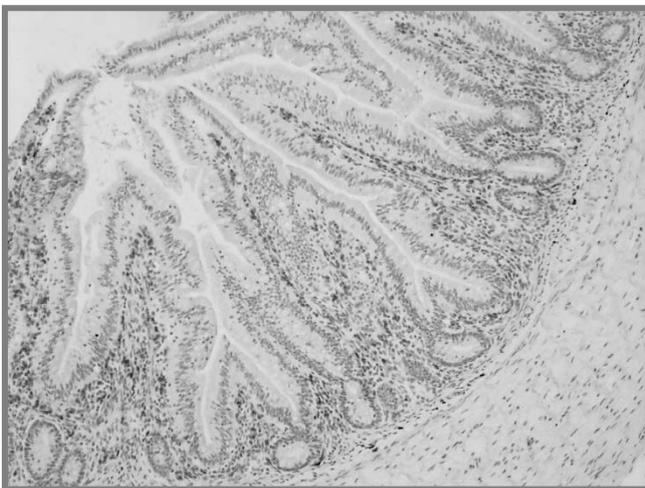
### **Die Muzinbarriere**

Die Zahl der Mikroorganismen im Darm übersteigt bei weitem die Zahl der Körperzellen unserer Nutztiere. Unter physiologischen Bedingungen kommt das Darmepithel aber praktisch nicht mit diesen Mikroorganismen in Kontakt, da es von einer dicken Mukusschicht bedeckt wird, welche aus einer äußeren, eher dünnflüssigen und einer inneren, zähflüssigen Schicht besteht. Die Muzine der inneren Schicht sind an den Zellmembranen verankert. Diese Muzinbarriere verhindert den Kontakt der Mikroorganismen mit den Epithelzellen durch ihre physikalischen Eigenschaften, aber auch durch die mit der Muzinschicht assoziierten anti-mikrobiellen Substanzen. Hierzu zählen zahlreiche anti-mikrobielle Peptide, wie das Lysozym oder die Defensine aber auch das IgA. Mikroorganismen, die in die Muzinschicht eingedrungen sind, werden in dieser gefangen und lysiert. Wie wichtig diese äußere Barriere ist, zeigen Experimente mit Mäusen, bei denen das Gen für ein wichtiges Muzin (MUC2) deletiert wurde. Diese Tiere entwickeln spontan schwerste Darmentzündungen, trotz eines ansonsten intakten Epithels und Immunsystems (Hooper and Macpherson 2010). Die genannten anti-mikrobiellen Faktoren werden von den Epithelzellen und den Leukozyten der Lamina propria gebildet, in das Darmlumen sezerniert und hier in der Muzinschicht verankert, um ein Fortspülen mit der Ingesta zu verhindern. Nahezu alle Darmepithelzellen bilden anti-mikrobielle Peptide, allen voran die Paneth-Zellen in den Krypten der Darmschleimhaut. Auch die anti-mikrobiellen Peptide sind an der Homoeostase im Darm beteiligt, ihr Fehlen führt ebenfalls zu entzündlichen Darmerkrankungen und einer Verschiebung der bakteriellen Spektrums im Darm.

## Das darmassoziierte Immunsystem

Die Zellen des Darmimmunsystems finden sich sowohl zwischen den Epithelzellen (intra-epitheliale Lymphozyten), als auch unterhalb des Epithels in der Lamina propria und als organisierte lymphatische Strukturen (Abbildung 1). Zu letzteren zählen die Payer'schen Platten und lymphoide Follikel in der Lamina propria. Diese Strukturen enthalten mehr Lymphozyten als der gesamte Rest des Körpers, ein deutlicher Hinweis auf die Bedeutung des Darmimmunsystems für die intestinale Homöostase. Sie sind an der Aufrechterhaltung der Darmbarriere beteiligt, regulieren Reparaturprozesse, modulieren die Zusammensetzung der Darmflora und erkennen pathogene Mikroorganismen, die die epitheliale Barriere überwunden haben. Arbeiten der letzten 10 Jahre in Mausmodellen haben diese Funktionen aufgezeigt und die molekularen Mechanismen teilweise geklärt. Für die Nutztiere liegen dagegen erst wenige Studien vor. Diese zeigen aber, dass die in der Maus beschriebenen Mechanismen grundsätzlich auch beim Schwein und Huhn zu finden sind.

**Abbildung 1: Zellen des darmassoziierten Immunsystems**



Makrophage in der Lamina propria



Organisierte lymphoide Follikel  
(Zäkaltonsille Huhn)

Die Entwicklung des Darmimmunsystems nach der Geburt wird maßgeblich durch die Darmflora beeinflusst. Keimfrei gehaltene Tiere weisen nahezu keine Lymphozyten im Darm auf, sie bilden keine Antikörper und sezernieren entsprechend auch kein IgA in das Darmlumen. Welche Bakterien die Reifung des intestinalen Immunsystems stimulieren ist für die Haustiere noch weitgehend unklar.

## Die Zellen des Darmimmunsystems

Die Lamina propria ist mit Zellen des sogenannten unspezifischen (oder angeborenen) und des spezifischen (erworbenen) Immunsystems dicht besiedelt.

Die folgende Tabelle gibt eine vereinfachte Übersicht über die Zelltypen, die hier zu finden sind und skizziert deren Funktion.

	Zelltyp	Subpopulation	Funktion
Unspezifisches Immunsystem	Makrophagen		Phagozytose, Töten von Pathogenen, Aktivierung weiterer Immunzelle
	Dendritische Zellen		Phagozytose, Aktivierung des erworbenen Immunsystems
	Granulozyten		Phagozytose, Töten von Pathogenen
	Natürliche Killerzellen		Erkennen und lysieren von virusinfizierten Zellen und Tumorzellen
Erworbenes Immunsystem	B-Lymphozyten		Bildung von Antikörpern
	T-Lymphozyten CD4 <sup>+</sup>	T-Helfer 1	Aktivierung von Makrophagen
		T-Helfer 2	Hilfe für B-Lymphozyten zur Antikörperbildung
		T-Helfer 17	Rekrutierung von Granulozyten
		T-regulatorisch	Regulation der Aktivität der übrigen Lymphozyten, Kontrolle von Entzündungen
	T-Lymphozyten CD8 <sup>+</sup>	zytotoxische T-Zellen	Erkennen und lysieren von virusinfizierten Zellen und Tumorzellen

Gelingt es pathogenen Mikroorganismen die epitheliale Barriere zu überwinden, gelangen diese in Kontakt mit den Immunzellen der Lamina propria. Insbesondere die Makrophagen sind hier reichlich vorhanden (Abb. 1) und so positioniert, dass sie als erste Zellen mit den Pathogenen in Kontakt kommen. Für die Erkennung, Bindung und Phagozytose besitzen sie zahlreiche Rezeptoren. Die Interaktion dieser Rezeptoren mit den Mikroorganismen oder mit deren Produkten führt zu einer Aktivierung der Zellen und nachfolgend zur Induktion von Mechanismen, die die Eliminierung der Pathogene bewirken. Dies kann unter anderem durch die Bildung von O<sub>2</sub><sup>-</sup> oder NO-Radikalen geschehen oder durch die zytoplasmatische Lyse nach der Phagozytose. Zudem bilden Makrophagen eine Fülle an Botenstoffen, die weitere Makrophagen und Granulozyten aus dem Blut in die Lamina propria locken (Chemokine) und diese aktivieren (Zytokine).

Während Makrophagen und Granulozyten primär Bakterien eliminieren, erkennen Natürliche Killerzellen (NK-Zellen) virusinfizierte Zellen und lysieren diese. So wird die Virusreplikation frühzeitig gestoppt und eine Ausbreitung des Virus verhindert. Auch sie können zahlreiche lösliche Faktoren sezernieren, die an der Zelllyse und an der Induktion antiviraler Abwehrmechanismen in den Epithelzellen beteiligt sind. Das wohl bekannteste Beispiel sind die Interferone, die von virusinfizierten

Zellen gebildet werden und nach Sekretion die Nachbarzellen alarmieren, welche daraufhin antivirale Abwehrmechanismen aktivieren. Mäuse, deren Interferonsystem inaktiviert wurde, sind hochgradig empfänglich für virale Erkrankungen, allen voran für Influenza-Infektionen. Beim Menschen werden die Interferone daher auch für die Behandlung einiger chronischer viraler Erkrankungen eingesetzt.

Bestimmte T-Zellen, die zytotoxischen T-Zellen ( $CD8^+$ -Zellen) können, ähnlich wie die NK-Zellen, virusinfizierte Zellen erkennen und lysieren. Im Gegensatz zu den NK-Zellen besitzen diese Zellen, wie alle T-Lymphozyten, die Fähigkeit ein immunologisches Gedächtnis auszubilden. Wiederholte virale Infektionen werden so sehr schnell erkannt und gezielt bekämpft. Diesen Mechanismus macht man sich bei der Impfung zu Nutze.

## T-Helferzellen

T-Lymphozyten stellen keine homogene Zellpopulation dar. Arbeiten in den 90-iger Jahren zeigten, dass zwei Gruppen von T-Zellen unterschieden werden können. Dies sind die bereits beschriebenen  $CD8^+$  zytotoxischen T-Zellen und daneben die  $CD4^+$  T-Helferzellen. In den Folgejahren zeigte sich, dass sich unter den  $CD4^+$ -Zellen eine ganze Reihe funktionell sehr unterschiedlicher Zellen verbergen. Sie übernehmen verschiedene Aufgaben in der Immunabwehr. Nach der Erkennung von Antigenen werden auch diese Zellen aktiviert und bilden zahlreiche lösliche Botenstoffe. So können sie Makrophagen zur Tötung von Pathogenen stimulieren, B-Zellen zur Antikörperbildung anregen und Granulozyten in das Gewebe locken. Eine herausragende Funktion einer dieser Subpopulationen ist die Sekretion solcher Botenstoffe, die eine laufende Immunreaktion wieder stoppen. Diese, als regulatorische T-Zellen bezeichneten Lymphozyten, produzieren anti-entzündliche Zytokine, wie das Interleukin-10 oder TGF- $\beta$ , welche ihrerseits, die übrigen T-Zellen hemmen. Regulatorische T-Zellen stehen heute im Mittelpunkt des Interesses der Immunologie, da ihre Fehlfunktion zu entzündlichen Darmerkrankungen, Allergien und Autoimmunerkrankungen führt. Die gezielte Aktivierung dieser Zellen kann dagegen entzündliche Erkrankungen verhindern oder begrenzen. Interessanter Weise werden gerade diese Zellen durch die kommensalen Bakterien des Darms in erheblichem Maße in ihrer Funktion beeinflusst. Eine kürzlich erschienene Arbeit identifiziert eine Gruppe von Clostridien, die regulatorische T-Zellen induzieren und aktivieren und so Entzündungen im Darm modulieren konnten.

## Mikrobielle Produkte als Regulatoren des Immunsystems

Bisher wurden nur wenige Signale aus dem Darmlumen auf molekularer Ebene charakterisiert, die die Aktivität des Immunsystems modulieren. Darunter finden sich das Butyrat (Maslowski, Vieira et al. 2009) und omega-Fettsäuren (Oh, Talukdar et al. 2010), die über die Darmbarriere diffundieren können und insbesondere die Reaktion von Makrophagen beeinflussen. Für beide Verbindungen wurden spezifische Rezeptoren in der Membran der Makrophagen identifiziert. Die Bindung an diese Rezeptoren löst in den Zellen ein anti-entzündliches Programm aus und führt so zu einer Kontrolle der Immunreaktion. Diese Beispiele zeigen, dass zwischen der Darmflora und den Elementen des Immunsystems eine enge, lange Zeit nicht erkannte Wechselwirkung besteht. Hier bieten sich auch Ansätze über die Beeinflussung der Darmflora und der Ernährung modulierend auf die Reaktion des Darmimmunsystems einzuwirken.

## Literatur

- Artis, D. (2008). "Epithelial-cell recognition of commensal bacteria and maintenance of immune homeostasis in the gut." Nat Rev Immunol **8**(6): 411-420.
- Hooper, L. V. and A. J. Macpherson (2010). "Immune adaptations that maintain homeostasis with the intestinal microbiota." Nat Rev Immunol **10**(3): 159-169.
- Maloy, K. J. and F. Powrie (2011). "Intestinal homeostasis and its breakdown in inflammatory bowel disease." Nature **474**(7351): 298-306.
- Maslowski, K. M., et al. (2009). "Regulation of inflammatory responses by gut microbiota and chemoattractant receptor GPR43." Nature **461**(7268): 1282-1286.
- Oh, D. Y., et al. (2010). "GPR120 is an omega-3 fatty acid receptor mediating potent anti-inflammatory and insulin-sensitizing effects." Cell **142**(5): 687-698.

### Autorenanschrift

Prof. Dr. Bernd Kaspers  
Veterinärwissenschaftliches Department, Institut für Tierphysiologie  
Ludwig-Maximilians-Universität München  
Veterinärstr. 13  
80539 München  
kaspers@lmu.de

# Futterzusatzstoffe zur Stabilisierung der Schweinegesundheit

**Jürgen Zentek**

Institut für Tierernährung, Fachbereich Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin

## Einleitung

Futtermittelzusatzstoffe werden in der Praxis nicht nur aus ernährungsphysiologischen Gründen eingesetzt, sondern auch um bei Schweinen günstige Effekte auf die Leistung aber auch auf die Tiergesundheit zu erzielen (Pluske, 2013). Von der rechtlichen Definition aus betrachtet können Futterzusatzstoffe verschiedene Funktionen erfüllen: positive Beeinflussung der Beschaffenheit des Futtermittels, positive Beeinflussung der Beschaffenheit tierischer Erzeugnisse, positive Beeinflussung der Farbe von Ziervögeln und Zierfischen, Deckung des Nährstoffbedarf der Tiere, positive Beeinflussung der Tierproduktion der Leistung und des Wohlbefindens der Tiere, insbesondere durch Einwirkung auf die Magen- und Darmflora oder die Verdaulichkeit der Futtermittel sowie kokzidiostatische und histomonostatische Wirkungen. Die unterschiedlichen Kategorien der Futterzusatzstoffe erfüllen diese Anforderungen in unterschiedlicher Weise. Neben den technologischen und sensorischen Futterzusatzstoffen sind insbesondere die ernährungsphysiologischen und zootecnischen Zusatzstoffe von besonderem Interesse, wenn der Aspekt einer Beeinflussung der Tiergesundheit betrachtet wird. Als zootecnische Zusatzstoffe sind verschiedene Funktionsgruppen subsumiert. Diese beinhalten die sogenannten Verdaulichkeitsförderer, die Darmflorastabilisatoren, Stoffe, die die Umwelt günstig beeinflussen und die sonstigen zootecnischen Zusatzstoffe. Grundsätzlich werden an Futterzusatzstoffe vom Gesetzgeber hohe Anforderungen gestellt. Sie dürfen nur in Verkehr gebracht werden, wenn sie entsprechend der gültigen Rechtsbestimmungen zugelassen sind. Die Zulassung beinhaltet, dass der Inverkehrbringer ein umfangreiches Dossier mit entsprechenden Unterlagen eingereicht hat, das in Europa in einem zentralen Verfahren bearbeitet und entschieden wird. Im Folgenden sollen wesentliche Aspekte des Gesundheitseffektes von Futterzusatzstoffen beim Schwein zusammengefasst werden, wobei die organischen Säuren, Probiotika und phyto gene Zusatzstoffe den Schwerpunkt bilden.

## Verdauungsphysiologische Grundlagen

Viele der den Zusatzstoffen zugesprochenen Effekte orientieren sich an den Anforderungen bzw. an den Merkmalen, die den antibiotischen Leistungsförderern zugesprochen wurden. Dieses lässt sich durch die Begriffe leistungsfördernd, darmstabilisierend und gesundheitsfördernd zusammenfassen. Grundsätzlich gesehen wirken viele Futterzusatzstoffe auf den Darm, indem sie die intestinale Mikrobiota und die Darmschleimhaut ansprechen. Hier ist insbesondere das darmassoziierte Immunsystem von besonderer Bedeutung. Eine Gesundheitsstabilisierung durch Futterzusatzstoffe ist in der Praxis möglich, allerdings ist daran zu denken, dass hier ein enges Zusammenspiel von Haltungsfaktoren, Betriebshygiene sowie Gesundheitsmanagement besteht. Die Tierernährung ist somit ein Teil des Gesamtsystems und kann von daher auch nicht alleine als Problemlöser betrachtet werden. Grundsätzlich gesehen ist der Einsatz von Futterzusatzstoffen zur Stabilisierung der Tiergesundheit insbesondere beim jungen Tier in der Phase um den Absetzzeitpunkt interessant. Hier liegen instabile verdauungsphysiologische Grundbedingungen vor. Einerseits betrifft dieses die Morphologie des Gastrointestinaltrakts. Zahlreiche Untersuchungen konnten zeigen, dass die Zotten im Dünndarm in der Absetzperiode verkürzt sind und dass es zu einer Hyperplasie der Krypten kommt.

Beides wird allgemein als Ausdruck einer Störung der physiologischen Darmfunktion betrachtet. Nachfolgend kann aus diesen histologischen Befunden eine Reduktion der Verdauungskapazität abgeleitet werden. Dieses ist von besonderem Interesse, wenn man sich die Bedingungen der heutigen Schweineproduktion ansieht. Aufgrund der zunehmenden Wurfgrößen entstehen erhebliche Probleme bei untergewichtigen Ferkeln, die einer besonderen Berücksichtigung bedürfen (D'Inca et al., 2010). Untersuchungen konnten zeigen, dass untergewichtige Ferkel auch einen stark unterentwickelten Darm aufweisen und somit in mehrfacher Hinsicht benachteiligt sind. Die Reduktion der Zottenlänge beim Absetzen fällt umso stärker aus, je plötzlicher der Übergang von der Milchnahrung zum Festfutter ist. Stressfaktoren können die Empfindlichkeit von Ferkeln in dieser Phase nachhaltig beeinflussen (Campbell et al., 2013). Es könnte auch gezeigt werden, dass die Aktivität verschiedener Verdauungsenzyme während der Absatzperiode deutlich reduziert wird. Dieses betrifft insbesondere auch die Verdauungsenzyme, die von der Bauchspeicheldrüse gebildet werden (Miller et al., 1986). Neben diesen grundlegenden verdauungsphysiologischen Besonderheiten in der Absatzperiode weisen Ferkel auch Eigenheiten in der mikrobiellen Besiedlung auf. Idealerweise sollte die mikrobielle Besiedlung des Darmtrakts „ausgewogen“ sein, wobei im strengen Sinne keine gültige Definition dieses Zustandes vorliegt. Man könnte es so definieren, dass im Idealfall ein stabiles System der intestinalen Mikrobiota vorliegt, von dem das Tier den größtmöglichen Nutzen hat. Ein wesentlicher Vorteil der intestinalen Mikrobiota ist, dass diese ein Abwehrsystem in sich darstellt und das Eindringen von krankmachenden Mikroorganismen verhindert oder zumindest kontrolliert. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass Stoffwechselprodukte der Mikroorganismen für die Funktion des Darmepithel unabdingbar notwendig sind und insbesondere auf die Entwicklung des intestinalen Immunsystems durch die Mikroorganismen stimuliert wird. Die Zusammensetzung der Mikrobiota wird einerseits durch die Futterzusammensetzung beeinflusst, andererseits aber übt auch der Wirtsorganismus erhebliche Effekte aus. In eigenen Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass bei gleicher Fütterung und Haltung starke individuelle Unterschiede festzustellen sind. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, über Futterzusatzstoffe die Zusammensetzung der Mikrobiota zu beeinflussen, zum Beispiel die Konzentrationen oder die Ansiedlung pathogener Mikroorganismen zu reduzieren, weiterhin auch den Stoffwechsel der Mikroorganismen zu beeinflussen, zum Beispiel indem durch bestimmte Futterzusatzstoffe die Bildung von Ammoniak oder biogenen Aminen reduziert wird. Darüber können indirekt Effekte auf die Darmwand, zum Beispiel die Enzymaktivitäten erwartet werden. Die Untersuchung ernährungsbedingter Effekte auf die Darmmikrobiota erfordert die Anwendung komplexer Methoden (Vahjen et al., 2011). Durch diese ist es aber möglich geworden, Effekte von Nahrungsfaktoren bzw. Futterzusatzstoffen in hoher Präzision zu beschreiben. Im Zusammenhang mit der Mikrobiota ist die immunologische Reifung des Gastrointestinaltrakts sowie des Gesamtorganismus von Interesse. Das darmassoziierte Immunsystem ist das größte Immunorgan des Körpers, es bildet eine Grenzfläche zur Außenwelt, die mit Mikroorganismen, Futterbestandteilen und Umweltfaktoren in Kontakt kommt. Der gängigen Praxis folgend, Ferkel im Alter von ca. 28 Tagen abzusetzen folgt, dass die immunologische Reifung der Jungtiere noch nicht abgeschlossen ist. Im Alter von 21-35 Tagen ist davon auszugehen, dass die körpereigenen aktiven immunologischen Mechanismen noch unterentwickelt sind und gleichzeitig die passive Immunität, die durch die Aufnahme von Kolostrum der Sau vermittelt wurde, in der Effizienz deutlich nachlässt. Die Entwicklung des Immunsystems beim Ferkel durchläuft in den ersten Lebenswochen eine außerordentlich dynamische Entwicklung. Weisen fünf Tage alte Ferkel noch eine deutlich verminderte Besiedlung der Darmschleimhaut mit Immunzellen auf, so sind nach 5-7 Wochen bereits Verhältnisse festzustellen, die denjenigen bei älteren Tieren ähnlich sind. Das darmassoziierte Immunsystem ist für die Aufrechterhaltung der Tiergesundheit essenziell, da es einerseits dafür sorgt, dass Futterkomponenten vertragen werden und es andererseits in der Lage sein sollte, pathogene Mikroorganismen zu eliminieren. Seine Funktion hängt einerseits von der artgerechten und altersgerechten mikrobiellen Besiedlung des Verdauungstrakts ab, andererseits aber auch von einer bedarfsdeckenden Nährstoffzufuhr. In diesem Zusammenhang wurden in den letzten Jahren insbesondere die wichtigen

Effekte seitens der Aminosäurenversorgung, der Fettsäurenversorgung, sowie der Futterzusatzstoffe intensiv untersucht.

## Organische Säuren

Verschiedene Futterzusatzstoffe konnten in Untersuchungen als wirksam zur Stabilisierung der Gesundheit bei Ferkeln dargestellt werden (Heo et al., 2013; Lalles et al., 2009). Eine Vielzahl von Studien konnte zeigen, dass organische Säuren bzw. deren Salze einen positiven Effekt auf die Leistung (Partanen and Mroz, 1999) und Darmentwicklung beim Ferkel haben können. Die Wirkungsmechanismen der organischen Säuren werden insbesondere durch Ihre Effekte auf den gastralen pH-Wert erklärt. Durch eine effizientere Absenkung des pH-Wertes im vorderen Verdauungstrakt kommt es zu einer Unterstützung der Verdauungsprozesse im Magen. Der Magen vom Ferkel hat eine reduzierte Sekretionskapazität von Salzsäure im Vergleich zu älteren Tieren. Der Zusatz organischer Säuren unterstützt daher in einer kritischen Phase die Magenfunktion und kann dadurch auch die Barriere gegenüber Umweltkeimen verbessern. Der Zusatz organischer Säuren führt zu einer Akkumulation von Wasserstoffionen in Bakterienzellen. Aufgrund dieser Akkumulation der Wasserstoffionen kommt es einerseits zu einem Stress, der dazu führt, dass die Bakterien vermehrt Energie aufwenden müssen, um den intrazellulären pH-Wert zu stabilisieren. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass es zu Effekten auf verschiedene andere physiologische Vorgänge in der Bakterienzelle kommt, zum Beispiel wirken sich die organischen Säuren auf die Proteinsynthese und auch auf die enzymatischen Funktionen sowie die Energiegewinnung der Bakterienzellen negativ aus. In diesem Zusammenhang ist von besonderer Bedeutung, dass Futtermittel eine sehr stark unterschiedliche Säurebindungskapazität aufweisen können. Diesem Faktor wird in der Fütterungspraxis große Bedeutung zu bemessen. So weisen insbesondere eiweißreiche Futtermittel und mineralstoffreiche Futtermittel eine sehr hohe Säurebindungskapazität auf, die dazu führt, dass die pH-Absenkung im Magen von Ferkeln nicht ausreichend vonstatten geht. Zahlreiche Untersuchungen konnten zeigen, dass ein ausgewogenes, d.h. nicht zu eiweißreiches und nicht zu mineralstoffreiches Futter zu einer Verbesserung der Tiergesundheit und einer Reduktion von Durchfallerkrankungen beim Ferkel führt. Daher finden sich heute in den meisten Ferkelfuttermitteln standardmäßig verschiedene organische Säuren bzw. deren Salze. Ein weiterer interessanter Aspekt des Einsatzes organischer Säuren ist, dass diese eine motivierende Wirkung auf Zoonosenerreger, insbesondere Salmonellen haben. Das spielt in der heutigen Diskussion um die Reduktion der Belastung von tierischen Lebensmitteln mit Zoonosenerreger eine zunehmend wichtige Rolle. Neuere Entwicklungen haben in den letzten Jahren zu Kombinationspräparaten, verkapselten Produkten und zum vermehrten Einsatz von mittelkettigen Fettsäuren in der Ferkelfütterung geführt (Zentek et al., 2011).

## Probiotika

Die Verwendung von Probiotika folgt einem traditionellen Konzept, das sowohl in der Ernährung von Menschen als auch von Tieren seit langem befolgt wird. Probiotika können beim Tier zu einer Stabilisierung der Leistung sowie zu einer Prävention gegenüber Erkrankungen führen (Simon, 2010). Die wesentlichen Wirkmechanismen probiotischer Bakterien liegen auf der Ebene der intestinalen Mikrobiota, indem dort pathogene Keime bzw. unerwünschte Bakterien verdrängt werden und die positiv wirksamen Vertreter der intestinalen Mikrobiota gefördert werden. Das ist zumindest eine Theorie zur Erklärung der Wirkungen. Weiterhin wird postuliert, dass probiotische Bakterien einen positiven Effekt auf das Immunsystem von Tieren haben sollen und die Funktion der Darmwand unterstützen. In der Europäischen Union sind verschiedene probiotische Bakterien für Schweine zugelassen. Ihre Effizienz hängt ab von der Verabreichung einer ausreichenden Zahl lebender Mikroorganismen sowie ihrer Überlebensrate im Tier. Unstrittig ist, dass viele der als Probiotika zugelassenen Produkte eine effektive Besiedlung des Gastrointestinaltrakts ermöglichen. Die

Konzentrationen, die im Intestinaltrakt erzielt werden, sind in Relation zur gesamten intestinalen Mikrobiota allerdings eher gering. Trotzdem kann es zu einer Interaktion mit den Mikroorganismen und in der Folge mit dem Darm bzw. dem Gesamtorganismus kommen. Verschiedene Studien der letzten Jahre konnten zeigen, dass beim Ferkel die Gabe von Probiotika zu einer Beeinflussung der Gesamtzusammensetzung und in geringem Umfang auch der Stoffwechselaktivität der intestinalen Mikrobiota kommt. Eigene Untersuchungen konnten zeigen, dass es zu einer Beeinflussung der Mikrobiota im Verdauungstrakt von Sauen und auch von Ferkeln kommt. Insofern ist in der Praxis möglicherweise daran zu denken, dass man über die probiotische Fütterung von Sauen gleichzeitig einen Gesundheitseffekt beim Ferkel erzielen kann. Dieses ist jedoch abhängig vom zugeführten Bakterienstamm und bislang noch nicht so eindeutig klar, dass man daraus für alle vorhandenen Produkte eine generelle Empfehlung geben kann (Martin et al., 2012; Scharek et al., 2007a; Scharek et al., 2007b). Es liegen in der Literatur zahlreiche Untersuchungen vor, die zeigen, dass bestimmte probiotische Bakterien zu einer Verbesserung der Tiergesundheit führen können. Einerseits konnte gezeigt werden, dass die Mikroorganismen im Verdauungstrakt beeinflusst werden, dass es auch zu einer Beeinflussung der Virenkonzentrationen im Darm kommt und dass durch Probiotika eine Reduktion des Durchfallgeschehens unter experimentellen Bedingungen zu beobachten ist. Verschiedene Laktobazillen oder auch *Bacillus*-Stämme konnten in diesem Zusammenhang als wichtige Einflussfaktoren dargestellt werden. Laufende Untersuchungen beschäftigen sich gerade mit den Effekten verschiedener probiotischer Bakterienstämme auf die intestinale Mikrobiota und das Immunsystem von Ferkeln. Es zeigt sich zunehmend, dass bestimmte Stämme eine „Dämpfung“ immunologischer Prozesse bewirken, während andere Bakterienstämme einen gegenteiligen Effekt haben. Insofern deutet sich an, dass die Empfehlungen zum Einsatz von Probiotika in Abhängigkeit von der jeweiligen Situation im Bestand zu treffen sind. Bei eher überschießenden immunologischen Reaktionen könnte es also künftig sinnvoll sein, Probiotika einzusetzen, die einen dämpfenden Effekt auf das Immunsystem haben. Auf der anderen Seite könnte es sich in akuten Situationen anbieten, Probiotika einzusetzen, die das Immunsystem stimulieren und damit zu einer vermehrten Elimination von Krankheitserregern führen. Insgesamt zeigt sich, dass die verschiedenen am Markt befindlichen Probiotika sehr spezifische Effekte beim Ferkel haben. Die Wirkmechanismen sind jedoch weiter aufzuklären und zu präzisieren.

## Phytogene Zusatzstoffe

Als dritte Gruppe von Zusatzstoffen, die für die Tiergesundheit von Interesse sind, sollen die pflanzlichen Futterzusatzstoffe angesprochen werden. Hier handelt es sich um eine extrem vielfältige Gruppe von Substanzen, die einerseits auf die Mikroorganismen des Verdauungstrakts, aber auch auf den Wirtsorganismus Einfluss nehmen können (Windisch et al., 2008). Es handelt sich um Pflanzen aus der Gruppe der Gewürze und Kräuter, aber auch um Pflanzenteile, wobei Samen, Früchte oder auch Wurzeln verarbeitet werden, sowie um Extrakte, zum Beispiel ätherische Öle. Die möglichen Wirkungen pflanzlicher Zusatzstoffe beziehen sich zum Teil auf Ihre Effekte als Aromastoff zurückzuführen. Daher steht eine Steigerung der Futteraufnahme zu erwarten. Weiterhin werden als Wirkmechanismen diskutiert, dass pflanzliche Zusatzstoffe die Sekretion von Verdauungsenzymen steigern, dass sie antibakteriell wirken, dass sie im Stoffwechsel antioxidative Eigenschaften haben und dass sie darüber hinaus auch eine immunstimulierende Wirkung haben können. Bei diesem breiten Wirkspektrum bleibt nicht aus, dass die Charakterisierung exakter Mechanismen für einzelne Produkte relativ schwierig ist. Dieses wird insbesondere dadurch verkompliziert, dass bei den verwendeten Pflanzen bzw. Extrakten häufig ein Gesamtspektrum von Wirkstoffen vorliegt, deren Gehalte nicht stabil sind. Dieses bedeutet, dass entsprechende Produkte unbedingt standardisiert erzeugt werden müssen, sodass gleichbleibende Qualitäten verfügbar gemacht werden. Hinsichtlich der möglichen Effekte auf die Leistung bzw. dem Futteraufwand liegt eine Vielzahl von Untersuchungen vor. Es kristallisiert sich heraus, dass in vielen der publizierten Arbeiten ein positiver Effekt auf den Futteraufwand festzustellen ist (Windisch et al., 2008). Hinsichtlich der

verdauungsfördernden Effekte und der Beeinflussung der Nährstoffverdaulichkeit liegen deutlich weniger Untersuchungen vor. Es konnte jedoch in der Vergangenheit gezeigt werden, dass bestimmte Produkte tatsächlich eine Verbesserung der präzökalen Nährstoffverdaulichkeit beim Schwein oder auch beim Geflügel bewirken. Hinsichtlich möglicher antibiotischer Effekte im Verdauungstrakt gibt es nur wenige Untersuchungen. Während im Labor beim Einsatz hoher Konzentrationen hemmende Effekte auf Mikroorganismen festgestellt werden können, sind die Konzentrationen im Verdauungstrakt häufig sehr niedrig und es kommt zu einer relativ schnellen Resorption. Insgesamt gesehen bedarf dieser Bereich noch einer weiteren Bearbeitung, wobei in den letzten Jahren deutliche Fortschritte zu verzeichnen waren und erste Präparate eine Zulassung erhalten haben.

## Schlussfolgerung

Futterzusatzstoffe stellen einen wichtigen Bestandteil zur Sicherung der Tiergesundheit in der Praxis dar. Aus wissenschaftlicher Sicht sind die Abklärung der Wirkungsmechanismen von hoher Relevanz. Dadurch können neue Erkenntnisse erwartet werden, die dazu beitragen, in der Zukunft eine höhere Effizienz zu erreichen und damit auch den Einsatz von Arzneimitteln, der aus gesellschaftlicher Sicht kritisiert wird, zu reduzieren.

## Literatur

- Campbell, J.M., Crenshaw, J.D., Polo, J., 2013, The biological stress of early weaned piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 4.
- D'Inca, R., Kloareg, M., Gras-le Guen, C., Huerou-Luron, I.I., 2010, Intrauterine growth restriction modifies the developmental pattern of intestinal structure, transcriptomic profile, and bacterial colonization in neonatal pigs. *Journal of Nutrition* 140, 925-931.
- Heo, J.M., Opapeju, F.O., Pluske, J.R., Kim, J.C., Hampson, D.J., Nyachoti, C.M., 2013, Gastrointestinal health and function in weaned pigs: a review of feeding strategies to control post-weaning diarrhoea without using in-feed antimicrobial compounds. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 97, 207-237.
- Lalles, J.P., Bosi, P., Janczyk, P., Koopmans, S.J., Torrallardona, D., 2009, Impact of bioactive substances on the gastrointestinal tract and performance of weaned piglets: a review. *Animal* 3, 1625-1643.
- Martin, L., Pieper, R., Kroger, S., Boroojeni, F.G., Vahjen, W., Neumann, K., Kessel, A.G.v., Zentek, J., 2012, Influence of age and *Enterococcus faecium* NCIMB 10415 on development of small intestinal digestive physiology in piglets. *Animal Feed Science and Technology* 175, 65-75.
- Miller, B.G., James, P.S., Smith, M.W., Bourne, F.J., 1986, Effect of weaning on the capacity of pig intestinal villi to digest and absorb nutrients. *Journal of Agricultural Science, UK* 107, 579-589.
- Partanen, K.H., Mroz, Z., 1999, Organic acids for performance enhancement in pig diets. *Nutrition Research Reviews* 12, 117-145.
- Pluske, J.R., 2013, Feed- and feed additives-related aspects of gut health and development in weanling pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 4.
- Scharek, L., Altherr, B.J., Tolke, C., Schmidt, M.F.G., 2007a, Influence of the probiotic *Bacillus cereus* var. *toyoi* on the intestinal immunity of piglets. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 120, 136-147.
- Scharek, L., Guth, J., Filter, M., Schmidt, M.F.G., 2007b, Impact of the probiotic bacteria *Enterococcus faecium* NCIMB 10415 (SF68) and *Bacillus cereus* var. *toyoi* NCIMB 40112 on the development of serum IgG and faecal IgA of sows and their piglets. *Archives of Animal Nutrition* 61, 223-234.
- Simon, O., 2010, An interdisciplinary study on the mode of action of probiotics in pigs. *Journal of Animal and Feed Sciences* 19, 230-243.
- Vahjen, W., Pieper, R., Zentek, J., 2011, Increased dietary zinc oxide changes the bacterial core and enterobacterial composition in the ileum of piglets. *Journal of Animal Science* 89, 2430-2439.
- Windisch, W., Schedle, K., Plitzner, C., Kroismayr, A., 2008, Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science* 86, E140-E148.
- Zentek, J., Buchheit-Renko, S., Ferrara, F., Vahjen, W., Van Kessel, A.G., Pieper, R., 2011, Nutritional and physiological role of medium-chain triglycerides and medium-chain fatty acids in piglets. *Animal Health Research Reviews* 12, 83-93.

**Autorenanschrift**

Prof. Dr. Jürgen Zentek  
Institut für Tierernährung  
Freie Universität Berlin  
Königin-Luise-Str. 49  
14195 Berlin  
Tel: 030 838 52256  
Fax: 030 838 55938



## Services for the Animal Health and Nutrition Industry

---

- ▾ Full Project Management
- ▾ Strategic Consultancy
- ▾ Safety and Efficacy Studies
- ▾ Feed Additive Applications



KLIFOVET AG

Geyerspergerstraße 27

D-80689 München

**Phone** +49 (0) 89 58 00 82 0

**Fax** +49 (0) 89 58 00 82 77 77

**E-Mail** [info@klifovet.com](mailto:info@klifovet.com)

[www.klifovet.com](http://www.klifovet.com)



## **Gesundheitliche Beurteilung von Futtermitteln – Grenzwerte und Risiken am Beispiel von Mykotoxinen**

**Hans Schenkel**

Landesanstalt für Landwirtschaftliche Chemie, Universität Hohenheim

Beitrag wird nachgereicht und erscheint in der Onlineversion des Tagungsbandes.

### **Autorenanschrift**

Professor Dr. Hans Schenkel  
Landesanstalt für Landwirtschaftliche Chemie  
Universität Hohenheim  
Emil-Wolff-Str. 12  
70599 Stuttgart, Deutschland  
schenkel@lachimie.uni-hohenheim.de

## Die Hochleistungskuh: Wenn die Leistung zur Last wird!

**Holger Martens**

Institut für Veterinär-Physiologie – Freie Universität Berlin

### Einleitung

In der frühen postpartalen Phase treten gehäuft Krankheiten wie Nachgeburtsverhalten (häufig als Folge einer Hypocalcämie/Gebärparese), Metritis, Endometritis, Labmagenverlagerungen, Mastitis, Indigestionen, Lahmheiten, Störungen der Zyklusregulation sowie subklinische und klinische Ketose auf (Ingvarlsen und Andersen, 2000; Ingvarlsen et al., 2003; Buttchereit et al., 2012, Moyes. et al, 2013; Suthar et al., 2012). Die Erkrankungsraten sind hoch und in der Regel ist mehr als die Hälfte der Tiere einer Kuhherde betroffen. So erkrankten in einer Feldstudie in Dänemark von 240 Kühen 127 (57 %; insgesamt 203 Diagnosen) in der ersten Woche p.p (Moyes et al., 2013). Buttchereit et al. (2012) analysierten die Erkrankungen von Färsen in einer Versuchsherde von 2000 – 2010. Von den 1693 Färsen erkrankten in den ersten 180 Tagen der Laktation 24.6 % an Mastitis, 28.2 % an Lahmheiten und 9.7 % an Stoffwechselstörungen. Über hohe Erkrankungsraten berichtet auch Rudolphi (2012). Etwa 75 % der Kühe erkrankten im Verlauf der Laktation (305 Tage). Als Folge der Erkrankungen werden in diesem Stadium der Laktation hohe Abgangsraten (Münch und Richter, 2012) sowie auch Todesfälle beobachtet (Miller et al., 2008).

Die Problematik der hohen Erkrankungsraten der Kühe ist wiederholt in umfangreichen Publikationen wie z. B. von Ingvarlsen (2006) zusammengefasst worden. In verschiedenen Zeitschriften wurden Aspekte der sogenannten „Production Diseases“ in Extraausgaben abgehandelt: *Animal Feed Science and Technology*, Vol. 126 Juni 2006; *The Veterinary Journal*, Vol. 176, April 2008; *Vet. Clinic of North America. Food Animal Practice*, Vol. 29, Juli 2013.

Die vorliegende Arbeit beinhaltet zwei Aspekte dieses Themenspektrums. Es wird zunächst a) auf die weiterhin kontroverse Diskussion der Korrelation zwischen Leistung und Krankheitsrisiken eingegangen und b) am Beispiel der Ketose aufgezeigt, dass Leistung und Erkrankung kausal korrelieren.

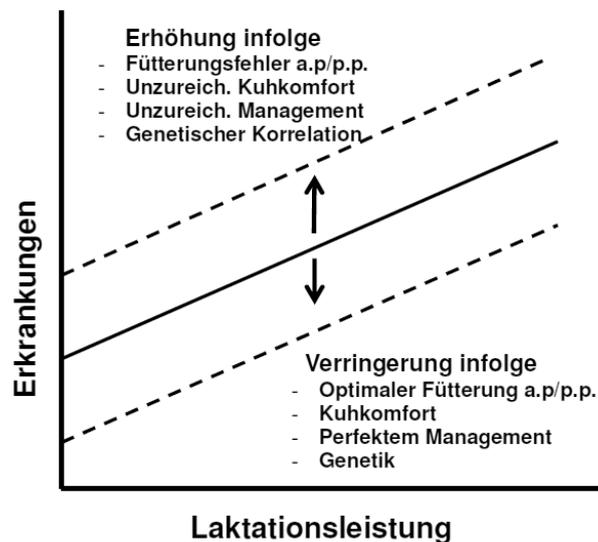
### Leistung und Krankheitsrisiken

Die Zunahme der Milchleistung und das vermehrte Auftreten von Erkrankungen haben schon vor vielen Jahren zu der Vermutung geführt, dass diese Parameter miteinander korrelieren. Die zu dieser Problematik vorliegenden Publikationen sind jedoch widersprüchlich (Tab. 1) und lassen daher keine allgemeine Schlussfolgerung zu.

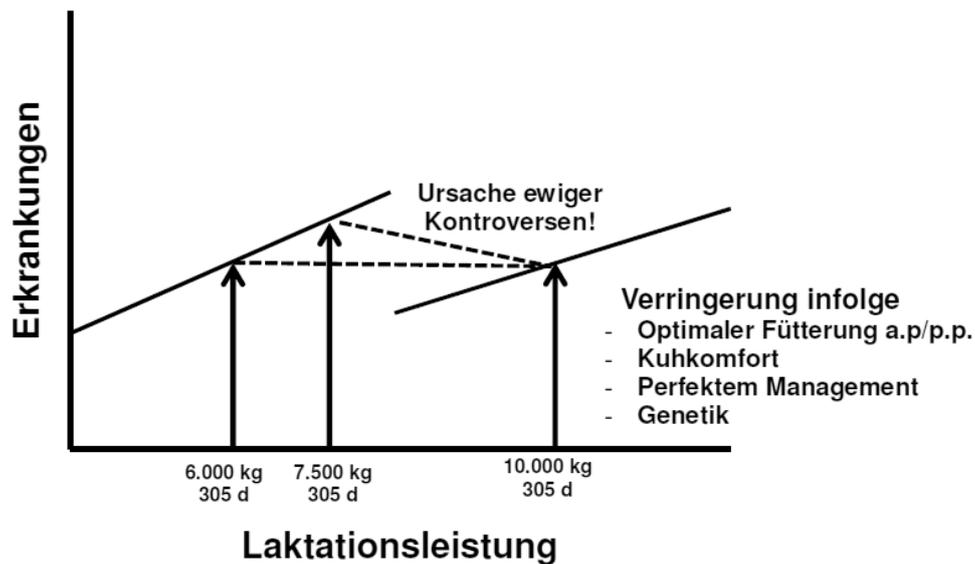
**Tabelle 1:** Zusammenstellung von Untersuchungen über mögliche Korrelationen zwischen Leistung und Gesundheitsrisiken. Es handelt sich um zufällige Beispiele, die aber den kontroversen Sachverhalt wiedergeben.

Autor	Risiko Ja	Risiko Nein
Gravert und Schröder, 1971	Ja	
Gröhn et al., 1955		Nein
Fleischer et al., 2001	Ja	
Ingvartsen et al., 2003		Nein
Wangler und Harms, 2009		Nein
Luczak et al., 2009	Ja	

Zur Klärung dieser Widersprüche wurde die Hypothese aufgestellt, dass grundsätzlich eine Korrelation zwischen Leistung und Erkrankungen vorliegt (Abb. 1). Eine weitere wesentliche Annahme diese Arbeitshypothese ist die große Schwankungsbreite der vorgeschlagenen Korrelation (Abb. 1) infolge der Umweltfaktoren Management, Fütterung, Kuhkomfort und der bekannten genetischen Korrelationen zwischen Milchleistung und Mastitis oder Ketose (Simianer et al., 1991). Wenn jetzt in Feldstudien die Inzidenz von Erkrankungen zwischen Betrieben mit ganz unterschiedlicher Qualität der Umweltfaktoren zufällig zusammengefasst wird, ergibt sich der in der Abb. 2 dargestellte Zusammenhang.



**Abbildung 1:** Hypothese Leistung und Erkrankungen. Es wird angenommen, dass eine Beziehung zwischen Laktationsleistung und Erkrankungen vorliegt (durchgezogene Linie), die jedoch eine große Schwankungsbreite infolge unterschiedlicher Fütterung, des Kuhkomforts, der genetischen Ausstattung und der Qualität des Managements aufweist.



**Abbildung 2:** Schematische Darstellung zwischen der Laktationsleistung und der Inzidenz von Erkrankungen in Herden mit unterschiedlicher Leistung und unterschiedlicher Qualität der Umweltfaktoren wie Management, Fütterung, Kuhkomfort und Genetik. Näheres siehe Text.

Betriebe mit hoher Qualität der Umweltfaktoren weisen dann u. U. eine geringere Krankheitsinzidenz auf als durchschnittliche Betriebe. Damit wird aber die grundsätzliche Beziehung zwischen Leistung und Krankheitsinzidenz nicht aufgehoben, sondern das Geschehen wird durch das betriebsindividuelle Niveau bestimmt. Zwei weitere Faktoren unterstützen die Annahme einer Korrelation zwischen Leistung und Krankheitsinzidenz. Berry et al. (2011) hat in einem Review über Tierzucht (Milchkuh) eine Reihe von genetischen Korrelationen zwischen der Milchleistung und z. B. Erkrankungen wie Mastitis oder Ketose aufgezeigt. Ferner haben Miller et al. (2008) eine Korrelation zwischen der Milchleistung und Todesfällen bei Kühen in den USA nachgewiesen. Da anzunehmen ist, dass Kühe, bevor sie sterben, erkrankt sind, bedeutet eine Korrelation zwischen Milchleistung und Todesfällen automatisch auch eine Korrelation zwischen Milchleistung und Erkrankungen. Eine entsprechende Korrelation haben auch Alvåsen et al. (2012) zwischen der Milchleistung und Todesfällen bei schwedischen HF Kühen beobachtet. Die Diskussion dieser Problematik sollte sich daher zukünftig auf die Problematik der hohen Erkrankungs- und Abgangsraten beschränken.

## LEISTUNG UND KETOSE

Die Ursachen der o. a. Erkrankungen sind vielfältig und nicht in jedem Fall eindeutig geklärt. Es fällt jedoch auf, dass viele der genannten Erkrankungen mit der negativen Energiebilanz (NEB) in dieser Laktationsphase korrelieren. Die NEB verursacht eine verstärkte Lipolyse und einen Anstieg der NEFA Konzentration. Die Gesundheitsrisiken dieser Veränderung des Stoffwechsels wurden schon früh als „Fat Cow Syndrome“ oder Fettmobilisationssyndrom erkannt (Morrow, 1976). Diese globale Beschreibung wurde in den Folgejahren spezifiziert und in entsprechenden Übersichtsarbeiten wurden Beziehungen zwischen NEB und Ketose (Baird, 1981), zwischen NEB und Leberverfettung (Herdt, 2000; Geelen und Wensing, 2006), Immunsuppression (Goff, 2006), Lahmheiten (Bicalho et al., 2009), Infektionskrankheiten (Sordillo et al., 2009) und Fruchtbarkeitsstörungen aufgezeigt (Butler, 2003). Die Beziehung zwischen NEB, Anstieg der NEFA Konzentration und der Bildung von Ketonkörpern sind allgemein bekannt und es überrascht daher nicht, dass Hyperketonämien auch mit Gesundheitsrisiken wie Fruchtbarkeitsstörungen (Baird, 1982), Labmagenverlagerung (Geishauser et

al, 1997), Metritis (Duffield et al., 2009), Schweregrad der Mastitis (Suriyathaporn et al., 2000), verringerter Milchproduktion (Duffield et al., 2009), Lahmheiten (Suthar et al., 2012) oder vorzeitigem Ausscheiden korrelieren (Seifi et al., 2011).

Das Ausmaß der NEB hat als Folge der Selektion auf hohe Milchleistung zugenommen (Näheres siehe Martens, 2012 und 2013) und die Dauer der NEB erstreckt sich u. U. auf über 100 Tage p.p. (Bulang et al., 2006; Steinwigger und Gruber, 2002). Als Folge werden auch vermehrt klinische und subklinische Ketosen beobachtet (Suthar et al., 2012). Im Mittel ergab sich in dieser Untersuchung eine Inzidenz der subklinischen Ketose ( $\geq 1.2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  BHB im Blut) von 21.5 % mit einer minimalen bzw. maximalen Inzidenz von 11.2 und 36.6 %. Die entsprechenden Werte für die klinische Ketose betragen 3.7, 0.7 und 11.1 %. Im ungünstigen Fall kann also in der Summe eine Inzidenz von subklinischer und klinischer Ketose von fast 50 % vorliegen. Die große Schwankungsbreite des Auftretens der subklinischen Ketose wurde auch in anderen Untersuchungen beobachtet (Duffield et al., 2000; McArt et al., 2012) und kann daher wahrscheinlich als repräsentativ angesehen werden.

Die Pathogenese der Ketose infolge der NEB, Lipolyse, Anstieg der NEFA Konzentration, Fettleber und vermehrte Bildung von Ketonkörpern ist bekannt (Bobe et al., 2004; Herdt, 2000). Das Verständnis für das vermehrte Auftreten von Hyperketonämien lässt sich erheblich erweitern, wenn man die Regulation des Energiestoffwechsels in der Transitphase einbezieht.

*Transitphase und NEB:* Als Transitphase wird die Zeitspanne 3 Wochen vor und 3 Wochen nach der Geburt angesehen (Grummer, 1995). In dieser Phase erfolgen maßgebliche hormonelle, biochemische und metabolische Veränderungen zur Sicherstellung des Abschlusses des letzten Abschnitts der Trächtigkeit mit den größten Zuwachsraten des Kalbes (Bell, 1995), der Geburt des Kalbes und der Vorbereitung der Milchdrüse auf die Sekretion des Kolostrums und anschließend der Milch. Diese Leistungen sind mit Veränderungen u. a. des Energiestoffwechsel verbunden (Bauman, 2000; Ingvarsen, 2006) und werden begleitet von Konzentrationsveränderungen u. a. von z. B. Progesteron, Östrogen, Glucocorticoiden, Wachstumshormon, Leptin, Insulin und Glucagon (vollständige Liste der Hormone siehe Ingvarsen [2006]).

*Homeorhese:* Die Komplexität dieser Vorgänge haben Bauman und Currie (1980) veranlasst, einen Begriff auf diese Situation zu übertragen, der aus der Biologie für komplexe Regulationssysteme bekannt war: Homeorhese. Als Homeorhese wird z. B. die Regulation des Wachstums oder des Winterschlafs angesehen. Die genannten Beispiele der Homeorhese zeichnen sich dadurch aus, dass es sich um A) länger andauernde oder chronische Prozesse handelt, B) mehrere Organe beteiligt sind, C) Regelgrößen verändert werden können wie z. B. beim Winterschlaf die Körpertemperatur und D) die geregelten Prozesse Feedbackmechanismen zur Kontrolle aufweisen. Bauman und Currie (1980) beschreiben die Homeorhese der peripartalen komplexen Regulationsvorgänge der Kuh als „Orchestrated changes for the priorities of a physiological state, i.e. coordination of metabolism in various tissues to support a physiological state“. Diese Beschreibung ist sehr global, aber sie erlaubt eine Präzisierung, wenn man sich in der Transitphase auf die Veränderungen des Energiestoffwechsels als „physiological state“ beschränkt. Martens (2013) hat die Mechanismen der homeorhetischen Regulation des Energiestoffwechsels der Kuh analysiert und die oben genannten Kriterien der Homeorhese (A - C) erläutert. Das vierte Kriterium – **Feedbackmechanismus zur Kontrolle** - ist überraschenderweise nicht nachweisbar.

Diese fehlende Rückkoppelung verursacht eine erhebliche Belastung des Energiestoffwechsels der Kuh, der in der peripartalen Phase durch 3 wesentliche Veränderungen charakterisiert ist: A) Die Futteraufnahme (Trockensubstanzaufnahme = TM-Aufnahme) wird schon 10 – 12 Tage vor der Geburt reduziert und durchläuft bezogen auf die Aufnahme vorher am Tag der Geburt mit einer Reduktion von 20 – 40 % eine maximale Verringerung. Der Energiebedarf nimmt aber in dieser Phase für das foetale Wachstum stetig zu. B) Die Erhöhung der TM-Aufnahme nach der Geburt verläuft verzögert und erreicht ihr Maximum erst nach 6- 8 Wochen (Gravert, 1985). C) Die Steigerung der Milchsekretion erfolgt dagegen schnell und nicht selten wird schon nach 5 – 6 Wochen die maximale

Milchleistung erreicht. Weil der Energiebedarf und die TM-Aufnahme in dieser Laktationsphase nicht eng gekoppelt sind, wird schon häufig vor der Geburt eine NEB beobachtet, die in den ersten Wochen p.p. ihre maximale Auslenkung erreicht. Als Folge ergibt sich eine Entkoppelung der Futterraufnahme von der Milchleistung (= Energiebedarf) mit der Konsequenz der o. a. lang andauernden NEB.

*Heritabilität für Milchleistung, Mobilisation und Futterraufnahme:* Die Heritabilitäten für die Milchleistung, für die Energiebilanz (= Bereitschaft zur Mobilisation) sind in den ersten Wochen p.p. hoch (Hüttmann et al., 2009). Diese genetische Disposition ist in der Tierzucht für die Selektion auf hohe Einsatzleistung und schnellen Anstieg zur maximalen Milchleistung genutzt worden und charakteristisch für die heutige moderne Milchkuh. Als Konsequenz ergibt sich auch eine hohe Heritabilität für die BHB Konzentration (Oikonomou et al., 2008) und den Fetteiweißquotienten in der frühen Laktation (Buttchereit et al., 2012). Dagegen ist die Heritabilität für die TM-Aufnahme in dieser Phase sehr gering und kann daher züchterisch auch nicht genutzt werden (Hüttman et al., 2009).

Diese genetische Diskrepanz hinsichtlich der Heritabilität der Milchleistung einschließlich der Bereitschaft zur Mobilisation (hoch) und der TM-Aufnahme (gering) wird durch phänotypische Daten über die Beziehung zwischen der Milchleistung und der Futterraufnahme im Verlauf der Laktation bestätigt. Gruber et al. (2006) haben am Anfang der Laktation einen Koeffizienten zwischen TM-Aufnahme und Milchleistung (kg TM Aufnahme/kg Milch) von nur 0.1, am Ende der Laktation von 0.22 und im Mittel der gesamten Laktation von 0.16 beobachtet. Die phänotypischen Beobachtungen über die TM-Aufnahme entsprechen in etwa den Veränderungen der Heritabilität für diesen Parameter im Verlauf der Laktation (Hüttman et al., 2009).

*Homeorhese und Ketose:* Die heute übliche Milchleistung schließt somit zu Beginn der Laktation fast immer eine NEB ein, die wiederum (siehe oben) als Gesundheitsrisiko anzusehen ist. Diese mögliche Konsequenz haben Bauman und Currie (1980) durchaus auch erkannt. Sie maßen der homeorhetischen Regulation eine hohe Priorität zu und schlussfolgerten „Nature has accorded a high priority to the function of pregnancy and milk secretion allowing them to proceed at the expense of other metabolic processes even to point, that a “disease state” or “even (a) pathological state” is created (Vernon, 1998). Als Folge eines physiologischen Regulationsprozesses (Homeorhese) ist also eine pathophysiologische Nebenwirkung durchaus möglich. Dieses Risiko wurde im Hinblick auf die Ketose von Baird (1977) aufgezeigt: The priority given to milk yield in early lactation is evident from the reaction of the lactating cow to food deprivation: From about 14 to 35 days p.p. the cow will attempt to maintain milk yield and as a result become ketotic. Later in lactation milk yields falls rapidly ... and ketosis is avoided“. Schon 1981 wurde diese spezifische Reaktionsweise der Kuh der Homeorhese zugeordnet: “Cows are only susceptible to the disorder (ketosis) during early lactation, when the homeorhetic stimulus to lactate is at maximum” (Baird, 1981). Der Übergang einer physiologischen Reaktion (Homeorhese) in die Pathophysiologie der Ketose ist eine Konsequenz der homeorhetischen Regulation des Energiestoffwechsel für die Milchsekretion: Entkoppelung der Milchsekretion von der TM-Aufnahme mit dem Risiko der NEB. Zu dieser Entwicklung hat sicherlich ganz wesentlich das o.a. fehlende Feedbacksystem beigetragen.

*NEB und Ketogenese:* Die NEB verursacht schon häufig a.p. einen Anstieg der NEFA im Blut. Der starke Anstieg der NEFA kann eine Verfettung der Leber sowie eine erhöhte Ketogenese induzieren. Übersehen wird jedoch häufig, dass die Ketogenese einen Feedbackmechanismus aufweist, der einer vermehrten Produktion von Ketonkörpern entgegen wirkt. Es handelt sich hierbei um die durch Betahydroxybuttersäure (BHB) induzierte Insulinfreisetzung, die Lipolyse und Gluconeogenese hemmt (Williamson, 1981; Laffel, 1999). Dieser Feedbackmechanismus wurde schon von Kronfeld (1971) vermutet. Eine Infusion von BHB bei Schafen erhöhte die Insulinkonzentration im Blut ( $p < 0.1$ ) und eine signifikant vermehrte Freisetzung von Insulin aus dem Pankreas (Heitmann und Fernandez, 1986). Als Konsequenz ergibt sich eine Verringerung der Konzentration von Glucose (Radcliffe et al., 1983; Schlumbohm und Harmeyer, 2004), der NEFA und von Glycerin im Blut (Harmeyer und Schlumbohm, 2006). Dieser auch für Wiederkäuer nachgewiesene Mechanismus ist wahrscheinlich sehr häufig

gestört, weil infolge der hohen NEFA Konzentrationen eine pathologische Insulinresistenz vorliegt (Pires et al., 2007). Damit ergibt sich eine für die Kuh in doppelter Hinsicht problematische Situation. Die Homeorhese weist keinen Feedbackmechanismus auf und verursacht infolge des häufigen Melkens und der Selektion auf hohe Milchleistung eine verstärkte Lipolyse. Die über den Bedarf anfallenden NEFA erhöhen die Ketogenese und damit die Konzentration auch von BHB, das unter physiologischen Bedingungen eine Insulinfreisetzung verursacht und damit die Ketogenese limitiert. Dieser Feedbackmechanismus ist jedoch infolge der häufig zu beobachtenden „pathophysiologischen“ Insulinresistenz gestört und unzureichend wirksam. Somit wird das Entstehen von Hyperketonämien durch ein fehlendes Feedbacksystem (Homeorhese) und durch ein gestörtes Feedback System (BHB abhängige Insulinfreisetzung) begünstigt.

## Schlussfolgerung

Die Problematik der hohen Erkrankungsraten der Kühe ist wiederholt in umfangreichen Publikationen wie z. B. von Ingvarsten (2006) zusammengefasst worden. Die ganz unterschiedlichen Erkrankungen haben vielfältige Ursachen und zeichnen sich in der Regel nur durch die eine Gemeinsamkeit auf, dass sie in der frühen Laktation mit der NEB auftreten (Ingvarsten et al., 2003; Buttchereit et al., 2012; Moyes et al., 2013). Die phänotypische Korrelationen zwischen der NEB (oder Parametern der NEB wie NEFA/BHB) und ganz unterschiedlichen Erkrankungen sind wiederholt beschrieben worden (siehe oben) und lassen sich zumindest teilweise kausal begründen. Das trifft z. B. für die Beziehung zwischen NEB und Fruchtbarkeitsstörungen (Martens, 2012), zwischen NEB, Fettleber und Ketose (Bobe et al., 2004, Martens, 2013) und zwischen NEB und bestimmten Klauenerkrankungen zu (Bicalho et al., 2009).

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht, die Mechanismen der NEB aufzuzeigen. Die Analyse der publizierten Befunde hat zu dem überraschenden Befund geführt, dass als Folge der homeorhetischen Regulation des Energiestoffwechsels die Milchleistung (und damit der Energiebedarf) von der Futteraufnahme entkoppelt werden kann. Die daraus resultierende NEB ist ohne Zweifel als erhebliches Gesundheitsrisiko einzuschätzen. Aus diesem Grunde sind alle Anstrengungen zu unternehmen, Ausmaß und Dauer der NEB zu reduzieren. Das schließt neben üblichen Managementmaßnahmen wie optimale Fütterung a.p. und p.p. auch eine Überprüfung der Zuchtziele ein. Hohe Einsatzleistung und schneller Anstieg zur maximalen Milchleistung sind als prädisponierende Faktoren der NEB und somit von Gesundheitsrisiken anzusehen.

## Literatur

- Alvåsen, K., Mörk, M., Sandgren, H., Thomsen, P. T., Emanuelson, U. (2012): Herd-level risk factors associated with cow mortality in Swedish dairy herds. *Journal of Dairy Science* 95, 4352-4362.
- Baird, G. (1977): Aspects of ruminant intermediary metabolism in relation to ketosis. *Biochemical Society Transactions* 5, 819-827.
- Baird, G. (1981): Lactation, pregnancy and metabolic disorders in the ruminant. *Proceedings of the Nutrition Society* 40, 115-120.
- Baird, G. (1982): Primary ketosis in high-producing dairy cow: Clinical and subclinical disorders, treatment, prevention, outlook. *Journal of Dairy Science* 65, 1-10.
- Bauman, D., Currie, E. (1980): Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation. *Journal of Dairy Science* 63, 1514-1529.
- Bauman, D. (2000): Regulation of nutrient partitioning during lactation: Homeostasis and homeorhesis revisited. In: *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction*. (Ed. P. B. Cronje). CAB International. P. 311-328.
- Bell, A. (1995): Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *Journal of Animal Science* 73, 2804-2819.

- Berglund, B., Danell, B. (1987): Live weight changes, feed consumption, milk yield and energy balance in dairy cattle during first period of lactation. *Acta Agriculture Scandinavica* 37, 495-509.
- Berry, D., Bermingham, M. L. Good, M., Simon, J. (2011): Genetics of animal health and disease in cattle. *Irish Veterinary Journal* 64, 5-10.
- Bicalho, R., Machado, V., Caixata, L. (2009): Lameness in dairy cattle: A debilitating disease or a disease of debilitated cattle? A cross-sectional study of lameness prevalence and thickness of digital cushion. *Journal of Dairy Science* 92, 3175-3185.
- Bobé, G., Young, J., Beitz, D. (2004) Invited review: Pathology, etiology, prevention, and treatment of fatty liver in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 87, 3105-3124.
- Bulang, M., Kluth, H., Engelhard, T., Spilke, J., Rodehutsord, M. (2006): Studies on the use of lucerne silage source for high-milk-producing dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 90, 89-102.
- Butler, R. (2003): Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livestock Production Science* 83, 211-218.
- Butler, S., Marr, A., Pelton, S., Radcliff, R., Lucy, M., Butler, R. (2003): Insulin restores GH responsiveness during lactation-induced negative energy balance in dairy cattle: effects on expression of IGF-I and GH receptor 1A. *Journal of Endocrinology* 176, 205-217.
- Buttchereit, N., Stamer, E., Junge, W., Thaller, G. (2012): Genetic parameters for energy balance, fat/protein ratio, body conditons score and disease traits in German Holstein cows. *Animal Breeding and Genetics* 129, 280-288.
- Duffield, T., Lissemore, K., McBride, B., Leslie, K. (2000): Subclinical ketosis in lactating dairy cattle. *Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice* 16, 231-253.
- Duffield, T., Lissemore, K., McBride, B., Leslie, K. (2009): Impact of hyperketonemia in early dairy cows on health and production. *Journal of Dairy Science* 92, 571-580.
- Fleischer, P., Metzner, M., Beyerbach, M., Hoedemaker, M., Klee, W. (2001): The relationship between milk yield and the incidence of some diseases in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 84, 2025-2035.
- Geelen, M., Wensing, T. (2006): Studies on hepatic lipidosis and coinciding health and fertility problems of high-producing dairy cows using the "Utrecht fatty liver model of dairy cows". A review. *Veterinary Quarterly* 28, 90-104.
- Geishauer, T., Leslie, K., Duffield, T., Edge, V. (1997): An evaluation of milk ketone tests for the prediction of left displaced abomasum in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 80, 3188-3192.
- Goff, J. (2006): Major advances in our understanding of nutritional influences on bovine health. *Journal of Dairy Science* 89, 1292-1301.
- Gravert, H. O., Schröder, E. (1972): Erhebung über tierärztliche Hilfe bei Milchkühen. *Züchtungskunde* 44, 75-80.
- Gravert, H. (1985): Genetic factors controlling feed efficiency. *Livestock Production Science* 13, 87-99.
- Gröhn, Y., Eicker, S., Hertl, J. (1995): The association between previous 305-day milk yield and disease in New York State dairy cows. *Journal of Dairy Science* 78, 1693-1702.
- Gruber, L., Pries, M., Schwarz, F.-J., Spiekens, H., Staudacher, W. (2006): DLG-Information Issue 1, 2-29.  
<http://www.dlg.org/fachinfos-rinder.htm>
- Grummer, R. (1995): Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *Journal of Animal Science* 73, 2820-2833.
- Harmeyer, J., Schlumbohm, C. (2006): Pregnancy impairs ketone body disposal in late gestating ewes: implications for onset of pregnancy toxemia. *Research in Veterinary Science* 81, 254-264.
- Heitmann, R., Fernandez, J. (1986): Autoregulation of alimentary ketogenesis in sheep. *Journal of Dairy Science* 69, 1270-1281.
- Herd, T. H. (2000): Ruminant adaptation to negative energy balance. Influences on the etiology of ketosis and fatty liver. *Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice* 16, 215-230.
- Hüttmann, H., Stamer, E., Junge, W., Thaller, G., Kalm, E. (2009): Analysis of feed intake and energy balance of high-yielding first lactation cows with fixed and random regression models. *Animal* 3, 181-188.
- Ingvarsten, K. (2006): Feeding- and management-related diseases in transition cow. Physiological adaptations around calving and strategies to reduce feeding-related diseases. *Animal Feed Science and Technology* 126, 175-213.
- Ingvarsten, K., Andersen, J. (2000): Integration of metabolism and intake regulation: A review focusing on periparturient animals. *Journal of Dairy Science* 83, 1573-1597.

- Ingvarsen, K., Dewhorst, R., Friggens, N. (2003): On the relationship between lactational performance and health: is it yield or metabolic imbalance that causes production diseases in dairy cattle? A position paper. *Livestock Production Science* 83, 277-330.
- Kronfeld, D. (1971) Hypoglycemia in ketotic cows. *Journal of Dairy Science* 54, 949-961.
- Laffel, L. (1999): Ketone Bodies: a review of physiology, pathophysiology and application of monitoring to diabetes. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews* 15, 412-426.
- Luczak, S., M. Steffl, M., Amselgruber, W. (2009): Einfluss der Milchleistung auf die Inzidenz ausgewählter Erkrankungen bei Hochleistungskühen. *Tierärztl. Prax.* 37 (G), 221-228.
- Martens, H. (2013) Erkrankungen von Milchkühen in der frühen Laktationsphase: Risikofaktor negative Energiebilanz und Hyperketonämie. *Tierärztliche Umschau (im Druck)*.
- Martens, H. (2012): Energiestoffwechsel und Fruchtbarkeit der Kuh. *Tierärztliche Umschau*, 67, 496-503.
- McArt, J., Nydam, D., Oetzel, G. (2012): Epidemiology of subclinical ketosis in early lactation dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 95, 5056-5066.
- Miller, H., Kuhn, M., Norman, D., Wright, J. (2008): Death losses for lactating cows in herds enrolled in dairy herd improvement. *Journal of Dairy Science* 91, 3710-3715.
- Morrow, D. (1976): Fat cow syndrome. *Journal of Dairy Science* 59, 1625-1629.
- Moyes, K., Larsen, T., Ingvarsen, K. (2013): Generation of an index for physiological imbalance and its use as a predictor of primary disease in dairy cows during early lactation. *Journal of Dairy Science* 96, 2161-2170.
- Münch, T., Richter, T. (2012): Abgänge und Abgangsursachen bei Milchkühen in Baden-Württemberg unter dem Blickwinkel des Tierschutzes und der Ökonomie. *Tierärztliche Umschau* 67, 1-7.
- Oikonomou, G., Arsenos, G., Valergakis, G., Tsiaras, A., Zygogiannis, D., Banos, G. (2008): Genetic relationship of body energy and blood metabolites with reproduction in Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 91, 4323-32.
- Pires, J., Souza, A., Grummer, R. (2007): Induction of hyperlipidemia by intravenous infusion of tallow emulsion causes insulin resistance in Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 90, 2735-2744.
- Radcliffe, A., Wolfe, R., Colpoys, M., Muhlbacher, F., Wilmore, D. (1983): Ketone-glucose interaction in fed, fasted, and fasted-infected sheep. *American Journal of Physiology* 244, R667-R675.
- Rudolphi, B. (2012): Beeinflussen Erkrankungen die Milchleistung von Kühen oder umgekehrt? *Rekasan Journal* 19, 89-97.
- Schlumbohm, C., Harmeyer, J. (2004): Hyperketonemia impairs glucose metabolism in pregnant and nonpregnant ewes. *Journal of Dairy Science* 87, 350-358.
- Seifi, H., Leblanc, S., Leslie, K., Duffield, T. (2011): Metabolic predictors of post-partum disease and culling risk in dairy cattle. *The Veterinary Journal* 188, 216-220.
- Simianer, H., Solbu, H., Schaeffer, L. (1991): Estimated genetic correlations between disease and yield traits in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 74, 4358-4365.
- Sordillo, I., Contreras, G., Aitken, St. (2009): Metabolic factors affecting the inflammatory response of periparturient cows. *Animal Health Research Review*. 10, 53-63.
- Steinwigger, A., Gruber, L. (2002): Leistungsgrenzen der Milchkuh im Biolandbau und konventionell Haltung. Seminar „Leistungszucht und Leistungsgrenzen beim Rind“. Genetischer Ausschuss der ZAR. Salzburg, 13-35.
- Suriyasathaporn, W., Heuer, C., Noordhuizen-Stassen, E., Schukken, Y. H. (2000): Hyperketonemia and udder defense: a review. *Veterinary Research* 31, 307-412.
- Suthar, V., Raposo, J., Deniz, A., Heuwieser, W. (2012): Häufigkeit der subklinischen Ketose beim Milchrind. *Tierärztliche Umschau* 67, 448-454.
- Wangler, A., Harms, J. (2009): Lebensleistung, Nutzungsdauer und Gesundheit von Milchkühen in Abhängigkeit vom Leistungsniveau. *Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern*. H. 41, 16-24.
- Vernon, R. (1998): Homeorhesis. In: *Hannah Research Institute. Yearbook*. P. 64-73. ISBN: 0266-9021.
- Williamson, D. (1981): Mechanism of regulation of ketogenesis. *Proceedings of the Nutrition Society* 40, 93-98.

**Autorenanschrift**

Holger Martens  
Institut für Veterinär-Physiologie  
Freie Universität Berlin  
Oertzenweg 19b – 14195 Berlin  
Tel.: 030 8311805  
Holger.Martens@fu-berlin.de

# Gefahren aus dem Futter und wie der Pansen damit umgeht

**Sven Dänicke**

Institut für Tierernährung, Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit

## Einleitung

Nach § 3 des Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuches (LFGB) sind unerwünschte Stoffe alle Stoffe - außer Tierseuchenerreger -, die in oder auf Futtermitteln enthalten sind und

- a) als Rückstände in von Nutztieren gewonnenen Lebensmitteln oder sonstigen Produkten eine Gefahr für die menschliche Gesundheit darstellen,
- b) eine Gefahr für die tierische Gesundheit darstellen,
- c) vom Tier ausgeschieden werden und als solche eine Gefahr für den Naturhaushalt darstellen oder
- d) die Leistung von Nutztieren oder als Rückstände in von Nutztieren gewonnenen Lebensmitteln oder sonstigen Produkten die Qualität dieser Lebensmittel oder Produkte nachteilig beeinflussen

können.

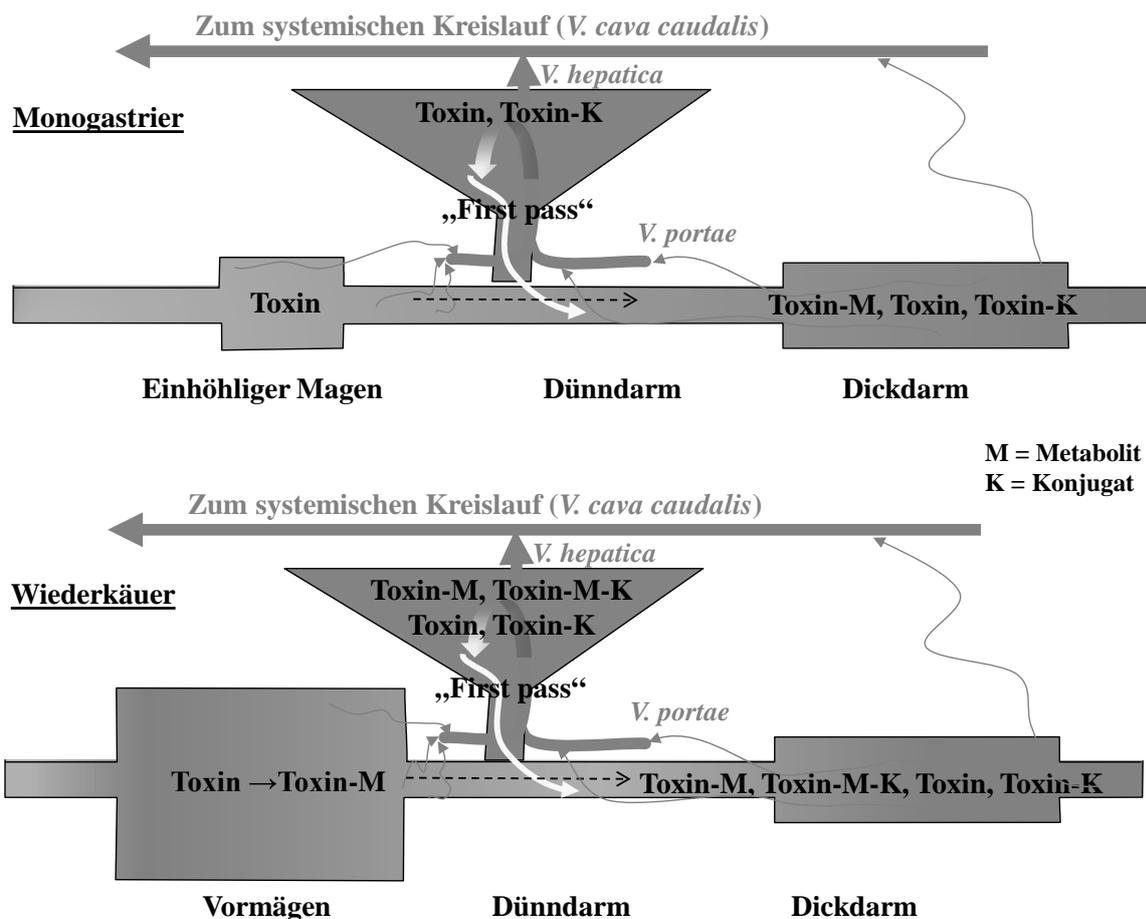
Diese Begriffsbestimmung schließt alle unerwünschten Stoffe ein; unabhängig davon, ob sie futtermittelrechtlich mit Höchstgehalten belegt sind oder nicht.

Bei einigen dieser unerwünschten Stoffe, für die teilweise futtermittelrechtlich Höchstwerte festgelegt wurden, steht die Beeinträchtigung der Gesundheit im Vordergrund (z.B. Fluorid, Nitrat), bei anderen Stoffen erfolgte eine Festlegung der Höchstwerte primär, um einer Kontamination der vom Tier erzeugten Lebensmittel vorzubeugen (z.B. Polyhalogenierte Kohlenwasserstoffe, Aflatoxin B1). Für andere unerwünschte Stoffe sind keine Höchstgehalte festgelegt, sondern Orientierungswerte für kritische Futterkonzentrationen, die nicht überschritten werden sollen (z.B. Mykotoxine wie Deoxynivalenol und Zearalenon). Für eine Reihe weiterer unerwünschter Stoffe existieren bisher keine gesetzlich verankerten Werte zum Schutz des Nutztiers oder des Verbrauchers (z.B. Alkaloide pilzlicher oder pflanzlicher Herkunft).

Unabhängig von der Existenz regulativer Gehalte ist bei der Beurteilung spezifischer unerwünschter Stoffe deren Metabolismus während der Passage durch den Verdauungstrakt und/oder im Organismus zu beachten. So berücksichtigen beispielsweise die Höchstgehalte von Aflatoxin B1 in Futtermitteln für Milchkühe, dass die Höchstgehalte des Metaboliten Aflatoxin M1 in der Milch nicht überschritten werden.

Insbesondere im Hinblick auf Metabolisierungsprozesse während der Passage des unerwünschten Stoffes durch den Verdauungstrakt sind tierartspezifische Unterschiede zu berücksichtigen. Der Pansen des Wiederkäuers stellt einen kapazitiven prä-systemischen Metabolisierungsraum dar, der in vergleichsweise weitaus geringerer Form im Dickdarmbereich des Monogastriden zu finden ist. Dies bedeutet, dass ruminale Metaboliten mit höherer Wahrscheinlichkeit das Pfortaderblut erreichen als in den distalen Teilen des Verdauungstraktes entstehende Metaboliten. Dies resultiert aus der Tatsache, dass der proximale Teil des Dünndarms den Hauptort der Resorption für viele unerwünschte Stoffe darstellt, die dann über das Pfortaderblut zunächst in die Leber gelangen, dort in unveränderter oder in metabolisierter Form entweder direkt im first pass über die Galle wieder ausgeschieden oder in den

systemischen Kreislauf entlassen werden. Das bedeutet auch, dass beim Monogastriden die entsprechenden Stoffe überwiegend in nicht-metabolisierter Form in der Leber anfluten (Abb. 1). Insofern können sich die Konsequenzen der oralen Aufnahme unerwünschter Stoffe für die Tiergesundheit und den Transfer in Lebensmittel tierischen Ursprungs als wesentliche Elemente der Futtermittelsicherheit zwischen Wiederkäuern und Monogastriden deutlich unterscheiden. Ob sich dabei der ruminale Metabolismus günstig oder ungünstig auf die Futtermittelsicherheit auswirkt, hängt u.a. davon ab, ob die potenzielle Schädigung des unerwünschten Stoffes verringert oder erhöht wird.



**Abb. 1.** Schematische Darstellung der Unterschiede zwischen Monogastridern und Wiederkäuern im Hinblick auf die Metabolisierung von Toxinen bzw. unerwünschten Stoffen

Der Grad der ruminalen Umsetzungen von Toxinen bzw. unerwünschten Stoffen wird u.a. bestimmt durch das Pansenmilieu (insbesondere Mikrobepopulationen und pH-Wert) und die für mikrobielle Metabolisierungsreaktionen zur Verfügung stehende Zeit (Kontaktzeit). Letztere sinkt mit steigender Futteraufnahme und damit einhergehender erhöhter ruminaler Chymus-Passagerate. Die Bedeutung dieser generellen pansenphysiologischen Rahmenbedingungen ist jedoch vom betrachteten unerwünschten Stoff abhängig.

Bei der Beurteilung der Rolle des Pansens ist weiterhin zu berücksichtigen, dass flüssige und leicht aus der Futtermatrix lösliche Nahrungsbestandteile über die Magenrinne den Pansen umgehen können, so dass eine mikrobielle Metabolisierung der in dieser Phase beförderten unerwünschten Stoffe praktisch nicht stattfinden kann. Die Bedeutung dieses Passagewegs sowie des Anteils des Pansens an den gesamten Nährstoff- und Toxinumsetzungen ist für Wildwiederkäuer anders zu beurteilen als für das Rind als dem wichtigsten Vertreter der Hauswiederkäuer. Entsprechend ihrer Verdauungsphysiologie werden drei Grundtypen von Wiederkäuern unterschieden (Hofmann, 1995):

- Konzentrat-Selektierer (z.B. Reh)
- Intermediär-Typ (z.B. Damwild)
- Raufutter-Fresser (z.B. Rind)

Danach sind Konzentrat-Selektierer gegenüber den Raufutter-Fressern u.a. durch vergleichsweise große Öffnungen zwischen den Magenabteilungen (Begünstigung der Umgehung des Pansens), einen höheren Anteil von Ingesta, die ohne Pansenaufenthalt die distalen Abschnitte des Verdauungstraktes erreicht sowie einen höheren Anteil des Dickdarms an der Nährstofffermentation charakterisiert.

**Tab. 1.** Konsequenzen des ruminalen Metabolismus ausgewählter unerwünschter Stoffe für deren biologische Aktivität und die Carry over-Rate (COR) (nach verschiedenen Quellen\*)

Unerwünschter Stoff	Haupt-Pansenmetaboliten <sup>1</sup>	Biol. Aktivität	COR (%)	Bezug COR, Bemerkungen
Deoxynivalenol (DON)	De-epoxy-DON	↓	0 – 0,1	de-epoxy-DON
Formononetin	Equol	↑	0,01 – 0,05	Σ Isoflavone
Biochanin A	p-Ethylphenol	↓		
Zearalenon (ZON)	α-zearalenol (ZOL), β-ZOL	↑ ↓	0 – 0,7	Σ Metaboliten
Pyrrrolizidinalkaloide	Methylierte Derivative	(↓)	0,04 – 0,08	Σ Alkaloide
Ergovalin	Lysergsäure (LS)	↑ ?	0	Ergovalin (i.v.)
Ergotamin	Ergotaminin, LS (?)	↑ ?	0	Σ Alkaloide
PCDD/PCDF <sup>2</sup>	~	=	<1– 67	CI ↑ → COR ↓

↓- Verringerung; ↑- Erhöhung; ? - unbekannt; = - unverändert

<sup>1</sup>Umsetzungen sind häufig unvollständig, so dass variable Anteile der Ausgangssubstanz und ggfls. weitere Metaboliten nachgewiesen werden können

<sup>2</sup>Polychlorierte Dibenzo-para-Dioxine/Polychlorierte Dibenzofurane

**Beachte:** Die Adaptation an die entsprechenden Substrate sowie das umgebende Pansenmilieu (welches stark durch die Fütterung beeinflussbar ist) können zum Gesamteffekt beitragen.

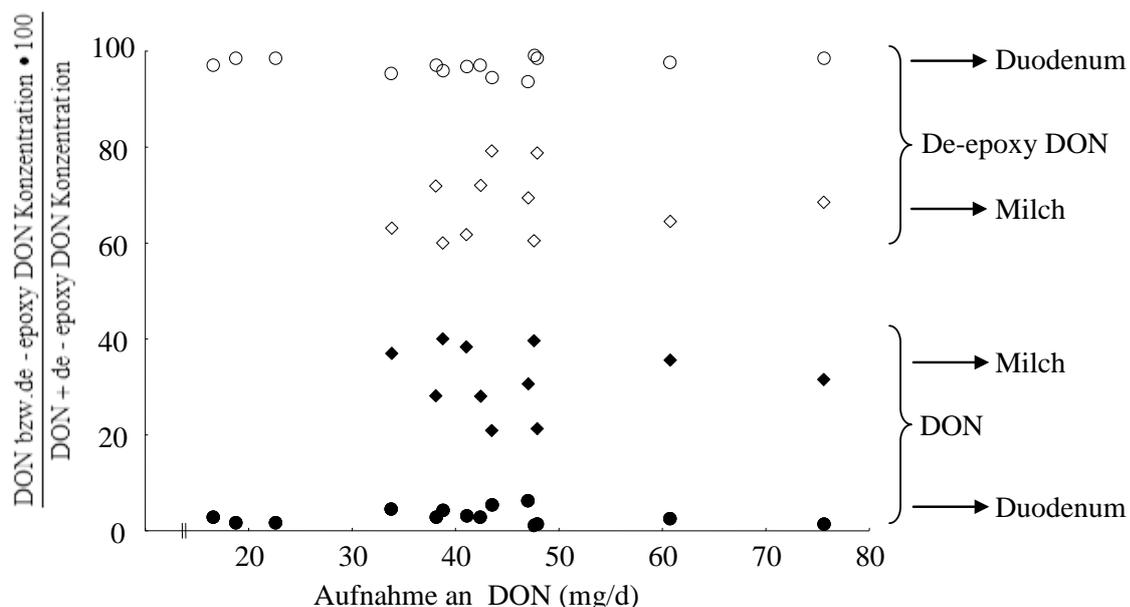
\*Quellen: (EFSA, 2005, 2007, 2011, Flachowsky *et al.*, 2011, Schumann *et al.*, 2009, Seeling *et al.*, 2005, Seeling *et al.*, 2006, Keese *et al.*, 2009, Fries *et al.*, 2002, McLachlan und Richter, 1998)

Dieser Sachverhalt beinhaltet, dass mit einem höheren Anteil von unerwünschten Stoffen zu rechnen ist, der in nicht metabolisierter Form den Ort der Absorption, nämlich die proximalen Abschnitte des

Dünndarms, erreicht. Für unerwünschte Stoffe, die im Pansen detoxifiziert werden, kann dies eine höhere Empfindlichkeit gegenüber Raufutter-Fressern bedeuten, wohingegen bei Stoffen, deren Toxizität durch ruminale Umsetzungen unter Umständen erhöht sein kann, das Gegenteil eintreten kann. Aus der Fülle von unerwünschten Stoffen werden im Folgenden nur ausgewählte Vertreter von Substanzgruppen betrachtet (Tab. 1); aus der Gruppe der Mykotoxine das Deoxynivalenol (DON), aus der Gruppe der Phytestrogene das Formononetin und das Biochanin A, aus der Gruppe der Mycestrogene das Zearalenon (ZON), aus der Gruppe der Alkaloide die Pyrrolizidinalkaloide, die pflanzlichen Ursprungs sind, sowie einige Ergot-Alkaloide, die durch verschiedene Mikromyceten gebildet werden.

## Deoxynivalenol (DON)

Ein markantes Beispiel für die Unterschiede zwischen Monogastriern und Wiederkäuern ist die Metabolisierung von DON zu seinem Metaboliten de-epoxy-DON. Während diese, als Entgiftung einzustufende Metabolisierung in den Vormägen des Wiederkäuers abläuft, findet diese beim Monogastrier überwiegend in den distalen Darmabschnitten statt. Da aber die Absorption überwiegend in den proximalen Darmabschnitten erfolgt, ist im systemischen Blut sowie in den Lebensmitteln tierischer Herkunft beim Wiederkäuer vorwiegend de-epoxy-DON (>90 %) nachweisbar, während beim Schwein vorrangig das nicht entgiftete Deoxynivalenol (>90 %) nachweisbar ist.



**Abb. 2.** Aufnahme an Deoxynivalenol (DON) und Metabolitenprofil von DON und de-epoxy DON am Duodenum und in der Milch von Kühen

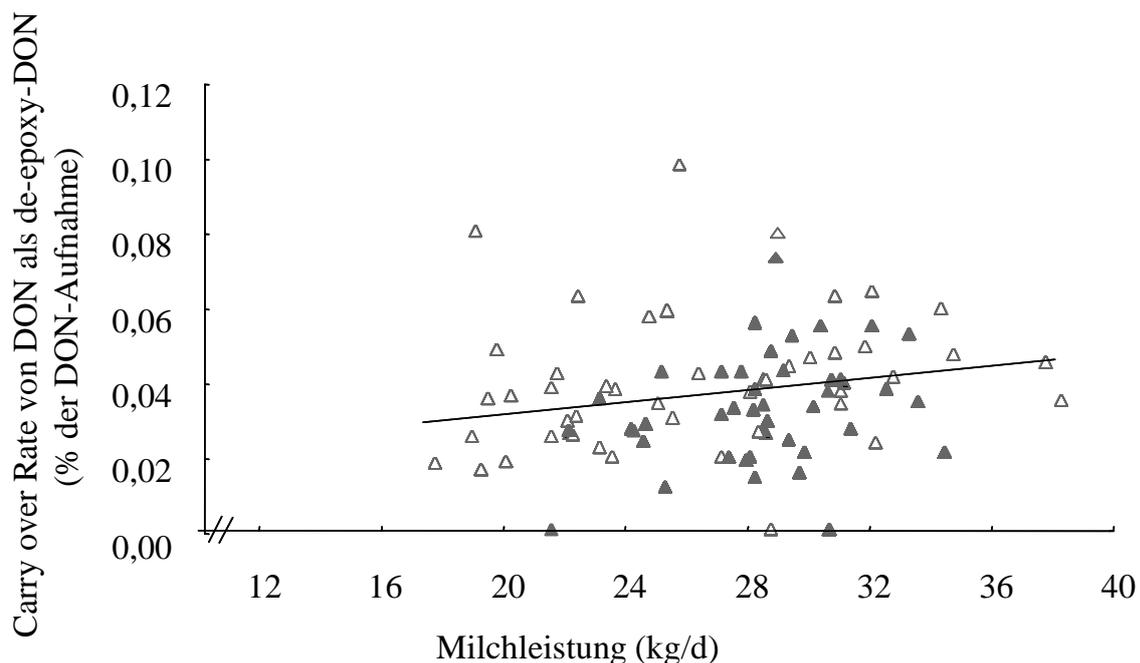
Duodenum: DON (●), de-epoxy DON (○)

Milch: DON (◆), de-epoxy DON (◇)

Einleitend wurde bereits erwähnt, dass die Futtermittelaufnahme und damit die Passagerate der Ingesta durch den Pansen auch die für die Metabolisierung zur Verfügung stehende Zeit beeinflusst. Für DON konnte jedoch gezeigt werden, dass eine steigende Futtermittelaufnahme (höhere ruminale Passagerate verbunden mit einer geringeren ruminale Verweildauer) bei gleicher DON-Konzentration im Futter

(3,4 mg/kg T) zu einer steigenden täglichen DON-Aufnahme, nicht jedoch zu einer Verringerung der ruminalen DON-Reduktion zu de-epoxy-DON führte (Seeling und Dänicke, 2005, Seeling *et al.*, 2006). Der Anteil von de-epoxy-DON an der Summe aus DON plus de-epoxy-DON (=Metabolitenprofil) war nicht von der Höhe der DON-Aufnahme abhängig und betrug am proximalen Duodenum nahezu 100 % und variierte in der Milch zwischen etwa 60 und 80 % (Abb. 2).

Die bisherigen Überlegungen zur Rolle des Pansens für den Metabolismus und die Toxizität setzten voraus, dass eine unmittelbare postingestive Absorption von nicht-metabolisiertem Toxin durch die intakte Pansenschleimhaut nicht in nennenswertem Maße stattfindet. Acidotisch oder anderweitig geschädigte Pansenschleimhaut ist durch eine verringerte Integrität und eine korrespondierende erhöhte Durchlässigkeit für Mikroorganismen und Substanzen gekennzeichnet, für die sonst keine Passierbarkeit besteht. Unter diesen Bedingungen ist auch ein erhöhter Übertritt von unerwünschten Stoffen über die Pansenschleimhaut nicht auszuschließen. Untersuchungen zum Transferverhalten von DON in die Milch haben gezeigt, dass höhere Konzentratanteile in der Ration zwar einen verringerten pH-Wert im Pansen induzierten, jedoch nicht zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen oder zu einer verringerten Futteraufnahme oder Milchleistung der Kühe führte, und auch nicht zu einem forcierten Übergang von nicht metabolisiertem DON in die Milch (Keese *et al.*, 2008b, a, Keese *et al.*, 2009). Unabhängig vom Konzentratanteil war in der Milch nur de-epoxy-DON zu detektieren (Abb. 3). Die Carry over-Rate war dabei schwach positiv mit der Milchleistung korreliert; ein Zusammenhang, der zuvor für Aflatoxin B1 - auf insgesamt höherem Niveau und deutlich stärker ausgeprägt - gezeigt wurde (Veldman *et al.*, 1992).



**Abb. 3.** Carry over-Rate von DON als de-epoxy-DON in die Milch von Kühen in Abhängigkeit von der Milchleistung und dem Konzentratanteil an der Futtertrockensubstanz (Keese *et al.*, 2009)  
 ▲ - 60 % Konzentrat  
 △ - 30 % Konzentrat

## Phyt- und Mycestrogene

Diese Substanzen weisen strukturelle Ähnlichkeiten zu körpereigenen Estrogenen auf und können daher zu einer sogenannten endokrinen Disruption führen, deren Wesen in einer Störung der physiologischen endokrinen Regulationsmechanismen besteht. Im Falle von endokrinen Disruptoren mit Estrogen-ähnlicher Wirkung kommt es beispielsweise zur Besetzung von Estrogenrezeptoren mit der Folge von agonistischen, aber auch antagonistischen Wirkungen, die beim weiblichen Tier letztlich zu Störungen des Reproduktionsgeschehens führen können.

### Phytestrogene

Viele Vertreter der Phytestrogene sind der Gruppe der Isoflavone zuzuordnen, die in verschiedenen Kleearten und im Soja vorkommen. Hier liegen sie überwiegend in glycosidisch gebundener Form vor, wobei der Zuckerrest im Pansen leicht abgespalten wird, wodurch das biologisch aktive Aglycon freigesetzt wird (Tab. 2, Abb. 4).

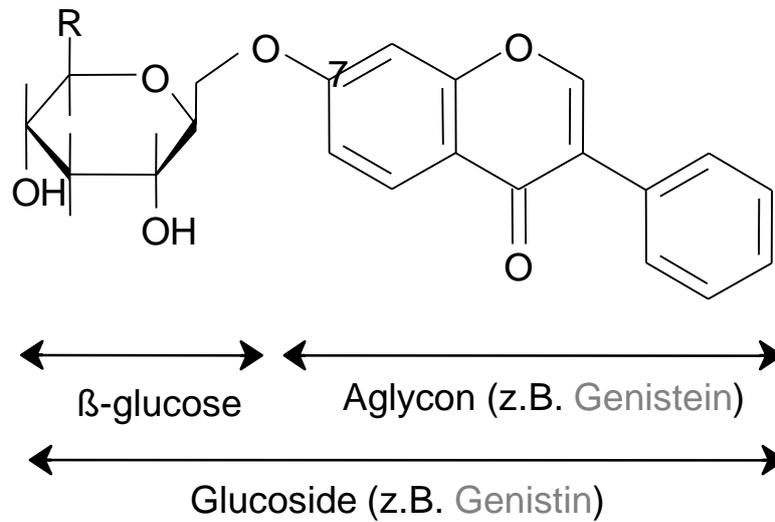
Biochanin A und Genistein sind Phytestrogene mit uterotropem Potenzial (Abb. 5). Es konnte gezeigt werden, dass beide Verbindungen ca. 20-fach geringer aktiv sind, wenn sie intraruminal appliziert wurden im Vergleich zu einer intramuskulären Injektion. Dies weist auf eine effiziente ruminale deaktivierende Metabolisierung der Ausgangssubstanzen hin.

Formononetin, ein anderes Phytestrogen, wird hingegen in den Vormägen zu Daidzein, eine Verbindung mit höherem estrogenen Potenzial als die Ausgangssubstanz, metabolisiert (Abb. 6).

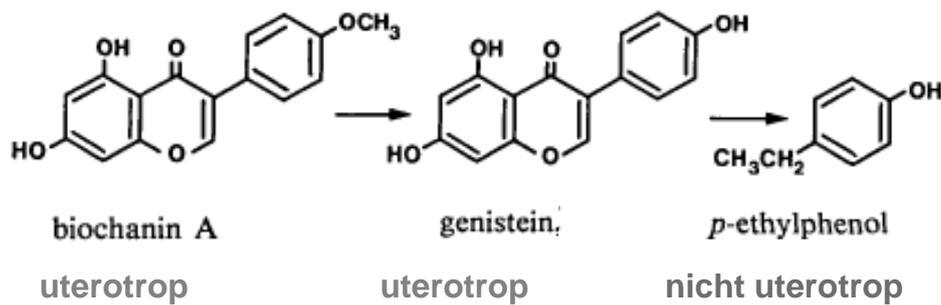
**Tab. 2.** Mittlere Isoflavongehalte von Sojaschroten verschiedener Herkunft (mg/kg DM, n=6) (Flachowsky *et al.*, 2011)

Herkunft	Daidzin	Genistin	Daidzein	Genistein	Gesamt
Argentinien	596 <sup>a</sup>	1066 <sup>a</sup>	172 <sup>a</sup>	82 <sup>a</sup>	<b>3075<sup>a</sup></b>
Brasilien	298 <sup>b</sup>	607 <sup>b</sup>	122 <sup>b</sup>	81 <sup>a</sup>	<b>1570<sup>b</sup></b>
USA	326 <sup>b</sup>	535 <sup>b</sup>	53 <sup>c</sup>	24 <sup>b</sup>	<b>1944<sup>b</sup></b>

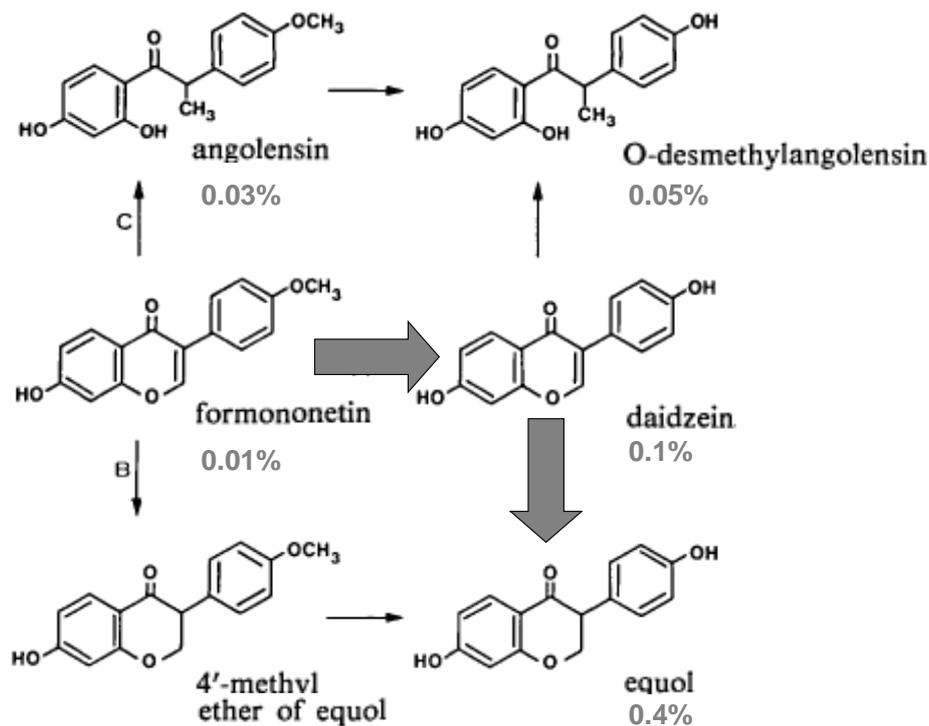
Werte mit unterschiedlichen Hochbuchstaben sind innerhalb der Spalten signifikant verschieden ( $p < 0.05$ )



**Abb. 4.** Schematische Darstellung eines Isoflavons in seiner pflanzlichen Speicherform (Glucosid) sowie als Aglycon (z. B. durch ruminale Abspaltung des Zuckerrestes)



**Abb. 5.** Metabolismus von Biochanin A beim Schaf (Price und Fenwick, 1985)



**Abb. 6.** Metabolismus von Formononetin beim Schaf (Price und Fenwick, 1985). Die Prozente geben die relative Bindungsaffinität am ovinen zytosolischen Uterusrezeptor an. Die dicken Pfeile markieren die bedeutsameren Umsetzungen.

### Mycestrogene

Unter den Produktionsbedingungen in Deutschland kommt dem Zearalenon (ZON) die größte Bedeutung, insbesondere beim Schwein, zu, wobei Estrogen-ähnliche Wirkungen auch für Mykotoxine beschrieben wurden, die von Schwarzepilzen (*Alternaria spp.*) gebildet werden. Allerdings scheint deren biologische Aktivität im Vergleich zum ZON und seinen Metaboliten deutlich geringer zu sein, wobei neben der Interaktion mit dem Estrogen-Rezeptor weitere Mechanismen der estrogenen Disruption, insbesondere für das Schwein, diskutiert werden (Lehmann *et al.*, 2006, Tiemann *et al.*, 2009).

Beim Wiederkäuer findet im Pansen eine intensive Metabolisierung von ZON statt (Abb. 7), wobei zu berücksichtigen ist, dass die hierbei gebildeten Metaboliten ein unterschiedliches estrogenes Potenzial aufweisen.

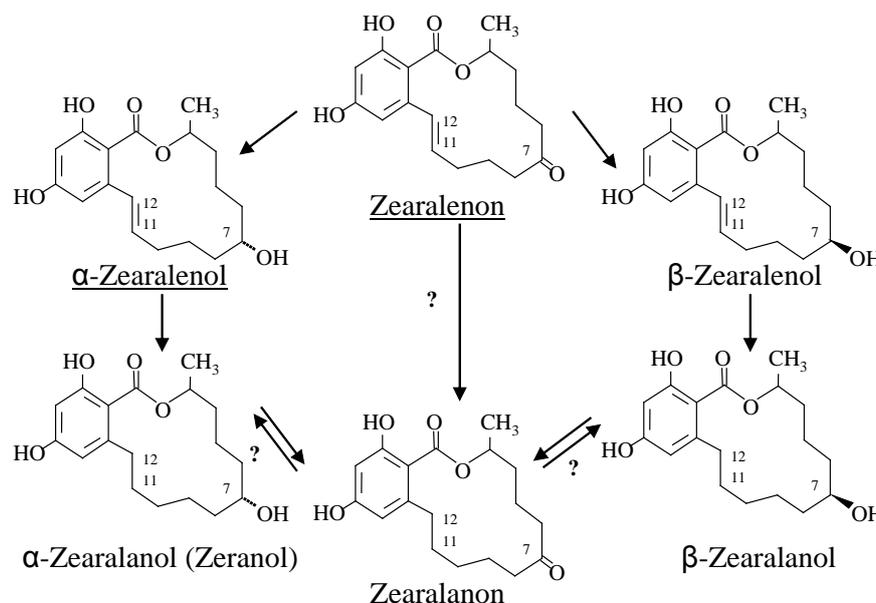
Kallela und Vasenius (1982) untersuchten den *in vitro* ZON-Abbau durch Pansenmikroben in Abhängigkeit von der ZON-Konzentration, vom Fütterungsstatus und vom Rationstyp. Der zeitabhängige Rückgang in der ZON-Konzentration war bei niedrigeren ZON-Konzentrationen sowie im Pansensaft, der kurz nach der Fütterung entnommen wurde, stärker ausgeprägt. Die rationsbedingten Unterschiede (konzentratreich bzw. Heufütterung) waren gering und ungerichtet. Nach diesen Untersuchungen hängt die Fähigkeit zum ZON-Abbau von der ZON-Konzentration und vom Fütterungsstatus ab. Auch die *in vitro* Untersuchungen von Mietinen und Oranen (1994) bestätigen, dass der ZON-Abbau umso schneller verläuft, je geringer die ZON-Ausgangskonzentration ist. Zudem konnten Valenta und Vemmer (1996) keinen gerichteten Einfluss des Rationstyps auf den

*in vitro* ZON-Metabolismus feststellen. Bei diesen Untersuchungen wurde ZON zu  $\alpha$ -Zearalenol und  $\beta$ -Zearalenol (2:1 bis 3:1) metabolisiert, wobei die Umsetzungen innerhalb von 24 h nicht vollständig verliefen (50% ZON nach 24 h Inkubation). Weiterhin wurde festgestellt, dass nach Inkubation von  $\alpha$ -Zearalenol und  $\beta$ -Zearalenol wieder ZON (2 bis 6 h Inkubation) und im weiteren Verlauf auch das jeweilige andere Zearalenol gebildet wurde (24 bis 48 h). Die Autoren schlussfolgerten, dass zwischen ZON und den genannten Metaboliten ein Redoxgleichgewicht besteht und dass eine vollständige Umsetzung von ZON im Pansen fraglich erscheint.

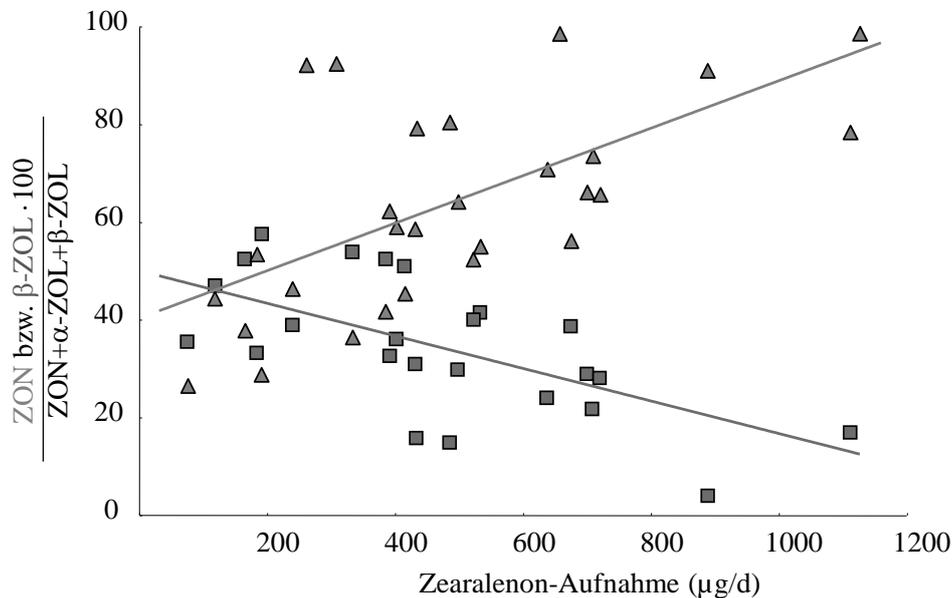
Kiessling *et al.* (1984) untersuchten den Metabolismus von ZON durch Pansenflüssigkeit, isolierte Pansenprotozoen oder Pansenbakterien. Dabei waren die Protozoen durch eine größere Metabolisierungsfähigkeit gekennzeichnet. ZON wurde zum überwiegenden Anteil zu  $\alpha$ -Zearalenol und zu einem geringeren Anteil in  $\beta$ -Zearalenol reduziert.

Als Metaboliten des ZON-Abbaus wiesen Mirocha *et al.* (1981)  $\alpha$ -Zearalenol und  $\beta$ -Zearalenol, unkonjugiert oder konjugiert mit Glucuronsäure oder Sulfat, im Harn nach. Dabei wurden über 50 % der verabreichten ZON-Dosis als  $\beta$ -Zearalenol ausgeschieden. Bei diesen Untersuchungen ist zu berücksichtigen, dass hier sowohl der Metabolismus im Pansen als auch der Intermediärstoffwechsel erfasst wurde. Auch in der Leber findet eine Metabolisierung zu  $\alpha$ -Zearalenol statt, wie aus Untersuchungen von Olsen und Kiessling (1983, zit. bei Olsen, 1989) an Leberhomogenaten hervorgeht. Danach werden bei der Kuh 73 – 100 % des ZON in der Leber in  $\alpha$ -Zearalenol überführt.

Im Zusammenhang mit dem Metabolismus von ZON ist das Verbot der Europäischen Union (Council Directive 88/146) über die Verwendung hormonaler Substanzen als Leistungsförderer zu diskutieren. Zeranol ( $\alpha$ -Zearalanol), das aus ZON hergestellt und als Wachstumsförderer verwendet wurde, fiel auch unter dieses Verbot. Als ein Problem bei der Kontrolle des Verbotes stellte sich heraus, dass Zeranol bei Rindern und Schafen auf natürlichem Weg aus Zearalenon gebildet werden kann (Erasmuson *et al.*, 1994, Kennedy *et al.*, 1998). Kennedy *et al.* (1998) berichteten, dass in 6,6 % der untersuchten Proben Zeranol detektiert wurde. Es wurde jedoch auch festgestellt, dass die  $\alpha$ - und  $\beta$ -Zearalenol-Konzentrationen der Zeranol-positiven Galleproben 12 bzw. 9 mal höher waren als in den Zeranol-negativen Proben. Das Verhältnis zwischen  $\alpha$ -Zearalenol und Zeranol war mindestens 5:1. Die Autoren schlugen vor, dieses Verhältnis zur Kontrolle des Zeranol-Verbotes zu nutzen.



**Abb. 7.** Metaboliten von Zearalenon (Erasmuson *et al.*, 1994, Kleinova *et al.*, 2002, Zöllner *et al.*, 2002)



**Abb. 8.** Metabolisierungsprofil von Zearalenon am proximalen Duodenum von Kühen in Abhängigkeit von der Zearalenon-Aufnahme (Seeling *et al.*, 2005)

▲ - Zearalenon (ZON)

■ - β-Zearalenol (β-ZOL)

Steigende Futteraufnahme (= höhere ruminale Passagerate) führte bei gleicher Zearalenon (ZON)-Konzentration im Futter (0.06 mg/kg T) zu einer Verringerung der ruminalen ZON-Reduktion zu β-ZOL (Abb.8) (Seeling *et al.*, 2005).

Anders als beim Deoxynivalenol scheint es hier so zu sein, dass mit höherer ruminaler Passagerate und damit einhergehender verringerter mikrobieller Kontaktzeit ein sinkender Anteil an ZON zu β-ZOL umgesetzt wird. Obwohl das estrogene Potential hierbei kaum verändert wird, so macht die verringerte ZON-Metabolisierung deutlich, dass der Höhe der Futteraufnahme und damit der Passagerate bzw. der Verweildauer der Ingesta im Pansen eine Bedeutung bei der Metabolisierung von unerwünschten Stoffen zukommen kann.

## Alkaloide

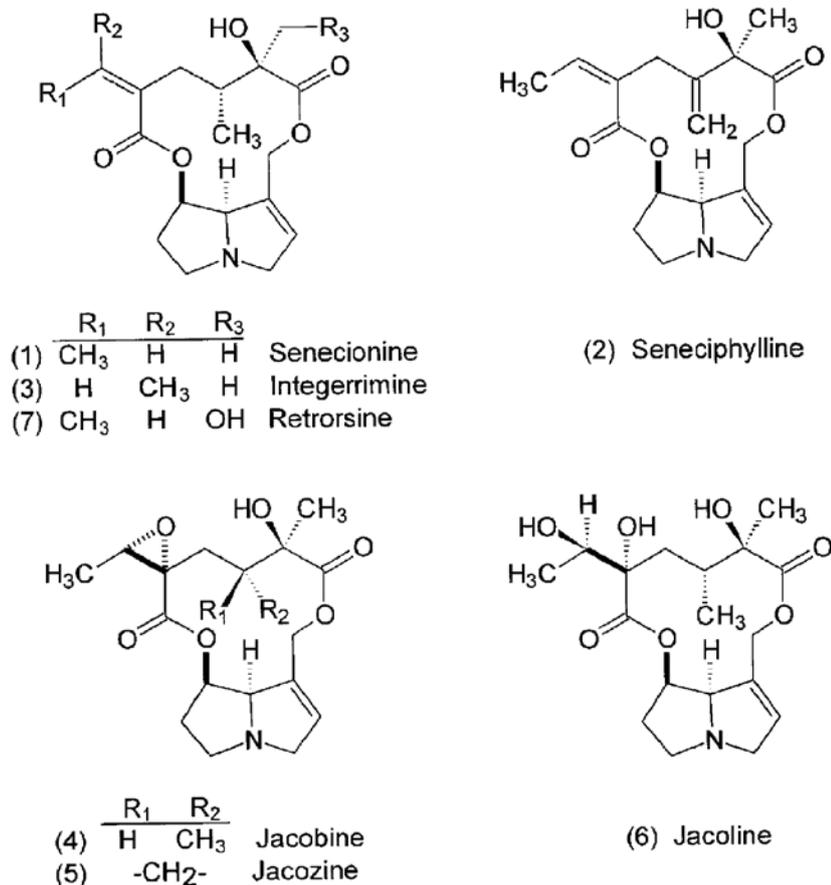
Alkaloide sind Substanzen, die Stickstoff im Molekül enthalten, wobei dieser in der Regel in einen heterozyklischen Ring eingebaut ist. Weil ihr pH-Wert im alkalischen Bereich liegt, werden sie als Alkaloid-ähnliche Substanzen, oder einfach als Alkaloide bezeichnet. Darüber hinaus teilen sie ihren bitteren Geschmack und pharmakologische Aktivität als gemeinsame Merkmale.

Alkaloide können durch Pflanzen (z.B. Pyrrolizidin-Alkaloide, PA, durch das Jakobskreuzkraut, *Senecio jacobea*) oder durch andere Organismen, wie Mikromyceten (z.B. Ergot-Alkaloide durch den Mutterkornpilz, *Claviceps purpurea*, oder durch *Epichloe* (anamorph *Neotyphodium*, früher als *Acremonium bezeichnet*) *coenophialum* oder *N. lolii*, die im Gegensatz zum Mutterkornpilz endophytisch wachsen, gebildet werden.

## Pyrrolizidin-Alkaloide (PA)

PA enthalten einen Pyrrolizidin-Kern und machen eine große Gruppe von heterozyklischen Alkaloiden mit ungefähr 350 verschiedenen Substanzen aus, die sich hauptsächlich aus den 4 Necin-Basen Platynecin, Retronecin, Heliotridin und Otonecin ableiten lassen. Sie werden von mehr als 6000 verschiedenen Pflanzenarten gebildet, die im Wesentlichen den Familien *Boraginaceae*, *Compositae* (*Asteraceae*) und *Leguminosae* (*Fabaceae*) angehören. PA sind hepatotoxisch, wenn sie eine 1,2-Doppelbindung sowie eine veresterte Seitenkette tragen; was eine strukturelle Voraussetzung für deren hepatische Aktivierung ist (EFSA, 2007).

In den vergangenen Jahren erlangte das Jakobskreuzkraut erneut eine Bedeutung als Quelle eines auf der Weide gebildeten pflanzlichen Alkaloids mit starker toxischer Potenz, da Weidewirtschaft mit ökologischer Bewirtschaftung zu einer Erhöhung der Biodiversität, verbunden mit einer stärkeren Ausbreitung dieser Pflanze, führte. So wurde über Fälle einer Jakobskreuzkrautvergiftung, die auch als Seneciose bezeichnet wird, berichtet (Walsh und Dingwell, 2007). Die PA in *S. jacobaea* sind makrocyclische Diester der Necin-Base Retronecin, wobei Jacobin und Seneciphyllin die 2 häufigsten PA darstellen (Abb. 9) (Hovermale und Craig, 2002). Der Gesamtalkaloidgehalt variiert dabei zwischen 200-3200 mg/kg Trockensubstanz (Macel *et al.*, 2004).

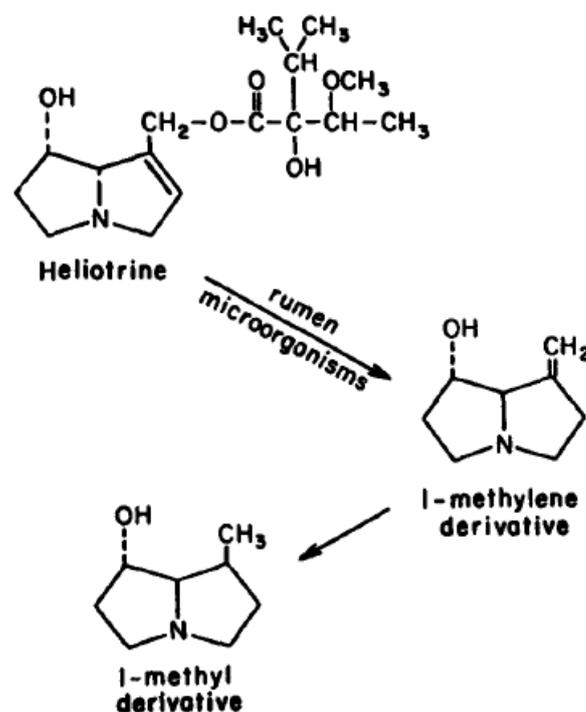


**Abb. 9.** *Senecio jacobaea* (tansy ragwort) Pyrrolizidin-Alkaloide (Hovermale und Craig, 2002)

Rinder gelten als besonders sensibel gegenüber *S. jacobaea* PA. Sie entwickeln eine hepatische Fibrose nach einer Aufnahme von Jakobskreuzkraut, die etwa 5 % ihres Körpergewichts beträgt, während weitaus größere Mengen bei Schafen und Ziegen erforderlich sind, um ähnliche toxische

Effekte hervorzurufen. Basierend auf vergleichenden *in vitro*-Studien mit Lebermikrosomen konnte gezeigt werden, dass die *in vitro*-Pyrrol-Bildung gut mit der tierartspezifischen Sensitivität gegenüber *S. jacobaea* PA korreliert (Shull *et al.*, 1976). Obwohl auch diese PA teilweise durch Pansenmikroorganismen metabolisiert werden, so scheint doch das Ausmaß dieser Metabolisierung ungenügend zu sein, um Rinder vor einer Vergiftung zu schützen.

Heliotrin, ein nicht-makrozyklisches PA, gebildet u.a. von der Europäischen Sonnenwende (*Heliotropium europaeum*), wird durch ovinen Pansensaft zu einem Methyl-Derivat umgesetzt (Lanigan, 1970, 1971, Cheeke, 1988). Diese Metabolisierung kann als Entgiftung angesehen werden, da die strukturellen Voraussetzungen für eine hepatische Aktivierung nicht mehr gegeben sind (Abb. 10).



**Abb. 10.** Metabolismus des Pyrrolizidin-Alkaloids Heliotrin im Pansen des Schafes (Cheeke, 1988)

### Ergot-Alkaloide

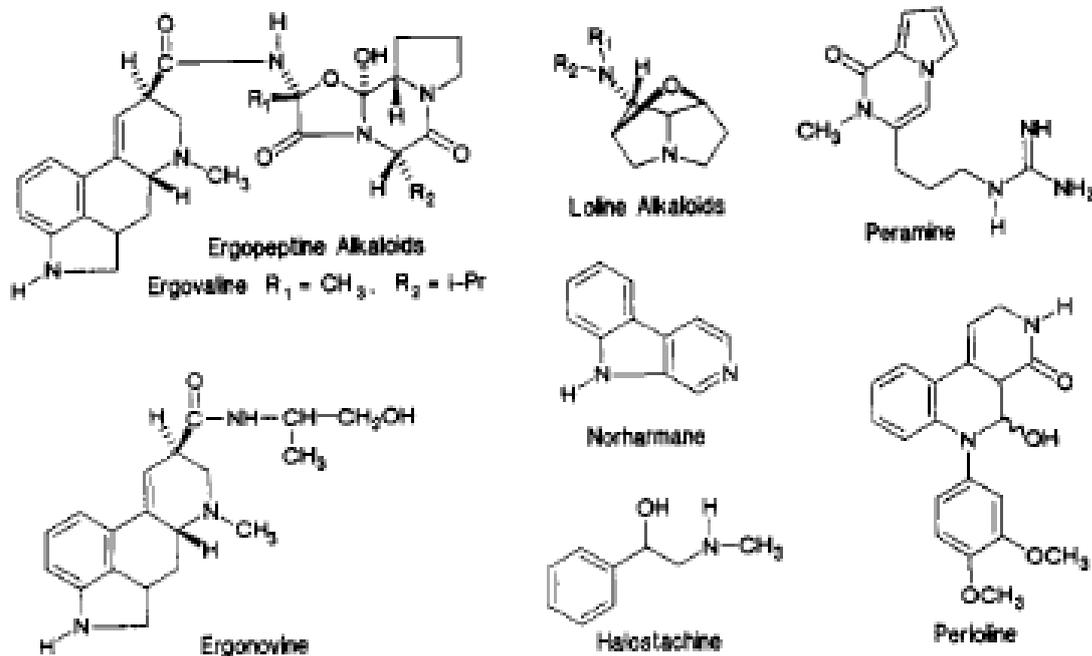
Diese Alkaloide stammen aus Pilzen, die verschiedene Pflanzen infizieren, und der Familie *Clavicipitaceae* angehören. Während Alkaloide von *C. purpurea* (Mutterkornpilz) in dem als Sklerotium bezeichneten verhärteten Myzel des Pilzes hauptsächlich auf Roggen, Triticale und Weizen vorkommen, auf denen sich die Sklerotien anstelle von Körnern auf der Ähre entwickeln, sind die Alkaloide von *N. coenophialum* aufgrund des endophytischen Lebenszyklus innerhalb von pflanzlichem Material zu finden (Porter und Thompson, 1992). Während *N. lolii* hauptsächlich auf ausdauerndem Weidelgras (*Lolium perenne*), aber auch auf dem Taumelolch (*L. temulentum*) vorkommt, ist *N. coenophialum* als Symbiont des Rohrschwingels (*Festuca arundinacea*) bekannt. Bei der Beurteilung der Effekte dieser Alkaloide muss berücksichtigt werden, dass eine endophytische Infektion nicht nur eine Ergot-Alkaloid-Bildung zur Folge haben kann, sondern auch mit der Synthese einer Reihe weiterer Alkaloide verbunden sein kann, was die Einschätzung des toxischen Potenzials erschwert.

## Endophytisch assoziierte Ergot-Alkaloide

Als toxische Inhaltsstoffe von *L. temulentum* wurden unter anderem 2 Alkaloidklassen nachgewiesen. Dabei handelt es sich einerseits um Diazaphenanthren-Alkaloide (z.B. Loline) und andererseits um die von endophytischen Pilzen gebildeten Ergopeptide (Abb. 11). Letztere sind zum Teil mit den durch die Gattung *Claviceps spp.* gebildeten Ergot-Alkaloiden identisch (siehe dort). In verschiedenen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass *Lolium*-Arten diese Alkaloide nur enthalten, wenn gleichzeitig eine endophytische Infektion vorliegt (Dannhardt und Steindl, 1985, Tor-Agbidye *et al.*, 1994, Miles *et al.*, 1998). Es konnte auch gezeigt werden, dass *Neotyphodium uncinatum* auch in Abwesenheit von pflanzlichem Material Loline bildet, was die frühere Vermutung, dass die Pflanze als Reaktion auf die endophytische Infektion Loline bildet, zumindest in Frage stellt. Die endophytisch bedingte Toxinbildung erhöht die Resistenz der infizierten Gräser gegenüber herbivoren Insekten, kann sich aber andererseits nachteilig auf die weidenden Rinder oder Schafe auswirken (Cheeke, 1995). Als häufig auftretende Toxine von *N. coenophialum* und *N. lolii* sind Ergovalin und Lolitrem B bei infizierten *Lolium*- und *Festuca*-Arten beschrieben worden (Foot *et al.*, 1994, Tor-Agbidye *et al.*, 1994). Die bei den Tieren beobachteten Intoxikationserscheinungen gleichen denen, wie sie nach einer Mutterkorn (*Claviceps purpurea*)-Vergiftung beobachtet werden (Bryden, 1994). In diesem Zusammenhang stellte Bourke (1994a) im Ergebnis einer Literaturübersicht fest, dass sich konvulsiver Ergotismus bei Wiederkäuern nicht mit von *Claviceps purpurea* synthetisierten Ergot-Alkaloiden auslösen lässt. Vielmehr werden die krampfartigen Erscheinungen nach Aufnahme von kontaminierten Gräsern auf die Anwesenheit von Tunicamycinen (Streptovirudine, Corynetoxine) zurückgeführt. Dabei handelt es sich um Nucleosid-Antibiotika aus *Streptomyces*-Arten, die u.a. auch von Bakterien wie *Clavibacter spp.* gebildet werden. Letztere wiederum parasitieren in bestimmten Nematoden-Arten, welche insbesondere *Lolium*-Arten befallen (Bryden *et al.*, 1994, Edgar *et al.*, 1994, Bourke, 1994b). Corynetoxine bewirken mikrovaskuläre Schädigungen im Gehirn, die mit einer erhöhten Gefäßpermeabilität einhergehen, was in der Konsequenz zu Gefäßverstopfungen und inadäquater Perfusion führt. Die resultierende Ischämie verursacht durch Hypoxie neuronale Schädigungen und fokale parenchymatöse Nekrosen (Finnie, 1994). Klinisch äußern sich diese pathologischen Veränderungen in zentraler Depression und Muskellähmungen (CliniTox, 2004).

Größere wirtschaftliche Bedeutung hat die Endophyten-Problematik in Neuseeland und in den USA erlangt (Bacon, 1995, Joost, 1995, Porter, 1995, Paterson *et al.*, 1995), wobei sich die Symbiosen zwischen *L. perenne* und *N. lolii* sowie zwischen *F. arundinacea* und *N. coenophialum* im Hinblick auf das Vorkommen von Ergopeptiden und Lolitrem B sowie damit assoziierten Erkrankungen weidender Schafe und Rinder als besonders bedeutsam herausgestellt haben. Auch für gravide Pferde erwies sich mit endophytischen Pilzen infizierter Schwingel als hoch toxisch (Cross *et al.*, 1995).

Untersuchungen zur Bedeutung der Infektion von Gräsern mit pilzlichen Endophyten liegen für Deutschland kaum vor. Oldenburg (1997) untersuchte verschiedene Populationen von *L. perenne*, die auf 4 verschiedenen weitläufigen Standorten Deutschlands gewonnen wurden. In 33 von 38 untersuchten Populationen wurde *Neotyphodium* nachgewiesen, wobei die Infektionsrate zwischen 1 und 30 % schwankte. Die höchsten Lolitrem B-Konzentrationen in den infizierten Pflanzen wurden während der Monate Juli und August beobachtet und variierten zwischen 0,8 und 1,5 mg/kg Trockensubstanz. Es wurde geschlussfolgert, dass diese Konzentration nicht ausreicht, um die in Neuseeland beobachteten neurologischen Erkrankungen weidender Tiere auszulösen.



**Abb. 11.** Typische Alkaloide, die in endophytisch befallenem Rohrschwengel nachgewiesen werden können (Yates *et al.*, 1990)

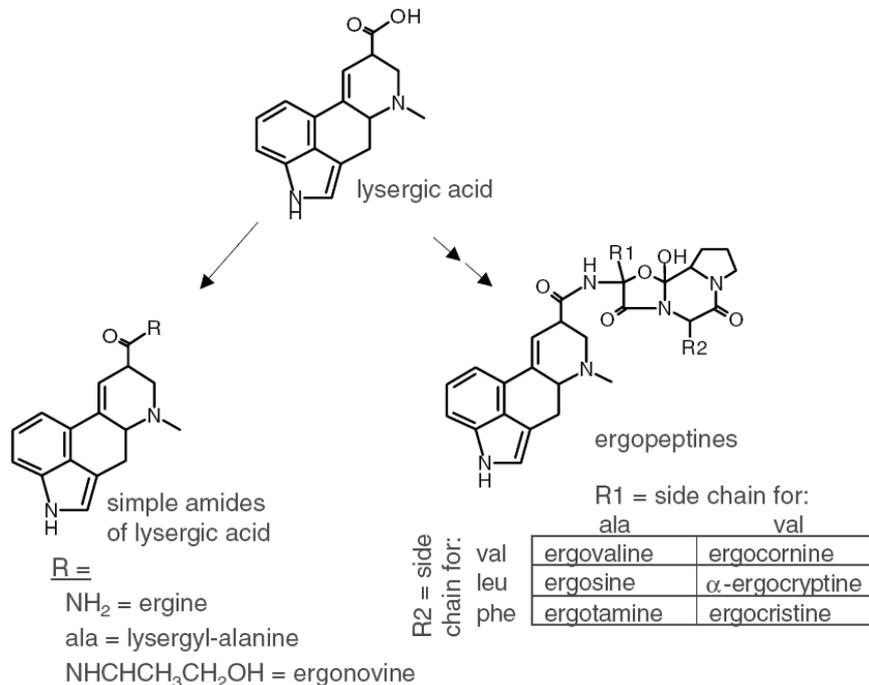
Einige Ergot-Alkaloide (Dihydroergotamin, Ergonovin und Ergotamine) sind in der Lage, Populationen von *Escherichia coli* O157:H7 in gemischten Pansensaft-Kulturen zu beeinflussen (Looper *et al.*, 2008). In dieser Fähigkeit kann ein prinzipielles Potenzial von Ergot-Alkaloiden für die Beeinflussung von ruminalen Prozessen, wie den Nährstoffumsetzungen, aber auch dem Alkaloidmetabolismus selbst, gesehen werden.

Ergovalin unterlag einem deutlichen Rückgang, wenn es *in vitro* mit Pansensaft inkubiert wurde (Moyer *et al.*, 1993). Wenn jedoch endophytisch-infiziertes Gras inkubiert wurde, blieb der Rückgang im Ergovalingehalt aus. Gleichzeitig kam es zu einem deutlichen Anstieg an Lysergsäure, das gleichfalls in infizierten Pflanzen vorkommt und aus dem sich Ergovalin und andere Alkaloide ableiten (Ayers *et al.*, 2009). Mittels der Ussing-Kammer *in vitro*-Technik konnte gezeigt werden, dass nur Lysergsäure die Pansenmukosa zu passieren in der Lage ist, während dies für Ergovalin nicht der Fall ist. Die Untersuchung des Urins von Bullen, die endophytisch-infiziertes Gras gefressen hatten, ergab ausschließlich Lysergsäure, was die Ergebnisse der *in vitro*-Untersuchungen bestätigte und die Autoren zu der Schlussfolgerung führte, dass Lysergsäure eine Rolle bei der sogenannten Fescue-Toxikose zukommt. Zusätzlich konnte gezeigt werden, dass Lysergsäure durch Seitenkettenabspaltung aus Ergovalin durch Pansenmikroorganismen entsteht (Ayers *et al.*, 2009, De Lorme *et al.*, 2007).

### Mutterkornpilz-assoziierte Ergot-Alkaloide

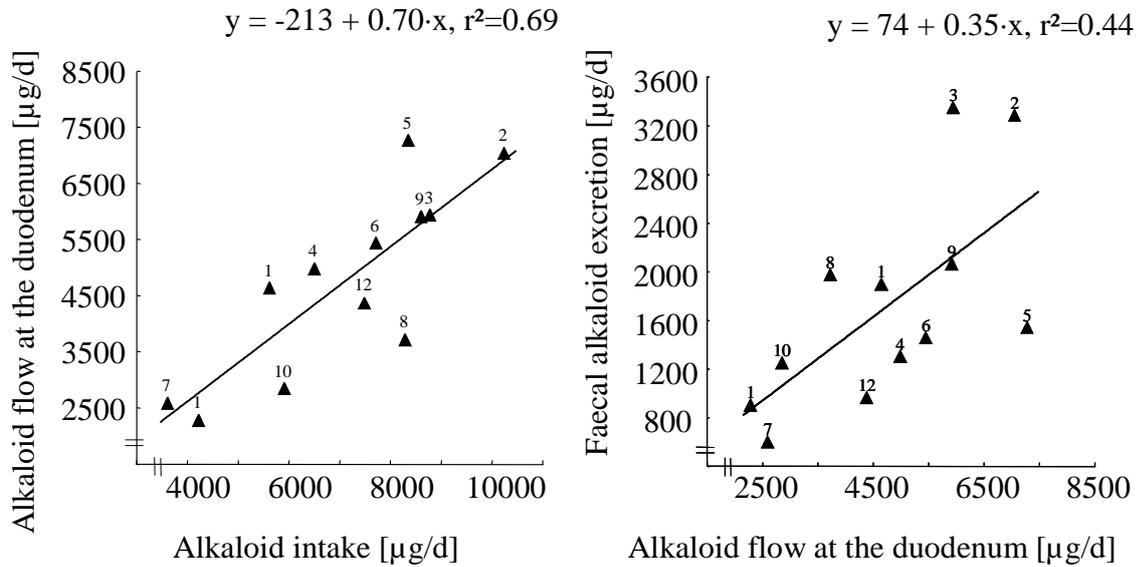
Ergot-Alkaloide von *C. purpurea* werden üblicherweise entsprechend ihrer Struktur in 3 Gruppen eingeteilt, die Alkaloide vom Clavin-Typ, einfache Amide der Lysergsäure und Alkaloide vom Peptin-Typ (Abb. 12). Letztere enthalten die Ergotamine (Ergotamin, Ergosin, Ergosecalin und weitere), Ergotoxine (Ergocryptin, Ergocornin, Ergocristin und weitere) sowie Ergoxine (z.B. Ergostin). Bei der Diskussion von Metabolisierungsreaktionen ist weiterhin zu berücksichtigen, dass diese Substanzen

extrem leicht an der C-8-Position epimerisieren. Diese Epimerisierung ist abhängig vom pH-Wert und kann daher bei der Probenaufarbeitung für die Analytik aber auch während der Passage durch den Pansen und den restlichen Verdauungstrakt eine Rolle spielen. Die Bezeichnungen der C-8-Epimere werden durch den Suffix -inin (z.B. Ergotamin und Ergotaminin) kenntlich gemacht (Porter, 1995).

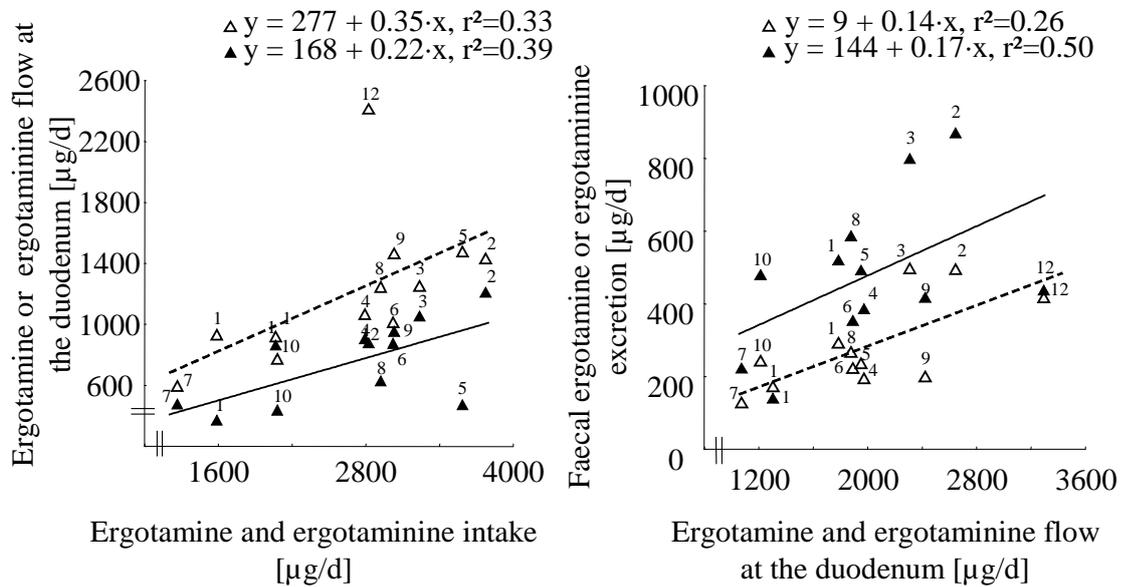


**Abb. 12.** Ausgewählte Endprodukte der Ergot-Alkaloidsynthese durch *Clavicipitaceae* (Panaccione, 2005)

Nur wenige Studien widmeten sich dem Pansenmetabolismus von Alkaloiden, die von *C. purpurea* gebildet werden. Ungefähr 70% der gesamten aufgenommenen Alkaloide wurden am proximalen Duodenum von Kühen wiedergefunden (Abb. 13) (Schumann *et al.*, 2009), was auf einen ruminalen Abbau der fehlenden 30 %, oder auf eine Absorption von Lysergsäure, die aus verschiedenen Alkaloiden freigesetzt wird (siehe Diskussion zu den endophytisch abgeleiteten Alkaloiden), hinweisen könnte. Darüber hinaus wurden im Kot der Kühe lediglich 35% der Alkaloide, die am Duodenum anfluteten, wiedergefunden, was darauf hinweist, dass die Alkaloide weiter metabolisiert und/oder absorbiert wurden. Betrachtet man einzelne Alkaloide, dann wird deutlich, dass pH-Wert-Änderungen im Verdauungstrakt für die unterschiedlichen Relationen von Ergotamin und Ergotaminin zueinander auf der Ebene des duodenalen Chymus (pH ~ 2 - 4) bzw. des Kotes (pH ~ 7) verantwortlich sind (Abb. 14). Die physiologische Bedeutung dieser Prozesse für das Tier können aus diesen Untersuchungen jedoch nicht abgeleitet werden.



**Abb. 13.** Alkaloid-Fluss am Duodenum in Abhängigkeit von der Alkaloidaufnahme (**links**) sowie faecale Alkaloid-Excretion in Abhängigkeit vom Alkaloid-Fluss am Duodenum (**rechts**) (Die Zahlen über den Symbolen kennzeichnen die individuellen Kühe) (Schumann *et al.*, 2009)



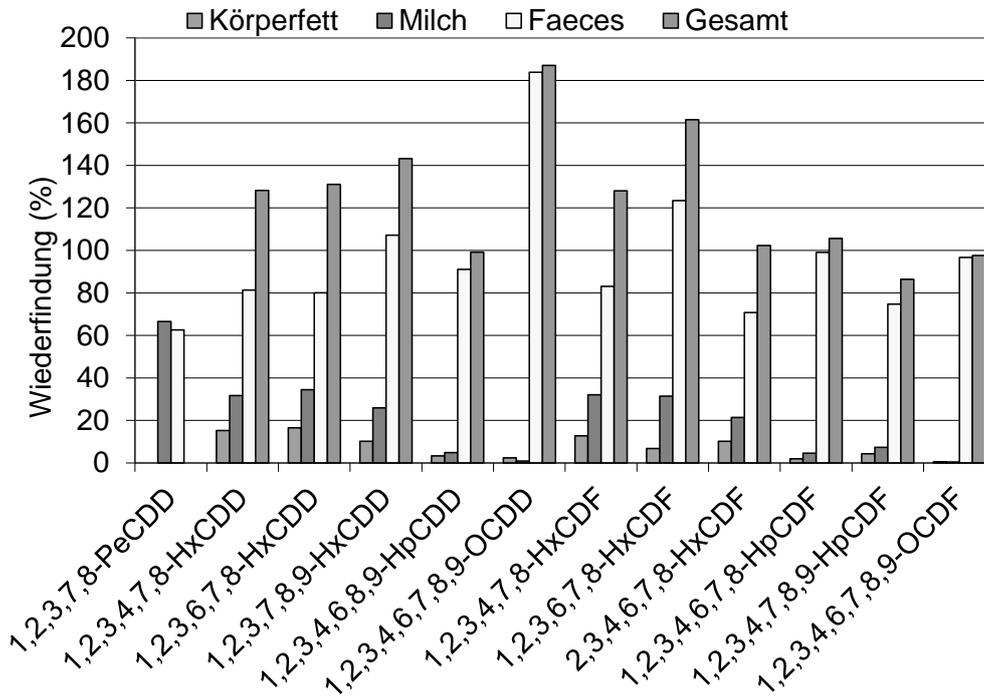
**Abb. 14.** Ergotamin- (ausgefüllte Dreiecke) und Ergotaminin- (unausgefüllte Dreiecke) Fluss am Duodenum in Abhängigkeit von deren Aufnahme (**links**) sowie faecale Ergotamin- und Ergotaminin-Excretion in Abhängigkeit von deren Fluss am Duodenum (**rechts**) (Die Zahlen über den Symbolen kennzeichnen die individuellen Kühe) (Schumann *et al.*, 2009)

## Polychlorierte Dibenzo-para-Dioxine (PCDD) und polychlorierte Dibenzofurane (PCDF)

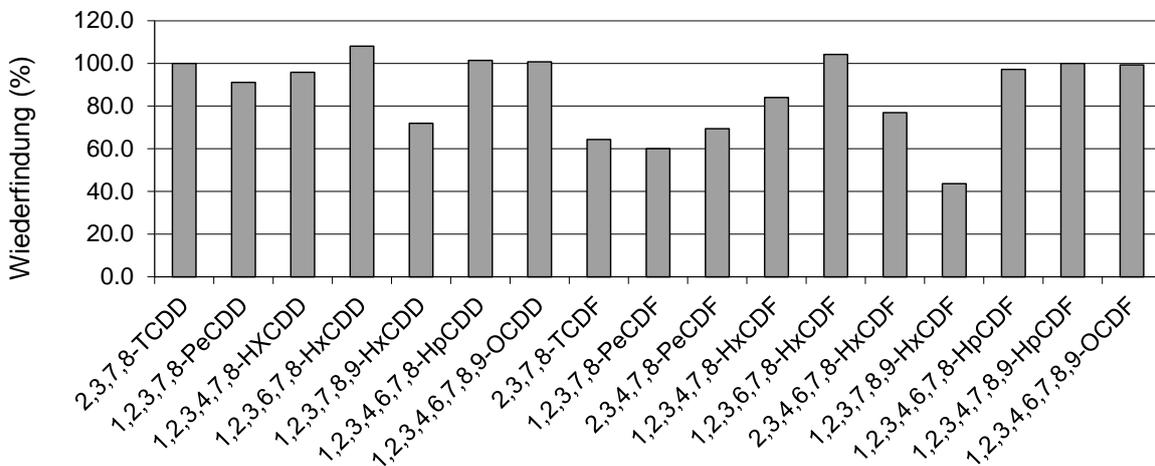
PCDD/PCDF, häufig einfach als Dioxine bezeichnet, sind lipophile Substanzen, die sehr widerstandsfähig gegenüber chemischen und biologischen Abbauprozessen sind und daher in der Umwelt persistieren, sich in der Nahrungskette anreichern und daher letztlich im Fettgewebe von Mensch und Tier akkumulieren (Larsen, 2006).

Inwiefern diese generelle Widerstandsfähigkeit dieser Kontaminanten auch auf die anaeroben mikrobiellen Bedingungen im Pansen zutrifft, wurde bisher in nur wenigen Studien untersucht. Die Frage nach einem möglichen Metabolismus im Organismus der Kuh resultierte aus der Beobachtung, dass die Wiederfindungsraten einiger PCDD/PCDF-Kongeneren aus Bilanzstudien mit Pentachlorphenol(PCP)-behandeltem Holz (Fries *et al.*, 2002), das neben PCP auch Dioxine als Verunreinigung enthielt, 100 % deutlich überstiegen, während für andere eine unvollständige Wiederfindung vorlag (Abb. 15). So betrug die gesamte Wiederfindung von 1,2,3,4,6,7,8,9-OCDD in Kot, Milch und Körperfett mehr als 180 % der aufgenommenen Menge dieses Kongeners, wobei dies nahezu vollständig aus der Wiederfindung mit den Faeces resultierte. Nicht nur aus dieser Studie lässt sich ableiten, dass die Wiederfindung im Körperfett sowie mit der Milch (entspricht der Carry over-Rate) mit steigendem Chlorierungsgrad sowohl der PCDD als auch der PCDF abnimmt. Die Ausscheidungsverhältnisse mit dem Kot sind weniger systematisch mit dem Chlorierungsgrad assoziiert. Die veränderten Wiederfindungsraten insbesondere des 1,2,3,4,6,7,8,9-OCDD waren Anlass, das an die Kühe verfütterte Holz *in vitro* mit Pansensaft zu inkubieren, um Anhaltspunkte für eine mögliche Rolle des Pansens zu erhalten. Im Ergebnis dieser Experimente wurde jedoch festgestellt, dass gerade dieses Kongener durch die Inkubation nicht beeinflusst wurde, da die Wiederfindung nahezu 100 % betrug (Abb. 16). Inwiefern die niedrigeren Wiederfindungsraten einzelner anderer Kongener tatsächlich auf einen Metabolismus im Pansen zurückzuführen sind, ließ sich aus der Studie nicht abschließend beurteilen.

Bei den höher chlorierten Kongeneren ist zudem zu berücksichtigen, dass deren Widerstandsfähigkeit gegenüber Metabolisierungsreaktionen des Organismus stärker ausgeprägt ist als bei den niedriger chlorierten Kongeneren (Larsen *et al.*, 1996, Larsen, 2006). Eine wichtige Voraussetzung für einen Metabolismus sind 2 benachbarte unsubstituierte C-Atome in lateraler Position des Kongeners (Larsen, 2006). Bei Ratten konnte gezeigt werden, dass Dioxin-ähnliche Verbindungen durch induziertes Cytochrom P4501A2 sequestriert werden können (DeVito *et al.*, 1998). Kongener-abhängige Anreicherungsprozesse in der Leber wurden auch in einer Studie an Kühen festgestellt. Nach Verfütterung eines Dioxin-kontaminierten Mineralfuttermittels, das auch dioxin-ähnliche polychlorierte Biphenyle (dIPCB) enthielt, variierten die Quotienten der Konzentrationen der dIPCB-Kongeneren 126 und 169 zwischen Leber- und Körperfett zwischen 2.7 und 7.2 bzw. 0.5 und 1.5 (Huwe und Smith, 2005) bei Futterkonzentrationen von 0.8 bzw. 0.5 pg/g. Die mitgeteilten entsprechenden Quotienten für die verschiedenen PCDD und PCDF-Kongeneren waren deutlich höher und erreichten Werte bis etwa 91 (Huwe und Smith, 2005). Offenbar besteht hier ein Zusammenhang zum Chlorierungsgrad, wie aus einem 120-tägigen Versuch mit Bullenkälbern mit einem Anfangsgewicht zwischen 220 und 262 kg hervorgeht (Feil *et al.*, 2000). So stieg der Leberfett-Körperfettquotient von 2 (TCDD, TCDF) auf 10 für die Penta-, auf 20 für die Hexa-, auf 50-100 für die Hepta- und auf >300 für die Octa-Kongeneren. Für die Beurteilung der Gewebs- und Kongener-spezifischen Anreicherungsprozesse ist darüber hinaus zu berücksichtigen, ob steady state-Bedingungen erreicht werden oder nicht. Während bei einer Langzeitexposition mit Dioxinen über 120 Tage (Feil *et al.*, 2000) steady state-Bedingungen für Rückenfett, perirenales Fett und Rückenmuskel für Tetra- und Hexa-PCDD/PCDF erreicht wurden, war dieses für die höher chlorierten Dioxin-Kongeneren im Serum, in der Rückenmuskulatur und im Leberfett nicht der Fall, wie aus den höheren und noch ansteigenden Konzentrationen abgeleitet wurde.



**Abb 15.** Wiederfindung von PCDD und PCDF bei 2 Kühen, denen Pentachlorphenol-behandeltes Holz über 28 Tage verabreicht wurde (Fries *et al.*, 2002)



**Abb 16.** Wiederfindung verschiedener Dioxin-Kongenere nach 48-stündiger Inkubation von Pansensaft mit Pentachlorphenol-behandeltem Holz (Fries *et al.*, 2002)

Inwiefern die hohe selektive hepatische Anreicherung der 1,2,3,4,6,7,8,9-OCDD zusammen mit ihrem differierten kinetischen Verhalten im Organismus die 100 % übersteigende Wiederfindung im Kot erklären können, ist fraglich. Eine *in vivo*-Synthese von OCDD aus Nonachlor-2-Phenoxyphenol, einem sogenannten Pre-Dioxin konnte für Ratten demonstriert werden (Huwe *et al.*, 2000). Ob dies eine Erklärung für die Befunde an der Milchkuh darstellt, bedarf einer experimentellen Überprüfung.

Insgesamt ist festzustellen, dass Dioxine offensichtlich kaum durch gastrointestinale Mikroorganismen metabolisiert werden, so dass deren Transfer in Lebensmittel wesentlich durch ihre chemischen Eigenschaften sowie mögliche extragastrointestinale Metabolisierungsreaktionen bestimmt wird.

## Schlussfolgerungen

Eine Reihe unerwünschter Substanzen werden in den Vormägen des Wiederkäuers inaktiviert, während andere einen Aktivitätsanstieg erfahren oder diesen Bereich unverändert passieren. Da diese Prozesse vor der Absorption stattfinden, können Pansenumsetzungen das Metabolitenprofil in der Milch beeinflussen. Daher kann der Pansen nicht generell als prä-systemischer Detoxifikationsraum angesehen werden, sondern als Metabolisierungsraum, der den Einfluss spezifischer unerwünschter Stoffe auf die Tiergesundheit und das Transferverhalten maßgeblich bestimmen kann.

## Literatur

- Ayers AW, Hill NS, Rottinghaus GE, Stuedemann JA, Thompson FN, Purinton PT, Seman DH, Dawe DL, Parks AH, Ensley D (2009) Ruminal Metabolism and Transport of Tall Fescue Ergot Alkaloids. *Crop Science* 49: 2309-2316
- Bacon CW (1995) Toxic endophyte-infected tall fescue and range grasses: historic perspectives. *Journal of Animal Science* 73: 861-870
- Bourke CA (1994a) The evidence against the existence of so-called convulsive ergotism in ruminants. In: Plant-associated toxins: Agricultural, phytochemical and ecological aspects; 4th International Symposium on Poisonous Plants (ISOPP4), Fremantle, Western Australia, Australia, September 26-October 1, 1993. CAB International: Tucson, Arizona, USA. ISBN 0-85198-909-8: 387-392
- Bourke CA (1994b) Tunicamyluracil toxicity, an emerging problem in livestock fed grass or cereal products. In: Plant-associated toxins: Agricultural, phytochemical and ecological aspects; 4th International Symposium on Poisonous Plants (ISOPP4), Fremantle, Western Australia, Australia, September 26-October 1, 1993. CAB International: Tucson, Arizona, USA. ISBN 0-85198-909-8: 399-404
- Bryden WL (1994) The many guises of ergotism. In: Plant-associated toxins: Agricultural, phytochemical and ecological aspects; 4th International Symposium on Poisonous Plants (ISOPP4), Fremantle, Western Australia, Australia, September 26-October 1, 1993. CAB International: Tucson, Arizona, USA. ISBN 0-85198-909-8: 381-386
- Bryden WL, Trengove CL, Davis EO, Giesecke PR, Curran GC (1994) Corynetoxicosis of livestock: A nematode-bacterium disease complex associated with different grasses. In: Plant-associated toxins: Agricultural, phytochemical and ecological aspects; 4th International Symposium on Poisonous Plants (ISOPP4), Fremantle, Western Australia, Australia, September 26-October 1, 1993. CAB International: Tucson, Arizona, USA. ISBN 0-85198-909-8: 410-415
- Cheeke PR (1988) Toxicity and metabolism of pyrrolizidine alkaloids. *Journal of Animal Science* 66: 2343-2350
- Cheeke PR (1995) Endogenous toxins and mycotoxins in forage grasses and their effects on livestock. *Journal of Animal Science* 73: 909-918
- Clinitox (2004) CliniTox: Ein computerunterstütztes Informationssystem für die Pharmakotherapie und klinische Toxikologie, Institut für Veterinärpharmakologie und -toxikologie, Zürich, Schweiz. [http://www.vetpharm.unizh.ch/perldocs/index\\_x.htm](http://www.vetpharm.unizh.ch/perldocs/index_x.htm) (02.03.2005): -
- Cross DL, Redmond LM, Strickland JR (1995) Equine Fescue Toxicosis - Signs and Solutions. *Journal of Animal Science* 73: 899-908
- Dannhardt G, Steindl L (1985) Alkaloids of *Lolium-Temulentum* - Isolation, Identification and Pharmacological Activity. *Planta Medica*: 212-214
- De Lorme MJ, Lodge-Ivey SL, Craig AM (2007) Physiological and digestive effects of Neotyphodium coenophialum-infected tall fescue fed to lambs. *Journal of Animal Science* 85: 1199-206
- Devito MJ, Ross DG, Dupuy AE, Jr., Ferrario J, Mcdaniel D, Birnbaum LS (1998) Dose-response relationships for disposition and hepatic sequestration of polyhalogenated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans, and biphenyls following subchronic treatment in mice. *Toxicol Science* 46: 223-34

- Edgar JA, Cockrum PA, Stewart PL, Anderton NA, Payne AL (1994) Identification of corynetoxins as the cause of poisoning associated with annual beardgrass (*Polypogon monspeliensis* (L) Desf.) and blown grass (*Agrostis avenacea* C. Gemelin). In: Plant-associated toxins: Agricultural, phytochemical and ecological aspects; 4th International Symposium on Poisonous Plants (ISOPP4), Fremantle, Western Australia, Australia, September 26-October 1, 1993. CAB International: Tucson, Arizona, USA. ISBN 0-85198- 909-8: 393-398
- Efsa (2005) Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in Food Chain on a request from the Commission related to ergot as undesirable substance in animal feed. The EFSA Journal 225: 1-27
- Efsa (2007) Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission related to pyrrolizidine alkaloids as undesirable substances in animal feed. The EFSA Journal 447: 1-51
- Efsa (2011) Scientific Opinion on the risks for public health related to the presence of zearalenone in food. The EFSA Journal 9: 2197
- Erasmuson AF, Scahill BG, West DM (1994) Natural zearanol (alpha-zearalanol) in the urine of pasture-fed animals. Journal of Agricultural and Food Chemistry 42: 2721-2725
- Feil VJ, Huwe JK, Zaylskie RG, Davison KL, Anderson VL, Marchello M, Tiernan TO (2000) Chlorinated dibenzo-p-dioxin and dibenzofuran concentrations in beef animals from a feeding study. Journal of Agricultural and Food Chemistry 48: 6163-73
- Finnie JW (1994) Pathogenesis of corynetoxin poisoning. In: Plant-associated toxins: Agricultural, phytochemical and ecological aspects; 4th International Symposium on Poisonous Plants (ISOPP4), Fremantle, Western Australia, Australia, September 26-October 1, 1993. CAB International: Tucson, Arizona, USA. ISBN 0-85198- 909-8: 405-409
- Flachowsky G, Hünerberg M, Meyer U, Kammerer DR, Carle R, Goerke M, Eklund M (2011) Isoflavone concentration of soybean meal from various origins and transfer of isoflavones into milk of dairy cows. Journal Fur Verbraucherschutz Und Lebensmittelsicherheit-Journal of Consumer Protection and Food Safety 6: 449-456
- Foot JZ, Woodburn OJ, Walsh JR, Heazlewood PG (1994) Responses in grazing sheep to toxins from perennial ryegrass/endophyte associations. In: Plant-associated toxins: Agricultural, phytochemical and ecological aspects; 4th International Symposium on Poisonous Plants (ISOPP4), Fremantle, Western Australia, Australia, September 26-October 1, 1993. CAB International: Tucson, Arizona, USA. ISBN 0-85198- 909-8: 375-380
- Fries GF, Paustenbach DJ, Luksemburg WJ (2002) Complete mass balance of dietary polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in dairy cattle and characterization of the apparent synthesis of hepta- and octachlorodioxins. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50: 4226-4231
- Hofmann RR (1995) Morphologische Adaptationen des Verdauungssystems. In: Nutztierernährung. Ed. Abel, H.-J., Flachowsky, G., Jeroch, H. & Molnar, S. Gustav Fischer Verlag, Jena, Germany: pp. 163-184
- Hovermale JT, Craig AM (2002) Metabolism of pyrrolizidine alkaloids by *Peptostreptococcus heliotrinireducens* and a mixed culture derived from ovine ruminal fluid. Biophysical Chemistry 101-102: 387-399
- Huwe JK, Feil VJ, Zaylskie RG, Tiernan TO (2000) An investigation of the in vivo formation of octachlorodibenzo-p-dioxin. Chemosphere 40: 957-962
- Huwe JK, Smith DJ (2005) Laboratory and on-farm studies on the bioaccumulation and elimination of dioxins from a contaminated mineral supplement fed to dairy cows. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53: 2362-70
- Joost RE (1995) *Acremonium* in fescue and ryegrass - boon or bane - a review. Journal of Animal Science 73: 881-888
- Kallela K, Vasenius L (1982) The effects of rumen fluid on the content of zearalenone in animal fodder. Nord.Vet.-Med. 31: 336-339
- Keese C, Meyer U, Rehage J, Spilke J, Boguhn J, Breves G, Dänicke S (2008a) On the effects of the concentrate proportion of dairy cow rations in the presence and absence of a fusarium toxin-contaminated triticale on cow performance. Archives of Animal Nutrition 62: 241-262
- Keese C, Meyer U, Rehage J, Spilke J, Boguhn J, Breves G, Dänicke S (2008b) Ruminal fermentation patterns and parameters of the acid base metabolism in the urine as influenced by the proportion of concentrate in the ration of dairy cows with and without Fusarium toxin-contaminated triticale. Archives of Animal Nutrition 62: 287-302
- Keese C, Meyer U, Valenta H, Schollenberger M, Starke A, Weber IA, Rehage J, Breves G, Dänicke S (2009) No carry over of unmetabolised deoxynivalenol in milk of dairy cows fed high concentrate proportions. Molecular Nutrition and Food Research 52: 1514-1529
- Kennedy DG, Hewitt SA, Mcevoy JDG, Currie JW, Cannavan A, Blanchflower WJ, Elliot CT (1998) Zearanol is formed from *Fusarium* spp. toxins in cattle *in vivo*. Food Additives and Contaminants 15: 393-400

- Kiessling KH, Pettersson H, Sandholm K, Olsen M (1984) Metabolism of aflatoxin, ochratoxin, zearalenone, and three trichothecenes by intact rumen fluid, rumen protozoa, and rumen bacteria. *Applied and Environmental Microbiology* 47: 1070-1073
- Kleinova M, Zollner P, Kahlbacher H, Hochsteiner W, Lindner W (2002) Metabolic profiles of the mycotoxin zearalenone and of the growth promoter zeranol in urine, liver, and muscle of heifer. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 4769-4776
- Lanigan GW (1970) Metabolism of pyrrolizidine alkaloids in the ovine rumen. II. Some factors affecting the rate of alkaloid breakdown by rumen fluid in vitro. *Aust.J.Agric.Res.* 21: 633-639
- Lanigan GW (1971) Metabolism of pyrrolizidine alkaloids in the ovine rumen. III. The competitive relationship between heliotrine metabolism and methanogenesis in rumen fluid in vitro. *Aust.J.Agric.Res.* 22: 123-130
- Larsen GL, Feil VJ, Hakk H, Huwe JK, Petroske E (1996) Polychlorodibenzo-*p*-dioxin Metabolism. *Organohalogen Compounds* 28: 491-494
- Larsen JC (2006) Risk assessments of polychlorinated dibenzo- *p*-dioxins, polychlorinated dibenzofurans, and dioxin-like polychlorinated biphenyls in food. *Molecular Nutrition & Food Research* 50: 885-896
- Lehmann L, Wagner J, Metzler M (2006) Estrogenic and clastogenic potential of the mycotoxin alternariol in cultured mammalian cells. *Food and Chemical Toxicology* 44: 398-408
- Looper ML, Edrington TS, Moubarak AS, Callaway TR, Rosenkrans CF, Jr. (2008) Effects of the ergot alkaloids dihydroergotamine, ergonovine, and ergotamine on growth of *Escherichia coli* O157:H7 in vitro. *Foodborne Pathogens and Disease* 5: 599-604
- Macel M, Vrieling K, Klinkhamer PG (2004) Variation in pyrrolizidine alkaloid patterns of *Senecio jacobaea*. *Phytochemistry* 65: 865-873
- Mclachlan M, Richter W (1998) Uptake and transfer of PCDD/Fs by cattle fed naturally contaminated feedstuffs and feed contaminated as a result of sewage sludge application. 1. Lactating cows. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 1166-1172
- Miettinen H, Oranen H (1994) Metabolism of zearalenone by rumen fluid. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology* 3: 202-
- Miles CO, Menna MED, Jacobs SWL, Garthwaite I, Lane GA, Prestidge RA, Marshall SL, Wilkinsin HH, Schardl CL, Ball OJP, Latch CM (1998) Endophytic fungi in indigenous Australasian grasses associated with toxicity to livestock. *Applied and Environmental Microbiology* 64: 601-606
- Mirocha CJ, Pathre SV, Robison TS (1981) Comparative metabolism of zearalenone and transmission into bovine milk. *Food and Cosmetics Toxicology* 19: 25-30
- Moyer JL, Hill NS, Martin SA, Agee CS (1993) Degradation of ergoline alkaloids during in vitro ruminal digestion of tall fescue forage. *Crop Science* 33: 264-266
- Oldenburg E (1997) Endophytic fungi and alkaloid production in perennial ryegrass in Germany. *Grass and Forage Science* 52: 425-431
- Olsen M (1989) Metabolism of zearalenone in farm animals. In: J.Chelkowski (Ed.) *Fusarium mycotoxins, taxonomy and pathogenicity*. Elsevier, Amsterdam Vol. 2: 167-177
- Panaccione DG (2005) Origins and significance of ergot alkaloid diversity in fungi. *FEMS Microbiology Letters* 251: 9-17
- Paterson J, Forcherio C, Larson B, Samford M, Kerley M (1995) The Effects of Fescue Toxicosis on Beef-Cattle Productivity. *Journal of Animal Science* 73: 889-898
- Porter JK (1995) Analysis of endophyte toxins: fescue and other grasses toxic to livestock. *Journal of Animal Science* 73: 871-880
- Porter JK, Thompson FN, Jr. (1992) Effects of fescue toxicosis on reproduction in livestock. *Journal of Animal Science* 70: 1594-1603
- Price KR, Fenwick GR (1985) Naturally occurring oestrogens in foods--a review. *Food Additives and Contaminants* 2: 73-106
- Schumann B, Lebzien P, Ueberschär KH, Dänicke S (2009) Effects of the level of feed intake and ergot contaminated concentrate on ergot alkaloid metabolism and carry over into milk. *Molecular Nutrition & Food Research* 53: 931-938
- Seeling K, Dänicke S (2005) Mykotoxine in der Wiederkäuerernährung. *Feed Magazine/Krafftutter* 10: 14-19

- Seeling K, Dänicke S, Ueberschär KH, Lebzien P, Flachowsky G (2005) On the effects of Fusarium toxin-contaminated wheat and the feed intake level on the metabolism and carry over of zearalenone in dairy cows. Food Additives and Contaminants 22: 847-855
- Seeling K, Dänicke S, Valenta H, Van Egmond HP, Schothorst RC, Jekel AA, Lebzien P, Schollenberger M, Razzazi-Fazeli E, Flachowsky G (2006) Effects of *Fusarium* toxin-contaminated wheat and feed intake level on the biotransformation and carry-over of deoxynivalenol in dairy cows. Food Additives and Contaminants 23: 1008-1020
- Shull LR, Buckmaster GW, Cheeke PR (1976) Factors influencing pyrrolizidine (Senecio) alkaloid metabolism: species, liver sulfhydryls and rumen fermentation. Journal of Animal Science 43: 1247-1253
- Tiemann U, Tomek W, Schneider F, Müller M, Pöhland R, Vanselow J (2009) The mycotoxins alternariol and alternariol methyl ether negatively affect progesterone synthesis in porcine granulosa cells in vitro. Toxicology Letters 186: 139-145
- Tor-Agbidye J, Blythe LL, Craig AM (1994) Correlation of quantities of ergovaline and lolitrem B toxins to clinical cases tall fescue toxicosis and perennial ryegrass staggers. In: Plant-associated toxins: Agricultural, phytochemical and ecological aspects; 4th International Symposium on Poisonous Plants (ISOPP4), Fremantle, Western Australia, Australia, September 26-October 1, 1993. CAB International: Tucson, Arizona, USA. ISBN 0-85198- 909-8: 369-374
- Valenta H, Vemmer H (1996) *In vitro*-Untersuchungen zum Metabolismus von Zearalenon bei Inkubation mit Pansensaft. Proc.18.Mykotoxin Workshop, Kulmbach, 10.-12.Juni 1996, Hrsg.M.Gareis und R.Schreuer: 185-191
- Veldman A, Meijst JaC, Borggreve GJ, Heeres-Ven Der Tol JJ (1992) Carry-over of aflatoxin from cows` food to milk. Animal Production 55: 163-168
- Walsh RB, Dingwell RT (2007) Beef herd poisoning due to ingestion of tansy ragwort in southwestern Ontario. Canadian Veterinary Journal 48: 737-740
- Yates SG, Petroski RJ, Powell RG (1990) Analysis of Loline Alkaloids in Endophyte-Infected Tall Fescue by Capillary Gas-Chromatography. Journal of Agricultural and Food Chemistry 38: 182-185
- Zöllner P, Jodlbauer J, Kleinova M, Kahlbacher H, Kuhn T, Hochsteiner W, Lindner W (2002) Concentration levels of zearalenone and its metabolites in urine, muscle tissue, and liver samples of pigs fed with mycotoxin-contaminated oats. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50: 2494-2501

#### **Autorenanschrift**

Prof. Dr. Dr. Sven Dänicke  
Institut für Tierernährung, Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit  
Bundesallee 50  
38116 Braunschweig  
sven.daenicke@fli.bund.de

# Potentials and limits in the feeding of ruminants [Potenziale und Grenzen der Wiederkäuerfütterung]

**Prof. Dr. Martin Gierus**

Institute of Animal Nutrition, Products, and Nutrition Physiology, Department for Agrobiotechnology, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria

## Introduction

Feeding ruminants properly is a challenging issue. Despite the nutrient and energy availability in feeds, most ruminant diets of high yielding animals are based on forages, with variable amounts of concentrates added to fulfill requirements. Forages are variable in nutrient and energy content, which varies also among forage plant species, between cutting frequencies, among cutting dates (season), and forage conservation practices. Next to obtaining highest forage nutritive quality and the resulting optimal animal performance, increasing issues in ruminant feeding are the efficiency of nutrient and energy utilization by the animal, the environmental friendly production of foods of animal origin, and the expectation of consumers to obtain animal products from systems taking into consideration animal welfare issues.

The main objective herein was to integrate the knowledge about evaluation of feed quality (mainly protein) with that of grassland science in order to optimize the feeding of high yielding dairy cows. In this way, it should be possible to obtain a better understanding of processes influencing the forage quality variation in the forage crop and related them to possible relevant aspects in ruminant nutrition.

## Home grown proteins – a new challenge?

An increasing demand for so called “home grown proteins” is being discussed for animal feeding. Although the European Union (EU) covers its own demand for vegetable oil, the EU is protein deficient. This deficit still makes the EU the world's largest importer of soybean meal and the second-largest importer of soybeans, just behind China (USDA, 2013). The import of protein sources is questioned as it is linked to additional transport and environmental costs, as well as problems with traceability and nutritive value. Farmers in Europe are facing the challenge to meet the requirements of high yielding animals, which in turn becomes difficult considering the high feed costs at the farm. The objective is to optimize the formulation of diets for high yielding dairy cows with local feed resources, for instance increasing the utilization of forage legumes or the share of high productive grasses in temporary grassland production systems (Søegaard et al., 2007). Such procedure may reduce the amount of concentrate necessary for comparable milk yields, reducing the impact of nutrient losses to the environment.

Forages are important sources of proteins for high yielding dairy cows. The determination of protein quality should necessarily represent the estimation of the escape protein content of a specific feed or mixture to reduce excessive losses of intraruminal degraded protein. Different literature reports on positive influence of non-ammonia N (NAN) content in the small intestines resulting in efficient dietary N utilization when increasing amounts of escape protein available in the diet is present (Santos et al., 1998; Volden, 1999). However, in the most studies concentrate with high amounts of escape protein is fed to correct for undegradable protein requirement of high yielding cows, increasing the N load in the dairy farm.

Due to its biological N fixation capacity, forage legumes present generally a higher protein content compared to grasses. In contrast, the available energy is lower in proportion to the protein content. Consequently, in forage legume based production systems, the protein is poorly utilized due to energy deficiency and extensive degradation of protein in the rumen (Beever et al., 1986a; 1986b). In addition, the protein quality measured as protein fractionation varies considerably in dependence of the defoliation system in combination with the forage legume species available (Kleen et al., 2011). Furthermore, forage legume species determine the feed quality and yield of binary mixtures with perennial ryegrass (Gierus et al., 2012).

## Breeding progress on protein quality of forages

Plant breeding has contributed with 4-5% per decade to the increase in dry matter production, in addition to an increase of 10 g kg<sup>-1</sup> DM digestibility per decade in North Western Europe since the 1950's (Wilkins and Humphreys, 2003). However, one of the main problems in grassland based systems is the inefficiency of ruminants to convert plant biomass into animal product, as mentioned above. Taking into account that only 20-30% of the ingested N can be converted to meat or milk (Dewhurst et al., 1996), ruminant feeding contributes to environmental N pollution. Considering improvement in forage quality, the high crude protein (CP) content and the fast protein degradation rate of forages in the fore stomach of the ruminant are related to inefficiency. Assuming forages as important sources of proteins for high yielding dairy cows, the determination of protein quality should necessarily represent the estimation of the escape protein content of a specific forage species or mixture to reduce excessive losses of intraruminal degraded protein.

The possibility to improve protein quality of perennial ryegrass by breeding to save concentrate imports to the farm is not often considered. For those feeds like soybean meal and rape seed meal the amount of escape protein is increased artificially through physical (heat) or chemical (formaldehyde) treatments. Also in silages there are possibilities to influence positively the protein quality, or at least avoid extensive losses on protein quality by wilting, application of lactic acid producing bacteria, or chemicals (e.g. organic acids). Although in fresh forage the proportion of true protein is higher compared to forage conserved as silage (Messman et al., 1994; Castillo et al., 2001; Krawutschke et al., 2013), in grazed forages the possibilities to manipulate protein quality are limited. Therefore, breeding for protein quality in perennial ryegrass needs to consider also grazing systems to increase substantially the progress in efficient nutrient utilization by ruminants.

Another option to select cultivars for balanced nutrient and energy utilization is to increase the availability of readily fermentable carbohydrates, as occurred by breeding high sugar cultivars of *Lolium perenne* (e.g. Miller et al., 2001). The limitation of this approach is the content of water soluble carbohydrates in sugar rich cultivars, which is dependent on climatic conditions of the growing site. Another possibility to achieve the synchrony of protein and energy release in forage based nutrition is to slow down the rate of protein degradation of the forage protein. An attempt to reduce the initial degradation rate obtained was tested for alfalfa (*Medicago sativa*), resulting in the LIRD-cultivars (low initial rate of degradation), which is a breeding target using measurements very close to the protein degradation processes in the rumen. Coulman et al. (1999) used 4 hour incubation period with the in situ technique to determine the initial rate of dry matter disappearance in fresh leaf alfalfa material. Cultivars which were characterized as LIRD were selected for subsequent breeding programs. The initial rate of degradation during the vegetative phase of the selected cultivars could be reduced by approximately 15%. However, this difference was only possible in the early vegetation stage, and disappeared with increasing plant maturity.

Based on such observations, it is important to address that breeding of new genotypes for improved feed quality should be based on animal responses (Casler and Vogel, 1999; Wilkins and Humphreys, 2003). In this regard the Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) represents one of

several mechanistic models developed to predict the nutritional value of diets by taking into consideration the degradation processes of carbohydrates and proteins in the rumen (Baldwin et al., 1977; Dijkstra et al., 1992; Lescoat and Sauvant, 1995). Hence, the CNCPS could be used as a tool to gain information whether and to which extent differences in carbohydrate and protein composition might enhance animal performance (Salama et al., 2010).

## Benefits of forage legume based systems

Due to its biological N fixation capacity, forage legumes present generally a higher protein content compared to grasses and therefore its proportion and persistence under the prevailing defoliation system (cutting or grazing, or a combination of both) determine the crude protein content of the mixture (Kleen et al., 2011). In contrast, the available energy is lower in proportion to the protein content. Consequently, in forage legume based production systems, the protein is poorly utilized due to energy deficiency and extensive degradation of protein in the rumen.

In forage legume based production systems, the nutritive value of forages can be improved by increasing the amount of escape protein. In this case, forage legumes with secondary plant compound like tannins or polyphenol oxidase may be advantageous in contributing to increase the amount of escape protein of forages. Different studies demonstrated that with fast degradation rate and high losses of N in urine, the absorption of amino acids in the small intestine may limit the performance of lambs, lactating ewes and dairy cattle (Rogers et al., 1980; Barry, 1981). In contrast, lambs grazing forage legumes with condensed tannins showed significant higher average daily gains compared to ryegrass (Speijers et al., 2004). More feed protein would pass the rumen undegraded as condensed tannins are supposed to complex with proteins, protecting them from ruminal degradation. In addition these complexes are expected to dissociate largely in the low pH conditions of the abomasum (Jones and Mangan, 1977), making the protein available for absorption in the small intestine. However, tannin containing forage legumes like birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.), greater birdsfoot trefoil (*Lotus pedunculatus* Cav.) or sainfoin (*Onobrychis viciifolia* L.) have less agronomic performance and therefore are not yet competitive with traditionally grown forage legumes like white clover, red clover or lucerne.

The determination of protein fractions as part of the definition of protein quality indicated as well higher quality for red clover and birdsfoot trefoil (Kleen et al., 2011). Higher proportions of fraction A (non-protein N) are linked to low escape protein contents and therefore suggests poor utilization of the protein, which will be excreted mainly in urine. Although the productivity and increase in nutritive value has received attention in several studies, the protein quality of white clover and lucerne is rather poor. Compared to birdsfoot trefoil and red clover, white clover and lucerne showed higher protein degradation rates (Broderick und Albrecht, 1997) and higher contents of fraction A under cutting systems (Kleen et al., 2011). In vivo trials comparing white clover with ryegrass show higher N losses with white clover in the diet of grazing cattle (Beever et al., 1986a) and cattle fed indoors fresh forage (Beever et al., 1986b). Differences between digestion processes, either biologically (enzymes, microbial activity) or physically driven (particle breakdown, passage rate) influence N losses (Dewhurst et al., 2003) and most in vivo works need to formulate isonitrogenous and isoenergetic diets for comparison purposes between forage species (Broderick et al., 2001). Therefore, forage legumes are the main drivers determining forage quality in legume based systems. The choice of one or another forage legume species is based on its adaptation to the management system, the climate and soil conditions, its biological N<sub>2</sub> fixation or a combination of these factors. Tannin-containing legumes may be favorable to increase the N use efficiency of the ruminant, but up to now the yield performance make species like birdsfoot trefoil less attractive. Getting knowledge about the protein quality of different forage crops, i.e. the degradation rate, protein content and protein fractions as influenced by the forage species and grassland management are important to derive feeding

strategies to enhance nutrient utilization and N use efficiency of the grazing animal, and to contribute for the modeling of N loss routes in the soil-plant-animal system.

## Advances in feed technology

Processing of feeds nowadays is becoming usual in compound feed plants. Protein-rich feeds resources in Europe are limited, most imported protein-rich source is soybean. Because using resources efficiently is now a strong issue for compound feed producers, ways of processing individual feeds (monocomponents) or mixtures (compound feeds) are being re-evaluated. In most processing methods physical treatments includes heat, moisture (steam), shear forces (e.g. expander) or a combination of them (Thurner et al., 2013). Processing increases the production capacity of the processing line and simultaneously improve the nutritive value, decrease proportion of anti-nutritive factors, and contribute for an improved hygiene of compound feeds (Gierus & Sternowsky, 2013). In general, feed processing optimizes the ruminal fermentation of carbohydrates and protein degradation, as well as hydrolysis and hydrogenation of fat. Balancing the protein degradation and microbial protein synthesis is the major outcome, i.e. efficient microbial protein synthesis occurs, with balanced production of VFA and lactic acid, and low surpluses of ammonia in the rumen.

For high yielding dairy cows it is common to offer total-mixed rations (TMR) according to the milk yield in combination with silages as roughages. Processing soybeans or rape seeds using hydrothermal conditioning (e.g. toasting, expander) improves considerably the formation of bypass protein. Expensive protein sources are less required in the concentrate to fulfill the requirements of non-ammonia nitrogen to be digested in the small intestine. However, it should be kept in mind that hydrothermal conditioning on protein degradability are dependent on the protein source, the amount of starch present in the feed or mixture, grinding fineness, and processing temperature and time combinations.

The balanced rumen fermentation processes increases in importance with increasing production levels of the animals. With regard to the crude protein fractionation, changes are being observed for processed feeds (Prestløkken, 1999). In general, a reduction of fraction B1 and a substantial increase in fraction B2 and moderate increases in fraction B3 occurs. No change or light reduction in fraction C means that most feed processing using heat + moisture + time does not led to an increase in the ADF bound crude protein (fraction C). All the changes with feed processing allow the conclusion that the amount of bypass protein increased with the processing, furthermore it contributes to shift protein breakdown from rumen to the digestion in the intestines.

## Conclusions

- Focus on home grown proteins should also consider the contribution of forage production systems for the energy and protein supply of ruminants
- Breeding of new genotypes for improved feed quality should be based on animal responses
- Forage legume species determine the feed quality and yield of binary mixtures with perennial ryegrass
- Feed processing technology including heat, moisture, time, shear and kneading forces or their combination improve the nutritive value, decrease proportion of anti-nutritive factors, and contribute for an improved hygiene of compound feeds, improving the efficient nutrient and energy utilization by ruminants

## Literature

- Baldwin, R.L., Koong, L.J., 1977. A dynamic model of ruminant digestion for evaluation of factors affecting nutritive value. *Agric. Syst.* 2, 255-288.
- Barry, T.N., 1981. Protein metabolism in growing lambs fed fresh ryegrass/white clover pasture. 1. Protein and energy deposition in response to abomasal infusion of casein and methionine. *Br. J. Nutr.* 46, 521-531.
- Beever, D.E., Dhanoa, M.S., Losada, H.R., Evans, R.T., Cammell, S.B., France, J., 1986b. The effect of forage species and stage of harvest on the processes of digestion occurring in the rumen of cattle. *Br. J. Nutr.* 56, 439-454.
- Beever, D.E., Losada, H.R., Cammell, S.B., Evans, R.T., Haines, M.J., 1986a. Effect of forage species and season on nutrient digestion and supply in grazing cattle. *Br. J. Nutr.* 56, 209-225.
- Broderick, G.A., Albrecht, K.A., 1997. Ruminal in vitro degradation of protein in tannin-free and tannin containing forage legume species. *Crop Sci.* 37, 1884-1891.
- Broderick, G.A., Walgenbach, R.P., Maignan, S., 2001. Production of lactating dairy cows fed alfalfa or red clover silage at equal dry matter or crude protein contents in the diets. *J. Dairy Sci.* 84, 1728-1737.
- Casler, M.D., Vogel, K.P., 1999. Accomplishments and impact from breeding for increased forage nutritional value. *Crop Sci.* 39, 12-20.
- Castillo, A.R., Kebreab, E., Beever, D.E., Barbi, J.H., Sutton, J.D., Kirby, H.C., France, J., 2001. The effect of protein supplementation on nitrogen utilization in lactating dairy cows fed grass silage diets. *J. Dairy Sci.* 79, 247-253.
- Coulman, B., Goplen, B., Majak, W., McAllister, T., Cheng, K.-J., Berg, B., Hall, J., McCartney, D., Acharya, S., 1999. A review of development of a bloat-reduced alfalfa cultivar. *Can. J. Plant Sci.* 80, 487-491.
- Dewhurst, R.J., Mitton, A.M., Offer, N.W., Thomas, C., 1996. Effects of the composition of grass silages on milk production and nitrogen utilization by dairy cows. *Anim. Sci.* 62, 25-34.
- Dewhurst, R. J., Evans, R.T., Scollan, N.D., Moorby, J.M., Merry, R.J., Wilkins, R.J., 2003. Comparison of grass and legume silages for milk production. 2. In vivo and in sacco evaluations of rumen function. *J. Dairy Sci.* 86, 2612-2621.
- Dijkstra, J., Neal, H., Beever, D.E., France, J., 1992. Simulation of nutrient digestion, absorption and outflow in the rumen – model description. *J. Nutr.* 122, 2239-2256.
- Gierus, M., Sternowsky, S., 2013. Conditioning of feed with the crown expander - Background, facts and use in livestock nutrition. *Feed Magazine*, 5-6, 21-24.
- Jones W.T. and Mangan J.L. (1977) Complexes of the condensed tannins of sainfoin (*Onobrychis viciifolia Scop.*) with Fraction 1 leaf protein and with submaxillary mucoprotein, and their reversal by polyethylene glycol and pH. *J. Sci. Food Agric.* 28, 126-136.
- Kleen, J., Taube, F., Gierus, M., 2011. Agronomic performance and nutritive value of forage legumes in binary mixtures with perennial ryegrass under different defoliation systems. *J. Agric. Sci. Camb.* 149, 73-84.
- Krawutschke, M., Thaysen, J., Weiher, N., Taube, F., Gierus, M., 2013. Effects of inoculants and wilting on silage fermentation and nutritive characteristics of red clover-grass mixtures. *Grass and Forage Science*, 68, 326–338.
- Lescoat, P., Sauvant, D., 1995. Development of a mechanistic model for rumen digestion validated using the duodenal flux of amino acids. *Reprod. Nutr. Develop.* 35, 45-70.
- Messman, M.A., Weiss, W.P., Koch, M.E., 1994. Changes in total and individual proteins during drying, ensiling, and ruminal fermentation of forages. *J. Dairy Sci.* 77, 492-500.
- Miller L.A, Moorby, J.M., Davis, D.R., Humphreys, M.O., Macrae, J.C. & Theodorou, M.K. (2001). Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.): Milk production from late-lactation dairy cows. *Grass Forage Sci.* 56, 383-394.
- Prestløkken, E. 1999. Ruminal degradability and intestinal digestibility of protein and amino acids in barley and oats expander-treated at various intensities. *Anim. Feed Sci. Technol.* 82, 157-175.
- Rogers, G.L., Porter, R.H.D., Clark, T., Stewart, J.A., 1980. Effect of protected casein supplements on pasture intake, milk yield and composition of cows in early lactation. *Austr. J. Agric. Res.* 31, 1147-1152.
- Salama, H., Lösche, M., Gierus, M., Herrmann, A., Taube, F., 2010. Insights into carbohydrate and protein fractionation in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) genotypes using the Cornell Net Carbohydrate and Protein System. 2. Ruminal kinetics. *Grassland Science in Europe* 15, 551-553.

- Santos, F.A.P., Santos, J.E.P., Theurer, C.B., Huber, J.T., 1998. Effect of rumen-undegradable protein on dairy cow performance: a 12 year literature review. *J. Dairy Sci.* 81, 3182-3213.
- Søegaard, K., Gierus, M., Hopkins, A., Halling, M., 2007. Temporary grassland - challenges in the future. *Grassl. Sci. Eur.* 12, 27-38.
- Speijers, M.H.D., Fraser, M.D., Theobald, V.J., Haresign, W., 2004. The effects of grazing forage legumes on the performance of finishing lambs. *J. Agric. Sci.* 142, 483-493.
- Thurner, S., Zeindl, R., Asam, L., 2013. Vergleich der Verfahrenstechnik zur Sojaaufbereitung. In: *Agrarforschung hat Zukunft – Wissenschaftstagung der LfL.* p. 63-72.
- USDA. Economic Research Service. <http://www.ers.usda.gov/topics/crops/soybeans-oil-crops/trade.aspx> (Zugriff am 9/9/2013).
- Volden, H., 1999. Effects of level of feeding and ruminally undegraded protein on ruminal bacterial protein synthesis, escape of dietary protein, intestinal amino acid profile, and performance of dairy cows. *J. Anim. Sci.* 77, 1905-1918.
- Wilkins, P.W., Humphreys, M.O., 2003. Progress in breeding perennial forage grasses for temperate agriculture. *J. Agric. Sci. Camb.* 140, 129-150.

#### **Autorenanschrift**

Prof. Dr. Martin Gierus  
Institut für Tierernährung, Tierische Lebensmittel und Ernährungsphysiologie  
Department für Agrarbiotechnologie  
Universität für Bodenkultur Wien  
Muthgasse 11, A-1190 Wien  
[martin.gierus@boku.ac.at](mailto:martin.gierus@boku.ac.at)

## Leistung pro/contra Umwelt - Treibhausgas-Emissionen und Flächennutzung

**Zehetmeier Monika<sup>1</sup>, O'Brien Donal<sup>2</sup>, Hoffmann Helmut<sup>1</sup>, Hofmann Guido<sup>3</sup>, Dorfner Gerhard<sup>3</sup>, Heißenhuber Alois<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Wirtschaftslehre des Landbaues, Technische Universität München, Alte Akademie 14, 85350 Freising, Germany, monika.zehetmeier@tum.de, heissenhuber@wzw.tum.de; hoffmann@wzw.tum.de; <sup>2</sup>Livestock Systems Research Department, Animal & Grassland Research and Innovation Centre, Teagasc, Moorepark, Fermoy, Co. Cork, Ireland; <sup>3</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur, Menzinger Str. 54, 80638 München

### Einleitung

Klimaschutz stellt weltweit eine zentrale Herausforderung dar. In diesem Zusammenhang besteht angesichts steigender Nachfrage nach Milchprodukten zunehmendes Interesse darin, Milch mit möglichst geringen Treibhausgas (THG)-Emissionen zu erzeugen (Smith et al., 2013). Um THG-Leakage-Effekte (Verschiebung von THG-Emissionen von einem Produktionsbereich bzw. einem Land zu einem anderen) zu vermeiden (Franks and Hadingham, 2012; Lee et al., 2004), besteht die Notwendigkeit, die engen Beziehungen zwischen Milch- und Rindfleischproduktion sowie dem Flächenbedarf bei der Bestimmung von THG-Emissionen der Milchproduktion zu berücksichtigen. Ziel dieser Studie war es (1) THG-Emissionen, Landnutzung und Rindfleischanfall pro kg Milch von deutschen Milchviehbetrieben mit unterschiedlicher Rasse anhand einer Lebenszyklusanalyse zu vergleichen und (2) die relative Wichtigkeit von Parametern bei der Erklärung der Variabilität von THG-Emissionen, Landnutzung und Rindfleischanfall zu bestimmen. Parameter oder Variablen, die einen großen Beitrag zu den Emissionen liefern und eine hohe Unsicherheit aufgrund von Variabilität aufweisen, werden als „wichtige Parameter“ bezeichnet, da sie ein hohes Potential für die Vermeidung von THG-Emissionen aufweisen (Azen and Budescu, 2003).

### Material und Methoden

27 Betriebe aus Süddeutschland mit Milchkühen der Zweinutzungsrasse Fleckvieh (Süd-Fleckvieh) sowie 26 Betriebe aus Westdeutschland mit Milchkühen der Milchspezialrasse Holstein-Friesian (West-Holstein-Friesian) wurden untersucht. Die betriebsspezifischen Daten des Wirtschaftsjahres 2010/2011 wurden im Rahmen der BZA-Milch (Betriebszweigauswertung) ermittelt (Dorfner und Hofmann, 2012). Diese weisen den Vorteil auf, dass nicht nur ökonomische Daten sondern auch zahlreiche produktionstechnische Daten (z.B. Zwischenkalbezeit, Nutzungsdauer, mineralischer N-Einsatz, Futteraufnahme) erfasst werden. Die ausgewählten Betriebe wurden der süddeutschen und westdeutschen Gruppe des Trendreport Spitzenbetriebe entnommen (Dorfner, 2013). Dies führte zu einer gewissen Homogenität in Bezug auf Managementfähigkeiten der Betriebsleiter. Demzufolge wurde der Effekt der Milchviehrasse sowie der Region fokussiert. Mittelwert und Standardabweichung der wichtigsten produktionstechnischen Parameter der untersuchten Betriebe sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

**Tabelle 1** Produktionstechnische Parameter der untersuchten Süd-Fleckvieh und West-Holstein-Friesian Milchviehbetriebe

Parameter	Einheit	Süd-Fleckvieh		West-Holstein-Friesian	
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
Milchkühe	#	86	23	149	85
Milchleistung	kg FPCM/Kuh pro Jahr	8559	655	9596	700
Fett	%	4.10	0.12	4.01	0.13
Protein	%	3.47	0.08	3.40	0.05
Remontierungsrate	%	29	8	27	9
Zwischenkalbezeit	Tage	380	13	410	19
Erstkalbealter	Monate	28	1.6	27	1.6
Futteraufnahme Milchkuh	kg TM/Kuh/Jahr	7081	614	7686	459
Futteraufnahme Nachzucht	kg TM/Nachzucht/Jahr	6327	967	5843	804

FPCM=Fett und Protein korrigierte Milchleistung, TM=Trockenmasse, SD=Standardabweichung

Mit Hilfe einer Lebenszyklusanalyse wurden die THG-Emissionen und der Flächenbedarf zur Produktion von einem kg Milch von jedem Betrieb ermittelt (ISO, 2006). Gleichungen und Emissionsfaktoren zur Ermittlung der THG-Emissionen innerhalb und außerhalb des Betriebes wurden vor allem folgenden Quellen entnommen: IPCC (2006) Richtlinien, Kirchgeßner et al. (1995) und FeedPrint Modell (Vellinga et al., 2012).

Die gesamten Emissionen sowie der Flächenbedarf innerhalb und außerhalb des Betriebs wurden der Milch zugeteilt. Der Anspruch an die Fläche von importierten Futtermitteln wurde mit Hilfe des FeedPrint Modells ermittelt (Vellinga et al., 2012). Um dem Koppelprodukt Rindfleisch Rechnung zu tragen wurde der Rindfleischanfall pro kg Milch als zusätzlicher Indikator eingeführt. Bei der Berechnung des Rindfleischanfalls erfolgte eine Differenzierung zwischen aktuellem (Schlachtkuhfleisch) und potentiell Rindfleisch (zusätzlich Rindfleisch aus der Ausmast von nicht zur Nachzucht benötigten Kälbern außerhalb des Milchviehbetriebs in Bullen-, Färsen- und Kälbermastverfahren) (Zehetmeier et al., 2012; Flysjö et al., 2011).

Schrittweise multiple Regressionen und Dominanzanalysen (Azen and Budescu, 2003) wurden mit Hilfe des Statistikprogramms R durchgeführt (R Development Core Team, 2006), um diejenigen Parameter zu bestimmen, welche den größten Beitrag zur Erklärung der Variabilität der THG-Emissionen, der Landnutzung und des Rindfleischanfalls liefern.

## Ergebnisse

Die Modellierung der THG-Emissionen pro kg Milch ergab signifikant höhere Werte für die Süd-Fleckvieh-Betriebe im Vergleich zu den West-Holstein-Friesian-Betrieben (Tabelle 2). Die untersuchten Regionen und Systeme wiesen eine hohe Bandbreite an Emissionen pro kg Milch auf. Die Bestimmung wichtiger Parameter ergab, dass Milchleistung und Remontierungsrate den größten Beitrag zur Erklärung der Variabilität der THG-Emissionen lieferten. Der durchschnittliche potentielle Rindfleischanfall pro kg Milch war signifikant höher bei den Süd-Fleckvieh-Betrieben im Vergleich zu den West-Holstein-Friesian-Betrieben. Der Einfluss von Milchleistung und Remontierungsrate auf THG-

Emissionen pro kg Milch und Rindfleischanfall pro kg Milch verhielt sich gegensätzlich. Höhere Milchleistungen und niedrigere Remontierungsrate führten zu geringeren THG-Emissionen pro kg Milch aber auch zu geringerem Rindfleischanfall pro kg Milch. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Bedeutung der Remontierungsrate auf den Rindfleischanfall entscheidend durch die Annahmen zur Berechnung des potentiellen Rindfleischfalls beeinflusst wird. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den untersuchten Regionen und Produktionssystemen in Bezug auf Landnutzung pro kg Milch festgestellt werden.

**Tabelle 2** Treibhausgas (THG)-Emissionen in CO<sub>2</sub>-Äquivalent (CO<sub>2</sub>-äq) und Rindfleischanfall der untersuchten Süd-Fleckvieh und West-Holstein-Friesian Milchviehbetriebe – Mittelwerte und Varianzaufteilung

THG-Emissionen (kg CO <sub>2</sub> -äq/kg FPCM)	Süd- Fleckvieh	West- Holstein- Friesian	Rindfleischanfall <sup>1)</sup> (kg Rindfleisch/kg FPCM)	Süd-Fleckvieh	West-Holstein- Friesian
Mittelwert (SD)	1.06** (0.16)	0.98** (0.21)		0.044** (0.005)	0.023** (0.002)
R <sup>2</sup>	0.743	0.616		0.994	0.994
Relative Wichtigkeit der unabhängigen Variablen im Regressionsmodell (Varianzaufteilung in %)					
RR <sup>2)</sup>	26	31	Zwischenkalbezeit	12	19
TM-Aufnahme <sup>3)</sup>	16	21	Tierverluste	27	20
N-Input <sup>4)</sup>	3	18	RR <sup>2)</sup>	15	28
Milchleistung <sup>5)</sup>	55	30	Milchleistung <sup>5)</sup>	46	33

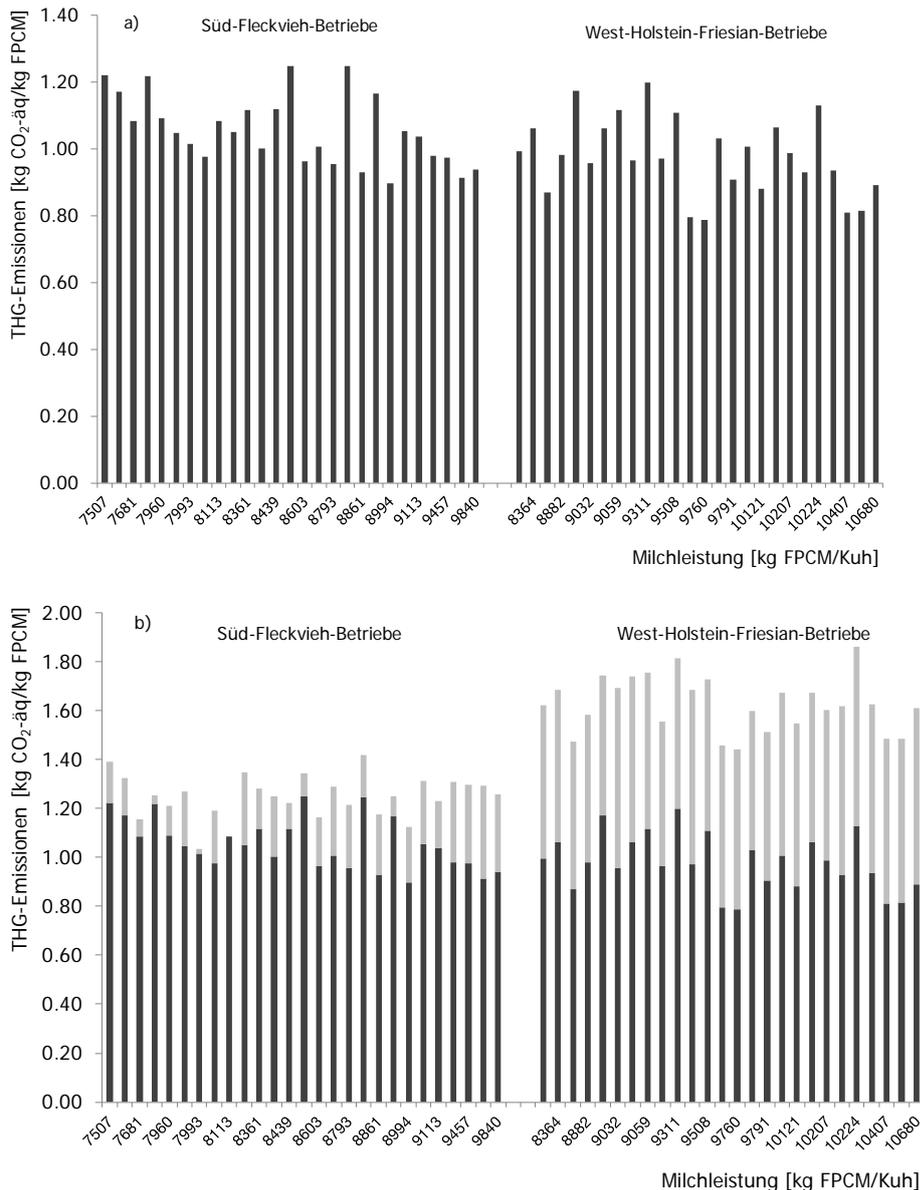
FPCM=Fett und Protein korrigierte Milchleistung; SD=Standardabweichung; <sup>1)</sup>potentieller Rindfleischanfall = Schlachtkuhfleisch und zusätzlich Rindfleisch aus der Ausmast von nicht zur Nachzucht benötigten Kälbern außerhalb des Milchviehbetriebs; <sup>2)</sup>RR = Remontierungsrate (%); <sup>3)</sup>TM-Aufnahme = Trockenmasse-Aufnahme (kg TM/Kuh); <sup>4)</sup>N-Input = mineralischer Stickstoff (kg N/ha); <sup>5)</sup>kg Milch/Kuh/Jahr; \*\* p<0.01

## Diskussion

Werden alle THG-Emissionen der Milch zugeordnet so zeigte sich, dass die Süd-Fleckvieh-Betriebe höhere THG-Emissionen aufweisen. Im Regressionsmodell wurde die Milchleistung pro Kuh als wichtiger Indikator zur Erklärung der Variabilität der THG-Emissionen pro kg Milch bei beiden Betriebsgruppen identifiziert. Die relative Bedeutung der Milchleistung war bei den höher Leistenden West-Holstein-Friesian-Betrieben deutlich geringer. Dies kann durch abnehmende Grenznutzen einer Milchleistungssteigerung erklärt werden (Gerber et al., 2011). In beiden Gruppen führte eine Milchleistungssteigerung jedoch zu einem signifikanten Rückgang der THG-Emissionen pro kg Milch. Gleichzeitig führte eine Erhöhung der Milchleistung auch zu einem signifikanten Rückgang des potentiellen Rindfleischfalls pro kg Milch. Die aufgezeigten Trade-offs zwischen THG-Emissionen und potenziellem Rindfleischanfall geben einen Hinweis auf eine potentielle Verschiebung von THG-Emissionen in andere Produktionssysteme bzw. Länder.

Eine Bewertung des geringeren Rindfleischfalls bei den spezialisierten und höher leistenden Betrieben kann zu einer deutlichen Zunahme der THG-Emissionen pro kg Milch führen. Abbildung 1 verdeutlicht den Unterschied der THG-Emissionen pro kg Milch der untersuchten Betriebe mit (Abbildung 1a) und ohne (Abbildung 1b) Bewertung des unterschiedlichen Rindfleischfalls. In

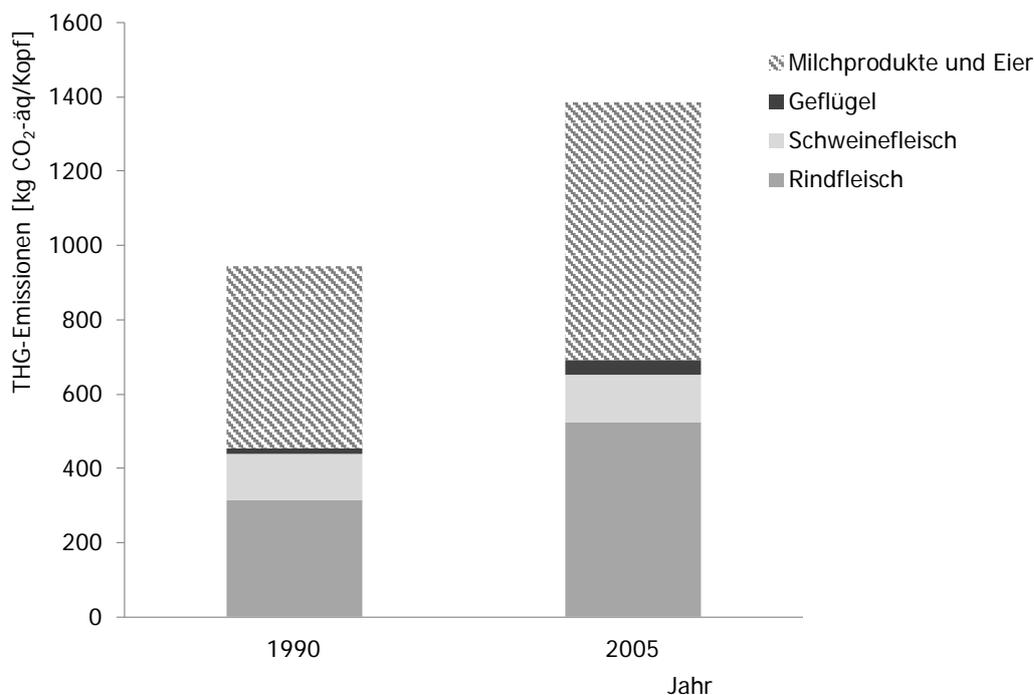
Abbildung 1b wurde der Betrieb mit dem höchsten potentiellen Rindfleischanfall pro kg Milch als Referenzbetrieb gewählt. Die fehlende Rindfleischmenge der restlichen Betriebe wurde durch Rindfleisch aus der Mutterkuhhaltung aufgefüllt. Die zur Produktion des Mutterkuhflisches verbundenen Emissionen wurden zu den THG-Emissionen des Betriebes addiert. Dabei zeigt sich ein deutlicher Anstieg des THG-Niveaus der West-Holstein-Friesian-Betriebe sowie eine Aufhebung des Rückgangs der THG-Emissionen mit zunehmender Milchleistung. Ähnliche Ergebnisse konnten bei einer Auswertung schwedischer Milchviehbetriebe gezeigt werden (Flysjö et al., 2012).



**Abbildung 1** Treibhausgas (THG)-Emissionen pro kg Milch in Abhängigkeit der Milchleistung, ohne Berücksichtigung des Rindfleischanfalls (a) sowie unter der Annahme konstanter Milch- und Rindfleischproduktion (b); dunkelgraue Balken: THG-Emissionen der Milchproduktion, hellgraue Balken: THG-Emissionen aus der Mutterkuhhaltung zur Produktion des fehlenden Rindflisches

Ähnliche Überlegungen gelten auch für den Flächenbedarf. Eine Konstanthaltung der Milch- und Rindfleischmenge durch zusätzliche Produktion von Rindfleisch aus der Mutterkuhhaltung kann zu einem Anstieg des Flächenbedarfs von Betrieben mit höheren Milchleistungen im Vergleich zu nieder leistenden Betrieben führen (Zehetmeier et al., 2012; Flysjö et al., 2012).

Inwieweit fehlendes Rindfleisch als Koppelprodukt der Milchviehhaltung tatsächlich in der Mutterkuhhaltung ersetzt wird, hängt vor allem von der Entwicklung des Konsumniveaus ab. In einer Studie von Cederberg et al. (2013) wurden die THG-Emissionen der Jahre 1990 und 2005 für die Produktion von tierischen Produkten in Schweden verglichen. Es konnte ein Rückgang der THG-Emissionen der tierischen Produktion von 14% festgestellt werden. Zwei Drittel des Rückgangs ließ sich auf eine effizientere Produktion (unter anderem geringere THG-Emissionen pro kg Milch durch Leistungssteigerung) zurückführen. Im gleichen Zeitraum erfolgte jedoch ein Anstieg des Konsums von Nahrungsmitteln tierischer Herkunft. Insgesamt führte dies zu einem Anstieg der THG-Emissionen pro Kopf um 22% (Abbildung 2). 50% des Anstiegs konnte durch einen Anstieg des Rindfleischkonsums und einem Anstieg der THG-Emissionen aus der Rindfleischproduktion durch vermehrte Produktion von Mutterkuhrindfleisch erklärt werden.



**Abbildung 2** Treibhausgas (THG)-Emissionen pro Kopf in CO<sub>2</sub>-Äquivalent (CO<sub>2</sub>-Äq) des Konsums von Fleisch, Milchprodukten und Eiern in Schweden 1990 und 2005 nach Cederberg et al. (2013)

Anhand der einzelnen Studien konnte aufgezeigt werden, dass die Wahl der Systemgrenze einen entscheidenden Einfluss auf die Ergebnisse von THG-Emissionen pro kg Milch und des Bedarfs an Fläche pro kg Milch haben. Dies zeigte sich insbesondere beim Vergleich unterschiedlicher Milchviehrassen. Die Ergebnisse im Falle der Systemgrenze „Milchviehbetrieb“ liefern Hinweise für Landwirte zur Vermeidung von THG-Emissionen auf Milchviehbetrieben. Bei der Suche nach THG-Vermeidungsoptionen sollten solche Strategien fokussiert werden, welche andere Impact-Kategorien (hier Rindfleisch) nicht negativ beeinflussen. In der vorliegenden Studie waren dies beispielsweise Futtereffizienz, effizienter Stickstoff-Einsatz und Zwischenkalbezeit.

Die Berücksichtigung von Trade-offs in Bezug auf Rindfleischproduktion sind von Bedeutung bei der Formulierung von politischen Maßnahmen zur Reduktion von THG-Emissionen, bei einer Verbesserung der Nachhaltigkeit der Milch- und der Rindfleischproduktion sowie um Verschiebungen von THG-Emissionen zu vermeiden. Bei einer Berücksichtigung der Milch- und Rindfleischproduktion zeigte sich, dass eine Reduktion der THG-Emissionen durch eine Verbesserung der Milchleistung nur in begrenztem Umfang möglich ist. Zudem existieren weitere Trade-offs zwischen produktionstechnischen Parametern innerhalb von Milchviehbetrieben (z.B. Milchleistung und höhere Anforderungen an das Herdenmanagement). Aufgrund eines abnehmenden Grenznutzens sollte bei Systemen mit bereits sehr hohen Milchleistungen der Fokus auf einer Optimierung von Milchleistung und Remontierungsrate liegen anstelle einer einseitigen Fokussierung auf weitere Milchleistungssteigerungen.

Unter der Annahme einer steigenden Milchleistung und konstantem Rindfleischbedarf führt die damit verbundene Ausweitung der Mutterkuhhaltung tendenziell zu steigenden THG-Emissionen. Diese Konsequenzen sind aber unterschiedlich zu beurteilen. Sofern Mutterkühe mit Futtermittel versorgt werden, die für den Menschen nicht unmittelbar verwertet werden können (z.B. Gras und Heu von absolutem Grünland), leisten diese Produktionsverfahren einen wichtigen Beitrag zur Erweiterung der Nahrungsbasis. Sofern Mutterkühe bzw. Wiederkäuer mit auch vom Menschen nutzbarem Protein gefüttert werden, schmälert dies die Nahrungsversorgung. Darüber hinaus müssen beim Vergleich von Nutztieren mit unterschiedlich hohem Output an Nahrungsmitteln pro Tier und Zeiteinheit auch weitere Aspekte wie z.B. im Bereich Tierwohl berücksichtigt werden.

Insgesamt ist zu beachten, dass Vermeidungspotentiale von THG-Emissionen im Tierproduktionsbereich relativ begrenzt sind im Vergleich zu den Einsparmöglichkeiten durch veränderte Konsumgewohnheiten.

## Literatur

- Azen, R., Budescu, D.V., 2003. The dominance analysis approach for comparing predictors in multiple regression. *Psychological Methods* 8 (2), 129–148.
- Cederberg, C., Hedenus, F., Wirsenius, S., Sonesson, U., 2013. Trends in greenhouse gas emissions from consumption and production of animal food products - implications for long-term climate targets. *Animal* 7 (2), 330–340.
- Dorfner, G., 2013. Erfolg im schwierigen Jahr. *DLG-Mitteilungen* 4778 (4), 92–97.
- Dorfner, G., Hofmann, G., 2012. *Milchreport Bayern 2011 - Ergebnisse der Betriebszweigabrechnung Milchproduktion 2010/11*. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, München, DE.
- Flysjö, A., Cederberg, C., Henriksson, M., Ledgard, S., 2011. How does co-product handling affect the carbon footprint of milk? Case study of milk production in New Zealand and Sweden. *Int J Life Cycle Ass* 16 (5), 420–430.
- Flysjö, A., Cederberg, C., Henriksson, M., Ledgard, S., 2012. The interaction between milk and beef production and emissions from land use change - critical consideration in life cycle assessment and carbon footprint studies of milk. *Journal of Cleaner Production* 28, 134–142.
- Franks, J.R., Hadingham, B., 2012. Reducing greenhouse gas emissions from agriculture: Avoiding trivial solutions to a global problem. *Land use policy* 29 (4), 727–736.
- Gerber, P., Vellinga, T., Opio, C., Steinfeld, H., 2011. Productivity gains and greenhouse gas emissions intensity in dairy systems. *Livest. Sci.*, 139 (1-2), 100-108.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. In: Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme (ed. HS Eggleston, L Buendia, K Miwa, T Ngara and K Tanabe), chapters 10 and 11 (10.1–10.87; 11.1–11.54). IGES, Hayama, Japan.
- International Organization for Standardization (ISO), 2006. Environmental management – life cycle assessment – requirements and guidelines. ISO 14044:2006(E). ISO, Geneva, Switzerland.
- Kirchgeßner, M., Windisch, W., Müller, H., 1995. Nutritional factors for the quantification of methane production. In: *Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction*. Proceedings of the Eighth International Symposium on

- Ruminant Physiology (ed. van Engelhardt, W., S Leonhard-Marek, S., Breves, G. and Giesecke, D.), pp. 333–351. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, DE.
- Lee, H.-C., McCarl, B. A., Schneider, U. A., Chen, C.-C., 2004. Leakage and comparative advantage implications of agricultural participation in greenhouse gas emission mitigation, Research Report, Department of Economics, University of Western Ontario, No. 2004-1.
- R Development Core Team, 2006. R: A language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- Smith, P., Haberl, H., Popp, A., Erb, K.-H., Lauk, C., Harper, R., Tubiello, F.N., de Siqueira Pinto, A., Jafari, M., Sohi, S., Masera, O., Böttcher, H., Berndes, G., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., Elsiddig, E.A., Mbow, C., Ravindranath, N.H., Rice, C.W., Robledo Abad, C., Romanovskaya, A., Sperling, F., Herrero, M., House, J.I., Rose, S., 2013. How much land-based greenhouse gas mitigation can be achieved without compromising food security and environmental goals? *Global Change Biology*. Doi: 10.1111/gcb12160.
- Vellinga, T. V., Blonk, H., Marinussen, M., van Zeist, W. J., de Boer, I. J. M., 2012. Methodology used in feedprint: a tool quantifying greenhouse gas emissions of feed production and utilization. *Livestock research*, Wageningen UR. ISSN 1570-8616. Accessed June 3, 2012, <http://webapplicaties.wur.nl/software/feedprint/>.
- Zehetmeier, M., Baudracco, J., Hoffmann, H., Heißenhuber, A., 2012. Does increasing milk yield reduce greenhouse gas emissions? A system approach. *Animal* 6 (1), 154–166.

#### **Autorenanschrift**

Monika Zehetmeier  
Wirtschaftslehre des Landbaues,  
Technische Universität München,  
Alte Akademie 14,  
85350 Freising  
[monika.zehetmeier@tum.de](mailto:monika.zehetmeier@tum.de)

# Alles für die Landwirtschaft – aus einer Hand.

Agrar

BayWa



## Futtermittel von BayWa – passend für Tier und Technik.

Ihre traditionelle Rolle als Partner der Landwirtschaft verantwortet die BayWa AG in Zeiten veränderter Produktionsbedingungen mit einer eindeutigen Orientierung zum Kunden.

Eine zunehmende Hinwendung zu umweltgerechten und tiergerechten Produktionsweisen erfordert neue, flexible Konzepte, denen wir mit innovativen Produkten und einer stetigen Weiterentwicklung unseres Produktions-Know-hows begegnen.

Bekannte Sortimente sind **Bovigold**® für Spitzenleistungen in der Milchviehfütterung sowie **Porcigold**® für Hochleistungssauen und für eine profitable Mastschweinehaltung. **Gallugold**® steht für leistungsstarke Futtermischungen in der Nutz- und Hobbygeflügelhaltung.

futtermittel@baywa.de, [www.baywa.de](http://www.baywa.de). Kostenfreie Hotline: 0800 902 902 0  
BayWa AG, Arabellastraße 4, 81925 München

## **Austausch von Maissilage und Kraftfutter durch Pressschnittsilage in der Milchviehfütterung**

**Christian Koch<sup>1</sup>, Christine Potthast<sup>2</sup>, Franz-Josef Romberg<sup>1</sup>, Herbert Steingäß<sup>3</sup>, Georg Dusel<sup>4</sup> und Karl-Heinz Südekum<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> DLR Westpfalz, Hofgut Neumühle, Neumühle 1, 67728 Münchweiler an der Alsenz

<sup>2</sup> Südzucker AG Mannheim/Ochsenfurt, 97119 Ochsenfurt

<sup>3</sup> Institut für Tierernährung, Universität Hohenheim, Emil-Wolff-Straße 8 u. 10, 70599 Stuttgart

<sup>4</sup> Fachhochschule-Bingen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Berlinstraße 109, 55411 Bingen am Rhein

<sup>5</sup> Institut für Tierwissenschaften, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Endericher Allee 15, 53115 Bonn

### **Einleitung**

Hochleistende Milchkühe benötigen zur leistungsgerechten Versorgung energie- und proteinreiche Rationen. Um den hohen Energiebedarf, vor allem in den ersten Laktationswochen zu decken, werden häufig Anteile des Grobfutters durch Getreide ersetzt, mit dem Ziel die Futter- aber auch zusätzlich die Energieaufnahme der Tiere zu erhöhen. Hohe Getreideanteile in der Ration erhöhen jedoch den Anteil leicht fermentierbarer/abbaubarer Kohlenhydrate im Pansen und vermindern zugleich den Anteil an Faserbestandteilen in der Ration, was zu subakuten Pansenazidosen aufgrund verminderter Wiederkauaktivität und Speichelbildung bei den Tieren führen kann. Als Folge wird dadurch die Faserverdauung im Pansen reduziert und der Milchfettgehalt sinkt ab (Sudweeks et al., 1981).

Maissilage stellt in Deutschland und Europa aufgrund des hohen Energiegehaltes eine sehr häufig eingesetzte Futterkomponente in Rationen von Milchkühen dar. Darüber hinaus wird die Stärke der Maissilage im Pansen relativ langsamer im Vergleich zur Stärke aus Getreide und somit Pansen schonender abgebaut. Pressschnittsilage (PSS) ist ein Nebenprodukt aus der Zuckerrübenverarbeitung und ist durch einen hohen Gehalt an Energie und neutraler Detergenzienfaser (NDF), speziell durch einen hohen Gehalt an Pektinen, charakterisiert (Kelly, 1983). Aus diesem Grund werden die Kohlenhydrate der Pressschnittsilage im Pansen deutlich langsamer abgebaut als die Kohlenhydrate aus Maissilage oder Getreide. Deshalb können Pressschnittsilage in Rationen von hochleistenden Milchkühen zu einer wiederkäufer- sowie leistungsgerechten Fütterung beitragen.

### **Material und Methoden**

#### **Versuchsfrage**

Im Rahmen eines Fütterungsversuches am Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Westpfalz, Hofgut Neumühle sollte die Frage geklärt werden, wie sich der vollständige Austausch von Maissilage (5 kg TM/Kuh/Tag) sowie ein Anteil des Kraftfutters (2 kg TM/Kuh/Tag, Körnermais und Gerste, 50:50) durch Pressschnittsilage (7 kg TM/Kuh/Tag) auf Futteraufnahme, Milchleistung und Milchezusammensetzung von hochleistenden Milchkühen auswirkt. Die verfütterten Pressschnittsilage

wiesen einen Trockenmassegehalt von ca. 30 % auf. Als weitere Frage sollte geklärt werden, welchen Einfluss ein durch die Pressschnitzelfütterung bedingter reduzierter Anteil an Stärke und Zucker in der Ration auf die Leistungen der Tiere hat.

### Fütterungsversuch

Für den Fütterungsversuch wurden 2 vergleichbare Gruppen mit je 30 Kühen eingeteilt. Im Mittel starteten die Tiere am 101. Laktationstag (Tabelle 1). Ein Versuchsdurchgang dauerte 7 Wochen, wobei die Tiere 14 Tage angefüttert wurden, gefolgt von 5 Wochen Datenerfassung. Nach 7 Wochen wurden beide Gruppen getauscht, sodass die Kontrolltiere die Versuchsration erhielten und umgekehrt, so dass jedes Tier jeder Ration zugeteilt war. Die Rationen wurden einmal täglich zur freien Aufnahme an Fress-Wiegetrögen der Firma Insentec (Niederlande) vorgelegt. Die Inhaltsstoffe der Einzelfuttermittel wurden an der LUFA in Speyer bestimmt (VDLUFA, 2007). Die Futtermittelaufnahme und die Milchmenge wurden täglich tierindividuell erhoben. Die Milchinhaltstoffe wurden wöchentlich bestimmt. Die Ergebnisse wurden einer Varianzanalyse unterzogen. Für die Auswertung wurden nur Tiere genutzt, die vollständige Datensätze aufwiesen. Jede Behandlung ist mit 55 Tieren geprüft.

Folgendes Modell kam zur Anwendung:

$$y = \mu + \alpha + \beta + b(\gamma) + e$$

wobei:  $\alpha$ : Futtergruppe (1 = Kontrolle / 2 = Versuch),  $\beta$ : Laktationsnummer (1, 2, 3,  $\geq 4$ ),  $b(\gamma)$ : Laktationswoche = lineare Regression auf die durchschnittliche Laktationswoche;  $e$ : Restfehler

Tabelle 1: Einteilung der Versuchstiere

	Laktationstage	Milch kg	Laktationsnummer
Gruppe A (n = 30*)	101	38,0	2,7
Gruppe B (n = 30*)	102	38,2	2,6

\*: Anzahl der Tiere bei Versuchsbeginn; 5 Tiere schieden aus, jede Behandlung ist mit 55 Tieren geprüft

## Ergebnisse

Nachfolgend werden die Rationszusammensetzung und die Leistungsparameter der Tiere dargestellt.

### Rationen

Die Tiere wurden mit folgenden Rationen versorgt (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Rationszusammensetzung (TMR)

	Kontrolle % der TM (kg TM)	Versuch (PSS) % der TM (kg TM)
<b>Grundfutter</b>		
Grassilage	28,5 (6,2)	28,5 (6,2)
Maissilage	<b>22,8 (5,0)</b>	--
Pressschnitzelsilage	--	<b>32,6 (7,0)</b>
Heu + Stroh	4,2 (0,9)	4,2 (0,9)
<b>Kraftfutter</b>		
Mais:Gerste 50:50	<b>28,6 (6,2)</b>	<b>19,4 (4,2)</b>
Rapsextraktionsschrot	7,4 (1,6)	7,4 (1,6)
Sojaextraktionsschrot	7,4 (1,6)	7,4 (1,6)
Futterkalk	0,6	--
Mineralfutter	0,5	0,5

In der Versuchsration wurden demnach 5 kg TM Maissilage und je 1 kg TM Körnermais und Gerste durch 7 kg TM PSS ersetzt.

### Inhaltsstoffe der Rationen und Leistungsparameter

Tabelle 3: Inhaltsstoffe der Rationen

	Einheit	Kontrolle	Versuch (PSS)
Trockenmasse	g/kg	508	467
Rohprotein <sup>1</sup>	g/kg TM	160	162
nutzbares Rohprotein <sup>2</sup>	g/kg TM	166	163
Ruminale N-Bilanz	g/kg TM	0,6	0,4
Rohfaser <sup>3</sup>	g/kg TM	169	179
Stärke <sup>4</sup> + Zucker	g/kg TM	240	141
aNDF <sub>OM</sub> <sup>5</sup>	g/kg TM	338	386
ADF <sub>OM</sub> <sup>6</sup>	g/kg TM	179	198
NEL	MJ/kg TM	6,8	6,9

<sup>1</sup>: VDLUFA III 4.1.2; <sup>2</sup>: DLG-Futterwerttabelle 1997; <sup>3</sup>: VDLUFA III 6.1.1; <sup>4</sup>: VDLUFA III 7.2.1; <sup>5</sup>: VDLUFA III 6.5.1; <sup>6</sup>: VDLUFA III 6.5.2

Die Versuchsration wies mit 141 g/kg TM einen um fast 100 g geringeren Gehalt an Stärke + Zucker im Vergleich zur Kontrollration auf. Der Gehalt an neutraler Detergenzienfaser (aNDF<sub>OM</sub>) lag in der Versuchsration mit 386 g/kg TM um etwa 50 g höher als in der Kontrollration. Im Hinblick auf die Versorgung der Tiere mit nutzbarem Rohprotein (nXP) und Energie (NEL) lagen keinen Unterschiede zwischen den Rationen vor.

### Futteraufnahme und Leistung

Die PSS-Tiere nahmen mehr Frischmasse im Vergleich zur Kontrollgruppe auf wogegen die Trockenmasseaufnahme in der Kontrollgruppe über der Versuchsgruppe lag. Die Milchleistung (ECM) der mit PSS versorgten Tiere lag um 1,4 kg ECM niedriger als bei den Kontrolltieren. Die täglich produzierten Milchfettmengen bewegten sich in der Versuchsgruppe auf geringerem Niveau als in der Kontrollgruppe (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Futteraufnahme und Milchinhaltsstoffe (LSQ-Werte)

	Einheit	Kontrolle	Versuch (PSS)	p-Wert
Frischmasseaufnahme	kg/d	45,9	47,8	< 0,05
Trockenmasseaufnahme	kg/d	23,3	22,1	< 0,01
Milch	kg/d	33,4	32,8	n.s.
ECM	kg/d	31,5	30,1	< 0,05
Milchfett	%	3,69	3,58	n.s.
Milchfett	kg/d	1,21	1,14	< 0,05
Milcheiweiß	%	3,25	3,23	n.s.
Milcheiweiß	kg/d	1,06	1,03	n.s.
Milchharnstoff	mg/l	198	197	n.s.

p < 0,05: signifikant; p < 0,01: hoch signifikant; n.s.: nicht signifikant

## Diskussion und Fazit

Die im vorliegenden Versuch verfütterte Menge an Pressschnitzelsilage lag mit 7 kg TM/Tier/Tag auf einem deutlich höheren Niveau als die derzeitigen Fütterungsempfehlungen ausweisen. Hier werden Mengen bis ca. 20 kg Frischmasse PSS je Tier und Tag bzw. bis zu 20 % der Rationstrockenmasse empfohlen (Engelhard und Kluth, 2008; Hoffmann und Steinhöfel, 2009). In der Vergangenheit lag der TM-Gehalt von Pressschnitzel bei ca. 25 % TM (Futtermitteldatenbank, 2013), woraus sich eine TM-Menge von 5 kg PSS bei Verfütterung von 20 kg FM ergab. Aufgrund technologischer Anpassungen werden in verschiedenen Zuckerfabriken TM-Gehalte in den PSS von ca. 30 % erreicht. Werden von diesen PSS 20 kg FM je Tier und Tag verfüttert, entspricht das ca. 6 kg TM pro Tier und Tag. Engelhard und Kluth (2008) verfütterten in zwei aufeinanderfolgenden Versuchen 5 bzw. 6 kg TM PSS je Tier und Tag im Austausch gegen Maissilage und Getreide und konnten bei einer Steigerung der täglichen PSS-Menge steigende Frischmasseaufnahmen und verminderte Trockenmasseaufnahmen verzeichnen. Trotz der verringerten TM-Aufnahme bei 5 kg TM PSS blieben Milchleistung und Milchinhaltsstoffe im Vergleich zur Kontrollgruppe identisch. Bei 6 kg TM PSS verringerte sich die Milchmenge der PSS-Tiere bei jedoch höheren Milchfettgehalten gegenüber der Kontrolle. In diesem Versuch wurden PSS mit einem TM-Gehalt von 23,1 % verfüttert, sodass diese Tiere eventuell an die Grenze ihrer Futteraufnahmekapazität gestoßen sind, ggf. verursacht durch eine mechanische Sättigung im Rahmen der physikalischen Regulation (Gruber et al., 2001). In der vorliegenden Studie wurde PSS mit einem TM-Gehalt von ca. 30 % verfüttert, sodass der TM-Gehalt beider Rationen nur um 41 g/kg variierte. Auch bei einem deutlich höheren TM-Gehalt der verfütterten PSS wurde eine verminderte TM-Aufnahme bei den Tieren der PSS-Gruppe verzeichnet. Eventuell könnte die hohe PSS-Menge in der Ration zu einer verminderten Abbau- und Passagerate der Ration im Pansen geführt haben, wodurch eine verminderte TM-Aufnahme erklärbar wäre. Allerdings ergeben sich trotz geringerer TM-Aufnahme keine deutlichen Leistungsnachteile der PSS-Tiere, obwohl auch die Versorgung mit Stärke und Zucker mit 14 % der Rations-TM deutlich unterhalb der Empfehlungen lag.

Aufgrund der Ergebnisse dieses Versuchs sollte auch bei Pressschnitzeln mit hohem TM-Gehalt (> 28 %) eine Einsatzmenge von 7 kg TM pro Kuh und Tag nicht überschritten werden, sofern nicht weitere Anpassungen in der Rationsgestaltung erfolgen.

Im Versuch wurde, bedingt durch die Versuchsanlage, auf eine dritte Fütterungsgruppe verzichtet, in der ein hoher PSS-Anteil mit einem höheren Anteil an leichtlöslichen Kohlenhydraten (Stärke und Zucker) kombiniert worden wäre und die ggf. die leichten Minderleistungen hätte ausgleichen können. Diese Fragestellung sollte in weiteren Untersuchungen nachgegangen werden.

## Literatur

- Engelhard T. und Kluth H., (2008): Fütterung von Rationen mit hohen Anteilen an Pressschnittsilage. Forum angewandte Forschung 2008, 88-91.
- Gruber L., Guggenberger T., Steinwidder A., Häusler J., Schauer A., Steinwender R., Steiner B., (2001): Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen auf Basis der Fütterungsversuche der BAL Gumpenstein. Bericht 28. Viehwirtschaftliche Fachtagung, BAL Gumpenstein, 2.-3. Mai 2001, 11-36.
- Hoffmann M., Steinhöfel O., (2009): Futtermittelspezifische Restriktionen. Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH, München.
- Futtermitteldatenbank (2013): [www.futtermittel.net](http://www.futtermittel.net)
- Kelly P., (1983): Sugar beet pulp – a review: Animal Feed Science and Technology 8, 1 – 18.
- Sudweeks E.M., Ely L.O., Mertens D.R. und Sisk L.R. (1981): Assessing minimum amounts and form of roughages in ruminant diets: Roughage value index system: Journal of Animal Science 53, 1406-1411.
- Universität Hohenheim – Dokumentationsstelle (Hrsg.) (1997): DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer, DLG-Verlag, Frankfurt a. Main
- VDLUFA (2007): Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten. Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Bd. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, 3. Auflage inkl. 1.-7. Ergänzungslieferung. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

## Autorenanschrift

Dr. Christian Koch  
Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung, Hofgut Neumühle  
67728 Münchweiler an der Alsenz  
Tel.: 06302/60343  
[c.koch@neumuehle.bv-pfalz.de](mailto:c.koch@neumuehle.bv-pfalz.de)

## Effects of rumen protected choline chloride in dairy cows

Jan Ensink, Detlef Kampf

Orffa Additives B.V., Werkendam, Netherlands

### Introduction

Choline plays an important role in transportation of non-esterified fatty acids regarding metabolism by the liver and a shortage results in a disturbed fatty acid metabolism with the consequence of ketosis and fatty liver syndrome in dairy cattle. Unfortunately unprotected choline will degrade in the rumen therefore choline must be added to the diet in a rumen protected form. Trial results show that the use of protected choline is a preventive measurement for avoidance of fatty liver syndrome and ketosis around calving (Lima *et al.* 2007; Zom *et al.* 2011) and may improve milk production and reproduction parameters (Piepenbrink and Overton, 2003; Cooke *et al.* 2007). Aim of the trial was to examine the effect of rumen protected choline chloride on milk production and the incidence for ketosis in dairy cows under practical conditions.

### Material and Methods

Hence, two practical trials were carried out in 2012 in the Netherlands, first a more comprehensive trial, followed by a practical approach at a second farm. In trial 1 (farm with in total 250 cows, lactating cows kept in 4 different groups, 1 automatic milking system per group) 90 multiparous fresh cows (from fresh cow group up to 100 days in milk) were followed up from calving to 90 days in milk, 45 as control and 45 as choline treatment. After calving fresh cows were randomly assigned to the control (no supplementation) or choline treatment. Choline (60 g/cow/day of a product containing 25% choline chloride) was supplied via a mineral feed dispenser at the milking robot to only treatment animals. Advantage of this system was keeping all cows in the same group by reducing external factors to a minimum. Milk performance was recorded on daily basis and milk composition once a month. Body condition scores of all cows were measured on day 7-10 after calving and at trial end by a veterinarian. No differences on BCS (average value 2.9, resp.) were obtained between treatments at trial start (Scale 1-5; 1 = thin, no fat reserves; 5 = fat, high fat reserves). Ketone bodies in urine of all cows were measured on day 7-10 after calving by the same veterinarian by the use of test stripes and scaled from 1-6 (1 = no ketones, 6 = extreme levels of ketones).

Trial 2 was carried out at a farm with in total 90 cows. Focus was on the fresh cows (fresh cow group up to 120 days in milk) by comparing the effect of a 4 weeks choline supplementation with historical data from that farm. The same choline product was used with a dosage of 50 g/cow/day (direct inclusion to the mixing wagon).

For statistical evaluation (only trial 1) lactation curves were modelled as a function of day in milk and thus a "random regression model" was used with (1) fixed regression coefficients (course of milk per group and test day) and (2) random regression coefficients (course of milk per animal with unstructured covariance matrix and residual effect) for the similar parameter. As regression approach the Ali & Schaeffer model was used. Additionally, a fixed test day effect was included (details of the evaluation method, see Mielenz *et al.* 2006).

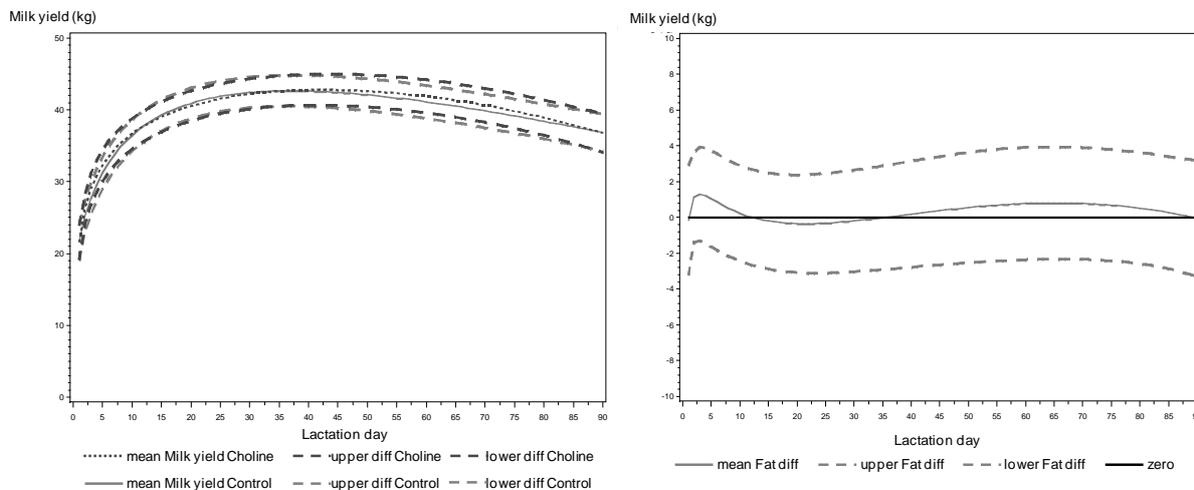
## Results and Discussion

In trial 1 the supplementation of rumen protected choline didn't significantly influence milk yield within the first 90 days in lactation (table 1), but differences between treatments increased numerically over the entire trial period and the choline group peaked higher and kept the highest production over a longer period (graph 1). Milk protein concentrations were similar between both treatments but supplementation of choline resulted in a significantly reduced milk fat concentration within the first 30 days in lactation and therefore also milk fat/protein ratio (signal for lower risk for subclinical ketosis) differed significantly in this period (table 1 and graph 2). The same tendency was measured for fat/protein quotient (not shown). It was also measured that the number of cows with an elevated fat/protein ratio above 1.25 (indication of ketosis) declined by the supplementation of choline. The percentage of cows was reduced from 50.0% in control to 35.3% in choline group (day 1-30) and from 35.3% to 19.4% (day 31-60), respectively.

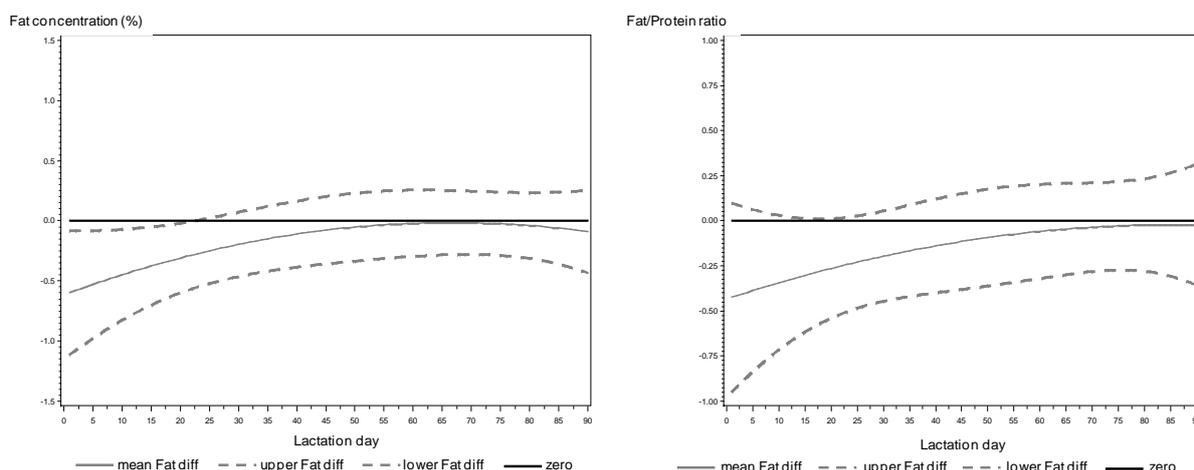
Cows supplemented with choline showed a numerically reduced ketone body concentration in urine ( $2.22 \pm 1.40$  vs.  $2.62 \pm 1.66$  in control;  $P=0.34$ ) from which the conclusion can be drawn that together with the lower fat and fat/protein ratio this can be seen as a sign for reduced incidence for ketosis. Body condition score was not influenced on average ( $2.71 \pm 0.17$  in choline;  $2.61 \pm 0.16$  in control;  $P=0.39$ ) but a significant influence of time (lactation day) was detected as well as a tendency of treatment and time in favour to the choline supplementation for a higher BCS ( $P=0.13$ ).

**Table 1:** Impact of rumen protected choline on average daily milk yield, milk composition, and milk fat/protein ratio (trial 1)

	<b>Control</b> Mean (SE)	<b>Choline</b> Mean (SE)	<b>Cholin – Control</b> Mean (SE)	<b>P =</b>
<b>Milk yield</b>				
day 1-30 (kg/d)	37.34 (1.04)	37.43 (1.02)	0.09 (1.29)	0.95
day 31-60 (kg/d)	42.20 (1.11)	42.57 (1.10)	0.37 (1.53)	0.81
day 61-90 (kg/d)	39.03 (1.20)	39.59 (1.22)	0.56 (1.57)	0.72
<b>Milk fat</b>				
day 1-30 (%)	<b>4.96</b> (0.12)	<b>4.58</b> (0.11)	<b>-0.38</b> (0.16)	<b>0.02</b>
day 31-60 (%)	4.01 (0.10)	3.92 (0.10)	-0.09 (0.14)	0.53
day 61-90 (%)	3.88 (0.10)	3.84 (0.09)	-0.04 (0.13)	0.78
<b>Milk protein</b>				
day 1-30 (%)	3.47 (0.07)	3.45 (0.06)	-0.02 (0.09)	0.83
day 31-60 (%)	3.05 (0.04)	3.07 (0.03)	0.02 (0.05)	0.76
day 61-90 (%)	3.13 (0.04)	3.12 (0.04)	-0.01 (0.06)	0.79
<b>Milk fat/protein ratio</b>				
day 1-30 (%fat-%protein)	<b>1.37</b> (0.12)	<b>1.07</b> (0.11)	-0.30 (0.16)	<b>0.06</b>
day 31-60 (%fat-%protein)	0.97 (0.09)	0.86 (0.09)	-0.12 (0.13)	0.37
day 61-90 (%fat-%protein)	0.78 (0.09)	0.75 (0.08)	-0.03 (0.12)	0.37



**Graph 1:** Lactation curves and differences in daily milk yield (choline – control) in dependence of choline supplementation (LSMEANS and similar two-sided confidence intervals, P = 0.95)



**Graph 2:** Differences in milk fat concentration and milk fat/protein ratio (choline – control) depending on choline supplementation (LSMEANS and similar two-sided confidence intervals, P = 0.95)

In trial 2 (table 2) feeding rumen protected choline resulted after 4 weeks in a reduced amount of cows “at risk” (too high milk fat/protein ratio) which was almost reduced by half. Also fewer animals were observed with a high ketone body concentration in milk. These results, although only compared with the historical data, confirm very well the results of the first experiment.

**Table 2:** Percentage of cows with elevated fat/protein ratio, and high ketone bodies in milk before and after 4 weeks of choline treatment (trial 2)

	Before	After 4 wks
<b>% cows of milk fat/protein ratio &gt; 1,25 (F-P &gt; 1.25)</b>	61%	32%
<b>No. of cows with elevated ketone bodies in milk</b>	4	1

## Summary

Rumen protected choline is a preventive measurement against fatty liver syndrome and ketosis after calving. In two trials rumen protected choline was used to proof the effects described in literature under practical conditions. In trial 1, feeding rumen protected choline didn't influence milk yield but levels of ketone bodies in urine, fat concentration and fat/protein ratio in milk were reduced esp. within the first month of lactation which can be considered as a lower incidence for subclinical ketosis. The results of the 1<sup>st</sup> trial were confirmed in a practical approach where in contrast to historical results fewer cows showed symptoms of ketosis.

## References

- Cooke *et al.* (2007): Supplemental Choline for Prevention and Alleviation of Fatty Liver in Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* **90**: 2413–2418.
- Lima *et al.* (2007): Effects of feeding rumen-protected choline on metabolism and lactation. *J. Dairy Sci.* **90** (Suppl. 1): 174.
- Mielenz *et al.* (2006): Statistical analysis of test-day milk yields using random regression models for the comparison of feeding groups during the lactation period. *Arch. Animal Nutr.* **60**: 341-357.
- Piepenbrink and Overton (2003): Liver Metabolism and Production of Cows Fed Increasing Amounts of Rumen-Protected Choline During the Periparturient Period. *J. Dairy Sci.* **86**: 1722–1733.
- Zom *et al.* (2011): Effect of rumen-protected choline on performance, blood metabolites, and hepatic triacylglycerols of periparturient dairy cattle. *J. Dairy Sci.* **94**: 4016–4027.

### Authors address:

Dr. Detlef Kampf  
Orffa Additives B.V.  
Vierlinghstraat 51  
4251 LC Werkendam  
Netherlands  
kampf@orffa.com



Erhältlich als  
Kupfer >54%  
und Zink >55%

# IntelliBond<sup>®</sup>, Hydroxyspurenelemente

... die neue Generation in der Spurenelementversorgung

- Pansenstabil da im neutralen pH nicht löslich
- Hohe Bioverfügbarkeit weil
  - langsame Freisetzung aus kristalliner Struktur
  - nicht hygroskopisch und nicht reaktiv mit anderen Futterbestandteilen (Vitamine und Fette werden nicht angegriffen)
- Hohe Homogenität der Partikel → gleichmäßigere Verteilung im Futter
- Sichere Produkte durch die Auswahl hochreiner Rohwaren und einem einzigartigen Herstellungsprozess

 IntelliBond<sup>®</sup> C

 IntelliBond<sup>®</sup> Z

Orffa (Deutschland) GmbH  
Lübecker Str. 29, 46485 Wesel  
T +49 (0)281 33 92 00 F +49 (0)281 33 92 023  
E info@orffa.com I www.orffa.com

  
**ORFFA**

Your Key to a world of ingredients...

# Vergleich von ME-Aufnahme und ME-Bedarf von Mastochsen der Rassen Deutsche Holstein und Deutsches Fleckvieh bei unterschiedlichen Weidesystemen

**Peter Weindl und Gerhard Bellof**

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Fakultät Land- und Ernährungswirtschaft,  
D-85350 Freising

## Einleitung

Die Erfassung der Energieaufnahme weidender Tiere stellt sich als schwierig dar, da sowohl die genaue Höhe der Futtermittelaufnahme wie auch die Verdaulichkeit der aufgenommenen Weideration nur sehr aufwändig direkt gemessen werden können. Beides beeinflusst maßgeblich die Abschätzung der Energieaufnahme der Tiere. Ohne Kenntnis der Energieaufnahme können aber keine Aussagen hinsichtlich der Effizienz unterschiedlicher Weidesysteme getroffen werden.

In der nachfolgend dargestellten Untersuchung wurde versucht, anhand der Ergebnisse zur Futtermittelaufnahme in zwei unterschiedlichen Weidesystemen und in zwei aufeinander folgenden Jahren einen Vergleich zwischen der geschätzten ME-Aufnahme und den ME-Bedarfsempfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) für Mastochsen durchzuführen.

## Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden in den Jahren 2011 und 2012 auf zwei Weidestandorten des Lehr- und Versuchsbetriebes der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf in Zurnhausen durchgeführt. Grundlegende Charakteristika sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

**Tabelle 1:** Standortcharakteristika der Versuchsweiden

Merkmal	Kurzrasenweide (KRW)	Umtriebsweide (UTW)
Exposition	Tertiäres Hügelland, leichter Südhang	Tallage im Ampermoos
Höhenlage	ca. 490 m	ca. 430 m
Bodenart	schluffiger Lehm	humoser, schluffiger Lehm
Wiesentyp	Weidelgras-Weißklee-Weide	Feuchte Wiesenfuchsschwanzwiese
Weidenutzung	seit 2006	seit 2011
N-Düngung	170 kg N/ha und Jahr	130 kg N/ha und Jahr
Flächenumfang 2011	bis zu 10,8 ha	8 Koppeln mit insgesamt 11,9 ha
Tierbesatz 2011	durchschn. 2,9 GV/ha	durchschn. 2,4 GV/ha
Flächenumfang 2012	bis zu 10,8 ha	7 Koppeln mit insgesamt 13,5 ha
Tierbesatz 2012	durchschn. 5,1 GV/ha	durchschn. 4,0 GV/ha

### Versuchsablauf

Der zeitliche Ablauf des Versuchs gliedert sich in vier Phasen (P1, P2, P3 und P4), wobei die Versuchstiere in den Phasen 1 und 3 in einem Feststall gehalten und mit Grassilage + Kraftfutter gefüttert wurden. In den Phasen 2 und 4 erfolgte (mit Ausnahme einer Kraftfutterbeifütterung zu Mastende – 28 Tage, 15 bzw. 30 kg KF/Tier) eine ausschließliche Versorgung mit den

Weideaufwüchsen der Kurzrasen- bzw. Umtriebsweide. Zusätzliche Informationen zu dem durchgeführten Versuch geben Schmutz et al. (2013).

### Tiere

Jeweils 24 Fleckvieh- und 24 Deutsch-Holstein-Ochsen wurden den beiden Weidesystemen zugeordnet. Somit wurden die Daten von 96 Tieren erfasst. Die wesentlichen Merkmale der Mastleistung, differenziert nach Weidephasen (P2 und P4), können Tabelle 2 entnommen werden.

**Tabelle 2:** Durchschnittliche Anfangs- und Endgewichte sowie Tageszunahmen und durchschnittliche, metabolische Lebendmasse der Ochsen im Weidemastversuch

Merkmal	Einheit	Kurzrasenweide	Umtriebsweide
<b>Gewichte</b>			
P2 - Anfangsgewicht	kg	253	250
P2 - Endgewicht	kg	387	382
P4 - Anfangsgewicht	kg	521	504
P4 - Endgewicht	kg	619	620
<b>Tageszunahmen</b>			
P2	g/d	788	776
P4	g/d	613	734
<b>metabolische Lebendmasse</b>			
P2	kg LM <sup>0,75</sup>	75,7	74,9
P4	kg LM <sup>0,75</sup>	116,7	115,4

### Ertrags- und Futterwertermittlungen für die Weidesysteme

1. Weideperiode: Die Ermittlung des Weidezuwachses erfolgte auf der Kurzrasenweide in der ersten Weideperiode über die Verwendung von sechs Weidekörben (jeweils 2 m lang und 1 m breit), welche während der Weidesaison nicht versetzt wurden. Hierdurch sollte eine Verfälschung der Ergebnisse durch punktuelle Einträge von Harn und Kot oder übermäßige Trittbelastungen vermieden werden, was sich aufgrund der verhältnismäßig kleinen Fläche unter den Weidekörben übermäßig stark auf das Ergebnis auswirken hätte können. Eine mineralische Düngung erfolgte aber auch auf diesen Versuchsflächen. Die Mahd wurde im Zweiwochen-Rhythmus mit einer Akku-Rasenschere (Fa. Gardena, 20 cm Schnittbreite) auf etwa 3 cm Aufwuchshöhe durchgeführt. Das gesamte Mähgut wurde anschließend verwogen und davon eine repräsentative Teilprobe gezogen, welche im Trockenschrank bei 103 °C für 24 h getrocknet wurde. Hieraus konnte dann der Trockenmasse-Zuwachs pro ha hochgerechnet werden. Die durchschnittliche Futteraufnahme wurde mit Hilfe der Formeln (1) und (3) kalkuliert.

2. Weideperiode: In der zweiten Weideperiode wurde eine abgewandelte Methode verwendet. Anstelle der Weidekörbe erfolgte die Beprobung nun durch die Beerntung von drei ausgezäunten Probestflächen, welche im Vergleich zu 2011 deutlich größer waren (jeweils ca. 40 m<sup>2</sup>) und zudem nach jeder Ernte versetzt wurden. Da für diese Methode ein individueller Startwert erforderlich ist, wurde ein Teil der neu eingezäunten Fläche bereits bei der Einzäunung gemäht und dann zum Ertrag, der eine Woche später ermittelt wurde, ins Verhältnis gesetzt. Zudem wurde die Akku-Rasenschere durch einen Aufsitz-Rasenmäher mit Front-Mähwerk und Auffangbehälter ersetzt. Dies war dem erhöhten Arbeitsaufwand für die Mahd der nun größeren Versuchsflächen geschuldet. Zudem konnte die Mähtiefe so exakter eingestellt werden. Der Ertragszuwachs wurde vom 19.4.12 bis zum 9.8.12 wöchentlich und danach bis zum 31.10.12 nochmals zu vier Terminen ermittelt. Aufgrund des geringeren Weidezuwachses im Herbst wurde für diesen Zeitabschnitt ein verlängertes Zeitintervall gewählt.

Die Futterwertbestimmung erfolgte durch die wöchentliche Sammlung von Aufwuchsproben nach der Hand-Zupf-Methode. Nähere Angaben hierzu sind bei Weindl et al. (2012) dokumentiert.

Auf den Teilkoppeln der Umtriebsweide erfolgte die Ertragsermittlung in beiden Jahren nach demselben Schema. Hierfür wurde der Trockenmasseertrag vor Weideauftrieb und nach Weideabtrieb (Weiderest) ermittelt, wobei jeweils der mit einer Akku-Rasenschere gemähte Aufwuchs von sechs Teilflächen á 0,6 m<sup>2</sup> (in Summe ca. 3,6 m<sup>2</sup>) gesammelt, verwogen und der Trockenmassegehalt bestimmt wurde. Die Kalkulation der durchschnittlichen Einzeltieraufnahme erfolgte anhand der Formeln (2) und (3).

Zur Futterwertbestimmung wurden die Weideauftriebsproben herangezogen.

#### Berechnung der Einzeltier-Futteraufnahme

Die mittleren Futteraufnahmen wurden nach folgenden Formeln berechnet:

- (1) Futteraufnahme der Teilherde KRW = Ertragszuwachs während der Weidephase pro ha x unterstellter, unvermeidbarer Weideverlust in Höhe von 15% x beweidete Fläche während des Beprobungsintervalls
- (2) Futteraufnahme der Teilherde UTW = Futterangebot bei Weideauftrieb - Weiderest
- (3) Durchschnittliche Einzeltierfutteraufnahme = Futteraufnahme der Herde / Anzahl der Tiere

#### Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Inhaltsstoffe und des energetischen Futterwertes erfolgte mit der Funktion „TTEST“ in MS Excel 2010. Für die Futteraufnahme lagen keine tierindividuellen Daten vor. Somit erfolgte keine statistische Auswertung.

## Ergebnisse

Die Ergebnisse für das Jahr 2012 (Tab. 3) bestätigen die signifikanten Unterschiede für die wertbestimmenden Inhaltsstoffen sowie den energetischen Futterwert der Aufwüchse der beiden Weiden aus dem Jahre 2011. Der ME-Gehalt für die KRW erreicht dabei das Niveau einer körnerreichen Maissilage in der Wachsreife. Allerdings unterscheiden sich diese Futtermittel deutlich hinsichtlich Rohprotein- und Stärkegehalt, was die direkte Vergleichbarkeit für einen effizienten Einsatz in der Rindermast erschwert.

**Tabelle 3:** Inhaltsstoffe und Futterwert von Weideaufwüchsen der Kurzrasen- und der Umtriebsweide in den Versuchsjahren 2011 und 2012

Weide	Jahr	XA g/kg TM	XP g/kg TM	XF g/kg TM	XL g/kg TM	Zucker g/kg TM	NDF <sub>org</sub> g/kg TM	ADF <sub>org</sub> g/kg TM	ADL g/kg TM	HFT ml/200 mg	Energie <sup>1</sup> MJ ME/kg TM
KRW	2011	108	220	200	38	96	445	232	29	45,8	10,90
KRW	2012	116	244	207	33	85	411	216	24	48,9	11,28
UTW	2011	78	172	239	31	104	511	278	33	44,1	10,09
UTW	2012	92	177	253	26	109	493	265	30	47,4	10,33

<sup>1</sup> nach GfE (2008)

Auf Grundlage der im Methodenteil geschilderten Bilanzverfahren konnten die in Tabelle 4 aufgeführten, durchschnittlichen Futteraufnahmen für die Versuchstiere ermittelt werden. Für die erste Weidephase ergeben sich dabei fast identische Werte. Multipliziert man die unterstellte Futteraufnahme mit den ME-Konzentrationen der Aufwüchse, so ergibt sich ein leichter Vorteil zugunsten der KRW-Tiere, wodurch tendenziell höhere Tageszunahmen (TGZ) realisiert werden konnten. In der zweiten Weidephase sind tendenziell höhere Werte zugunsten der Umtriebsweide festzustellen. Da aber die ME-Konzentration im Kurzrasenaufwuchs höher ist, ergibt sich eine annähernd identische ME-Aufnahme. Allerdings steht dies im Widerspruch zu den realisierten TGZ, welche bei den UTW-Tieren um 121 g/d höher lagen. Eine Überschätzung der Futteraufnahme der KRW-Tiere kann hier also nicht ausgeschlossen werden. In Tabelle 4 erfolgt zudem eine Bilanzierung

der täglichen ME-Aufnahme mit den unterstellten ME-Bedarfswerten für Erhaltung und Leistung nach den Empfehlungen der GfE (1995). Dabei entsteht in allen Varianten ein Energieüberschuss bzw. eine daraus abzuleitende Überschätzung der Futterraufnahme und/oder der energetischen Verwertbarkeit der Aufwüchse. Diese Fehleinschätzung ist vor allem in der zweiten Weidephase in beiden Weidesystemen stark ausgeprägt. Die Werte für die Umtriebsweide sind dabei tendenziell näher an den Bedarfswerten. Der höhere Aufwand für die Futterraufnahme auf der Kurzrasenweide führt anscheinend zu einem niedrigeren TM-Verzehr. Dies kann aber durch die höhere Energiekonzentration des Kurzrasenweideaufwuchses zumindest auf den ersten Blick kompensiert werden. Die niedrigeren Tageszunahmen und die schlechtere ME-Verwertung je kg Zuwachs in der Phase 4 lässt aber auf einen deutlich höheren Energiebedarf für die aufwändigere Futterraufnahme im Vergleich zur Umtriebsweide schließen.

Die beiden Rassen unterschieden sich bezüglich der in Tabelle 4 dargestellten Merkmale nur geringfügig voneinander.

**Tabelle 4:** Durchschnittliche, geschätzte Futter- und Energieaufnahme pro Tier sowie Bilanzierung der so ermittelten ME-Aufnahme mit den nach GfE (1995) abgeleiteten Bedarfswerten

Merkmal	Einheit	Kurzrasenweide	Umtriebsweide
durchschnittliche Lebendmasse			
P2	kg	320	316
P4	kg	570	562
geschätzte Futterraufnahme			
P2	kg TM/d	6,9	7,1
P4	kg TM/d	11,6	12,6
kalkulierte Energieaufnahme			
P2	MJ ME/d	75,2	71,6
P4	MJ ME/d	130,8	130,2
Energiebedarf für Erhaltung <sup>1</sup> (Zuschlag: + 15 % für Weidegang nach GfE (2001))			
P2	MJ ME/d	46,1	45,7
P4	MJ ME/d	71,1	70,4
Energiebedarf für die realisierte Leistung <sup>2</sup>			
P2	MJ ME/d	23,1	22,5
P4	MJ ME/d	23,1	28,1
Energiebilanz			
P2	MJ ME/d	+ 6,0	+ 3,5
P4	MJ ME/d	+36,6	+31,7
Überschätzung der Futterraufnahme um			
P2	kg TM/d	+ 0,6	+ 0,3
P4	kg TM/d	+ 3,3	+ 3,1

<sup>1</sup> Erhaltungsbedarf für Mastrinder: 0,530 MJ pro kg metabolisches Körpergewicht

<sup>2</sup> Leistungsbedarf = Energieansatz/Verwertungsfaktor k, berechnet mit Verwertungsfaktor k=0,43

## Diskussion

In Tabelle 5 sind weitere Kennzahlen zur Futterraufnahme und zur Effizienz der Energieumsetzung aufgeführt, welche die Vergleichbarkeit der von uns ermittelten Ergebnisse mit anderen Studien erleichtern sollen. Alle in der Diskussion zitierten Studien basieren auf Versuchsergebnissen zur Futterraufnahme bei Ochsen ohne Beifütterung und unter der Verwendung von Markern (n-Alkane, Chromoxid oder Ytterbium) mit Ausnahme der Studie von French et al. (2000), in der die Futterraufnahme wie in unserem Versuch mit Hilfe eines Bilanzverfahrens ermittelt wurde. Sofern Kennzahlen nicht ausgewiesen wurden, aber auf Grundlage der Ergebnisse errechnet werden konnten, wurde diese ebenfalls berücksichtigt.

**Tabelle 5:** Durchschnittliche, geschätzte Futteraufnahme (in TM) pro Tier im Verhältnis zur Lebendmasse und zur metabolischen Lebendmasse sowie ME-Aufwand je kg Lebendmasse-Zuwachs

Merkmal	Einheit	Kurzrasenweide	Umtriebsweide
Tägliche TM-Aufnahme im Verhältnis zur Lebendmasse			
P2	% der LM	2,16	2,25
P4	% der LM	2,04	2,24
Tägliche TM-Aufnahme im Verhältnis zur metabolischen Lebendmasse			
P2	g/kg LM <sup>0,75</sup>	91	95
P4	g/kg LM <sup>0,75</sup>	99	109
ME-Aufnahme je kg Zuwachs			
P2	MJ ME/kg	95,1	92,5
P4	MJ ME/kg	213,6	177,3

Maßgeblich für die gegenüber den Bedarfswerten ermittelten Energieüberschüsse in unserer Studie, vor allem in der Phase 4, ist die unterstellte hohe Futteraufnahme, welche durch Messfehler verursacht worden sein könnten. Vergleicht man jedoch die Ergebnisse mit denen von French et al. (2000) oder French et al. (2001) mit ähnlich schweren Kreuzungs-Ochsen (Limousin x Charolais), so konnten auch hier Futteraufnahmen von bis zu 13 kg TM ermittelt werden, wobei diese aber vom Weidefutterangebot abhängig war. Da aber sowohl auf der Kurzrasenweide wie auch auf der Umtriebsweide von einem ausreichenden Futterangebot ausgegangen werden kann, ist eine Vergleichbarkeit durchaus statthaft. Auch hinsichtlich der Futteraufnahme je kg metabolische Lebendmasse (111 bzw. 106 g/kg LM<sup>0,75</sup>) und im Verhältnis zur Lebendmasse (2,31 bzw. 2,14 % LM) konnten in den genannten Versuchen ähnliche Werte gefunden werden. Eine gute Übereinstimmung ergibt sich für beide Parameter auch mit Barton et al. (1992), wobei es sich hier aber um einen Versuch zur Winterweide-Haltung in Nevada handelte und die Tiere mit durchschnittlich 411 kg auch etwas leichter waren. Dennoch war die TM-Aufnahme in Höhe von 1,99 % der LM bzw. von 90 g/kg LM<sup>0,75</sup> ähnlich hoch. De Andrade et al. (2013) weisen bei etwa 250 kg schweren Tieren und vergleichbaren Tageszunahmen im Bereich von 700 g ebenfalls eine Futteraufnahme von 2,70 % der LM aus.

Zu teilweise wesentlich höheren Futteraufnahmen als in der vorliegenden Studie kommen Nielsen et al. (2004) und McCaughey et al. (1997), wobei der Schwerpunkt in der Studie von McCaughey auf der Ermittlung der Methanproduktion bei unterschiedlich hohen Besatzstärken lag, der jeweilige Versuchszeitraum dadurch relativ kurz und die ermittelten Futteraufnahmen (bis 14,9 kg TM/d bei durchschnittlich 392 kg schweren Tieren) sowie die Tageszunahmen (bis zu 1480 g) sehr hoch waren. Dagegen ist der Versuch von Nielsen et al. (2004) mit Holstein- und Jersey-Ochsen (Ø 264 kg vs. 185 kg LM) besser als Referenz geeignet. Die schwereren Holstein-Tiere konnten, bedingt durch die höhere Lebendmasse, mehr Futter aufnehmen (8,3 vs. 6,3 kg). Rechnet man diesen Wert jedoch auf die metabolische Lebendmasse um, so ergeben sich fast identische Werte (127 vs. 126 g/kg LM<sup>0,75</sup>). Im Vergleich zu unserer Studie lagen die TGZ bei Nielsen et al. (2004) zudem zwischen 927 und 1142 g/d, wodurch die höheren Werte durchaus plausibel erscheinen.

Da die ermittelten, hohen Werte für die Futteraufnahme anhand ähnlicher Versuche durchaus bestätigt werden können, kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die Ochsen in unserem Weidemastversuch mit zunehmenden Gewicht mehr Weideaufwuchs aufnahmen, ohne diese zusätzliche Energie effizient in Leistung umzusetzen. Dieser Sachverhalt kann auch für den Versuch von French et al. (2001) beobachtet werden. Hier nahmen die Tiere, welche ein Weidefutterangebot von täglich 18 kg TM zur Verfügung hatten, 3,7 kg mehr TM auf als die Tiere, denen nur 12 kg TM angeboten wurde (aufgenommene Menge an Weidefutter: 13,0 vs. 9,3 kg TM/d). Durch die deutlich höhere Futteraufnahme konnten jedoch nur um 250 g höhere Tageszunahmen realisiert werden. Für diesen Leistungszuwachs wäre jedoch nur einen zusätzliche Energieversorgung in Höhe von 8,6 MJ ME nötig gewesen, was in etwa 0,9 kg zusätzliche Weidefutteraufnahme bedeuten würde.

Die Ursache für diese abnehmende Effizienz, kann nicht abschließend geklärt werden. Denkbar wären ein überproportional hoher Energieverbrauch für den Umbau und die Ausscheidung des überschüssig aufgenommenen Stickstoffs (durchschnittliche XP-Aufnahme der KRW-Tiere (Jahr 2012) von 2830 g pro Tag, entspricht ca. 453 g N/d), der höhere Energieaufwand für die Futtermittelaufnahme und/oder ein erhöhter Aufwand für die Regulation der Körpertemperatur, vor allem bei schwereren Ochsen.

## Schlussfolgerungen

Die Übertragbarkeit der ME-Bedarfsempfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie ist insbesondere für die Endmast von Ochsen der Rassen Deutsche Holstein und Deutsches Fleckvieh bei Weidegang ohne Beifütterung zu hinterfragen. Diese Empfehlungen basieren überwiegend auf Stallmastversuchen mit stärkebetonten und proteinausbalancierten Rationen auf der Basis von Maissilage, Getreide und Sojaextraktionsschrot. Bei überwiegender Weidehaltung von Mastrindern sollten die Ableitungen zum ME-Bedarf die dargestellten Aspekte berücksichtigen.

## Literatur

- Barton, R. K., Krysl, L. J., Judkins, M. B., Holcombe, D. W., Broesder, J. T., Gunter, S. A. and Beam, S. W. (1992): Time of daily supplementation for steers grazing dormant intermediate wheatgrass pasture. *Journal of Anim. Sci.* 70, 547-558.
- Boadi, D. A., Wittenberg, K. M. und McCaughey, W. P. (2002): Effects of grain supplementation on methane production of grazing steers using the sulphur ( $\text{SF}_6$ ) tracer gas technique. *Can. J. Anim. Sci.* 82, 151-157.
- De Andrade, E.A., Ribeiro-Filho, H.M.N., De Liz, D.M., Almeida, J.G.R., Miguel, M.F., Raupp, G.T., Ramos, F.R. and Almeida, E.X. (2013): Herbage intake, methane emissions and animal performance of steers grazing dwarf elephant grass with or without access to *Arachis pintoj* pasture. *Proceedings of the 22<sup>nd</sup> International Grassland Congress: Revitalising grasslands to sustain our communities.* 15.-19. September 2013, Sydney.
- French, P., Stanton, C., Lawless, F., O'Riordan, E.G., Monahan, F.J., Caffrey, P.J. and Moloney, A.P. (2000): Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *Journal of Anim. Sci.* 78, 2849-2855.
- French, P., O'Riordan, E. G., O'Kiely, P., Caffrey, P. J., and Moloney, A.P. (2001): Intake and growth of steers offered different allowances of autumn grass and concentrates. *Anim. Sci.* 72, 129-138.
- GfE (1995): Zur Energiebewertung beim Wiederkäuer. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 4, 121-123.
- GfE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. ISBN 978-3-7690-0660-5.
- GfE (2008): Neue Gleichungen zur Schätzung der Umsetzbaren Energie für Wiederkäuer von Gras- und Maisprodukten. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 17, 191-198.
- McCaughey, W. P., Wittenberg, K. and Corrigan, D. (1997): Methane production by steers on pasture. *Can. J. Anim. Sci.* 77, 519-524.
- Nielsen, B., Thamsborg, S.M., Andersen, H.R. and Kristensen, T. (2004): Herbage intake in Danish Jersey and Danish Holstein steers on perennial ryegrass/white clover pasture. *Livestock Prod. Sci.* 86, 261-267.
- Schmutz, M., Weindl, P., Carrasco, S., Bellof, G. und Schmidt, E. (2013): Effect of breed, grazing system and concentrate supplementation on fattening performance, carcass value and meat quality of steers (eingereicht: *Archives Animal Breeding*).
- Weindl, P., Luderschmid, C. und Bellof, G. (2012): Vergleichende Untersuchungen zum Nährstoffgehalt und Futterwert von Aufwüchsen der Kurzrasenweide und der Umtriebsweide. 50. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V., Freising, Germany

Diese Studie wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (Programm FHprofUnt) finanziell unterstützt (Förderkennzeichen: 170 90 X 10).

**Autorenanschrift**

Prof. Dr. Gerhard Bellof  
Fakultät Land- und Ernährungswirtschaft  
Am Hofgarten 4  
85354 Freising  
gerhard.bellof@hswt.de

# Ihr Viehbestand in guter Hand!

## Milkivit



**SPEZIALPRODUKTE**  
für eine gute Geburt und eine  
problemlose Kälberaufzucht.

**Trouw Nutrition Deutschland GmbH**

86664 Burgheim • Telefon: 0 84 32 / 89-0 • Telefax: 0 84 32 / 89-150  
[www.milkivit.de](http://www.milkivit.de) • [milkivit@nutreco.com](mailto:milkivit@nutreco.com)

# Einfluss unterschiedlicher Marker- sowie der Sammelmethode auf die scheinbare Gesamtraktverdaulichkeiten (ATTD) verschiedener Nährstoffe und Mengenelemente beim Mastschwein

**Schedle Karl**

Institut für Tierernährung, Tierische Lebensmittel und Ernährungsphysiologie,  
Department für Agrarbiotechnologie, Universität für Bodenkultur Wien

## Einleitung

Unverdauliche Marker wie salzsäureunlösliche Asche (SuA), Chromoxid ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), Titandioxid ( $\text{TiO}_2$ ) oder die n-Alkane können zur Ermittlung der Nährstoffverdaulichkeit eingesetzt werden, wenn eine quantitative Sammlung von Kot nicht in Erwägung gezogen werden kann. Überdies stellt die Erhebung von Verdaulichkeitsquotienten mittels Markertechnologie im Vergleich zur Sammelmethode eine weniger arbeitsintensive Alternative dar. Es können jedoch Unterschiede zwischen den unterschiedlich ermittelten Verdaulichkeitsquotienten auftreten (Kavanagh et al., 2001; Agudelo et al., 2010). Ziel der vorliegenden Studie war es daher, unterschiedliche Ermittlungsmethoden der scheinbaren Gesamtraktverdaulichkeit (ATTD) (Sammeltechnik,  $\text{TiO}_2$ , SuA) zu vergleichen.

## Material und Methoden

Der Versuch wurde mit 27 Tieren und 9 Verdauungskäfigen (Ehret, Tulln, Österreich) durchgeführt.

Nach einer 10-tägigen Anfütterung im Transitstall wurden jeweils 3 x 3 Vollgeschwister nach vorheriger Einzelwiegung in einen der insgesamt 9 Stoffwechselkäfige überstellt. Die Tiere verblieben anschließend 10 Tage im Stoffwechselkäfig. Die 10 Tage waren in 2 Phasen geteilt: 1) 5-tägige Eingewöhnungsphase, 2) 5-tägige Bilanzphase mit quantitativer Kotsammlung zur Bestimmung der Gesamtraktverdaulichkeit. Vor Beginn der Eingewöhnungsphase und am Ende der Bilanzphase wurden die Tiere einzeln gewogen. Am Ende der ersten Bilanzphase wurden die Tiere zurück in den Transitstall und 3 x 3 weitere Vollgeschwister in die Stoffwechselkäfige gebracht. Diese Tiere durchliefen im Durchgang 2 ebenfalls die Eingewöhnungs- und Bilanzphase. Die verbleibenden 3 x 3 Vollgeschwister durchliefen anschließend ebenfalls im Durchgang 3 die Eingewöhnungs- und Bilanzphase.

Während die Tiere in den Stoffwechselkäfigen befanden, wurden sie zweimal täglich gefüttert. Die tägliche Futtermenge entsprach dem 2,5-fachen Erhaltungsbedarf ( $2,5 \times 0,44 \text{ MJ ME/kg LM}^{0,75}$ ) der Tiere. Die Berechnung der Futtermenge erfolgte jeweils mit der bei der Wiegung zuvor ermittelten LM der Tiere. Futterreste wurden täglich zurückgewogen um die genaue Futterraufnahme je Tier und Tag ermitteln zu können.

Die Komponenten der Futtermischung, sowie die kalkulierte Nährstoffkonzentrationen sind in Tabelle 1 dargestellt. Die kalkulierte Nährstoffkonzentration richtete sich nach den Empfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (2006).

Die Kotmengen wurden tierindividuell quantitativ erfasst und anschließend bis zur weiteren Analyse bei  $-20^\circ\text{C}$  tiefgefroren.

Die Futter- und Kotproben wurden auf Trockensubstanz, Rohprotein, Rohfett, Rohasche, Rohfaser, Ca, P, Bruttoenergie, SuA und TiO<sub>2</sub> analysiert (Naumann und Bassler, 2012).

Tabelle 1: Futtermittelzusammensetzung und kalkulierte Nährstoffe der Futterration

<b>Futtermittel</b>	
Mais, %	27,98
Gerste, %	46,32
Sojaextraktionsschrot HP, %	18,75
Sonnenblumenöl, %	2,68
Weizenkleie, %	1,00
Futterkalk, %	1,00
Monocalciumphosphat, %	0,90
Viehsalz, %	0,20
L-Lysin-HCl, %	0,16
DL-Methionin, %	0,08
L-Threonin, %	0,07
Vitamin- und Spurenelementmischung <sup>*)</sup> , %	0,56
TiO <sub>2</sub> , %	0,30
<b>Kalkulierte Nährstoffkonzentration</b>	
ME, MJ/kg	13,20
Rohprotein, %	16,00
SID <sup>†</sup> Rohprotein, %	13,50
SID Lysin, %	0,85
SID Methionin + Cystein, %	0,50
SIDThreonin, %	0,57
SID Tryptophan, %	0,17
Ca, %	0,60
P, %	0,53
v.P, %	0,26
Na, %	0,10

\*) in der Vitamin- und Spurenelementmischung war Phytase enthalten um eine Phytasekonzentration von 750 FTU pro kg Futter zu erreichen

†) standardisiert ileal verdaulich

Die statistische Auswertung der erhobenen Daten erfolgte mittels Varianzanalyse mit dem Statistikprogramm SAS (Version 9.2) unter Verwendung der Prozedur GLM. Als kritisches Signifikanzniveau wurde ein  $\alpha$  von 0,05 herangezogen. Der Unterschied zwischen den unterschiedlichen Verdaulichkeitsermittlungsmethoden wurde mittels Student-Newman-Keuls-Test ermittelt.

## Ergebnisse

Die Ergebnisse der ATTD der Nährstoffe, Ca, P und der Energie ermittelt durch unterschiedliche Verfahrenstechniken sind in Abbildung 1 dargestellt. Grundsätzlich wurden für alle untersuchten Parameter die höchsten ATTD mit der Sammelmethode erhoben. Die geringsten ATTD verzeichnete bei allen Parametern die TiO<sub>2</sub> Methode. Alle drei Verfahren unterschieden sich bei allen untersuchten Parametern bis auf das Rohfett signifikant von einander ( $p < 0,05$ ). Beim Rohfett erzielte die Sammelmethode signifikant höhere Werte im Vergleich zu den beiden Indikatormethoden ( $p < 0,05$ ).

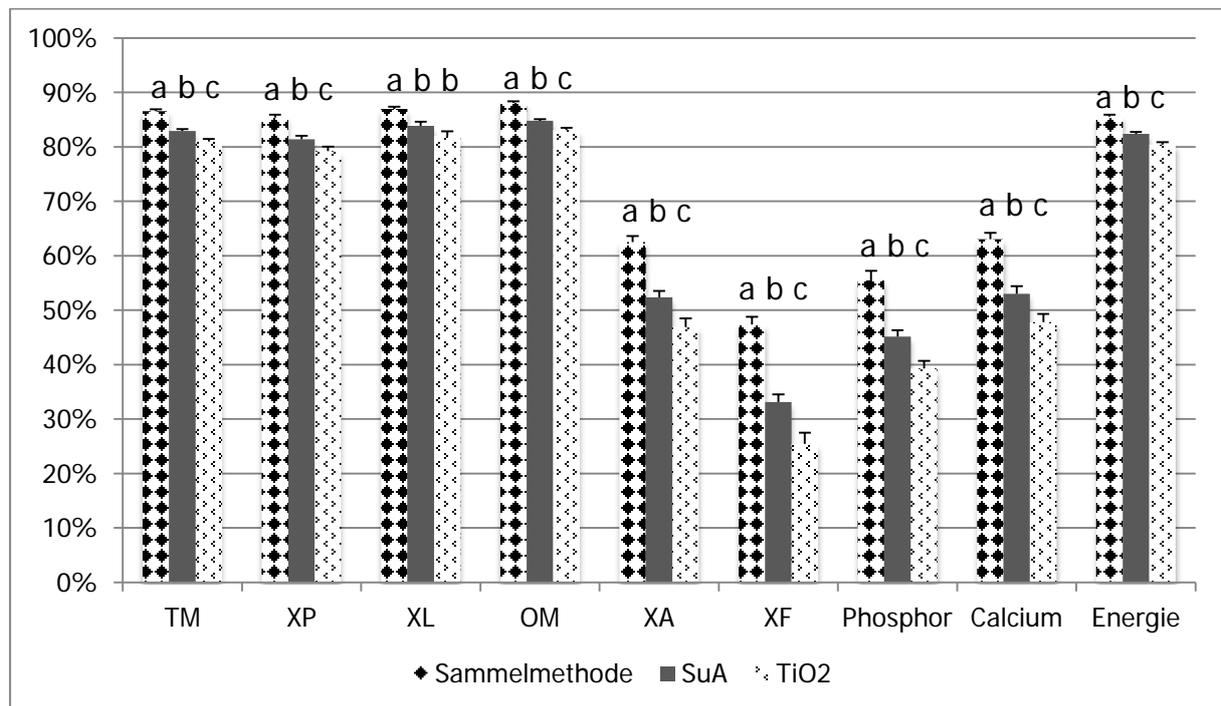


Abbildung 1: Scheinbare Gesamtraktverdaulichkeit (ATTD) der Nährstoffe, Ca, P und der Energie beim wachsenden Schwein (36-58 kg Lebendmasse)

Grundsätzlich korrelierten die mit der Sammelmethode erhobenen Verdaulichkeitskoeffizienten besser mit dem SuA Indikator als wenn TiO<sub>2</sub> als Indikator verwendet wurde. Miteinander verglichen korrelierten die Markerverdaulichkeiten bei allen Parametern hoch signifikant ( $p < 0,01$ ).

## Diskussion

Die mit der Sammelmethode erhobenen Verdaulichkeiten der analysierten Nähr- und Mineralstoffe befanden sich in einem physiologischen Bereich für Mastschweinefutter mit einem bedarfsdeckendem Nährstoffgehalt (Le Goff et al., 2001; Johnston et al., 2004; Humer et al., 2013). Die höchste ATTD der analysierten Parameter wurde mit der Sammelmethode erhoben. Signifikant niedrigere Koeffizienten wurden mit den Indikatormethoden ermittelt, wobei der TiO<sub>2</sub> Indikator nochmals signifikant geringere ATTDs bis auf den Parameter XL verzeichnete. Die beobachteten Ergebnisse konnten durch andere Studien bestätigt werden (Kavanagh et al., 2001; Agudelo et al., 2010). Die durch die Indikatormethoden erhobene geringere ATTD scheint in den meisten Studien durch eine geringe Wiederfindungsrate der unverdaulichen Marker begründbar (Kavanagh et al., 2001; Agudelo et al., 2010). Auch in der vorliegenden Studie konnte nicht die komplette Menge an SuA beziehungsweise TiO<sub>2</sub> (Daten nicht dargestellt) im Kot wiedergefunden werden. Weiters könnten die geringeren Wiederfindungsraten der unverdaulichen Marker und hier vor allem beim TiO<sub>2</sub> auch durch Verluste beim Mahlen und Mischen oder bei der Probenahme entstanden sein (Kavanagh et al., 2001).

Die erhöhte Wiederfindungsrate von SuA und somit die stärker ausgeprägte Korrelation zwischen der Sammel- und der SuA-Methode im Vergleich zur Sammel- und TiO<sub>2</sub>-Methode wurde auch durch die Studie von Kavanagh et al. (2001) bestätigt. Grundsätzlich sind die Unterschiede zwischen Sammel- und Indikatormethode stärker bei schwer verdaulichen Nährstoffen, beziehungsweise Mengen- und Spurenelementen ausgeprägt (Agudelo et al., 2010). Dies konnte auch durch die vorliegende Studie bestätigt werden.

## Schlussfolgerung

Bei Verwendung eines Indikators zur Bestimmung der ATTD scheint die SuA-Methode der  $\text{TiO}_2$ -Methode, aufgrund der weniger aufwendigeren und daher eventuell mit geringeren Fehlern behafteten Analytik, vorzuziehen zu sein. Die Abweichungen der Indikatorverfahren sind vor allem bei leicht verdaulichen Stoffen im Vergleich zur Sammelmethode geringer. Um exakte absolute Werte ermitteln zu können, stellt die Sammelmethode das Mittel der Wahl dar.

## Literatur

- Agudelo, J. H.; Lindemann, M. D.; Cromwell, G. L., 2010: A comparison of two methods to assess nutrient digestibility in pigs. *Livestock Science*. **133**, 74–77.
- Gesellschaft für Ernährungsphysiologie 2006: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. DLG Verlag, Frankfurt am Main.
- Humer, E.; Wetscherek, W.; Schwar, C.; Schedle, K., 2013: Effect of corn conservation technique on growth performance, total tract apparent mineral and nutrient digestibility and microbial metabolites in feces in growing pigs. *Journal of Animal Science*. Under Review
- Johnston, S. L.; Williams, S. B.; Southern, L. L.; Bidner, T. D.; Bunting, L. D.; Matthews, J. O.; Olcott, B. M., 2004: Effect of phytase addition and dietary calcium and phosphorus levels on plasma metabolites and ileal and total-tract nutrient digestibility in pigs. *Journal of animal science*. **82**, 705–714.
- Kavanagh, S.; Lynch, P. B.; O'Mara, F.; Caffrey, P. J., 2001: A comparison of total collection and marker technique for the measurement of apparent digestibility of diets for growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*. **89**, 49–58.
- Le Goff, G.; Noblet, J., 2001: Comparative total tract digestibility of dietary energy and nutrients in growing pigs and adult sows. *Journal of animal science*. **79**, 2418–2427.
- Naumann, C., Bassler, R., 2012. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA Verlag, Darmstadt.

### Autorenanschrift

Dr. Karl Schedle  
Institut für Tierernährung, Tierische Lebensmittel und Ernährungsphysiologie  
Department für Agrarbiotechnologie  
Universität für Bodenkultur Wien  
Muthgasse 11, A-1190 Wien  
karl.schedle@boku.ac.at



**Hy•D**<sup>®</sup>  
strength to succeed

# ROVIMIX<sup>®</sup> Hy•D<sup>®</sup>

Für ein starkes Fundament

**ROVIMIX<sup>®</sup> Hy•D<sup>®</sup>**  
Das bessere Vitamin D<sub>3</sub> von DSM für:

- Besserer Skelettentwicklung
- Bessere Selektionsraten bei Jungsaugen
- Bessere Lebensleistung bei Zuchtsauen

DSM Nutritional Products GmbH  
Animal Nutrition and Health  
Im Breuel 10, D-49565 Bramsche  
[www.dsm.com/animal-nutrition-health](http://www.dsm.com/animal-nutrition-health)

HEALTH • NUTRITION • MATERIALS



# Auswirkungen unterschiedlicher Rohfasergehalte in der Ferkelaufzucht auf zootecnische Leistungen

**Wolfgang Preißinger, Hermann Lindermayer, Günther Propstmeier**

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft Grub/Schwarzenau, Deutschland

## Einleitung

Für die Gesunderhaltung des Verdauungsapparates und für eine funktionierende Verdauung beim Schwein ist die ausreichende Zufuhr von Ballaststoffen (Rohfaser) unerlässlich. Speziell bei den Absetzferkeln mit Wechsel von der hochverdaulichen bzw. hochkonzentrierten Milchmahlung auf feste, unbekanntere Pflanzennahrung stehen die Entwicklung der körpereigenen Verdauung und die Stabilisierung der Darmgesundheit im Vordergrund. In der DLG-Information 1/2008 werden deshalb bei Absetz- bzw. Diätfutter für Ferkel Rohfasergehalte von 40 g bzw. mindestens 40 g je kg Alleinfutter gefordert. Für das Ferkelaufzuchtfutter I ab 12 kg Lebendmasse (LM) liegen die Empfehlungen bei 35 g/kg (DLG, 2008). In der Praxis wiesen Ferkelfutter aber z. T. Rohfasergehalte von 30 g Rohfaser je kg und weniger auf. In der vorliegenden Untersuchung sollte deshalb unter dem Aspekt des Tierwohles und der Tiergesundheit der Rohfasergehalt im Ferkelaufzuchtfutter auf 50 g/kg Futter erhöht werden. Es wurde dabei mit einer Mischung aus verschiedenen Rohfaserträgern (Fasermix aus 30 % Apfeltrester, 30 % Rübenmelasseschnitzel, 24 % Sojabohnenschalen, 15 % Weizenkleie und 1 % Rübenmelasse) gearbeitet. Im Übrigen sind mindestens 50 g Rohfaser pro kg Futter eine wesentliche Forderung im Antrag von NRW zur Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung für alle Schweine und durchgängig.

Bezüglich der Kotkonsistenzen (Tabelle 2) fällt auf, dass die Ferkel in der Gruppe mit rohfaserreicherem Futter speziell am Anfang der Aufzucht und nach der Futterumstellung einen etwas härteren Kot aufwiesen. Die Erhöhung des Rohfaseranteils auf 50 g pro kg Futter hat hier also darmstabilisierend gewirkt und die Leistung erhöht. Auch stammten nur 3 von 8 Ferkeln, die gegen Durchfall behandelt wurden, aus der Rohfasergruppe. Von Nachteil ist der Preis, mehr Rohfaser im Futter erhöht die Futterkosten, im Versuch waren es rund 0,4 € pro Ferkel bzw. 0,04 € pro kg Zuwachs (Tabelle 3).

## Material und Methoden

Die Untersuchung wurde am Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum Schwarzenau durchgeführt und bestand aus einem Ferkelfütterungsversuch im Lebendmassebereich zwischen 9,1 und 28,5 kg. Für den Versuch wurden 192 Ferkel der Rasse Pi x (DL x DE) nach Lebendmasse, Abstammung und Geschlecht ausgewählt und gleichmäßig auf folgende zwei Gruppen aufgeteilt:

- Gruppe I: FAF I und II mit 30 g Rohfaser/kg Futter - Kontrolle
- Gruppe II: FAF I und II mit 50 g Rohfaser/kg Futter – „rohfasereich“

Die Ferkel wurden in 16 Buchten zu je 12 Tieren auf Kunststoffpalten ohne Einstreu gehalten. Sie waren zu Versuchsbeginn im Durchschnitt 31 Tage alt und wogen 9,1 kg. Pro Behandlungsgruppe wurden 2 Buchten mit weiblichen Tieren, 2 Buchten mit männlich kastrierten Tieren und 4 Buchten gemischtgeschlechtlich aufgestellt. Die Fütterung erfolgte am Kurztrug mit Trogsensor und separaten Spotmix-Fütterungsanlagen (Fa. Schauer) für jede Behandlungsgruppe. Die Futtermengen wurden für

jede Bucht automatisch verwogen. Die Lebendmassen wurden wöchentlich am Einzeltier erfasst. Die Ferkelaufzuchtfutter (FAF I, FAF II; Tabelle 1) wurden in der Versuchsmahl- und Mischanlage Schwarzenau hergestellt.

Die Futteruntersuchen wurden im Labor der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Grub nach VDLUFA-Richtlinien durchgeführt. Die Verteilung der Partikelgrößen wurde mit einem Siebkasten ermittelt. Folgende Verteilungen wurden prozentual bzw. gewichtsanteilig bestimmt: >3 mm, 3-2 mm, 2-1 mm und <1 mm. Während des Versuchs wurde der Kot in den Buchten bonitiert. Dabei wurden folgende Noten vergeben: 1 für wässrig bis 4 für hart.

Die Kontrollrationen aus Weizen, Gerste, Sojaextraktionsschrot, Soja-/Rapsöl, Mineralfutter mit 4 Aminosäuren und Fumarsäure waren einfach aufgebaut und kamen sehr nahe an die Zielvorstellungen heran (siehe Tabelle 1). In den Testrationen mit 50 g Rohfaser im Ziel waren einige Umstellungen notwendig:

- plus 10 % Fasermix zur Rohfaseranreicherung, die gewünschten 50 g Rohfaser/kg wurden sogar überschritten. Das Futter enthielt dadurch weniger sehr feine Partikel (<1 mm).
- plus 2 % mehr Soja-/Rapsöl zum Energieausgleich. Dieser ist nicht ganz gelungen, da das Testfutter (II) weniger gut verdaulich war.

**Tabelle 1:** Rationszusammensetzungen, Partikelgrößenverteilung, Verdaulichkeiten und analysierte Inhaltswerte

		Kontrolle (30 g Rohfaser)		Testgruppe (50 g Rohfaser)	
		FAF I	FAF II	FAF I	FAF II
Weizen	%	36,5	38	24,5	26
Gerste	%	40	40	40	40
Soja-/Rapsöl	%	1	1	3	3
Sojaschrot 48	%	17,5	16,5	17,5	16,5
Fumarsäure	%	1	1	1	1
Fasermix	%	0	0	10	10
Mineralfutter*	%	4	3,5	4	3,5
Schrotfeinheit <1mm	%	45	43	41	40
Schrotfeinheit 1-2mm	%	46	47	49	50
Schrotfeinheit 2-3mm	%	8	9	9	9
Schrotfeinheit >3mm	%	1	1	1	1
Preis/dt	€	31,88	31,36	33,74	33,22
ME	MJ	13,61	13,60	13,40	13,33
VQ org. Substanz	%	88,5	89,3	86,7	86,8
VQ Rohprotein	%	85,4	85,4	84	82,7
Rohprotein	g	197	183	190	187
Rohfett	g	32	27	41	41
Rohfaser	g	30	33	52	55
Lysin	g	12,5	11,5	12,5	11,5
Threonin	g	8,6	7,8	8,6	7,5
Ca	g	7,2	6,4	7,5	6,7
P	g	5,3	4,8	5,3	4,8

\*) 15,5 % Ca, 3,7 % P 5 % Na, 10 % Lys, 3 % Met, 3,5 % Thr, 0,4 5 Trp

Damit ergaben sich in der rohfaserreichen Gruppe (II) ca. 2 € pro dt höhere Futterpreise. Mehr Rohfaser im Ferkelfutter kostet zweifach, zum einen wird teures Öl zum Energieausgleich benötigt, die Alternative wäre ein höherer Futteraufwand, zum anderen ist Rohfaser (speziell als Fasermix) im Vergleich zum Getreide auch sehr teuer!

Die übrigen Nährstoffe wie Aminosäuren und Mineralstoffe waren in beiden Versuchsfuttern ausreichend und gleichwertig vorhanden.

## Ergebnisse und Diskussion

Der Versuch begann für beide Gruppen mit 9,1 kg LM und endete nach 35 Versuchstagen (5 Wochen) bei ca. 28,5 kg LM. Aus der Kontrollgruppe wurden in den ersten Wochen 5 Tiere wegen „Versuchsuntauglichkeit“ (Füße, Kümmerer, Futterverweigerung) aussortiert, aus der Rohfasergruppe verendete 1 Ferkel.

Bezüglich der Kotkonsistenzen (Tabelle 2) fällt auf, dass die Ferkel in der Gruppe mit rohfaserreicherem Futter speziell am Anfang der Aufzucht und nach der Futterumstellung einen etwas härteren Kot aufwiesen. Die Erhöhung des Rohfaseranteils auf 50 g pro kg Futter hat hier also darmstabilisierend gewirkt und die Leistung erhöht. Auch stammten nur 3 von 8 Ferkeln, die gegen Durchfall behandelt wurden, aus der Rohfasergruppe. Von Nachteil ist der Preis, mehr Rohfaser im Futter erhöht die Futterkosten, im Versuch waren es rund 0,4 € pro Ferkel bzw. 0,04 € pro kg Zuwachs (Tabelle 3).

**Tabelle 2:** Kotbonitierung

Gruppen		Kontrolle (30 g Rohfaser)	Testgruppe (50 g Rohfaser)
<b>Tierzahl</b>	n	91	95
<b>Ausfälle</b>	n	5	1
<b>Kotkonsistenzen (1-4: hart, normal, weich, wässrig)</b>			
Anfang/Phase 1	g	2,4	2,0
Ende/Phase 2	g	2,0	2,0
Gesamt (10-30 kg LM)	g	2,1	1,9

Das erreichte Leistungsniveau war mit über 500 g täglichen Zunahmen, 810 g Futtermittelverzehr/Tag, einem Futteraufwand von ca. 1,6 kg Futter pro kg Zuwachs und einer Futtermittelverwertung von 620 g Zunahmen je kg Futter bzw. einer Energieverwertung von über 46 g Zunahmen pro verzehrtes MJ ME sehr hoch. Im Trend deutet sich in der Gesamtbilanz sogar ein kleiner Vorsprung für die Rohfasergruppe II bei den wichtigsten Parametern (tägl. Zunahmen, Futteraufwand, Futtermittelverwertung) an. Der Vorsprung bestand von Anfang an und erhöhte sich in der Aufzuchtphase 2.

**Tabelle 3:** Aufzuchtleistungen (LSQ-Werte) und Futterkosten

Gruppen		Kontrolle (30 g Rohfaser)	Testgruppe (50 g Rohfaser)	Sign.
<b>Tierzahl</b>	n	91	95	-
<b>Ausfälle</b>	n	5	1	-
<b>Gewichte</b>				
Beginn	kg	9,1	9,0	0,788
Ende	kg	28,3	28,8	0,184
<b>Zunahmen/Tag</b>				
Anfang/Phase 1	g	319	331	0,293
Ende/Phase 2	g	661	676	0,202
Gesamt	g	494	508	0,117
<b>Futterverzehr/Tag</b>				
Anfang/Phase 1	g	502	510	0,579
Ende/Phase 2	g	1126	1093	0,322
Gesamt	g	822	809	0,509
<b>Energieverzehr/Tag</b>				
Anfang/Phase 1	MJ	6,9	6,8	0,792
Ende/Phase 2	MJ	15,3	14,6	0,108
Gesamt	MJ	11,2	10,8	0,135
<b>Futteraufwand (kg Futter/kg Zuwachs)</b>				
Anfang/Phase 1	kg	1,55	1,52	0,668
Ende/Phase 2	kg	1,69 <sup>a</sup>	1,61 <sup>b</sup>	0,007
Gesamt	kg	1,65	1,58	0,065
<b>Futterverwertung (g Zunahmen/kg Futter)</b>				
Anfang/Phase 1	g	653	658	0,839
Ende/Phase 2	g	591	622	0,007
Gesamt	g	610	633	0,089
<b>Energieaufwand (MJ ME/kg Zuwachs)</b>				
Anfang/Phase 1	MJ	21,2	20,4	0,299
Ende/Phase 2	MJ	23,0 <sup>a</sup>	21,4 <sup>b</sup>	0,001
Gesamt	MJ	22,4 <sup>a</sup>	21,1 <sup>b</sup>	0,009
<b>Energieverwertung (g Zunahmen/MJ ME)</b>				
Anfang/Phase 1	g	48	49	0,421
Ende/Phase 2	g	43 <sup>a</sup>	47 <sup>b</sup>	0,001
Gesamt	g	45 <sup>a</sup>	47 <sup>b</sup>	0,013
<b>Futterkosten</b>				
pro Ferkel	€	11,05	11,46	-
pro 1 kg Zuwachs	€	0,57	0,58	-
pro 1 kg Zuwachs (je 20 kg)	€	0,55	0,57	-

## Schlussfolgerungen

In dem Aufzuchttest für Ferkel mit 30 und 50 g Rohfaser/kg Futter wurden sehr hohe Leistungen erzielt. Bei den üblichen Leistungsparametern (Verzehr, Zunahmen, Futteraufwand, Futterverwertung, etc.) waren die Rationen mit sehr hohen Rohfasergehalten sogar überlegen - minimal und statistisch zufällig. Der Kot der Ferkel war mit mehr Rohfaser im Futter etwas härter. Die Futterkosten waren allerdings erhöht. Die 0,4 € pro Ferkel würden bei 5.000 erzeugten Ferkeln im Jahr 2.000 €

Mehrkosten verursachen. Die Erhöhung der Kosten rechnet sich im „gesunden“ Betrieb sicher nur unter dem Aspekt der „Futterabsicherung“. Im „Problembetrieb“ mit häufigen Durchfallbehandlungen sieht die Situation anders aus.

## Literatur

DLG (2008): Empfehlungen zur Sauen und Ferkelfütterung, DLG-Information 1/2008

LfL (2011): Futterberechnung für Schweine, 18. Auflage, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft.

### Autorenanschrift

Dr. Wolfgang Preißinger  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft  
Dienstort Schwarzenau  
D-97359 Schwarzach a. Main  
Stadtschwarzacher Str. 18  
Wolfgang.Preissinger@LfL.bayern.de

# Natugrain® TS

Take the Chance.

Pick the Economical Solution.

Natugrain® products effectively eliminate the anti-nutritive effects of non-starch-polysaccharides (NSP) leading to higher nutrient digestibility and improved performance in pigs, and poultry.



THE FLEXIBLE NSP-ENZYME



**BASF**

The Chemical Company

# Auswirkungen eines Mineralfutterverzichtes ab 100 kg Lebendmasse auf die Mast- und Schlachteistung beim Schwein

**Wolfgang Preißinger, Hermann Lindermayer, Günther Propstmeier**

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft Grub/Schwarzenau, Deutschland

## Einleitung

Mineralfutter machen ca. 8-10 % der Futterkosten beim Mastschwein aus. Das ist bei 2-3 % Rationsanteil nicht wenig. Sie liefern aber nicht nur Mineralstoffe und Vitamine, sondern tragen je nach Gehalt an freien Aminosäuren wesentlich zur Eiweißfuttereinsparung und damit auch zur Stickstoff- und/oder Phosphorreduzierung bei. Aber auch der Mineralfuttereinsatz muss an die Leistungen der Tiere angepasst werden. Phasenfütterung rentiert sich dabei immer, weil zum Ende der Mast der Bedarf an teuren Aminosäuren/Phosphor überproportional abnimmt. Gute Mineralfutter eignen sich zur Phasenfütterung und können in bestimmten Grenzen mengenmäßig variiert werden. Darüber hinaus beinhaltet eine gute Fütterungsstrategie verschiedene, kostensparende Mineralfuttertypen für die Anfangs- und für die Endmast.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, den Mineralfuttereinsatz in der Endmast genauer unter die Lupe zu nehmen und Grenzen auszuloten, zumal in der Praxis von erfolgreicher Mast bei gänzlichem Verzicht auf Mineralfutter in den letzten Masttagen ab ca. 100 kg Lebendmasse (LM) berichtet wird. Im Gegensatz zu diesen Berichten wurden in einem vorangegangenen Versuch bei stärkerer Reduzierung (1 % Mineralfutter) bzw. bei gänzlichem Verzicht auf Mineralfutter signifikante, negative Effekte auf die Mast- und Schlachteistung festgestellt (Lindermayer et al., 2011). Damals wurde das Mineralfutter jedoch schon ab 82 kg LM ausgehend von 2 % in Stufen bis auf 0 % in den Endmastmischungen reduziert. In vorliegender Untersuchung wurde nun unter Praxisbedingungen (Flüssig-/Gruppenfütterung) das Mineralfutter erst nach Erreichen von durchschnittlich 100 kg LM komplett aus der Ration genommen. Es galt die möglichen Folgen eines „Mineralfutterausfalls“ (Lieferschwierigkeiten, „Bestellung vergessen“, Sammellieferung kommt später etc.) auszuloten. Beide Gruppen wurden bis zu diesem Zeitpunkt identisch versorgt.

## Material und Methoden

Der Fütterungsversuch mit Mastschweinen wurde am Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum Schwarzenau bis zu einem angestrebten Mastendgewicht von ca. 120 kg LM durchgeführt. Für den Versuch wurden 192 Ferkel der Rasse Pi x (DL x DE) nach Lebendmasse, Abstammung und Geschlecht ausgewählt und gleichmäßig auf zwei Gruppen (Kontrolle bzw. Testgruppe ohne Mineralfutter ab 100 kg LM) aufgeteilt. Die Mastschweine wurden in 16 Buchten zu je 12 Tieren auf Betonspalten ohne Einstreu gehalten. Sie waren zu Versuchsbeginn im Durchschnitt 68 Tage alt und wogen 26,2 kg. Pro Behandlungsgruppe wurden 2 Buchten mit weiblichen Tieren, 2 Buchten mit männlich kastrierten Tieren und 4 Buchten gemischtgeschlechtlich aufgestellt. Die Fütterung erfolgte am Langtrog mit Trogsensor und separaten Flüssigfütterungsanlagen (Fa. Schauer) für jede Behandlungsgruppe. Die Flüssigfuttermengen wurden für jede Bucht automatisch verwogen. Die LM wurden wöchentlich am Einzeltier erfasst. Beim Erreichen von ca. 120 kg LM wurden die Tiere nach den Vorgaben der Mastleistungsprüfung an 3 Terminen im Versuchsschlachthaus Schwarzenau geschlachtet. Die Anfangs-, Mittel- und Endmastmischungen wurden in der Versuchsmahl- und Mischanlage

Schwarzenau hergestellt. Die Futteruntersuchen wurden im Labor der Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Grub nach VDLUFA-Richtlinien durchgeführt. Zur Bestimmung der Preiswürdigkeiten wurden aktuelle Zukaufspreise zugrunde gelegt. Nach Mastende wurden für jede Behandlungsgruppe Gülleproben gezogen und der Gülleanfall ermittelt. Die Analyse der Gülleproben wurde im Labor der Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen in Freising nach VDLUFA-Richtlinien durchgeführt.

Die Versuchsrationen (Tabelle 1) waren bis 100 kg LM in beiden Gruppen identisch. Sie basierten auf Weizen, Gerste, HP-Soja- und waren bei den wesentlichen Parametern (Energie, Aminosäuren) vergleichbar.

**Tabelle 1:** Versuchsrationen und analysierte Inhaltstoffe (88 % T)

		Anfangsmast 10,5 g Lys ab 28 kg LM	Mittelmast 9,0 g Lys ab 60 kg LM	Endmast 8,0 g Lys ab 90 kg LM	Testgruppe ab 100 kg LM ohne Mifu
Weizen	%	50	50	50	50
Gerste	%	30	32	34	36,5
Soja 48	%	17	15,5	13,5	13,5
Mineralfutter 1 <sup>1)</sup>	%	3	--	--	--
Mineralfutter 2 <sup>2)</sup>	%	--	2,5	2,5	0
Futterpreise/dt <sup>3)</sup>	€	28,35	27,29	26,73	25,78
TM	%	22,5	22,7	22,4	22,5
ME	MJ	13,34	13,46	13,39	13,74
Rohfaser	g	31	31	33	33
Rohfett	g	24	21	21	22
Rohprotein	g	179	178	172	170
Lys	g	11,2	9,0	8,6	7,0
Met	g	3,8	3,0	2,7	2,4
M+C	g	6,9	6,1	5,9	5,1
Thr	g	7,4	6,1	6,0	5,6
Trp	g	2,3	2,1	1,9	2,0
Rohasche	g	45	40	38	26
Ca	g	7,5	6,1	5,0	1,0
P	g	4,7	4,5	4,2	3,5
Cu	mg	33	16	17	10
Zn	mg	155	100	102	31

<sup>1)</sup> 22 % Ca, 2 % P, 5 % Na, 9,5 % Lys, 3,5 % Met, 4 % Thr + Phytase

<sup>2)</sup> 21 % Ca, 3 % P, 5 % Na, 6 % Lys, 1,5 % Met, 1 % Thr + Phytase

<sup>3)</sup> Anfangsmineral 75 €/dt; Endmineral 60 €/dt; Soja 50 €/dt; Getreide 22 €/dt

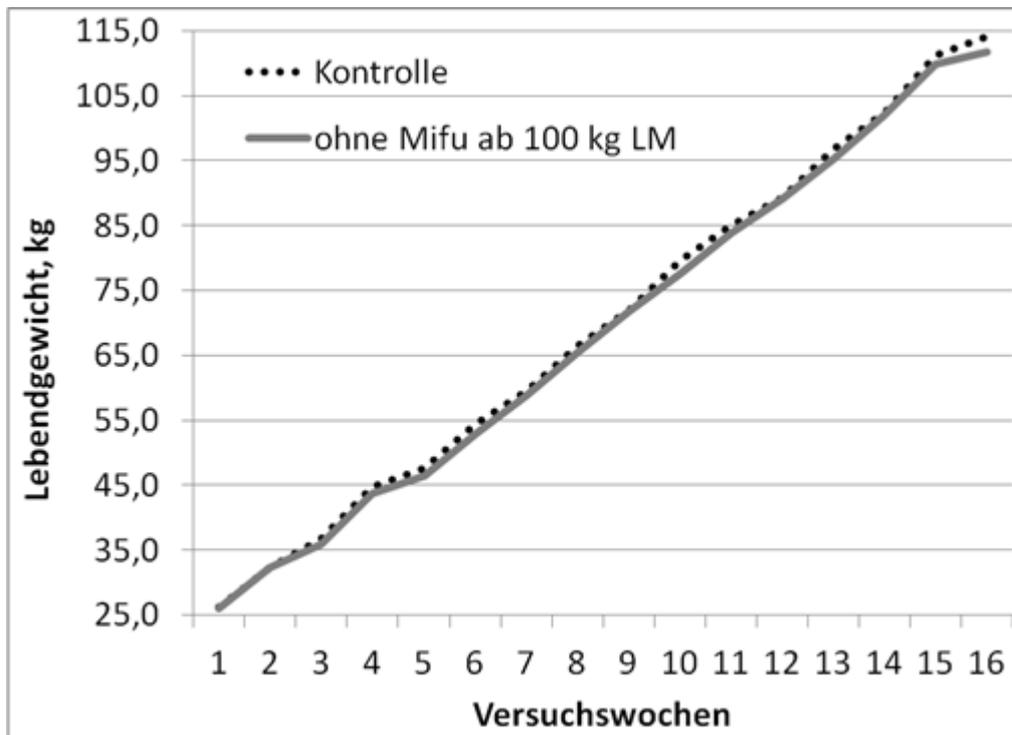
## Ergebnisse und Diskussion

Der Mastdurchgang von 26 bis 118 kg LM lief auf einem ansprechenden Niveau. Aus beiden Gruppen fielen 2 Tiere aus, sie kamen nicht in die Auswertung. Im Versuchsmittel wurden ca. 800 g tägliche Zunahmen, 2,1 kg Futtermittelverzehr/Tag, 2,6 kg Futteraufwand (kg Futter/kg Zuwachs) und 0,71 € Futterkosten pro 1 kg Zuwachs erzielt. Keine Gruppe hatte einen entscheidenden, absicherbaren Vorteil in einem der Mastleistungsparameter über die gesamte Mastdauer erreichen können (Tabelle 2).

**Tabelle 2:** Tägliche Zunahmen, Futterverzehr, Futter- und Energieaufwand (LSQ), Futterkosten

		Kontrolle	Testgruppe ohne Mineralfutter	Sign.
Tierzahl	n	94	94	-
Ausfälle (Fuß, Kümmern)	n	2	2	-
Masttage	n	114	115	-
<b>Lebendmasse</b>				
Beginn	kg	26,2	26,1	n.s.
Mittelmast	kg	59,6	58,9	n.s.
Endmast	kg	89,3	89,1	n.s.
Ende	kg	119,2	117,3	n.s.
Zuwachs	kg	93,0	91,2	n.s.
<b>Zunahmen/Tag</b>				
Anfangsmast	g	795	782	n.s.
Mittelmast	g	874	888	n.s.
Endmast bis 100 kg LM	g	876	871	n.s.
Endmast ab 100 kg LM	g	725 <sup>a</sup>	645 <sup>b</sup>	0,001
Endmast, gesamt	g	793 <sup>a</sup>	730 <sup>b</sup>	0,002
Gesamt	g	818	794	n.s.
<b>Futter-/Energieverzehr/Tag</b>				
Anfangsmast	kg/MJ	1,7/23,0	1,7/22,0	n.s.
Mittelmast	kg/MJ	2,2/29,4	2,2/29,6	n.s.
Endmast bis 100 kg LM	kg/MJ	2,4/32,4	2,3/31,1	n.s.
Endmast ab 100 kg LM	kg/MJ	2,5/33,8	2,4/32,9	n.s.
Endmast, gesamt	kg/MJ	2,5/33,1	2,4/33,0	n.s.
Gesamt	kg/MJ	2,1/28,2	2,1/28,0	n.s.
<b>Futter-/Energieaufwand (kg/kg bzw. MJ/kg)</b>				
Anfangsmast	kg/MJ	2,1/29,0	2,1/28,3	n.s.
Mittelmast	kg/MJ	2,2/33,7	2,1/33,2	n.s.
Endmast	kg/MJ	3,1/42,3	3,3/45,9	n.s.
Gesamt	kg/MJ	2,6/34,7	2,6/35,2	n.s.
<b>Futtermverbrauch</b>				
gesamt	kg	241,3	240,5	n.s.
<b>Futterkosten</b>				
gesamt	€	65,96	65,09	-
pro Zuwachs	€/kg	0,71	0,71	-

Bis zum Zeitpunkt des Mineralfutterentzugs liefen beide Gruppen bei gleicher Fütterung synchron (Abbildung 1). Der Mineralfutterentzug zeigte natürlich Wirkung. Der Mineralfutterentzug ab 100 kg LM kostete die Testgruppe v.a. tägliche Zunahmen. Dies waren über die gesamte Mastperiode -24 g bzw. -80 g pro Tier und Tag ab dem Mineralfutterentzug. Auf die gesamte Endmast (ab 90 kg LM) bezogen, wurden in diesem Mastabschnitt somit 63 g/Tag Zuwachs „verschenkt“.



**Abbildung 1:** Lebendmasseveränderungen im Verlauf der Mast

Bei den Schlachtleistungsparametern (Tabelle 3) zeigte sich nur beim Fleischmaß ein signifikanter Vorteil der Kontrolltiere, der sich aber bei den anderen Schlachtleistungsmerkmalen nicht wiederholen ließ. Entscheidend für die Bezahlung ist der Muskelfleischanteil und auch hier waren die Unterschiede zufällig. Insgesamt waren im Schnitt alle Schweine sog. „S-Schweine“ (MFA > 60 %), d. h. von hervorragender Schlachtkörperqualität. Der Mineralfuttermittlerzug bewirkte aber im Trend eine Änderung zu mehr Fett- und weniger Fleischansatz.

**Tabelle 3:** Schlachtleistungen nach LPA-Richtlinien (LSQ)

		Kontrolle	Testgruppe	Sign.
Tierzahl	n	94	94	-
Schlachtgewicht	kg	95,3	94,0	n.s.
Ausschlachtung	%	80,0	80,1	n.s.
Fleischfläche	cm <sup>2</sup>	58,5	57,3	n.s.
Fettfläche	cm <sup>2</sup>	15,8	15,9	n.s.
Fleisch/Fett	1:	0,27	0,28	n.s.
Speckmaß	mm	12,9	13,2	n.s.
Fleischmaß	mm	71 <sup>a</sup>	69 <sup>b</sup>	0,004
Fleisch i. Bauch	%	59,8	59,4	n.s.
Muskelfleisch	%	61,5	61,0	n.s.

Pro Mastschein fielen in der Kontrollgruppe 0,54 m<sup>3</sup> Gülle mit 6,2 % T an, in der Testgruppe mit Mineralfuttermittlerzug ab 100 kg LM waren es 0,57 m<sup>3</sup> mit 4,6 % T. In Tabelle 4 sind die Ergebnisse pro Behandlung standardisiert auf einen T-Gehalt von 5 % zusammengestellt.

**Tabelle 4:** Güllemenge und Gülleinhaltsstoffe je m<sup>3</sup> Gülle (1 Analyse, Angaben standardisiert auf 5 % T)

		Kontrolle	Testgruppe
Gülle/Mastschwein	m <sup>3</sup>	0,54	0,57
Trockenmasse	%	6,2	4,6
<b>Güllemenge und –inhaltsstoffe bei 5 % T</b>			
Gülle/Mastschwein	m <sup>3</sup>	0,67	0,52
pH-Wert	pH	7,9	7,8
Org. Substanz	kg	36,7	37,4
N-gesamt	kg	4,8	5,9
NH <sub>4</sub> -N	kg	3,7	4,8
K <sub>2</sub> O	kg	3,3	3,2
MgO	kg	1,4	1,4
CaO	kg	2,4	1,8
Na	kg	0,5	0,4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	kg	2,7	2,6
S	kg	0,3	0,3
Cu	g	8,9	8,4
Zn	g	75,8	40,0
Mn	g	37,5	34,3
Fe	g	80,6	60,8

Die Werte für P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und K<sub>2</sub>O, Gesamt-N und NH<sub>4</sub>-N stimmten mit den Angaben der Gruber Tabelle gut überein. Bei den Gesamt-N (3,5-5 kg/m<sup>3</sup>) und NH<sub>4</sub>-N (2-3,5 kg/m<sup>3</sup>) Angaben der Gruber Tabelle sind die gasförmigen N-Lagerungs- und Ausbringverluste bereits berücksichtigt. Die Mineralfutterreduzierung gegen Mastende spiegelt sich insbesondere in verringerten Spurenelement- und CaO-Gehalten in der Schweinegülle wider. Für Cu, Mn, Fe und CaO wurden 6-25 % geringere Gehalte ermittelt.

## Schlussfolgerungen

Der gänzliche Verzicht auf Mineralfutter in der Endmast ab 100 kg LM sollte den „Ernstfall Mineralfutterlücke“ simulieren. Das ging nicht ohne negative Folgen für die Mast- und Schlachtleistungen. Allerdings waren die Leistungseinbußen statistisch nicht signifikant (-24 g Zunahmen, etwas mehr Fett, etwas weniger Fleisch). Der eingetretene Schaden war „überschaubar“! Trotzdem wird die Empfehlung gegeben, nicht auf Mineralfutter in der Endmast zu verzichten, die eingesparten Futterkosten werden von den zusätzlichen Masttagen aufgezehrt. Der Verzicht auf Mineralfutter in den letzten Masttagen hatte leichte Auswirkungen auf die Gülleinhaltsstoffe, insbesondere wurde der Gehalt an Schwermetallen und CaO reduziert.

Über eine sinnvolle Reduzierung des Mineralfutters im Mastverlauf kann natürlich diskutiert werden.

## Literatur

Lindermayer, H., Preißinger, W., Propstmeier, G., 2011: Zu wenig taugt auch nicht – Schweinemast: Mineralfutter sparen bedeutet „falsch sparen“. Bayr. Landw. Wochenbl. 30, 28-30

LfL (2011): Futterberechnung für Schweine, 18. Auflage, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft.

**Autorenanschrift**

Dr. Wolfgang Preißinger  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft  
Dienstort Schwarzenau  
D-97359 Schwarzach a. Main  
Stadtschwarzacher Str. 18  
Wolfgang.Preissinger@LfL.bayern.de

# Effect of maize conservation technique on zootechnical performance in a conventional maize-soybean meal diet in growing pigs

**Elke Humer, Karl Schedle**

Institute of Animal Nutrition, Products and Nutrition Physiology, Department for Agrobiotechnology, IFA-Tulln, University of Natural Resources and Life Sciences Vienna

## Introduction

In recent years increasing attention has focused on feed fermentation for pigs. Besides the objective of feed conservation this technology can be a strategy to improve zootechnical performance. The improving impact of fermentation on nutrient digestibility and the decreasing effect on antinutritional compounds, such as phytates, trypsin inhibitors, saponins or tannins has also been reported (Canibe and Jensen, 2012; Humer et al., 2013). Moreover, the process of fermentation causes reduction in pH, activation of naturally occurring enzymes and improves gut health (Canibe and Jensen, 2003; Carlson and Poulsen, 2003). Nutrient digestibility correlates strongly with zootechnical performance. As a result, fermented feed can improve performance parameters in monogastric animals.

Maize is one of the most important feed ingredients in swine diets. In Austria and Bavaria feeding fermented maize is in common use in fattening pig production. The effect of fermentation on zootechnical performance has scarcely been investigated. Hence, the objectives of the current experiments were to test the effect of maize fermentation in the form of maize silage and tight-closed stored maize in a commercial maize-soybean meal on zootechnical performance.

## Material and Methods

The experiment was conducted following a 3x3 Latin square design and carried out at the SRC (Lichtenwörth, Austria) with 9 crossbred barrows, progeny of (Duroc x Landrace) x Piétrain. Animals were allotted randomly according to body weight (BW) ( $35.07 \pm 0.82$  kg) and litter (pigs from 3 different litters were used) to individual metabolic cages (Ehret, Tulln, Austria). The experiment started with a 7-day adaption period to the metabolism cages where a commercial diet for growing pigs based on maize and soybean meal was offered *ad libitum*. Each experimental period comprised 12 days, 7 days of diet adaption and 5 days sampling period. The barrows were fed equal amounts twice daily, whereby feed intake was limited to 2.5 times of the metabolizable energy (ME) requirements for maintenance (GfE, 2006), based on the average BW of the pigs at the start of each experimental period. Pigs had free access to water throughout the whole experiment. Maize used (P9569, Pioneer, Parndorf, Austria) was dried ("dried maize"), grounded and ensiled ("maize silage") or tight-closed stored as whole grain ("TCS-maize"), respectively. Fermented maize was stored for 16 weeks before the experiment started. Diets were formulated according to the recommendations of GfE (2006) on the basis of nutrient analysis of different maize conserves to ensure isonitrogenous as well as isocaloric diets. They consisted of the differently conserved maize (60% on DM basis in diet), barley, soybean meal and a amino acid-, mineral- and vitamin-premix. Based on previously observed higher Phosphorus digestibility in fermented maize (Humer et al., 2013), less monocalciumphosphate had to be supplemented in the maize silage and TCS-maize group.

Feed samples were taken at the beginning of each experimental period and analyzed according to the official methods of VDLUFA (Naumann and Bassler, 2012). Data were subjected to ANOVA using the MIXED procedure of SAS. Differences were determined using the Tukey-Kramer test. Furthermore, the significance of the overall effect of fermentation was tested for all variables (linear contrast involving the average of the two fermentation groups vs. control). Differences were considered statistically significant at  $P \leq 0.05$ . A tendency towards significance was also considered at  $P < 0.1$ .

## Results

Fermentation had only minor effect on concentration of nutrients. The Crude Protein and ME-contents were similar between test diets. However, it is noteworthy that phytate content was reduced by 33% in maize silage and 19% in TCS-maize compared to dried maize.

All animals stayed healthy throughout the experiment. The average daily gain (ADG) tended to be improved by the fermentation process by 12% ( $P < 0.1$ ) (Figure 1). Feed to gain ratio (F:G) was numerically improved by 6.5% ( $P > 0.1$ ).

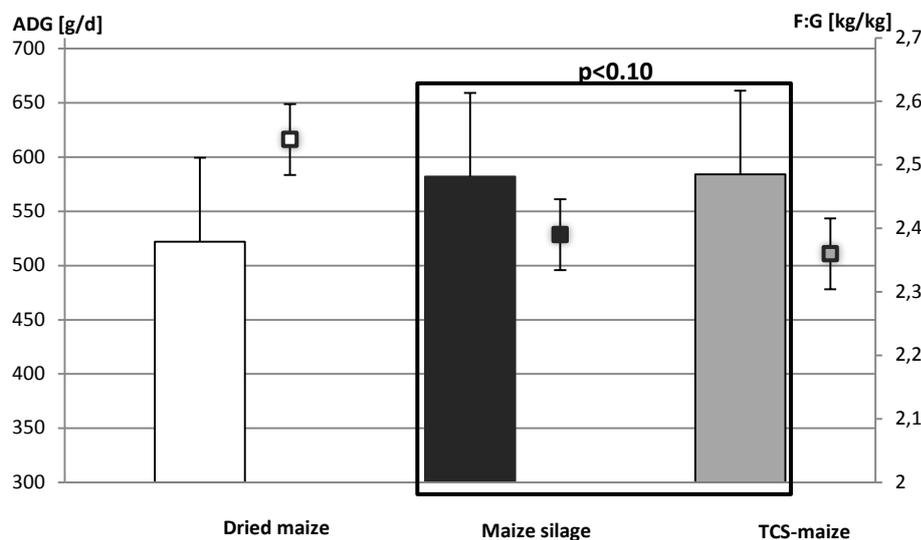


Figure 1: Effect of maize conservation technique on zootechnical performance

## Discussion

It is well known that feeding fermented diets can influence zootechnical performance, whereby the investigated effects are inconsistent and sometimes conflicting. In the present study ADG tended to be enhanced by the fermentation process, whereas only a numerical improvement on F:G was observed.

In accordance to our study, Hong et al. (2009) found an improved ADG but no overall improved feed conversion ratio if piglets were fed a fermented liquid diet based on maize, rice and soybean meal compared to a dry diet. On the opposite, Canibe and Jensen (2003) investigated a reduced average daily feed intake and hence reduced ADG, but no effect on feed conversion ratio if pigs were fed fermented liquid diets compared to dry feeds. A possible explanation could be the microbial degradation of free lysine during fermentation, which may also explain impaired palatability through production of cadaverine (Canibe and Jensen, 2010). Besides biogenic amines, other fermentation

metabolites, e.g. acetic acid combined with low pH in fermented diets have been hypothesized to impair palatability of fermented liquid feed (Brooks et al., 2001). In our study only maize was fermented, wherefrom decarboxylation of free lysine should have been avoided. The missing negative effect on feed intake in our study supports this assumption.

The improved ADG in fermented maize compared to the dried maize diet might be explained by an improved nutrient digestibility, as fermentation potentially degrades the substrate prior to feeding and therefrom potentially renders nutrients more available for digestion in pigs. Several authors reported positive effects of feed fermentation on nutrient digestibility in growing pigs (Pieper et al., 2011; Sholly et al., 2011; Cho et al., 2013).

Another explanation might be the reduction in gastric pH through feeding feed with low pH. Moreover, high lactic acid concentrations in feed can lead to high lactic acid concentration in stomach, which prevents proliferation of pathogens along the gastrointestinal tract (Canibe and Jensen, 2003; Boesen et al., 2004). Furthermore, low gastric pH can improve dietary protein hydrolysis, through stimulation of proteolytic activity and reduced gastric emptying rate (Harada et al., 1986; Mayer, 1994). Therefrom, fermentation might improve utilization of N as observed by Lyberg et al. (2006) and Min et al. (2009).

Besides the effect of feed fermentation on nutrient digestibility an impact on the content of antinutritional compounds such as phytates has also been reported (Canibe and Jensen, 2012). In our study a reduced phytate content in ensiled maize was observed. Besides the impact of phytate on mineral digestibility, interactions with other nutrients, such as protein and starch have been reported (Oatway et al., 2001). Thus, the lower phytate content in fermented maize might be a further explanation for the improved ADG in our study.

## Conclusions

In conclusion, the current data suggest that air-proofed storage of wet maize might be of interest, as it offers potential benefits on zootechnical performance.

## Acknowledgments

The authors thank the H. Wilhelm Schaumann Stiftung (Hamburg, Deutschland) for financial support.

## References

- Boesen, H. T., Jensen, T. K., Schmidt, A. S., Jensen, B. B., Jensen, S. M. & Moller, K. 2004. The influence of diet on *Lawsonia intracellularis* colonization in pigs upon experimental challenge. *Veterinary Microbiology*, 103, 35-45.
- Brooks, P. H., Beal, J. D. & Niven, S. 2001. Liquid feeding of pigs: potential for reducing environmental impact and for improving productivity and food safety. *Recent Adv. Anim. Nutr. Austr.*, 13, 49-63.
- Canibe, N. & Jensen, B. B. 2003. Fermented and nonfermented liquid feed to growing pigs: effect on aspects of gastrointestinal ecology and growth performance. *J Anim Sci*, 81, 2019-31.
- Canibe, N. & Jensen, B. B. 2010. Fermented liquid feed - Feed processing has a big impact on microbial degradation of free lysine during fermentation. *Livestock Science*, 133, 120-123.
- Canibe, N. & Jensen, B. B. 2012. Fermented liquid feed-Microbial and nutritional aspects and impact on enteric diseases in pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 173, 17-40.
- Carlson, D. & Poulsen, H. D. 2003. Phytate degradation in soaked and fermented liquid feed - effect of diet, time of soaking, heat treatment, phytase activity, pH and temperature. *Animal Feed Science and Technology*, 103, 141-154.

- Cho, J. H., Zhang, Z. F. & Kim, I. H. 2013. Effects of fermented grains as raw cereal substitutes on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, and fecal noxious gas emission in growing pigs. *Livestock Science*, 154, 131-136.
- GE. 2006. *Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen*. DLG Verlag, Frankfurt am Main.
- Harada, E., Niiyama, M. & Syuto, B. M. 1986. Comparison of pancreatic exocrine secretion via endogenous secretin by intestinal infusion of hydrochloric acid and monocarboxylic acid in anesthetized piglets. *Jpn. J. Physiol.*, 36, 843-856.
- Hong, T. T. T., Thuy, T. T., Passoth, V. & Lindberg, J. E. 2009. Gut ecology, feed digestion and performance in weaned piglets fed liquid diets. *Livestock Science*, 125, 232-237.
- Humer, E., Wetscherek, W., Schwarz, C., Schedle, K. 2013 Effect of maize conservation technique and phytase supplementation on total tract apparent digestibility of phosphorus, calcium, ash, dry matter, organic matter and crude protein in growing pigs. *Animal Feed Science and Technology* 185, 70-77.
- Lyberg, K., Lundh, T., Pedersen, C. & Lindberg, J. E. 2006. Influence of soaking, fermentation and phytase supplementation on nutrient digestibility in pigs offered a grower diet based on wheat and barley. *Animal Science*, 82, 853-858.
- Mayer, E. A. 1994. The physiology of gastric storage and emptying. In: Johnson, L. R., Alpers, D. H., Christensen, J., Jacobson, D. & Walsh, J. H. (eds.) *Physiology of the gastrointestinal tract*. Raven Press, New York.
- Min, B. J., Cho, J. H., Chen, Y. J., Kim, H. J., Yoo, J. S., Wang, Q., Kim, I. H., Cho, W. T. & Lee, S. S. 2009. Effects of Replacing Soy Protein Concentrate with Fermented Soy Protein in Starter Diet on Growth Performance and Ileal Amino Acid Digestibility in Weaned Pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22, 99-106.
- Naumann, C. & Bassler, R. 2012. *Die chemische Untersuchung von Futtermitteln*. VDLUFA Verlag, Darmstadt.
- Oatway, L., Vasanthan, T. & Helm, J. H. 2001. Phytic acid. *Food Reviews International*, 17, 419-431.
- Pieper, R., Hackl, W., Korn, U., Zeyner, A., Souffrant, W. B. & Pieper, B. 2011. Effect of ensiling triticale, barley and wheat grains at different moisture content and addition of *Lactobacillus plantarum* (DSMZ 8866 and 8862) on fermentation characteristics and nutrient digestibility in pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 164, 96-105.
- Sholly, D. M., Jorgensen, H., Sutton, A. L., Richert, B. T. & Knudsen, K. E. B. 2011. Effect of fermentation of cereals on the degradation of polysaccharides and other macronutrients in the gastrointestinal tract of growing pigs. *Journal of Animal Science*, 89, 2096-2105.

#### Corresponding author

Elke Humer  
Institute of Animal Nutrition, Products and Nutrition Physiology,  
Department for Agrobiotechnology, IFA-Tulln,  
University of Natural Resources and Life Sciences Vienna  
Muthgasse 11, A-1190 Wien  
elke.humer@boku.ac.at

# Untersuchungen zur Aminosäurestabilität in fermentiertem Flüssigfutter

Martin Rimbach<sup>1</sup>, Hans-Peter Pecher<sup>2</sup>, Dietmar Ramhold<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ISF GmbH, Wahlstedt

<sup>2</sup>H.Wilhelm Schaumann GmbH, Pinneberg

## Einleitung

Insbesondere in der Schweinemast hat sich die Flüssigfütterung durch die Flexibilität im Einsatz verschiedenster Futtermittel bewährt. Die Fermentation von Futtermitteln ist eine weit verbreitete Konservierungsmethode und bildet einen interessanten Verfahrensschritt, um die Lagerfähigkeit von feuchten und flüssigen Futterkomponenten über einen längeren Zeitraum zu gewährleisten. Während der Fermentation kommt es durch Milchsäurebildung zur Absenkung des pH-Wertes und somit zur hygienischen Stabilisierung des Substrats. Für eine zielgerichtete und sichere Fermentierung verschiedenster stärke- und zuckerreicher Futtermittel dienen speziell selektierte homofermentative Milchsäurebakterien, die leicht fermentierbare Kohlenhydrate schnell in Milchsäure umwandeln können. So unterstützen mikrobielle Silierzusatzstoffe die sichere Unterdrückung unerwünschter Keime und hemmen Fäulnisprozesse effektiv. Untersuchungen belegen zudem, dass bei der gezielten Fermentation mit speziell selektierten Milchsäurebakterien die durch E-coli-Bakterien verursachte Decarboxylierung von Lysin zum biogenen Amin Cadaverin verhindert wird (Niven et. al., 2006). Fermentierte Futtermittel wirken sich positiv auf die Darmgesundheit aus und weisen bei einigen Nährstoffen eine bessere Bioverfügbarkeit auf. Zudem kommt es durch die gebildete Milchsäure im Futtermittel zu einer höheren Schmackhaftigkeit, was die Futteraufnahme positiv unterstützt.

## Material und Methoden

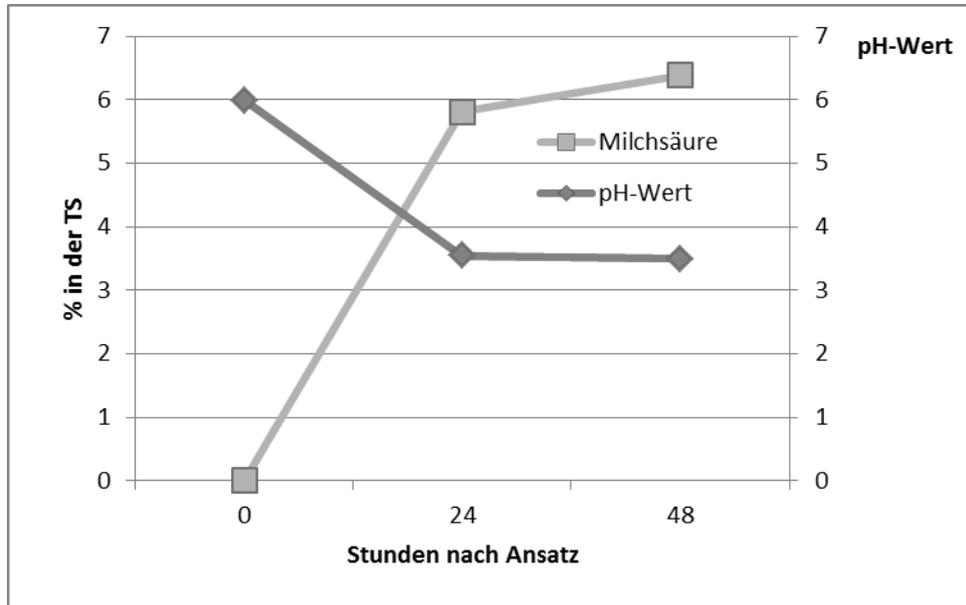
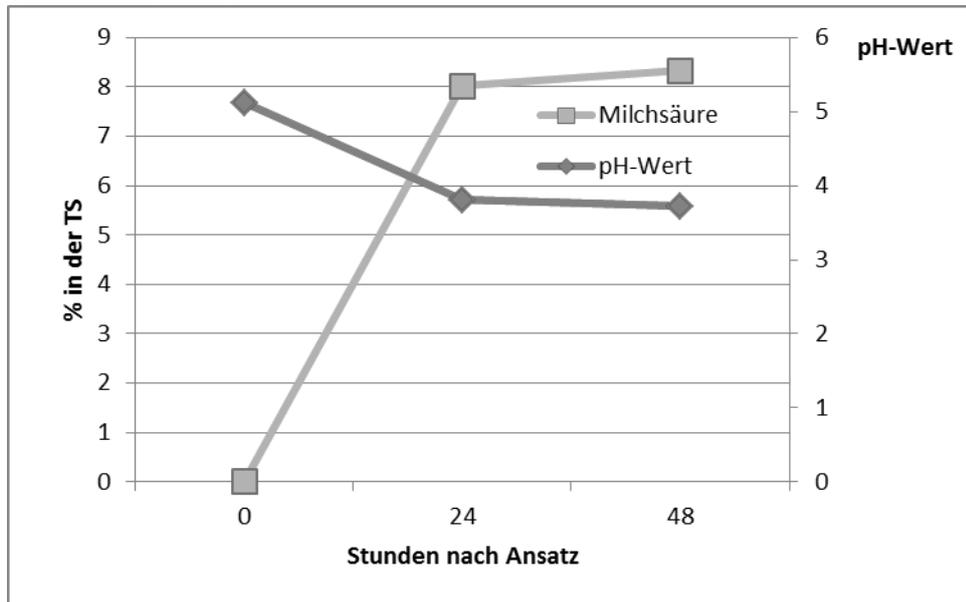
In dem vorliegenden Fermentationsversuch dienten Mischungen aus Gerstenschrot, Weizenschrot, Maisschrot, Sojaextraktionsschrot (geschälte Saat), Rapsextraktionsschrot und Weizeneiweiß als Substrat. Die gewählten Rezepturen basieren auf praxisrelevanten Kombinationen, die sich hinsichtlich des Protein- und Kohlenhydratgehalts unterscheiden. Diese Substrate werden nach Abschluss der Fermentation dem Flüssigfutter mit ca. 20 % (i. TS) zugesetzt. Beide Substratmischungen wurden mittels demineralisiertem Wasser auf einen Trockenmassegehalt von 25 % eingestellt und für 48 Stunden in Laborglasflaschen (2 l) im Doppelansatz bei einer Temperatur von 37 °C im Wärmeschrank inkubiert. Als Starterkultur kam Schaumalac Feed Protect ( $2 \times 10^{10}$  KBE/g) mit 10 mg/kg Frischmasse in allen Ansätzen zur Anwendung. Die Zusammensetzung der beiden Substratmischungen ist in Tabelle 1 dargestellt. Zu Beginn, nach 24 und 48 Stunden wurde jeweils der pH-Wert, Milchsäure- sowie Aminosäuregehalt analysiert.

<b>%</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
Gerste	10,5	12,1
Weizen	10,4	
Mais	5,2	
Sojaextraktionsschrot (HP)	2,6	
Weizeneiweiß		6,8
Rapsextraktionsschrot		9,7
Wasser	71,3	71,4
Trockenmasse	23,8	24,0
Rohasche	0,6	1,2
Rohprotein	4,0	5,4
Rohfaser	1,1	2,4
Stärke	11,3	6,8

Tabelle 1: Zusammensetzung der Substrate

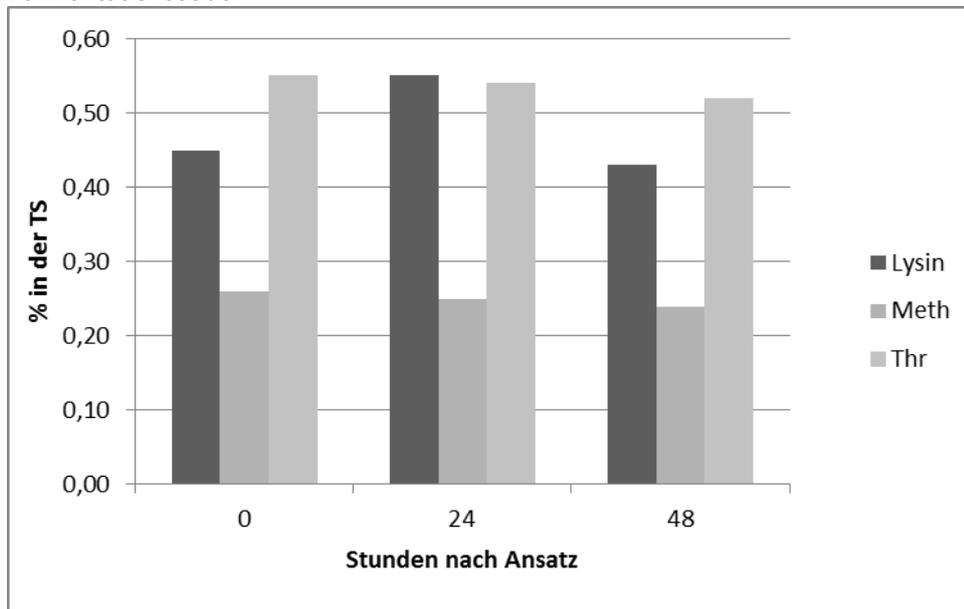
## Ergebnisse und Diskussion

Die Versuchsergebnisse zeigen einen deutlichen pH-Wert-Abfall der verwendeten Substrate bei einer Fermentierungstemperatur von 37 °C. In Abbildung 1 und 2 ist der Gehalt an Milchsäure und der pH-Wert nach 0, 24 und 48 Stunden dargestellt. Hierbei wird deutlich, dass bereits nach einer Fermentationsdauer von 24 Stunden ein pH-Wert von <4 in beiden Substraten erzielt wurde. Im Substrat A lag der Milchsäuregehalt nach der gleichen Fermentationsdauer bei fast 6 % in der Trockenmasse, wohingegen im Substrat B sogar 8 % nachweisbar waren. Dieser Unterschied lässt sich mit der höheren Pufferkapazität von Substrat B erklären; hier bilden die Milchsäurebakterien mehr Milchsäure, bis der kritische pH-Wert erreicht ist. Nach weiteren 24 Stunden konnten die Milchsäuregehalte in den beiden Fermentationsansätzen nur noch minimal gesteigert werden. Auch der pH-Wert blieb in den letzten 24 Stunden des Versuchs auf einem fast konstanten Niveau und pendelte sich bei einem Wert von ca. 3,5 ein.

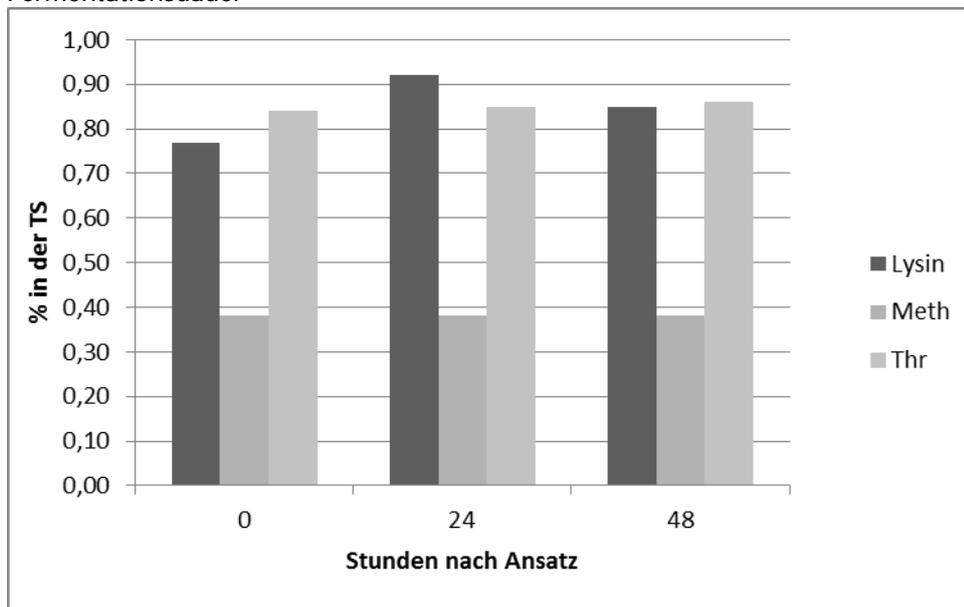
**Abbildung 1:** Substrat A – mittlerer Milchsäuregehalt und pH-Wert in Abhängigkeit von der Fermentationsdauer**Abbildung 2:** Substrat B – mittlerer Milchsäuregehalt und pH-Wert in Abhängigkeit von der Fermentationsdauer

Die Aminosäuregehalte der beiden Substrate zeigten nach 24 und 48 Stunden keine signifikanten Veränderungen zu den Ausgangswerten bei Stunde 0. In Abbildung 3 und 4 sind die Gehalte von Lysin, Methionin und Threonin in % TS dargestellt. Nach 24 Stunden ist in beiden Substraten ein Anstieg des Lysingehaltes zu verzeichnen, der Gehalt an Methionin und Threonin blieb hingegen über den gesamten Zeitraum stabil. Sogar nach einer Fermentationsdauer von 48 Stunden zeigten sich keine signifikanten Veränderungen zu den Ausgangswerten. Auch die übrigen, im Rahmen des Fermentationsversuchs analysierten und hier nicht dargestellten Aminosäuren wiesen ebenfalls nur geringe Abweichungen auf.

**Abbildung 3:** Substrat A – mittlerer Lysin-, Methionin- und Threoningehalt in Abhängigkeit von der Fermentationsdauer



**Abbildung 4:** Substrat B – mittlerer Lysin-, Methionin- und Threoningehalt in Abhängigkeit von der Fermentationsdauer



Frühere Untersuchungen zeigten, dass die Fermentation von Flüssigfuttermitteln den Gehalt an Aminosäuren beeinflussen bzw. mindern kann (Canibe, et. al., 2007). Durch den Einsatz der verwendeten Starterkultur konnte dies jedoch verhindert werden. Die in Abbildung 3 und 4 dargestellten Versuchsergebnisse bestätigen zudem, dass bei der gezielten Fermentation mit speziell selektierten Milchsäurebakterien der von E-coli-Bakterien verursachte Lysinabbau zum biogenen Amin *Cadaverin* verhindert wird.

## Zusammenfassung

Die Grundlage des Fermentierungsprozesses wurde durch die Milchsäurebildung und den pH-Wert-Abfall geschaffen, welcher einen stabilen und hygienisch einwandfreien Futterbrei gewährleistet. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie bestätigen, dass es bei einer ordnungsgemäßen Fermentierung von Flüssigfutter unter Verwendung einer Starterkultur auf Basis von speziell selektierten Milchsäurebakterien zu keinem signifikanten Abbau von Aminosäuren kommt.

## Literatur

- Canibe, N.; Virtanen, E.; Jensen, B; 2007: Effect of acid addition to pig liquid feed on its microbial and nutritional characteristics. *Livestock Science*. Volume 108, Issues1-3: Pages 202-205.
- Niven, S. J; Beal, J. D; Brooks, H. P; 2006: The effect of controlled fermentation on the fate of synthetic lysine in liquid diets for pigs. *Animal Feed Science and Technology*. Volume 129, Issues 3-4: Pages 304-315.

### Autorenanschrift

Martin Rimbach  
ISF GmbH  
Wiesenweg 32  
23812 Wahlstedt  
martin.rimbach@is-forschung.de



# Gesundheit und Leistung von Anfang an

Ihr Spezialist für Tierernährung,  
Futterhygiene und  
biologische Silierrmittel.



**SCHAUMANN**  
– Erfolg im Stall

[www.schaumann.de](http://www.schaumann.de)

# In vitro Untersuchungen zur Aktivität eines Trypsininhibitors in Maiskörnern

Peter Loibl<sup>1</sup>, Daniel Brugger<sup>1</sup>, Wilhelm Windisch<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Lehrstuhl für Tierernährung, Technische Universität München

## Einleitung

Die adäquate Eiweißversorgung ist eine wichtige Voraussetzung für die effiziente Fütterung monogastrischer Nutztiere. Angesichts des in der Regel unzureichenden Musters an essentiellen Aminosäuren und der oftmals limitierten Proteinverdaulichkeit der zumeist pflanzlich geprägten Rationen ist es wichtig, die Verwertung des Futterproteins zu verbessern und die Rohproteingehalte der Diäten so weit wie möglich einzuschränken, um die Stickstoffemissionen aus der Tierproduktion zu begrenzen. Die Maßnahmen reichen von einer Verbesserung des Aminosäurespektrums durch Zulage kristalliner Aminosäuren über die Beimengung von Futterzusätzen die einen positiven Einfluss auf die Verdauungskapazität haben bis hin zur Inaktivierung bzw. Beseitigung bestimmter antinutritiver Faktoren mit negativem Einfluss auf die Eiweißverdauung.

Unter den antinutritiven Eigenschaften nehmen im Zusammenhang mit der Eiweißverwertung sogenannte Proteaseinhibitoren eine Schlüsselrolle ein. Mittlerweile werden beispielsweise Primär- und Sekundärprodukte von Leguminosen routinemäßig mit Hitze und Druck behandelt („toasten“) um die darin enthaltenen Trypsininhibitoren weitestgehend zu zerstören und eine geregelte Proteinverdauung zu gewährleisten (Qin et al. 1996).

In der *MEROPS* Datenbank sind für viele Getreidearten, inklusive Mais, Inhibitoren beschrieben, die eine große Homologie mit denen in Sojabohnen aufweisen (Rawlings et al. 2011). Daher ist anzunehmen, dass bestimmte Getreidearten ein gewisses Potential haben, die Eiweißverdauung und damit möglicherweise auch die tierische Leistung insgesamt negativ zu beeinflussen. Zudem könnte dadurch der Einsatz exogener Enzyme zur Steigerung der Verdauungskapazität beeinträchtigt werden.

Vorliegende Untersuchung sollte das Trypsin-inhibierende Potential verschiedener Maisfuttermittel (Körnermais unbehandelt, Körnermais getrocknet, Maiskornsilage) in vitro ableiten, um erste Hinweise auf mögliche negative Folgen für die Eiweißverwertung zu gewinnen.

## Material und Methoden

Es wurden 8 Mais Kornproben verschiedener Herkunft (jeweils vier aus Oberbayern und Österreich) und Behandlungen untersucht. Davon waren 4 unbehandelte, rohe Mais Kornproben unterschiedlicher Sorten, zusätzlich wurden 2 maschinell getrocknete und zwei Kornsilagen verwendet.

Die Bestimmung der Trypsinhibition erfolgte anhand des AOCs (American Oil Chemists' Society) Protokolls Nummer Ba 12-75, modifiziert nach (Smith et al. 1980). Hierbei wird die Trypsinaktivität anhand der Abspaltung von P-Nitroanilin von Benzoyl-DL-Argingin-p-Nitroanilid (BAPA) spektrophotometrisch bei 410 nm erfasst. Durch die Bindung der Inhibitoren an Trypsin wird die Menge an reaktionsfähigem Enzym herabgesetzt, die Menge an freigesetztem Spaltprodukt relativ zur Positivkontrolle ohne Inhibitorgehalt ist dadurch verringert. Über den relativen Unterschied zur Positivkontrolle lassen sich die Aktivität und der Gehalt der Trypsininhibitoren berechnen.

In vorliegender Untersuchung wurde zusätzlich zur Endpunktmessung gemäß AOCs Protokoll die Extinktionsänderung je Minute erfasst, um die Kinetik der Reaktion nachvollziehen und die relative Enzymaktivität bestimmen zu können.

Die Analytik wurde wie folgt durchgeführt: 1 g des auf 0,5 mm gemahlene Probenmaterials wurden eingewogen und mit 40 ml doppelt destilliertem Wasser verdünnt. Der pH-Wert wurde mit 1 N NaOH auf 9,4-9,6 eingestellt. Anschließend wurde das Gesamtvolumen mit doppelt destilliertem Wasser auf 50 ml erhöht. Diese Lösung wurde dann mit einem Magnetrührer für drei Stunden homogenisiert, danach für 15 Minuten bei 5500 x g zentrifugiert und anschließend über einen Whatman Filter no. 3 (Whatman GmbH, Dassel, Deutschland) filtriert. Das gewonnene Filtrat wurde für die Messung der Trypsinaktivität bzw. -inhibitoraktivität herangezogen.

Vom synthetischen Substrat BAPA (B3133, Sigma-Aldrich) wurden zuerst 40 mg abgewogen und in 1ml Dimethylsulfoxid gelöst. Diese Lösung wurde dann nach Bedarf mit Arbeitspuffer (12,1 g Tris (hydroxy methy)-amino-Methan, 5,88 CaCl<sub>2</sub>x2H<sub>2</sub>O, 2 l doppelt destilliertes, pH-Wert 8,2) im Verhältnis 1:100 aufgefüllt. Für die Trypsinlösung wurden 2 µl porcine Trypsinlösung (Sigma Aldrich T4549; 25µg porcines Trypsin je µl) mit 998 µl 0,001 N HCl versetzt.

Dieses Versuchsprotokoll wurde für drei verschiedene Untersuchungen verwendet:

Im Rahmen der ersten Analysenserie wurde der Einfluss einer Autoklavierung auf die Trypsinhibition der Maisproben analysiert. Hierzu wurden die Maiskörnerproben für 1 Stunde bei 125 °C und 2,5 bar in einem Autoklaven behandelt (Tuttnauer, 3850 EL, Breda, Niederlande) und mit Maiskörnern ohne Autoklavierung verglichen. Die hohe Temperatur und relativ lange Behandlungsdauer sollte sicherstellen, dass die vorhandenen inhibitorischen Substanzen zum überwiegenden Teil vernichtet sind. Jede Probe wurde zur Überprüfung der Reproduzierbarkeit insgesamt viermal aufgeschlossen und im Duplikat gemessen.

In der zweiten Untersuchung wurde der Einfluss einer steigenden Trypsinmenge (12,5, 37,5, 75, 125 µg je Küvette) auf die Inhibitoraktivität beobachtet. Auf diese Weise sollte in der Probe 4 (unbehandeltes Korn) überprüft werden, ob es sich tatsächlich um eine Trypsinhemmung handelt und bei welcher Trypsinkonzentration der Inhibitor gesättigt ist.

Die dritte Untersuchung hatte zum Ziel, den Verlauf der relativen Trypsinaktivität bei steigender Temperatur des Autoklaven darzustellen. Hierfür wurde die Probe Nr. 4 für 1 Stunde verschiedenen Temperaturen (60, 65, 70, 75, 80, 100 °C) ausgesetzt, der Druck stieg dabei proportional zur Temperatur. Der Umschlagpunkt (°C), oberhalb dessen es zu keiner nennenswerten Steigerung der in vitro Trypsinaktivität kommt, sollte einen Hinweis auf die (bio-)chemische Natur des Inhibitors geben.

Die Ergebnisse der Messungen wurden auf drei verschiedene Arten berechnet. Zum einen wurde die Enzymaktivität relativ normalisiert zur Positivkontrolle über den Absorptionzuwachs (Optische Dichte, OD) pro Minute geschätzt:

$$\text{Relative Trypsinaktivität [\%]} = \frac{\Delta OD_{\text{Probe}} \cdot \text{min}^{-1}}{\Delta OD_{\text{Positivkontrolle}} \cdot \text{min}^{-1}} * 100$$

Außerdem errechnete man die TIU (inhibited Trypsin Units) [TIU/g Probe] und die TIA (aktive Trypsin Inhibitoren) [mg/g Probe] auf Basis der Endpunktmessung nach 10 Minuten Reaktionsdauer:

$$\text{TIU/g Probe} = \frac{a - (b - d) \times F}{0,01}$$

$$\text{TIA mg/g Probe} = \frac{a - (b - d) \times F}{0,01 \times 1,9}$$

a = Absorption der Positivkontrolle abzüglich Reagenzien-Leerwert

b = Absorption der Probe

d = Absorption des Proben-Leerwerts

F = Verdünnungsfaktor der Probe  $\left( \frac{\text{Gesamtvolumen in der Küvette (ml)}}{\text{Probenverdünnung (ml)}} \right)$

Die statistische Auswertung erfolgte über SAS 9.3 (SAS Institute, Cary, United States of America). Über die Prozedur GLM wurde eine einfaktorische Varianzanalyse (ANOVA) unbehandelter versus autoklavierter Maisproben gerechnet. Signifikant unterschiedliche Behandlungsmittelwerte wurden mit dem Student-Newman-Keuls-Test identifiziert.

Des Weiteren wurden mit den Ergebnissen der Gradient-Versuche (Steigerung der Autoklav-Temperatur, Steigerung der Trypsinmenge) einfache „straight Broken-Line“-Modelle ( $y = a + bx$ ) mittels der Prozedur NLIN (SAS 9.3) gerechnet um den jeweiligen Umschlagpunkt statistisch abzusichern.

## Ergebnisse

Tabelle 1 stellt die mittlere relative Enzymaktivität nicht behandelter Maiskörner und ihrer autoklavierten Gegenstücke, relativ normalisiert zur Positivkontrolle sowie die mittlere Menge der inhibierten Trypsineinheiten (TIU, Trypsin Units inhibited) [TIU/g Probe] und den mittleren Gehalt an aktivem Trypsininhibitor [mg/g Probe] dar.

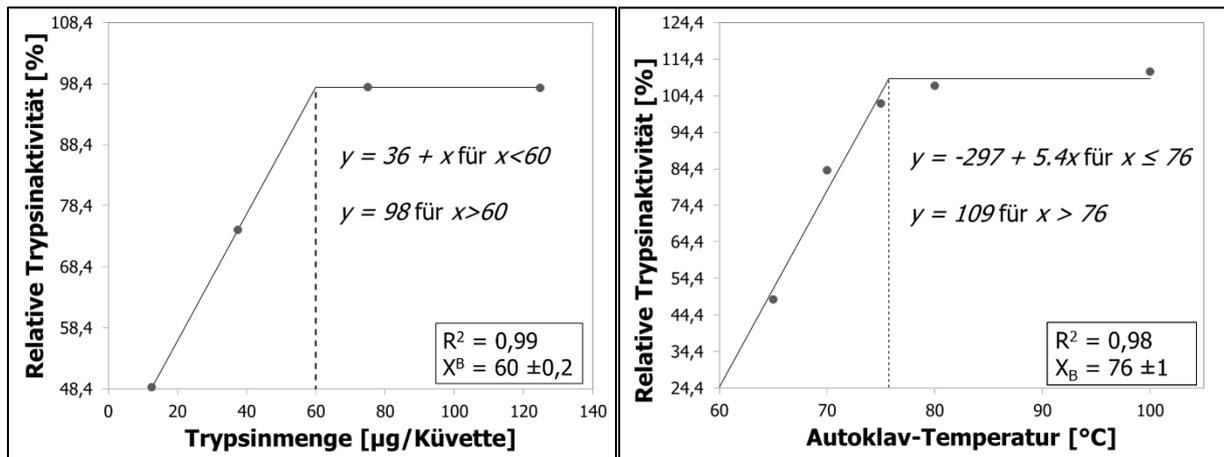
**Tabelle 1: Durchschnittliche relative Trypsinaktivität, TIU und TIA der unbehandelten und autoklavierten Maisproben**

	Unbehandelt	Autoklaviert	<sup>1</sup> SEM	<sup>2</sup> p-Wert (ANOVA)
<i>Relative Trypsinaktivität [%]</i>	41,4 <sup>b</sup>	110,8 <sup>a</sup>	3,83	<0.0001
<i>Inhibierte Trypsineinheiten [TIU/g Probe]</i>	2,7 <sup>b</sup>	-0,2 <sup>a</sup>	0,18	<0.0001
<i>Trypsin-Inhibitor [mg/g Probe]</i>	1,5 <sup>b</sup>	-0,1 <sup>a</sup>	0,10	<0.0001

<sup>1</sup>SEM = Standard Error of Means, <sup>2</sup>p-Werte ≤0,05 wurden als Hinweis auf einen statistisch signifikanten Behandlungseffekt betrachtet.

Es zeigten sich keine Hinweise auf einen Sorteneffekt oder Einfluss der Anbauregion (nicht präsentierte Daten). Das Autoklavieren erhöhte die relative Trypsinaktivität höchst signifikant ( $p < 0,0001$ ) um den Faktor 2,7. Damit näherte sich die Aktivität dieser Proben deutlich dem Niveau der Positivkontrolle (100%) an. Die Reaktion der Standardgrößen TIU und TIA folgt diesem Trend. Beide Werte tendieren nach Autoklavierung gegen 0.

Abbildung 2 zeigt den Verlauf der relativen Trypsinaktivität bei steigender Trypsinmenge und Autoklav-Temperatur.



**Abbildung 2: Veränderung der relativen Trypsinaktivität bei steigender Trypsinkonzentration und Autoklav-Temperatur**

Bei einer Trypsinmenge von 60 µg/Küvette erreicht die messbare relative Enzymaktivität nahe 100 % ein Plateau. Dies konnte durch Berechnung eines einfachen linearen Broken-Line-Modells ( $y = a + bx$ ) bestätigt werden. Demzufolge nimmt die Enzymaktivität linear mit einer Steigung von 1,0 ( $\pm 0,01$ ) bis zum Umschlagpunkt bei 60µg ( $\pm 0,20$ ) Trypsin zu. Bei Gehalten  $>60\mu\text{g}$  zeigt sich keine Steigerung mehr und die Kurve mündet bei 98% ( $\pm 0,06$ ) relativer Trypsinaktivität in ein Plateau.

Die mittlere relative Enzymaktivität erreicht bei Temperaturen  $>75^\circ\text{C}$  ein Plateau, was sich durch die Berechnung eines einfachen linearen Broken-Line-Modells der relativen Enzymaktivitäten von  $65^\circ\text{C}$  bis  $100^\circ\text{C}$  bestätigt. Demzufolge nimmt die Enzymaktivität linear mit einer Steigung von 5,36 ( $\pm 0,75$ ) bis zum Umschlagpunkt bei  $75,7^\circ\text{C}$  ( $\pm 1,20$ ) zu. Bei Temperaturen  $>75,7^\circ\text{C}$  zeigt sich keine nennenswerte Steigerung mehr und die Kurve mündet bei 109% ( $\pm 3,75$ ) relativer Trypsinaktivität in ein Plateau.

## Diskussion

In vorliegender Untersuchung wurden verschieden behandelte Mais Kornproben (roh, getrocknet, siliert) unterschiedlicher Anbauregionen (Oberbayern, Österreich) auf ihr Trypsin-inhibierendes Potential hin, vor und nach Autoklavierung untersucht. Dabei wurden zum einen die relative in vitro Enzymaktivität und zum anderen die standardisierten Größen TIU und TIA verglichen.

Ein Sorteneffekt oder Einfluss der Herkunftsregion konnte in vorliegender Untersuchung nicht festgestellt werden. Hierzu müssten umfangreichere Untersuchungen mit größeren Probensätzen hinsichtlich Sortenvielfalt und Anbauregion getätigt werden.

Die Untersuchung der Enzymkinetik zeigt eine 2,7fach höhere Enzymaktivität der autoklavierten Proben verglichen zu den Ergebnissen des unbehandelten Materials, relativ normalisiert zur Positivkontrolle. Die Ergebnisse der Standardgrößen TIU und TIA bestätigt diese Beobachtung. Während unbehandelte Proben ein Inhibitionspotential aufweisen, das in etwa einem gut getoasteten Sojaextraktionsschrot entspricht (Messerschmidt et al. 2013) tendieren diese Werte für die autoklavierten Gegenstücke gegen 0. Die zehn Prozent höhere relative Aktivität der autoklavierten Proben gegenüber der Positivkontrolle (110% versus 100%) könnte darauf zurückzuführen sein, dass in den autoklavierten Proben zur gleichen Menge an synthetischem Substrat noch ein gewisser Anteil Maisprotein kommt, das spaltbare Peptidketten enthält.

Um den Nachweis zu führen, das die beschriebenen Beobachtungen einer wirklichen Trypsininhibition zugrunde liegen, wurde überprüft ob dieser hemmende Effekt durch sukzessive Steigerung der

Trypsinkonzentration in der Reaktion sättigbar ist, sich also eine kontinuierliche Steigerung der relativen Trypsinaktivität abzeichnet, die ab einer gewissen Höhe der Konzentration ein Plateau erreicht. Dieser Sachverhalt konnte für Probe 4 nachgewiesen und der Umschlagpunkt bei 60 µg Trypsin in der Reaktion errechnet werden. Daraus folgt, dass es sich nicht nur um einen Matrixeffekt handelt, sondern um echte Trypsininhibition.

Im nächsten Schritt sollte durch stufenweise Steigerung der Temperatur beim Autoklavieren festgestellt werden, ab welchem Punkt keine Verbesserung der Trypsinaktivität bzw. eine vollständige Vernichtung des Inhibitors stattfindet um daraus auf die (bio-)chemische Natur des Inhibitorpools zu schließen. Aus den hier vorliegenden Befunden geht hervor, dass sich ab einer Temperatur von etwa 75 °C keine weitere Erhöhung der relativen Trypsinaktivität mehr abzeichnet. Dieser Umschlagpunkt weist auf ein Trypsin-inhibierendes Peptid hin, da derartige Pflanzenproteine in aller Regel in einem Bereich um 75 °C denaturieren (Watanabe und Nakayama 1962). Dies deckt sich mit den Ergebnissen der bereits erwähnten Datenbankrecherche (MEROPS; Qin et al. 1996) die für Maispflanzen Trypsin-inhibierende Peptide mit großer Homologie zu den Vertretern in Leguminosen ausweist.

## Schlussfolgerung

Zusammenfassend kann man festhalten, dass alle untersuchten Maiskornproben ein messbares inhibierendes Potential, zumindest in vitro aufweisen. Der ermittelte Grad an Inhibition bewegt sich im Rahmen eines gängigen Sojaextraktionsschrotes was die Abwesenheit von gesundheitlichen Einschränkungen bei Einsatz von Körnermais in der Mongastrierfütterung erklärt. In diesem Bereich ist der Organismus noch in der Lage durch eine Steigerung der Pankreassekretion den Inhibitor zu sättigen und mehr aktives Enzym im Lumen anzureichern, um einer pathologisch relevanten Verdauungsdepression entgegen zu wirken. Allerdings könnte es durchaus sein, dass es negative Effekte auf die Futtermittelverwertung bzw. den Einsatz exogener Enzyme im Tier gibt. In Folgeuntersuchungen sollte geklärt werden, ob auch andere Verdauungsenzyme durch bestimmte Stoffe im Mais in vitro inhibiert werden. Auch eine Betrachtung anderer Getreide sollte ins Auge gefasst werden. Dosis-Wirkungsstudien am Tiermodell könnten klären inwieweit sich eine stufenweise Zulage von Körnermais auf die Futtermittelverwertung, Rohrnährstoffverdaulichkeit und nicht zuletzt die Verdauungsenzymaktivitäten (exogen und endogen) im Magen-Darm-Trakt auswirkt.

## Literaturverzeichnis

- Messerschmidt, U.; Eklund, M.; Rist, V. T. S.; Rosenfelder, P.; Spindler, H. K.; Htoo, J. K.; Mosenthin, R. (2013): Effect of particle size and heat treatment of soybean meal on standardized ileal digestibility of amino acids in growing pigs. In: *Journal of Animal Science* 90 (Supplement 4), S. 119–121. DOI: 10.2527/jas.53767.
- Qin, G.; ter Elst, E. R.; Bosch, M. W.; van der Poel, A. F. B. (1996): Thermal processing of whole soya beans: Studies on the inactivation of antinutritional factors and effects on ileal digestibility in piglets. In: *Animal Feed Science and Technology* 57 (4), S. 313–324. DOI: 10.1016/0377-8401(95)00863-2.
- Rawlings, Neil D.; Barrett, Alan J.; Bateman, Alex (2011): MEROPS: the database of proteolytic enzymes, their substrates and inhibitors. In: *Nucleic Acids Research* 40 (D1), S. D343–D350. DOI: 10.1093/nar/gkr987.
- Smith, Clifford; van Megen, Wim; Twaalfhoven, Leendert; Hitchcock, Christopher (1980): The determination of trypsin inhibitor levels in foodstuffs. In: *J. Sci. Food Agric.* 31 (4), S. 341–350. DOI: 10.1002/jsfa.2740310403.
- Watanabe, Tt; Nakayama, O. (1962): Study of water extracted protein of soybean. In: *J. Agric. Chem. Soc. Jpn* 36, S. 890–895.

**Autorenanschrift**

Prof. Dr. Wilhelm M. Windisch  
Lehrstuhl für Tierernährung  
Technische Universität München  
Liesel-Beckmann-Straße 6  
85354 Freising (Weihenstephan), Deutschland  
wilhelm.windisch@wzw.tum.de



## **MORE PROFIT FROM IMPROVED NUTRITION**

Lower your feed costs, improve uniformity and increase raw material flexibility, while reducing environmental impact with these innovative feed solutions.

Used alone, or in combination, these reliable, heat stable enzyme and natural betaine products are customized to increase nutrient availability and improve profitability for pig and poultry producers.

Learn more at [www.animalnutrition.dupont.com](http://www.animalnutrition.dupont.com)  
or email [info.animalnutrition@dupont.com](mailto:info.animalnutrition@dupont.com)

**Phyzyme® XP**

**Axtra®**

**Avizyme®**

**Danisco Xylanase**

**Betafin®**

# Sojaaufbereitung in Bayern: Verfahrenstechnik und Aufbereitungsqualität

R. Zeindl<sup>1</sup>, L. Asam<sup>3</sup>, W. Windisch<sup>1</sup>, S. Thurner<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Technische Universität München, WZW, Lehrstuhl für Tierernährung

<sup>2</sup> Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung

<sup>3</sup> Forschungsinstitut für biologischen Landbau, FiBL Deutschland e.V.

## Einleitung

Der heimische Sojaanbau in Bayern gewinnt zunehmend an Bedeutung. Sowohl Aufgrund der EG-Öko-Verordnung, die in absehbarer Zeit eine hundertprozentige Fütterung von ökologisch erzeugten Futtermitteln im ökologischen Landbau vorschreibt, als auch durch das Erstarken von Regionalmarken, die dem zunehmenden Verbraucherwunsch nach rückverfolgbaren Lebensmitteln ohne gentechnisch veränderte Organismen entsprechen, sowie durch das Aktionsprogramm „Heimische Eiweißfuttermittel“ ist die Anbaufläche in Bayern auf zeitweise mehr als 3.773 ha gestiegen (AIGNER 2013).

Dem gegenüber steht die Aussage, dass die weltweite Arbeitsteilung in der Agrarwirtschaft beibehalten werden muss und am jeweils günstigsten Standort die Kultur mit der höchsten Ökoeffizienz angebaut werden soll. In Europa sind dies u.a. Getreide, Raps und Mais, jedoch nicht Sojabohnen, deren Ökoeffizienz in Südamerika unter den dort gegebenen klimatischen Bedingungen höher ist (TAUBE 2013).

Neben vielen offenen Fragen zum Anbau und zur Kulturführung sind auch die Qualität bayerischer Sojabohnen und die Einflüsse verschiedener Verarbeitungsschritte auf die wertgebenden Inhaltsstoffe noch nicht ausreichend geklärt. Sogenannte antinutritive Faktoren (ANF) in rohen Sojabohnen verhindern den direkten Einsatz als Rationskomponente bei Monogastriden. So mindern Proteaseinhibitoren, Lectine, Saponine und Phytinsäure den Futterwert beträchtlich, da sie die Verwertbarkeit einiger Nährstoffe vermindern, oder gar die Gesundheit des Nutztieres schädigen können (CLARKE & WISEMAN 2005).

Global gesehen wird gegenwärtig der mit Abstand größte Teil der jährlichen Sojaernte in großen Hexan-Extraktionsanlagen verarbeitet. Es handelt sich dabei um ein sehr effizientes Verfahren, bei dem bis zu 99 % des in der Sojabohne enthaltenen Öls extrahiert wird. Extraktionsanlagen sind investitionsintensiv und erfordern zum wirtschaftlichen Betrieb einen hohen technologischen Kenntnisstand, sowie eine gewisse Verarbeitungskapazität, die in der Regel über 1000 t pro Tag liegt (SEILER 2006). Die hohe Verarbeitungskapazität steht, zusammen mit dem Betriebsablauf in großen Ölmühlen, im Widerspruch zu dem doch noch geringen Anbauumfang und somit kleinen Erntemengen von Sojabohnen in Bayern und den umliegenden Ländern. Aus diesem Grund entstanden in Bayern kleinere, dezentrale Sojaaufbereitungsanlagen, die es dem Landwirt ermöglichen, seine eigene Ernte über eine Hitzebehandlung und gegeben falls eine zusätzliche mechanische Entölung aufbereiten zu lassen. Die Anlagenkonzepte reichen dabei vom „Toasten“ einer Vollfettbohne mit offener Flamme, bis hin zu einer Sojaaufbereitung in einem hydrothermischen Reaktor.

Bei den Endprodukten aus bayerischer Aufbereitung handelt es sich entweder um vollfette Sojabohnen oder um teilentöhlten Sojakuchen mit einem Restfettgehalt von 8 - 13 %.

Im hier beschriebenen Projekt sollte die in Bayern installierte Verfahrenstechnik zur Sojaaufbereitung dokumentiert und die in Bayern erreichbare Aufbereitungsqualität erfasst werden.

## Material und Methoden

Bei den untersuchten Anlagen wurden je Probenahme, die immer aus einer Charge erfolgte, sowohl die Rohbohnen, als auch die verschiedenen Endprodukte beprobt. Es wurde immer eine große Mischprobe über den gesamten Zeitraum der jeweiligen Beprobung hin erstellt (ca. 10 kg) und diese dann auf 6 Einzelproben (ca. 500 g) verteilt, welche im Anschluss (nach Lagerung bei  $-20\text{ °C}$ ) an die verschiedenen Labore versandt wurden. Wenn möglich wurde eine Probenahme-Lanze verwendet, alternativ wurden über längere Zeit (mehrere Stunden) aus dem Materialstrom kleine Teilproben entnommen.

Neben der klassischen Weender-Analyse (u.a. Trockenmasse- (TM-), Rohprotein- (XP-) und Rohfett- (XL-) Gehalt und einer NIRS-Analyse (Aminosäuren über AminoNir (Fa Evonik) u.a. Lysin (LYS), Methionin + Cystein (M+C)) wurde bei je einer Probe pro Anlage das Fettsäuremuster untersucht. Bei allen Proben wurden spezielle Parameter zum Gehalt an antinutritiven Substanzen (u.a. Trypsininhibitoraktivität (TIA)), sowie bezüglich einer adäquaten Hitzebehandlung (Eiweißlöslichkeit in Kalilauge (KOH), Eiweißlöslichkeit in Wasser (PDI) und Ureaseaktivität (UA)) untersucht.

Die Erstellung der diversen Schemazeichnungen im Rahmen der Dokumentation der Verfahrenstechnik erfolgte mittels der Software Archline XP (Version 2000). Für die Erstellung der Zeichnungen dienten zahlreiche Fotografien, Bauzeichnungen, Herstellerangaben und eigene Erhebungen (Abmessungen, Skizzen, Befragungen).

Die Ergebnisse zur Qualität der Produkte wurden mit der Software GNU-R (Version 3.0.1 (2013-05-16)) ausgewertet. Nach Prüfung der Verteilung wurden die entsprechenden parametrischen oder nichtparametrischen Verfahren zur weiteren Datenanalyse verwendet. Unterschiede wurden mit geeigneten post hoc Analysen herausgestellt.

## Ergebnisse und Diskussion

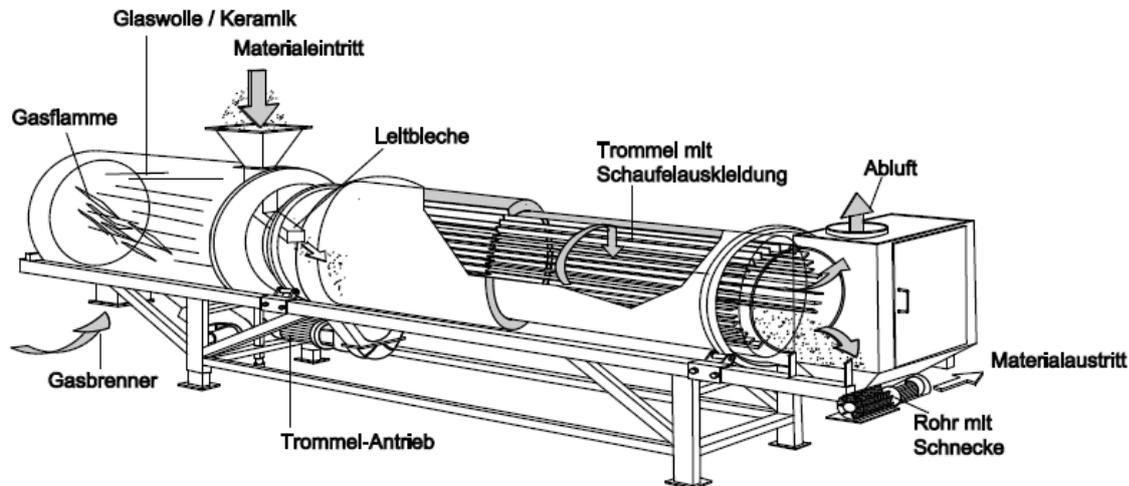
In den vier bayerischen Sojaaufbereitungsanlagen werden drei verschiedene Aufbereitungsverfahren angewendet (Tab. 1). Dabei werden in der Regel bayerische Sojabohnen verarbeitet, jedoch auch Importware, meist aus Österreich und Italien.

**Tab. 2:** Anlagenkonzepte und Produkte bei den vier Aufbereitungsanlagen in Bayern

Anlagen- bez.	Thermisch I (T)	Thermisch II (T)	Hydrothermisch (HT)	Druckthermisch (DT)
Anlagen- konzept	Ganze Sojabohnen werden angefeuchtet und in Trommel mit direkter Befeuerung (300 °C direkt nach der Flamme, 260 °C am Trommelausgang) kurzzeitig auf 110 - 115 °C erhitzt.	Ganze Sojabohnen werden angefeuchtet und in Trommel mit indirekter Hitzeinwirkung (Keramik wird von Gasflamme auf 900 °C erhitzt) über ca. 40 s auf rund 110 °C erhitzt.	Ganze Sojabohnen werden mit Wasserdampf (103 °C) vermischt und anschließend über ca. 40 min in einem Thermoreaktor der Hitze ausgesetzt, bevor sie flockiert werden.	Geschrotete Sojabohnen werden (10 min) mit Wasserdampf (102 °C) gedämpft bevor sie mit einem Expander extrudiert werden (1 - 5 s Hitzeinwirkung von 125 - 145 °C).
Produkte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Getoastete Vollfettbohne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Getoastete Vollfettbohne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geflakte Vollfettbohne</li> <li>• Teilentölter Sojakuchen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geschrotete Vollfettbohne</li> <li>• Teilentölter Sojakuchen</li> </ul>

Im Folgenden werden die Hauptkomponenten der drei Aufbereitungsverfahren beschrieben.

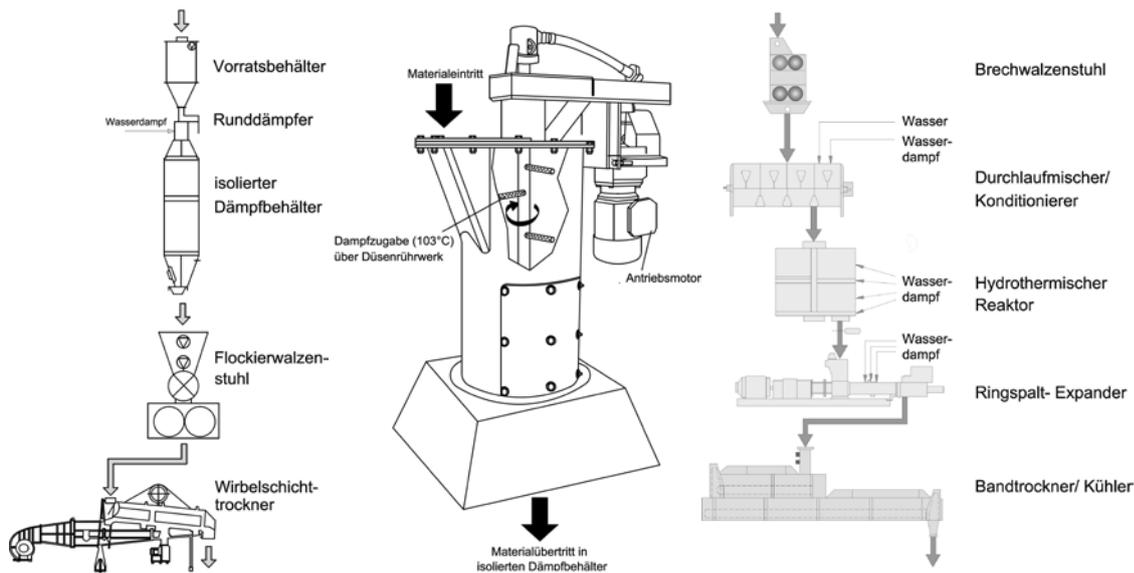
Bei der thermischen Aufbereitung werden die Sojabohnen vor dem Einbringen in die Trommel angefeuchtet und dann je nach Verfahrenstyp entweder in der direkten Flamme, oder indirekt (Abb. 1) mit Infrarotstrahlung nach dem „High-Temperature-Short-Time- (HTST-) Prinzip“ geröstet. In der leicht schräg zur Horizontalen geneigten Trommel werden die Sojabohnen mittels fächerartigen Schaufeln durch die Trommeldrehung kontinuierlich nach oben befördert und fallen über den gesamten Trommelquerschnitt aufgefächert wie ein Schleier zurück auf den Trommelboden. Hierbei passieren sie die Hitzequelle. Die Behandlung erfolgt sowohl durch die Infrarotstrahlung, als auch durch die Wärme des Abgasstromes, der ebenfalls durch die Trommel geleitet wird. Im Anschluss erfolgt eine Kühlung mit Außenluft auf Außentemperatur mittels Dächerfachkühler und ggf. eine Wiederbefeuchtung.



**Abb. 3:** Schemazeichnung eines Infrarot-Trommeltoasters mit Gas-Befuerung

Bei der hydrothermischen Aufbereitung (Abb. 2 links) werden die ganzen Rohbohnen in einem kontinuierlichen Durchlaufverfahren zunächst in einem Runddämpfer mittels Düsenrührwerk mit Wasserdampf vermischt (Abb. 2 Mitte). Anschließend verbleiben die Bohnen rund 40 Minuten in einem isolierten Dämpfbehälter in dem der Wasserdampf weiter in die Bohnen einkocht. Dabei kommt es zu einer Verkleisterung der Stärke und zu einer Inaktivierung der hitzelablen antinutritiven Substanzen. Aus dem Dämpfbehälter gelangen die Bohnen direkt in den 1 m breiten Walzstuhl, der sie flockiert, bevor sie im Wirbelschichttrockner schonend getrocknet und abgekühlt werden.

Bei der druckthermischen Aufbereitung werden die Sojabohnen in einem kontinuierlichen Durchlaufverfahren mit Dampf, Feuchtigkeit, Temperatur und Druck behandelt (Abb. 2 rechts). Zunächst werden die Bohnen geschrotet und dann in einem Konditionierer mit Wasser und Wasserdampf für rund 30 s vorbehandelt, wodurch eine Erhitzung auf maximal 95 °C erfolgt. Anschließend gelangt das vorbehandelte Material in den hydrothermischen Reaktor, in dem es für ca. 10 min mit Wasserdampf unter leichtem Druck gekocht wird. Danach gelangt das Material in einen Expander, bestehend aus einem dickwandigen Mischrohr mit auswechselbaren Verschleißsätzen und einer einseitig gelagerten Welle, die mit Dosier-, Misch-, und Knetelementen versehen ist. Der maximale Druck, der während der Aufbereitung entsteht, steigt auf bis zu 50 bar am Expander-Ende, wobei am Auslauf der Druck spontan abfällt und es zur „Expansion“ des Materials kommt. Hierbei verdampft ein Teil des zugeführten Wassers (Flash Verdampfung). Der Expander arbeitet nach dem HTST-Prinzip. Der Vorteil besteht darin, dass die sehr kurze Behandlung bei einer relativ hohen Temperatur wertvolle Bestandteile des Futtermittels, wie Vitamine, weitgehend unversehrt lässt. Die Zellstruktur des zu behandelnden Futtermittels wird durch die Kombination von Temperatur, Druck und Reibung intensiv bearbeitet, wodurch es zu einem Stärkeaufschluss und einer besseren Eiweiß- und Ölverfügbarkeit kommt.



**Abb. 4:** Ablaufschema der hydrothermischen Aufbereitungsanlage (links) und Detailzeichnung der Dampfzugabe über ein Düsenrührwerk in einem Runddämpfer (Mitte) sowie Ablaufschema der druckthermischen Aufbereitungsanlage (rechts)

Als indirekter Parameter zur Sicherstellung einer adäquaten Hitzebehandlung und somit der Reduktion der antinutritiven Substanzen, dient die Methode zur Messung der Ureaseaktivität (UA). Man misst dabei die Restaktivität eines für die Sojabohne charakteristischen Enzyms, der Urease, wobei der Zielwert so definiert ist, dass aus einer definierten Harnstofflösung bei 30°C nicht mehr als 0,4 mg/g TM Stickstoff in Form von Ammoniak freigesetzt werden darf (MENKE 1987). Anhand dieser Freisetzung von Stickstoff wird dann auf die Restaktivität der TIA geschlossen, deren direkte Bestimmung sehr aufwändig ist. Der Parameter KOH ist ein guter Indikator für eine Hitzeüberbehandlung. Die daraus hervorgehende Löslichkeit des Proteins wurde mit Wachstumsraten bei Schweinen und Geflügel korreliert, wobei sich herausstellte, dass unter einer Proteinlöslichkeit von 72 % ein starker Leistungseinbruch der Versuchstiere eintrat (PARSONS 1991). Unbehandelte Sojabohnen dagegen sollten eine Löslichkeit von über 90 % aufweisen. Die Spannweite für optimal aufbereitete Sojabohnen liegt derzeit bei 78 - 85 % (VAN EYS 2012). Verbleibende Trypsininhibitoren in Sojaprodukten führen im Laufe der Proteinverdauung im Dünndarm mit dem Verdauungsenzym Trypsin einen inaktiven Komplex, der die Verdauung negativ beeinflusst und zu einer ausgeprägten Pankreas-Hypertrophie führen kann. Es kommt zu einer erhöhten Ausschüttung des Verdauungsenzymes Trypsin und folglich zu einer verringerten N-Retention. Laut aktuellen Empfehlungen sollte der Wert für die verbleibende Trypsininhibitoraktivität (TIA) 4-5 mg/g nicht überschreiten (CLARKE & WISEMAN 2005).

Die Ergebnisse sollen einen Überblick über die erreichbaren Sojaqualitäten im bayerischen Anbau ermöglichen und auch detaillierte Aussagen zu den wertgebenden Inhaltsstoffen der verarbeiteten Sojaprodukte liefern. Anhand der Auswertung der jeweiligen Einzugsgebiete der Aufbereitungsanlagen konnte ein möglicher Einfluss der geographischen bzw. klimatischen Lage der Anbauggebiete auf die Rohware untersucht werden. Beim Vergleich von Rohbohnen aus Bayern mit Rohbohnen aus außerbayerischem (aber europäischem) Anbau stellte sich heraus, dass die bayerischen Sojabohnen aus den Erntejahren 2011 und 2012 signifikant höhere XP-Gehalte und signifikant niedrigere XL-Gehalte aufwiesen (Tab. 2). Bei der TIA gab es dagegen keine signifikanten Unterschiede.

**Tabelle 3:** Vergleich von bayerischen und außer-bayerischen Rohbohnen

Herkunft	Bayern	Ausserhalb	Bayern	Ausserhalb	Bayern	Ausserhalb Bayern
	(n=12)	Bayern (n=9)	(n=12)	Bayern (n=9)	(n=12)	(n=9)
	Proteingehalt [%]		Fettgehalt [%]		TIA [mg/g]	
Median	42,9 <sup>b</sup>	41,6 <sup>a</sup>	21,1 <sup>a</sup>	23,1 <sup>b</sup>	28,5 <sup>a</sup>	27,9 <sup>a</sup>
p-Wert	0,019		0,023		0,91 n.s.	

Unterschiedliche Kleinbuchstaben repräsentieren signifikante Unterschiede im post-hoc Test

Beim Vergleich der vollfetten Produkte aus den drei Aufbereitungsverfahren in Bayern (T, HT und DT) ergaben sich keine signifikanten Unterschiede bei den untersuchten Aminosäuren (Tab. 3). Auch die teilentölte Produkte wiesen statistisch identische Gehalte an Lys und M+C im Vergleich zu den vollfetten Produkten auf. Lediglich bei den Extraktionsschroten konnten im Vergleich zu den vollfetten Produkten höhere Gehalte an diesen Aminosäuren statistisch abgesichert werden.

**Tabelle 4:** Vergleich der Verfahren bezüglich dem Gehalt an den AS Lys und M+C ( $\alpha=0,05$ )

Parameter	T vollfett	HT vollfett	DT vollfett	DT/HT teilentölt	SES
<b>Lys[%]</b>	<i>(p = 0,00086)</i>				
Median	2,81 <sup>a</sup>	2,82 <sup>a</sup>	2,70 <sup>a</sup>	3,10 <sup>ab</sup>	3,17 <sup>b</sup>
MIN	2,61	2,78	2,64	2,79	3,01
MAX	3,22	2,89	2,86	3,29	3,44
<b>M+C[%]</b>	<i>(p = 0,0034)</i>				
Median	1,26 <sup>a</sup>	1,27 <sup>a</sup>	1,27 <sup>a</sup>	1,39 <sup>ab</sup>	1,42 <sup>b</sup>
MIN	1,18	1,25	1,25	1,26	1,37
MAX	1,41	1,31	1,28	1,51	1,57

Unterschiedliche Kleinbuchstaben repräsentieren signifikante Unterschiede im post-hoc Test

Auch für die in Tabelle 4 dargestellten Parameter TIA, KOH und UA (eigentliche Parameter zur Überprüfung einer adäquaten Hitzebehandlung) konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den bayerischen Verfahren, sowie den untersuchten Sojaextraktionsschroten ermittelt werden. Lediglich beim Parameter KOH wiesen die bayerischen Verfahren DT und DT/HT im Median signifikant höhere KOH-Proteinlöslichkeiten auf als die Extraktionsschrote. Dies deutet darauf hin, dass diese bayerischen Verfahren sehr proteinschonend aufbereiten.

Die sieben untersuchten SES aus Übersee lagen im Gegensatz zu den in Bayern verarbeiteten Sojabohnen in allen hier aufgezeigten Parametern bezüglich einer adäquaten Hitzebehandlung innerhalb der Zielwerte (auch TIA). Die bayerischen Sojaprodukte dagegen hatten z.T. TIA Werte über dem in der Literatur beschriebenen Grenz- bzw. Richtwert. Es überschritten insgesamt 7 von 23, bzw. knapp ein Drittel der untersuchten Proben aus den bayerischen Aufbereitungsanlagen den kritischen Wert von 5 mg/g TIA. So lag der Median zwar bei den Verfahren T, HT und den entölte Proben (2,3 mg/g bzw. 3,0 mg/g und 4,6 mg/g) unterhalb der empfohlenen TIA, die Proben aus dem Verfahren DT lagen im Median jedoch knapp darüber (5,05 mg/g).

Aus den Extrema, dargestellt in Tabelle 4 (MIN/MAX) geht zudem deutlich hervor, dass in den bayerischen Anlagen derzeit noch große Schwankungen bezüglich der Reduktion an Trypsinhibitoren

auftreten (TIA). So gab es beispielsweise bei den entölten Produkten eine Probe mit nur 2,6 mg/ g TIA(MIN), aber auch eine Probe mit 9,0 mg/ g TIA (MAX), was eindeutig auf eine zu geringe Bearbeitungsintensität hinweist. Gleichzeitig lagen mehr als zwei Drittel der bayerischen Proben über dem angestrebten Bereich von max. 85 % Proteinlöslichkeit beim Parameter KOH. Beides deutet darauf hin, dass die Hitzebehandlung noch intensiver durchgeführt werden sollte.

Zusätzlich zeigen die Ergebnisse in Tabelle 4, dass die UA-Methode nur bedingt für die Beurteilung einer adäquaten Hitzebehandlung verwendet werden sollte, da in mehr als einem Drittel der Proben tatsächlich noch überhöhte TIA-Werte detektiert wurden, obwohl nur in einer Probe eine zu hohe UA gemessen werden konnte. Die errechnete Sensitivität über alle Proben (überprüft an der tatsächlichen Rest-TIA) betrug lediglich 40 %, was somit bedeutet, dass nur 40 % der tatsächlich unterbehandelten Proben auch durch die UA-Methode erkannt wurden.

**Tabelle 5:** Vergleich der Verfahren bezüglich der Parameter TIA, KOH und UA ( $\alpha=0,05$ )

Parameter	T vollfett	HT vollfett	DT vollfett	DT/HT teilentölt	SES
<b>TIA Richtwert für optimale Behandlung: &lt;4-5 mg/ g</b> ( $p=0,013$ )					
Median	3,0 <sup>n.s.</sup>	2,30 <sup>n.s.</sup>	5,05 <sup>n.s.</sup>	4,6 <sup>n.s.</sup>	2,3 <sup>n.s.</sup>
MIN	2,7	1,90	3,70	2,6	2,0
MAX	6,7	5,7	7,0	9,0	3,5
<b>KOH Richtwert für optimale Behandlung: 78-85 %</b> ( $p=0,0077$ )					
Median	84,88 <sup>ab</sup>	85,60 <sup>ab</sup>	88,45 <sup>b</sup>	88,95 <sup>b</sup>	79,10 <sup>a</sup>
MIN	75,80	76,70	86,01	85,10	78,10
MAX	91,70	89,40	90,40	91,80	84,20
<b>UA Richtwert für optimale Behandlung:&lt;0,3g N/min</b> ( $p=0,0092$ )					
Median	0,07 <sup>n.s.</sup>	0,05 <sup>n.s.</sup>	0,35 <sup>n.s.</sup>	0,17 <sup>n.s.</sup>	0,04 <sup>n.s.</sup>
MIN	0	0,04	0,07	0,06	0
MAX	0,42	0,23	0,41	0,81	0,04

Unterschiedliche Kleinbuchstaben repräsentieren signifikante Unterschiede im post-hoc Test

Durch die Teilentölung mittels Schneckenpressen beim Verfahren DT und HT haben sich keine Änderungen am Verhältnis der gesättigten, ungesättigten und mehrfach-ungesättigten Fettsäuren zueinander und zum Gesamtfettgehalt ergeben. Die Energieberechnung unter Zuhilfenahme der Verdaulichkeitskoeffizienten für dampferhitzten Sojakuchen (DLG 2011) ergab für vollfette Produkte für die Spezies Schwein einen Energiegehalt von 17,92 MJ/ME (Annahmen: XP-Gehalt 43 %; XL-Gehalt 22 %; Stärkegehalt 5 %; Zuckergehalt 8 %; verdaulicher Rest 5 %). Für einen teilentölten Kuchen ergab sich ein Energiegehalt von 16,27 MJ/ME (Annahmen: XP-Gehalt 49 %; XL-Gehalt 11 %; Stärkegehalt 7 %; Zuckergehalt 8 % verdaulicher Rest 8 %).

Der Anbauumfang für Sojabohnen in Bayern liegt laut aktuellen INVEKOS Hochrechnungen für die Vegetationsperiode 2013 bei 3773 ha. Bei einem bayernweiten, 10-jährigen Durchschnittsertrag von 2,85 t (AIGNER 2013) ergibt sich für 2013 eine erwartete Erntemenge von etwa 10.753 t. Die tatsächlich verarbeitete Menge an Soja betrug im Jahr 2012 in den bayerischen Anlagen ca. 8800 t Sojabohnen. Die theoretische maximale Aufbereitungskapazität beträgt derzeit insgesamt ca. 25.000 t (unter der Annahme, dass die Anlagen teilweise im Mehrschichtbetrieb ausschließlich mit Soja betrieben werden), was die erwartete Erntemenge um mehr als das doppelte übersteigt. Somit kann gewährleistet werden, dass die in Bayern kultivierten Sojabohnen auch in Bayern verarbeitet werden können.

## Schlussfolgerungen

Sojabohnen aus bayerischem Anbau liefern eine hohe Qualität, die beim Rohproteingehalt sogar die außerbayerischen Sojabohnen übertrifft. Für die Verarbeitung und Aufbereitung der immer noch geringen Erntemenge aus heimischem Anbau sind große Extraktionsanlagen aufgrund der hohen Verarbeitungsmenge ungeeignet. Derzeit stehen in Bayern vier Anlagen mit drei verschiedenen Aufbereitungskonzepten zur Verfügung. Die Intensität der Aufbereitung in diesen Anlagen ist derzeit noch nicht optimal, da bei über einem Drittel der Endprodukte ein zu hoher TIA-Wert gemessen wurde, der zu Leistungsminderungen v.a. bei Monogastriden beiträgt. Alle Aufbereitungsanlagen konnten die Prozessparameter aufgrund der vorliegenden Ergebnisse optimieren. Je nach Ausgangsgehalt an antinutritiven Substanzen in den Rohbohnen ist eine unterschiedlich intensive Hitzebehandlung erforderlich, dazu sind häufigere Probenahmen mit entsprechenden Analysen notwendig. Die hohen Ölgehalte der vollfetten Sojaprodukte verhindern einen 100 prozentigen Einsatz in den Futtermitteln. Die an zwei Aufbereitungsanlagen zur Verfügung stehenden Schneckenpressen können die Sojabohnen nur teilentölen. Durch den mittleren Restölgehalt bei Sojakuchen von 10-13 % sind auch hier die Einsatzgrenzen in Rationen für Schweine oder Mastgeflügel zu beachten.

## Literaturverzeichnis

- AIGNER, A., 2013: Soja Anbauumfang 2013, berechnet aus INVEKOS-Angaben. Email (11.06.2013).
- CLARKE, E. & J. WISEMAN, 2005: Effects of variability in trypsin inhibitor content of soya bean meals on true and apparent ileal digestibility of amino acids and pancreas size in broiler chicks. *Animal Feed Science and Technology* 121 (1-2), 125-138.
- DLG-ARBEITSKREIS FUTTER UND FÜTTERUNG (2011): Leitfaden zur Berechnung des Energiegehaltes bei Einzel- und Mischfuttermitteln für die Schweine- und Rinderfütterung. Online verfügbar unter: [http://www.dlg.org/futtermittel\\_net.html](http://www.dlg.org/futtermittel_net.html), Zugriff am 02.11.2011
- GROB, J. (2013): Das bayerische Aktionsprogramm Heimische Eiweißfuttermittel. Vortrag im Rahmen der Veranstaltung „Die Eiweißlücke schließen – Heimischer Anbau von Leguminosen“ am 21.02.2013 in Bad Hersfeld, 34 Seiten. Online verfügbar unter <http://www.lh-hessen.de/vortragsarchiv/2013/875-februar-2013.html>, Zugriff am 02.06.2013.
- MENKE, K.-H., HUSS, W. (1987): Tierernährung und Futtermittelkunde. 3. Auflage, Eugen-Ulmer Verlag, Stuttgart, 368 Seiten.
- PARSONS, C.M., HASHIMOTO, K., WEDEKIND, K.J., BAKER, D.H. (1991). Soybean protein solubility in potassium hydroxide: an in vitro test of in vivo protein quality. In: *J. Animal Sci.* 69, 2918–2924.
- SEILER, M., 2006: Evaluierung der technischen und wirtschaftlichen Umsetzbarkeit eines neuartigen Verfahrenskonzepts zur Herstellung von Proteinprodukten aus Sojabohnen. Dissertation, Berlin.
- TAUBE, F. (2013): Der zukünftige europäische Weg. In: *Landwirtschaft im Konflikt mit der Gesellschaft?* Hrsg. DLG e.V., DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 17-42.
- VAN EYS, J.E. (2012): Manual of quality analyses for soybean products in the feed industry. Ph.D. thesis, U.S. Soybean export council, 105 Seiten.
- ZHANG, Y., PARSONS C.M. AND HYMOWITZ, T. (1991) Effect of soybeans varying in trypsin inhibitor content on performance of laying hens. *Poultry Sci.* 70, 2210-2213.

### Autorenanschrift

Robert Zeindl  
Lehrstuhl für Tierernährung  
Technische Universität München  
Liesel-Beckmann-Straße 6  
85354 Freising (Weihenstephan), Deutschland  
[robert.zeindl@wzw.tum.de](mailto:robert.zeindl@wzw.tum.de)

## 2012 Mycotoxin Survey and Multi-Mycotoxin Screening in Germany

Naehrer K.<sup>1</sup>, Nies W.<sup>1</sup>, Malachova A.<sup>2</sup>, Sulyok M.<sup>2</sup>, Berthiller F.<sup>2</sup> and Krska R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> BIOMIN Holding GmbH, Industriestrasse 21, 3130 Herzogenburg, Austria

<sup>2</sup> Center for Analytical Chemistry, Department for Agrobiotechnology (IFA-Tulln), University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna (BOKU); Konrad-Lorenz-Str. 20, 3430 Tulln, Austria

### Introduction

Fungal contamination and mycotoxin production depend very much on the weather and storage conditions (temperature, humidity) are common problems under both extreme moist and drought stress conditions. The prediction of mycotoxin occurrence is a challenge in particular due to changing climatic conditions and increasing global trade of feed raw materials.

In 2004, BIOMIN began an intensive worldwide survey program to analyse mycotoxin contamination of feedstuffs allowing feed and animal producers to assess the risk of using certain feedstuffs from different regions (Streit et al., 2013a; Rodrigues and Naehrer, 2013). The results of the survey presented in this paper include data from samples sourced in Germany in 2012 that focus on the two major mycotoxins occurring in this country - zearalenone (ZEN) and deoxynivalenol (DON). However, the recent aflatoxin scandal in Germany which began in Serbia in the first quarter of 2013 demonstrated the complexity of the mycotoxin issue as well as the impact international trade of raw materials. The contaminated corn was found to originate mainly from countries in south-eastern Europe. Concentrations of aflatoxin B<sub>1</sub> exceeding up to 40 times the regulatory limit of 5 µg/kg in compound feed for dairy cattle were detected in corn samples (e.g., 204 µg/kg aflatoxin B<sub>1</sub> in corn from Serbia). Moreover, the German Chamber of Agriculture in Lower Saxony and the Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection recently warned the feed industry of a high risk of ergot contamination.

In an effort to further the knowledge on mycotoxin occurrences in German feedstuffs, samples were subjected to multi-mycotoxin analysis based on liquid chromatography- tandem mass spectrometry (LC-MS/MS). Besides providing information on co-occurrence and concentrations of common agriculturally relevant mycotoxins, this multi-mycotoxin method is also capable of determining masked mycotoxins which escape many currently existing mycotoxin analyses. Mycotoxin conjugates may be formed as part of the plant's defence mechanism (e.g., DON-3-glucoside or ZEN-14-glucoside) or directly by fungi (e.g., 3-acetyl-DON). Moreover, the simultaneous detection and quantification of a broad range of mycotoxins provides information on less-known "emerging" mycotoxins and other metabolites.

### Material and Methods

In 2012, 225 animal feed and feed ingredient samples were analysed to obtain information on the occurrence of ZEN and DON by routine methods. The samples were analysed using high performance liquid chromatography (HPLC) or enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) according to standard procedures. The majority of the samples were analysed with ELISA. More complex matrices, such as

finished feed, were analysed with HPLC. For the purpose of data analysis, non-detection levels were based on the quantification limits of the test method for each mycotoxin.

Forty-seven samples were investigated with multi-mycotoxin LC-MS/MS analyses conducted at IFA-Tulln. All samples were analysed for the occurrence and concentrations of fungal metabolites by LC-MS/MS according to Vishwanath et al. (2009). This analytical method has been extended to cover 320 metabolites using a more sensitive mass spectrometer and validated for four matrices (Malachova et al., 2013).

## Results and Discussion

DON and ZEN were found to be highly prevalent in Germany. The results are shown in Table 1.

Table 1: Mycotoxin occurrence and contamination of different feedstuffs samples sourced in Germany

<b>Total</b>	<b>ZEN</b>	<b>DON</b>
<b>Number of samples tested</b>	187	225
<b>% Positive<sup>a</sup></b>	26	72
<b>Max. conc. [<math>\mu\text{g}/\text{kg}</math>]</b>	399	12,000
<b>Average conc. [<math>\mu\text{g}/\text{kg}</math>]<sup>b</sup></b>	17	585
<b>Median of positive [<math>\mu\text{g}/\text{kg}</math>]<sup>c</sup></b>	34	410

<sup>a</sup> “% positive” refers to results above the limit of quantification of the method applied

<sup>b</sup> Average corresponds to the average of all results, including results below the limit of detection, which were set as zero for the calculations.

<sup>c</sup> Median of positive excludes results below the limit of detection.

Table 2: Mycotoxin occurrence and contamination in barley samples sourced in Germany

<b>Barley</b>	<b>ZEN [<math>\mu\text{g}/\text{kg}</math>]</b>	<b>DON [<math>\mu\text{g}/\text{kg}</math>]</b>
<b>Number of samples tested</b>	54	66
<b>Number samples tested</b>	15	79
<b>% Positive<sup>a</sup></b>	46	2,959
<b>Max. conc. [<math>\mu\text{g}/\text{kg}</math>]</b>	4	437
<b>Average conc. [<math>\mu\text{g}/\text{kg}</math>]<sup>b</sup></b>	24	295
<b>Median of positive [<math>\mu\text{g}/\text{kg}</math>]<sup>c</sup></b>		

<sup>a</sup> “% positive” positive refers to results above the limit of quantification of the method applied

<sup>b</sup> Average corresponds to the average of all results, including results below the limit of detection, which were set as zero for the calculations.

<sup>c</sup> Median of positive excludes results below the limit of detection.

Table 3: Mycotoxin occurrence and contamination in wheat samples sourced in Germany

Wheat	ZEN [ug/kg]	DON [ug/kg]
Number of samples tested	55	72
% Positive <sup>a</sup>	25	85
Max. conc. [µg/kg]	399	12,000
Average conc. [µg/kg] <sup>b</sup>	31	1,052
Median of positive [µg/kg] <sup>c</sup>	57	826

<sup>a</sup> “% positive” positive refers to results above the limit of quantification of the method applied

<sup>b</sup> Average corresponds to the average of all results, including results below the limit of detection, which were set as zero for the calculations.

<sup>c</sup> Median of positive excludes results below the limit of detection.

Of all measured sample by routine method within this 12-months period, only 18 % tested negative for the presence of mycotoxins (below the quantification limits). While the percentage of positive samples was in the same range as previous years, average contamination values of all samples tested were higher in the case of DON, from 379 µg/kg in 2011 to 585 µg/kg in 2012.

Furthermore, an LC-MS/MS method was used to screen 47 feed and feed raw material samples for 340 mycotoxins and other secondary metabolites. Samples were co-contaminated with two to 24 different mycotoxins (Figure 1). Figure 2 shows the distribution of the detected concentrations for metabolites that were detected in more than 40% of the samples.

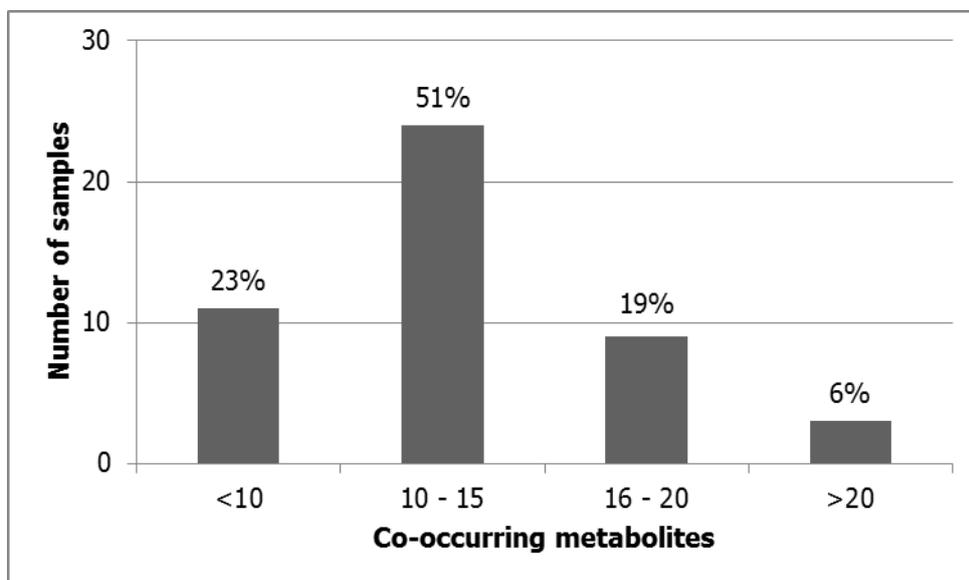


Figure 1: Number of samples co-contaminated with a given number of mycotoxins and/or metabolites.

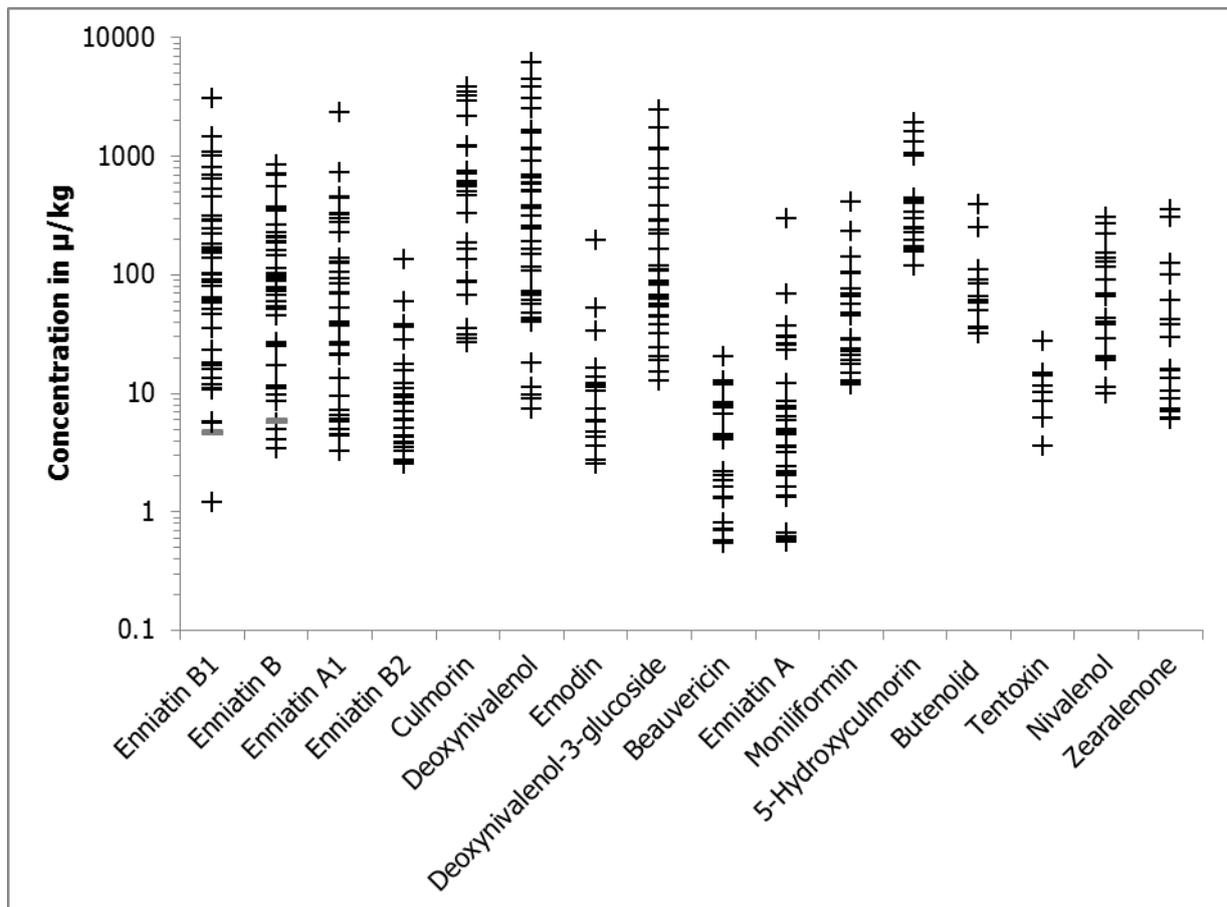


Figure 2: Distribution of the concentrations of metabolites detected in  $\geq 40\%$  of the samples

Enniatins were the most common group of mycotoxins found (Table 4). European Food Safety Authority (EFSA) is requesting occurrence data of enniatins and beauvericin and is currently writing on a scientific opinion on these toxins as a concern for food and feed. Culmorin was found in 94% of all the samples and 85% tested positive for DON. The masked mycotoxin DON-3-glucoside was detected in 85% of all samples. Survey results presented above indicated clearly that mycotoxins are a topic of concern in animal feed. Mixtures of different *Fusarium* mycotoxins were the most frequently detected ones. Similar results were shown by Streit et al. (2013b) surveying the multi-mycotoxin occurrence in more than 80 different samples from all over the world.

Table 4: Mycotoxins detected in  $\geq 40\%$  of the samples by LC-MS/MS specify the percentage above the limit of detection, average contamination as well as the maximum level found.

<i>Mycotoxin</i>	<i>% Positive</i>	<i>Average [<math>\mu\text{g}/\text{kg}</math>]</i>	<i>Maximum [<math>\mu\text{g}/\text{kg}</math>]</i>
Enniatin B <sub>1</sub>	100	296	3103
Enniatin B	98	154	835
Enniatin A <sub>1</sub>	98	159	2331
Enniatin B <sub>2</sub>	96	15	134
Culmorin	94	882	3857
Deoxynivalenol	94	806	6204
Emodin	94	21	198
Deoxynivalenol-3-Glucoside	85	325	2442
Beauvericin	83	5	20
Enniatin A	83	19	298
Moniliformin	64	72	407
15-Hydroxyculmorin	53	1068	3650
Butenolid	53	105	392
Tentoxin	53	12	27
Nivalenol	51	94	302
Zearalenone	40	66	354

## Conclusions

From the mycotoxin survey results presented above, it is clear that mycotoxins are a topic of concern in animal feed and multi-mycotoxin occurrence is a challenge. Constant monitoring and continued research on the prevention and mitigation of mycotoxin contamination are therefore necessary. A first step to preventing the negative effects of these harmful substances is to apply good agricultural practices. An effective mycotoxin risk management program is also important in order to protect animals from the negative effects of mycotoxins on health and performance.

## Literature

- Malachova, A.; Beltran, E.; Krska, R.; Sulyok, M. (2013) Validation of an LC-MS/MS multi-toxin method covering 329 fungal and bacterial metabolites for four commodities from different matrix groups specified in SANCO 12495/2011. *J. Chromatogr.*, submitted.
- Vishwanath, V.; Sulyok, M.; Labuda, R.; Bicker, W.; Krska, R. (2009) Simultaneous determination of 186 fungal and bacterial metabolites in indoor matrices by liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Anal. Bioanal. Chem.*, 395, 1355–1372.
- Rodrigues, I.; Naehrer, K. (2013) A Three-Year Survey on the Worldwide Occurrence of Mycotoxins in Feedstuffs and Feed. *Toxins*, 4, 663-675.
- Streit, E.; Naehrer, K.; Rodrigues, I.; Schatzmayr, G. (2013a) Mycotoxin occurrence in feed and feed raw materials worldwide. *J. Sci Food Agric*, 93, 2892-2899
- Streit, E.; Schwab, Ch.; Sulyok, M.; Naehrer, K.; Krska, R.; Schatzmayr, G. (2013b) Multi-Mycotoxin Screening Reveals the Occurrence of 139 Different Secondary Metabolites in Feed and Feed Ingredients. *Toxins*, 5, 504-523.

**Corresponding author**

DI (FH) Karin Nährer  
BIOMIN Holding GmbH  
Industriestrasse 21, A-3130 Herzogenburg  
karin.naehrer@biomin.net

## **webFuLab – Futterprobenanmeldung, Ergebnisrückmeldung und -vergleiche online**

**Stefanie Fuhrmann<sup>1</sup>, Hermann Lindermayer<sup>1</sup>, Manfred Schuster<sup>2</sup>**

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, <sup>1</sup> Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, <sup>2</sup> Abteilung Qualitätssicherung und Futteruntersuchung

### **Einleitung**

Die Kenntnis der Inhaltsstoffgehalte von Futtermitteln trägt entscheidend zur bedarfsgerechten Ernährung der Nutztiere und damit zum Tierwohl bei. Am Standort Grub steht zur Untersuchung der LfL-Versuchsproben und von Praxisproben der LKV-Landwirte ein Futtermittellabor zur Verfügung.

Im Rahmen des E-Government-Projektes „Aufbau einer „online“ Futtermittel- und Substratdatenbank zur Sicherung einer nachhaltigen Tierproduktion und Landnutzung in Bayern“ wurde das veraltete Gruber Datenmanagementsystem durch ein modernes Datenbanksystem ersetzt, zu welchem auch eine Onlineanwendung gehört. Kernziele des neuen Systems sind Effizienzsteigerungen in der Futteranalytik, bei der Datenverwaltung und Datennutzung.

Im Bereich der Analytik wurde im Labor ein Rohdatenmanagementsystem eingebunden, um Arbeitsgänge zu automatisieren. Im Bereich der Datennutzung wurde eine Onlineanwendung entwickelt. Damit können LfL-Mitarbeiter, berechnigte Landwirte und Berater (Staat/LKV) die Futterproben selbst im System anmelden und anschließend zeitnah den Bearbeitungsstatus sowie bereits vorliegende und freigegebene (Teil-)Ergebnisse einsehen. Des Weiteren kann sich der Nutzer online Vergleichswerte generieren und die gewählten Vergleiche sowie die Probenergebnisse als PDF-Datei oder in Excel exportieren.

### **Schwachstellenanalyse des bisherigen Systems**

Trotz steigendem jährlichen Probenaufkommens stand im Labor kein Laborinformationssystem zur Verfügung. Ein- und Rückwaagen, sowie deren Verrechnung erfolgten über entsprechende Makros in Excel. Das Zusammenführen der Teilergebnisse unter einer Labornummer geschah im Falle der Nasschemie dann per Hand. Das war arbeitsaufwendig und mit möglichen Fehlern bei der manuellen Bearbeitung verbunden.

Zudem wurden die Futterproben erst vom Laborpersonal angemeldet. Dafür mussten die handschriftlich mit der Futterprobe zusammen geschickten Begleitzettel entziffert und teilw. vervollständigt werden. Auch dieser Arbeitsschritt war zeitraubend und fehlerbehaftet.

Die Ergebnisse erhielt der Einsender erst nach Vollständigkeit aller angeforderten Untersuchungsparameter bzw. -pakete. Über den zwischenzeitigen Bearbeitungsstatus („Wann traf die Futterprobe im Labor ein?“, „Wurde schon die Trockenmasse untersucht?“) erhielt er keine Informationen. Die Ergebnisse erhielt der Landwirt zudem nur in Papierform durch den LKV. Für eine weitere elektronische Nutzung mussten sie erst wieder mühsam eingetippt werden.

Externe Entwickler, die eigene Systeme besitzen, welche mit der Datenbank kommunizieren sollen, haben im alten System entweder mit direktem DB-Zugriff oder Datei-Abzügen gearbeitet. Das erforderte entweder einen relativ hohen Einarbeitungsaufwand inklusive Fehlerquellen, die wiederum das Gesamtsystem betrafen, oder es war sehr aufwendig und unflexibel.

## Konzeption des neuen Systems

Das neue System besteht aus zwei Teilprojekten bzw. drei Bausteinen, die automatisch miteinander kommunizieren (Abb.1). Das Kernstück des Systems ist die Datenbank DB2, in welcher u.a. die Probenanmeldungen und die fertigen Ergebnisse gespeichert werden. Sie wird mit einem Java-basierenden Datenmanagementsystem verwaltet. Mittels entsprechender Schnittstellen kommuniziert sie einerseits mit dem, innerhalb des Projektes neu etablierten Labormanagementsystem „Präfekt“ und andererseits mit den Anwendersystemen, wie der Onlineanwendung oder dem LKV.

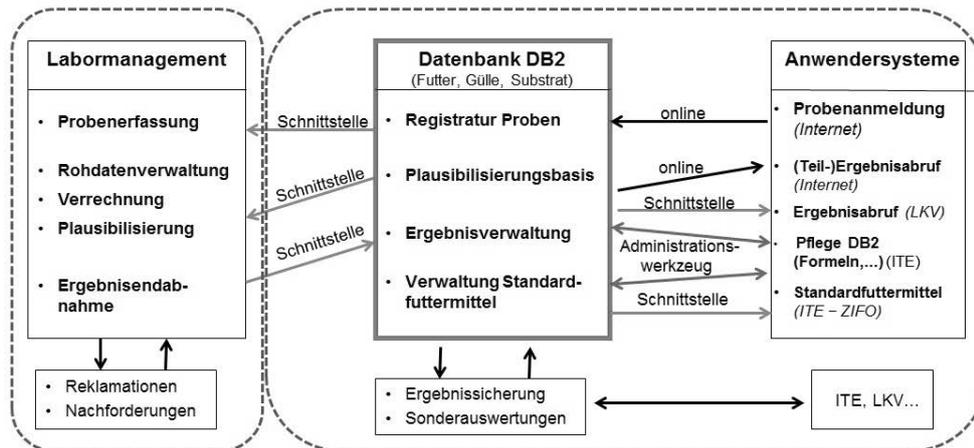


Abb. 1: Bausteine des Systems

## Labormanagement

Der Applikationsserver mit dem Rohdatenmanagementsystem „Präfekt“ der Firma Pragmatis wurde im Labor installiert. Ein großes Ziel war die Optimierung des Automatisierungsgrades, um Arbeitszeitressourcen zu schaffen und gleichzeitig Fehlermöglichkeiten zu minimieren. Aus diesem Grund erfolgte eine Automatisierung der Laborhardware. Es wurden Etiketten- bzw. Barcodedruker und verschiedene mobile und stationäre Barcodescanner installiert. Für die unterschiedlichen Laborgefäße wurden entsprechend der Analysenbedingungen thermostabile, säure-, laugen- und lösungsmittelresistente sowie spülmaschinen- und mikrowellentaugliche Barcodes erworben und die Gefäße damit gekennzeichnet. In Abb. 2 ist eine Auswahl der fertig getesteten und im Labor eingeführten Elemente der Gefäßverwaltung aufgezeigt. Neben den geklebten Papieretiketten kommen Metalletiketten, Einbrennetiketten, Klemm- bzw. Umhängeetiketten zum Einsatz.

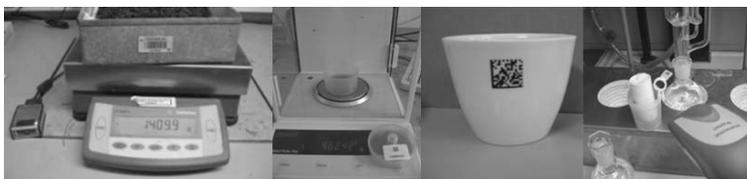


Abb. 2: Punkt- und Barcodes auf verschiedenen Laborgefäßen

Außerdem wurden Schnittstellen zwischen Präfekt und den einzelnen Laborgeräten erarbeitet. Bei etwa 95% der Geräte erfolgt die Datenübertragung aktuell automatisiert. Parallel zur Entwicklung der Schnittstellen wurden hinsichtlich der intelligenten Prozessbegleitung, insbesondere im Bereich der Nasschemie, Workflows konzipiert.

Außerdem werden den angemeldeten Proben automatisch den zu untersuchenden Methoden zugewiesen und die entsprechenden Arbeitsetiketten gedruckt. Als eine Besonderheit ist die matrixbezogene Zuweisung zwischen den Futterartnummern und den Prüfmethode beim Prüfpaket „Weender Analyse“ zu nennen. Hier sind die entsprechenden Prüfmethode erst durch die Berücksichtigung der angegebenen Futterartnummer definiert, da sie sich zwischen z.B. Gras- und Maisprodukten unterscheiden.

## Datenbank DB2

In der Datenbank werden die fertigen Ergebnisse der Futtermitteluntersuchungen gespeichert und zusätzliche Inhaltsstoffe berechnet (z.B. Energie). Die Formeln dieser Berechnungen kommen aus den Vorgaben der GfE, sie werden von den Spezialisten des ITE in die Praxisanwendung umgesetzt und hier eingepflegt. Zusätzlich sind die sogenannten „Standardfuttermittel“ enthalten, welche die Basis für eine zusätzliche, automatische, fachliche Plausibilisierung der Laborergebnisse vor der Übertragung in die Datenbank bilden. Die Pflege der Datenbank erfolgt mithilfe eines Administrationswerkzeuges.

Die Bezeichnung „B2B“ bedeutet „Business to Business“ und umfasst die Kommunikation zwischen EDV-Systemen. In FuLab wurde eine zusätzliche Zugriffsschicht entwickelt, die speziell (externen) Entwicklern, die nur ein Teilaspekt des Systems betrifft, dient. Diese Zugriffsschicht wird durch die Technik der Webservices implementiert. Solche Schnittstellen sind für die Interaktion zwischen der DB2 auf der einen Seite und dem Laborsystem und den Anwendersystemen auf der anderen Seite konzipiert.

## Webanwendung

Eine große Innovation im Bereich der Beprobung von Futtermitteln und Substraten stellt die webbasierte Probenanmeldung und Ergebnisausgabe dar, welche hier im Folgenden als wichtigstes Anwendersystem vorgestellt wird. Sie ist für jeden Landwirt nutzbar, der beim LKV Mitglied ist. Die Anmeldung erfolgt mit den Zugangsdaten der HIT-Anmeldung (Abb. 3).

Abb. 3: Webanwendung webFuLab: Login

Im Hauptmenü (Abb. 4) ist u.a. der Menüpunkt „Hinweise zur Probenahme“ untergebracht. Damit sind diese spezifischen Hinweise gleich an passender Stelle, um dem Probezieher bei Fragen z.B. bzgl. der Probenmenge zur Verfügung zu stehen.

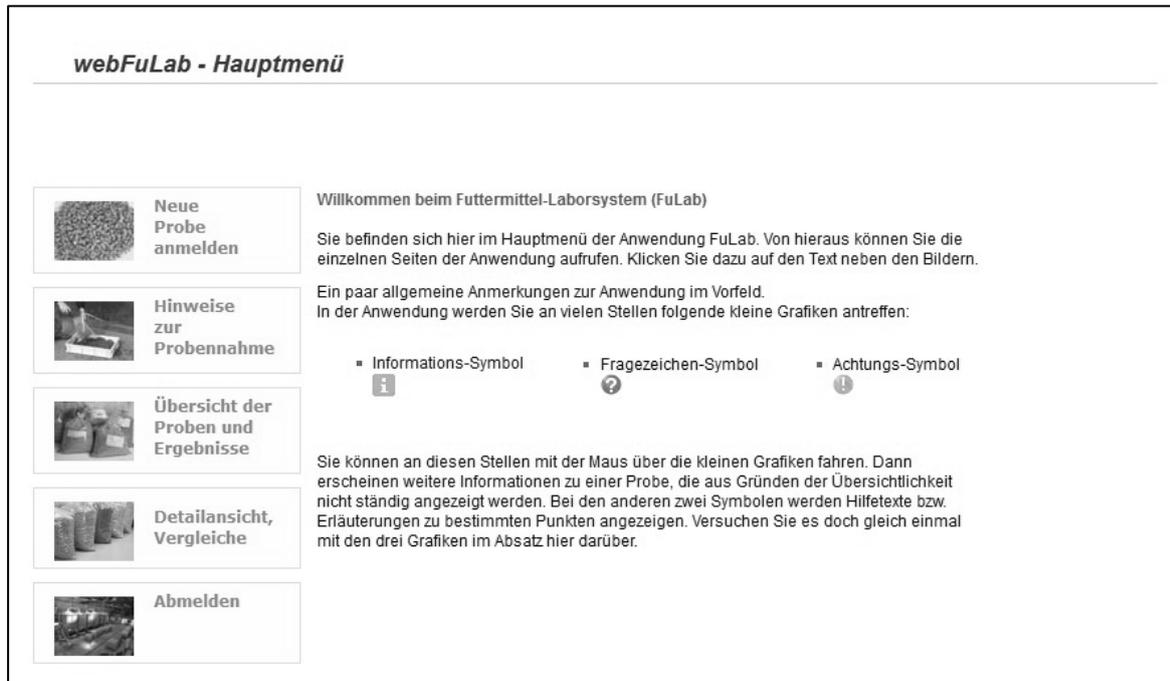


Abb 4: Webanwendung webFuLab: Hauptmenü

Die Webanwendung erfüllt im Wesentlichen jedoch folgende zwei Aufgaben:

Der Probezieher, also der Landwirt oder der Berater, kann selbst die elektronische Anmeldung der Proben online durchführen (Abb. 5). Es werden alle bedeutenden Daten der Futterprobe, wie Eigentümer, Futtermittel, sonst. Angaben und gewünschte Untersuchungspakete abgefragt.

Dabei hilft eine Logikschicht, um Anwenderfehler zu minimieren (z.B. sind einige Prüfpakete nur bei bestimmten Futtermitteln wählbar). Innerhalb weniger Stunden – und damit meist deutlich vor Eintreffen der physischen Probe per Post oder Kurier – erreicht diese elektronische Probenanmeldung das Labor, welches sich wiederum besser auf den zu erwartenden Probenanfall einstellen kann.

Abb. 5: Webanwendung webFuLab: Auszug der Probenanmeldung

Die zweite wichtige Aufgabe der Internetplattform ist die Übermittlung von Informationen zum Bearbeitungsstand („Futterprobe ist im Labor/ist fertig ...“) (Abb.6) und die zeitnahe Bereitstellung der Teil- (z.B. Trockenmassegehalt) und Endergebnisse (Abb.7). Der Nutzer kann zudem die voreingestellten Vergleiche (z.B. Bayerndurchschnitt des angezeigten Futtermittels) selbst ändern und z.B. die Durchschnittswerte einzelner Landkreise für dieses oder anderer Futtermittel berechnen lassen. Die Ergebnisse der Futterprobe und auch die Vergleichswerte kann der Nutzer schließlich, neben einem Export als PDF-Dokument, auch als Excel-Datei exportieren und dann direkt mit den Werten weiterrechnen oder Graphiken erstellen.

**Probenübersicht**

**Tabellenspalten ein- bzw. ausblenden:** Erntedatum >> Probeziehungsdatum >>

Detail	Futtermittel	Bezeichnung	Status	Stand	Aktionen	Infos
<input type="checkbox"/>	3085 - GrasCobs, ab 2.Schnitt	262980	Probe ist fertig untersucht	03.09.13		
<input type="checkbox"/>	3085 - GrasCobs, ab 2.Schnitt	Rennbahn, Finninger Wies, Cobs	Probe ist fertig untersucht	26.07.13		

Abb. 6: Webanwendung webFuLab: Auszug Probenübersicht (mit Bearbeitungsstatus)

Details ?

Bezugsgröße: 1000g Trockenmasse ? Inhaltsstoffe: Alle angeforderten Tierarten ?

	entfernen	entfernen	entfernen	entfernen	+
?	262980 i	Landkreis ändern	Regierungsbezirk ändern	Tabellenwert ändern	?
Labor-Nr.	P13000				
Adressen		-	-	-	
Fut.Mit.Def.	3085 - GrasCobs, ab 2.Schnitt				
Bezeichnung/Herkunft	Grashäusel 2. Schnitt	Unteralpgäu	Schwaben	Tabellenwert	
Ernte	15.06.2013	04.09.2011 - 04.09.2013	04.09.2011 - 04.09.2013		
☐ Rohrnährstoffe					
Trockenmasse	g	1000.0	1000.0 (4)	1000.0 (36)	1000.0
Frischm.	g	1122.81	1115.1 (4)	1117.0 (36)	1123.6
gTM pro kgFM	g	890.62	896.8 (4)	895.7 (36)	890.0
Rohasche	g	75.08	86.6 (4)	90.7 (36)	120.0
Rohprotein	g	158.5	158.0 (4)	163.7 (36)	175.0
Rohfaser	g	227.32	227.2 (4)	211.3 (36)	200.0
Rohfett	g	33.2	30.7 (4)	31.3 (36)	35.0
Stärke	g	⚠	(0)	(0)	0.0
Zucker	g	122.1	99.0 (4)	89.4 (36)	100.0
NDF om	g	512.8	500.0 (4)	477.4 (36)	430.0
ADF om	g	258.0	280.8 (4)	263.3 (36)	241.0
Elos	g	679.32	625.4 (4)	650.9 (36)	660.0
GB HFT m	ml	50.11	45.2 (4)	47.7 (36)	42.0
☐ Energie- und Proteinwerte					
nXP	g	163.67	157.4 (4)	163.2 (36)	165.68
RNB	g	-0.83	0.1 (4)	0.1 (36)	1.49
ME Wiederkäufer	MJ	10.69 ⚠	10.0 (4)	10.4 (36)	10.17
NEL	MJ	6.43	6.0 (4)	6.2 (36)	6.1
☐ Mineralstoffe - Mengenelemente					
☐ Mineralstoffe - Spurenelemente					
☑ Auswählen: Alle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Pdf erzeugen Excel Datei erzeugen

Abb. 8: Webanwendung webFuLab: Auszug Detailansicht der Ergebnisse mit Vergleichen

## Fazit

Nur durch die Untersuchung der Futterrohstoffe kann auf die natürlichen Schwankungen der Inhaltsstoffe reagiert und die Futterration so angepasst werden, dass eine bedarfsgerechte Ernährung des Tieres stets gewährleistet wird. Durch das neue Datenmanagementsystem mit angegliederter Onlineanwendung wurde das Futteruntersuchungswesen am Laborstandort Grub erfolgreich modernisiert. Dadurch steht ein leistungsfähiges und zukunftstaugliches System zur Verfügung, um die Futtermitteluntersuchung für den Landwirt attraktiv zu gestalten.

### Autorenanschrift

Dipl. Ing. (HTW) Stefanie Fuhrmann  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft  
Professor-Dürrwachter-Platz 3  
D-85586 Grub  
Stefanie.Fuhrmann@lfl.bayern.de

AMA

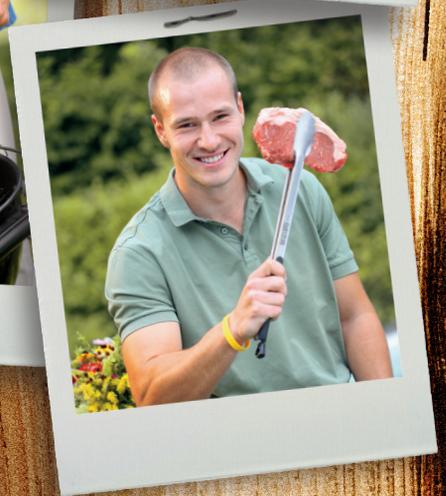
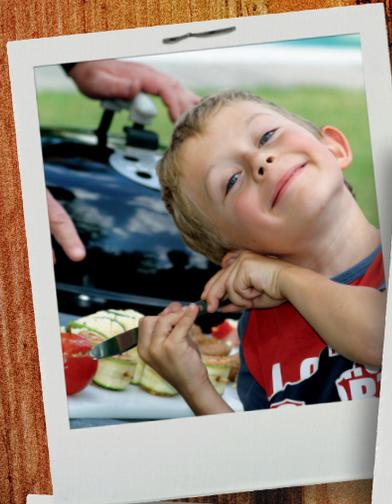
# GRILLCLUB.at

Jetzt auch  
auf Facebook  
[facebook.com/AMAGrillClub](https://facebook.com/AMAGrillClub)



Für Mitglieder zum Nulltarif:

- ✓ Rezepte & Videos
- ✓ Grillpedia & News
- ✓ Tests & Expertentipps
- ✓ Grillkurs-Infos & Events
- ✓ Magazin „GrillZeit“  
3x jährlich gratis



# Potential benefits on zootechnical performance of supplementing beef cattle with saponins

Alexandre Budan<sup>1</sup>, Moussa Bouyahmed<sup>2</sup>, Fabiola Daubner<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Nor-Feed SUD, Angers

<sup>2</sup>Nor-Feed SUD, Angers

<sup>3</sup>Pulte GmbH & Co. KG, Rimsting

## Introduction

Saponins are a class of secondary metabolites with diverse chemical structures produced by plant species, which are often used in traditional medicine worldwide. Saponins are reported to possess a wide spectrum of pharmacological effects including anti-protozoal, antifungal, anti-bacterial, and anti-viral properties. When applied to the feed at an efficient dosage, saponins are able to modify the microbial balance in the rumen and to modulate the rumen fermentation favourably<sup>1</sup>. However, all saponins do not have the same biological activity<sup>2</sup>. The sources of saponins used in animal feed consist of powder of plants or plant extracts. These products contain several saponins and are tough to investigate. The aim of this study was to evaluate the effect of a premixture of feed additives based on saponins (Norponin RUMI, Nor-Feed SUD, France) on the performance in beef cattle and to develop a method of analysis of the saponins from such a mixture of saponin containing plants.

## Effect of extracts from saponin containing plants in vitro

### Material and methods

Eleven saponin containing plants have been screened regarding their activity on rumen fermentation. Hydro-ethanolic extracts (417mg/L rumen fluid) were blended with a basic substrate based on dry ray grass (*Lolium perenne*) roughage and wheat grains (70:30) and incubated during 24h in glass syringes with freshly collected rumen fluid and solutions containing buffer and minerals<sup>3</sup>. Rumen fluid was analysed for protozoa number and ammonia concentration. A negative control contained only basic substrate, whereas Monensin was used as positive control (2.0 mg/L rumen fluid).

### Results

Almost all the tested extracts have had the potential to decrease the protozoa number (Table 1). Extracts from *Primula veris*, *Chenopodium quinoa* and *Gyposphila paniculata* decreased NH<sub>3</sub> concentration from -27 to -31%, which was more than *Yucca schidigera* and *Quillaja saponaria* (from -22 to -23%) and Monensin (-11%). As expected, a positive correlation ( $R^2=0.64$ ) was observed between protozoa number and NH<sub>3</sub> concentration (Figure 1).

### Discussion

Ammonia is an intermediary metabolite in the rumen. A decrease in ammonia concentration means a decreased proteolysis, a decreased desamination and/or an increased proteosynthesis. All of these phenomena may improve the nitrogen utilisation in ruminants. These experiments have shown that

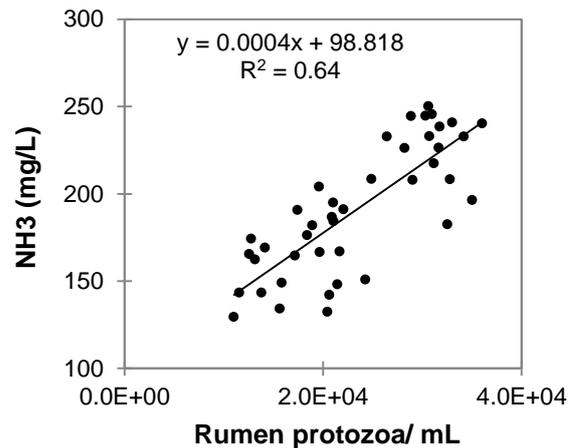
other saponin containing plants than *Y. schidigera*, which is usually used in animal feed, have the potential to modulate statistically significantly and positively the rumen fermentation.

**Table 1:** Effect of saponin extracts from saponin containing plants *in vitro* compared to negative control

Plant extract	Protozoa	NH <sub>3</sub>
Positive control (Monensin)	-64.0%***	-11.3%
<i>Primula veris</i>	-51,3%***	-30,9%**
<i>Chenopodium quinoa</i>	-41,8%***	-29,8%**
<i>Gypsophila paniculata</i>	-12,2%	-26,5%*
<i>Yucca schidigera</i>	-33,0%**	-23,5%+
<i>Quillaja saponaria</i>	-49,9%***	-23,3%+
<i>Trigonella foenum graecum</i>	-17,2%+	-20,0%
<i>Saponaria vaccaria</i>	-25,7%***	-16,0%
<i>Argania spinosa</i>	-24,3%***	-7,0%
Negative control	+0,0%	+0,0%
<i>Saponaria officinalis</i>	-3,9%	+29,1%*
<i>Calendula officinalis</i>	+0,9%	+31,1%*

Significant difference compared to negative control  
 \*\*\*P<0.001, \*\* P<0.01, \*P<0.05, Trend +P<0.10

**Figure 1:** Linear regression between protozoa number and NH<sub>3</sub> concentration during rumen fermentation



## Benefits of saponin containing plants in beef cattle

Norponin RUMI has been formulated with four saponin containing plants (SCP1 to SCP4) for growing cattle based on the results of the screening described before. Three field trials have been realised with Norponin RUMI to evaluate its potential to improve zootechnical performance on a long term approach.

### Material and methods

All the trials were done in a contemporary way, with two groups of animals balanced according to live weight and age. The only difference between control and treated groups was the inclusion of Norponin RUMI in the diet:

1. Trial carried out by Harper Adams University (United Kingdom) on 8 animals during 6 months with a diet based on rolled barley, beet pulp and urea, Norponin RUMI included at 5g/animal/day.
2. Trial carried out by Harper Adams University (United Kingdom) on 8 animals during 6 months with a diet based on rolled barley, beet pulp and rapeseed meal, Norponin RUMI included at 5g/animal/day.
3. Trial carried out by a commercial farm on 42 animals in France during 10 months with a diet based on maize silage, rapeseed meal and urea, Norponin RUMI included at 7.5g/animal/day.

Return on investment was calculated per animal for the whole period considering the cost of Norponin RUMI for the farmer (9.00€/kg), the cost of the feed in plus or in less (0.10€/kg), and the gain in carcass weight (4.00€/kg).

## Results

Even though no constant effect was observed on feed intake, the daily weight and carcass gains were numerically increased from 3.0 to 7.2% and from 1.4 to 6.9%, respectively (Table 2). Similar results were measured during previous trials in lambs (+2.3% carcass weight, ROI=4.8).

**Table 2:** Results from *in vivo* trials in beef cattle with Norponin RUMI

Trial	Inclusion Norponin RUMI	Feed intake	Average weight gain	Carcass weight	ROI
1	5.0 g/animal/day 6 months	+1.01%	+4.2%	+4.6%	4.9
2	5.0 g/animal/day 6 months	+1.01%	+7.2%	+6.9%	7.2
3	7.5 g/animal/day 10 months	-2.50%	+3.0%	+1.4%	2.0

## Discussion

The data suggest that Norponin RUMI may improve both average weight gain and carcass weight in beef cattle. Preliminary results obtained from the "SMethane" project have shown a 20% greater duodenal flow of microbial protein when saponins are included in the diet of ruminants, which could explain the positive effect of saponins on nitrogen metabolism and consequently on zootechnical performance. These field trials have shown that Norponin RUMI has to be provided at 5.0 g/animal/day during the 6 last months to get an interesting ROI for the farmers.

## Identification of saponins by thin layer chromatography (TLC)

TLC is a sensitive and specific technique of analysis for saponins, and well adapted for quality control of Norponin RUMI. A TLC method has been consequently developed for identification of the saponins in the product. Additionally, relative quantification has been studied as well, using Hederacoside C as standard.

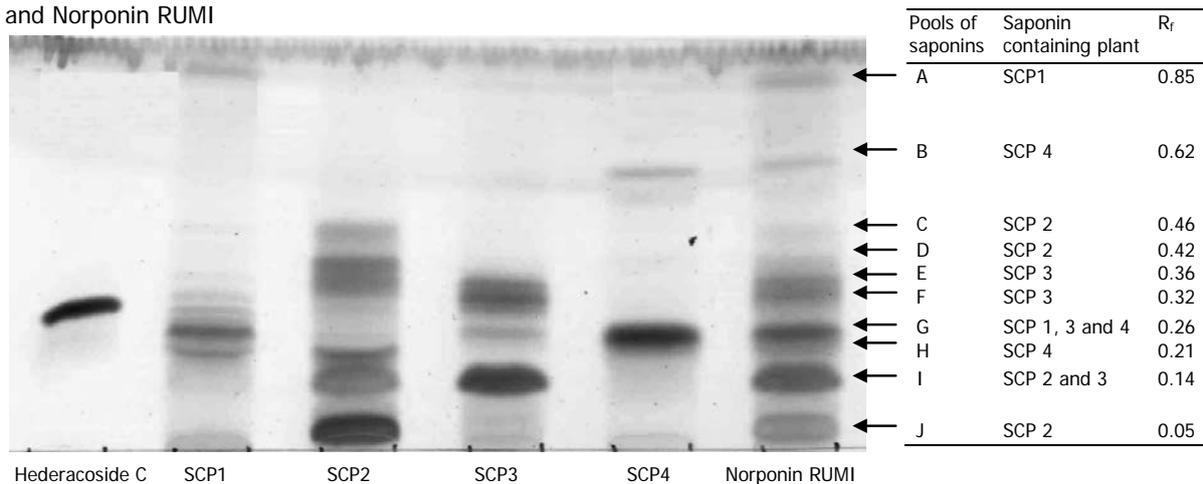
## Material and methods

Hydroethanolic extracts of Norponin RUMI and its raw materials were prepared (from 25 to 100mg/mL). Calibration curve was established by diluting hederacoside C from 2.84 to 284 µg/mL. 8µl of each extract was deposited on a pre-coated silica gel 60 F<sub>254</sub> layer. Elution was carried out in a flat bottomed chamber with a mobile phase constituted of chloroform:methanol:water:acetic acid (65:35:4.5:1 v/v/v/v). 254 nm UV light and a solution of vanillin and sulfuric acid were used for detection of saponins. The concentration of saponins in Norponin RUMI was determined in triplicates. Layers were scanned and Image J software was implemented to provide the relative quantification of the spots corresponding to pools of saponins as hederacoside C equivalent by densitometric evaluation. Quantification in saponins of Norponin RUMI was summed from the results obtained for all the pools of saponins.

## Results

Only the spots not revealed at 254nm were considered as pools of saponins. As shown in figure 2, 10 pools of saponins were detected in Norponin RUMI and defined by their retardation factors ( $R_f$ ). All of these spots could be allocated to a saponin containing plant. The concentration in saponins of Norponin RUMI was estimated at  $53.0 \pm 0.9$  mg/g. This figure is close to the results obtained by SGS multilab with a gravimetric method for the same product (35.0 mg/g).

**Figure 2:** TLC plate obtained with Hederacoside C, Saponin containing plants from Norponin RUMI and Norponin RUMI



## Discussion

The developed TLC method allow to assess the formulation of a blend of saponin containing plants such as Norponin RUMI, and even to provide a relative quantification. All the pools of saponins might be purified, so as to get more relevant calibration curves, and a more accurate quantification.

## Conclusion

A numeric increase in zootechnical performance was observed when Norponin RUMI is included in the diet of beef cattle with three different diets during several months. Consequently, it can be hypothesised that there is no adaptative effect of Norponin RUMI in the rumen. These results are associated to pools of saponins identified by thin layer chromatography. This finding, while preliminary, suggests that saponins may improve nitrogen efficiency *in vivo* in beef cattle. Further work with more animals and different diets is required to establish the interest to use Norponin RUMI in ruminants as an alternative feed additive to improve the protein utilisation and consequently the performance.

## References

- Wina, E.; Muetzel, S.; Becker, K. The Impact of Saponins or Saponin-containing Plant Materials on Ruminant Production: a Review. *J. Agric. Food Chem.* **2005**, *53*, 8093–8105.
- Sparg, S. G.; Light, M. E.; van Staden, J. Biological Activities and Distribution of Plant Saponins. *J. Ethnopharmacol.* **2004**, *94*, 219–243.
- Menke, K.; Steingass, H. Estimation of the Energetic Feed Value Obtained from Chemical Analysis and in Vitro Gas Production Using Rumen Fluid. *Anim. Res. Dev.* **1988**, *28*, 7–55.

### Corresponding author

Alexandre Budan  
Nor-Feed SUD  
3 rue Amedeo Avogadro  
49070 Beaucouzé, France  
alexandre.budan@nor-feedsud.fr

# Effect of a mixture of organic acids, cinnamaldehyde and a permeabilizing substance on the growth performance and health status of weaning dairy calves

Carina Schieder<sup>1</sup>, Renata Urbaityte<sup>1</sup>, Rikke Engelbrecht<sup>2</sup>, Wolfgang Markert<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Biomin Holding GmbH, Industriestrasse 21, 3130 Herzogenburg, Austria

<sup>2</sup>CowCon Aps, Dybdalen 4, Assentoft, 8960 Randers, Denmark

<sup>3</sup>Biomin Deutschland GmbH, Am Güterbahnhof 7a, 37627 Stadtoldendorf, Germany

## Introduction

The digestive system in calves is not fully developed at birth. The abomasum functions as the only stomach compartment involved in digestion (Heinrich and Jones, 2003). The rumen of neonatal calves is still lacking in microorganisms and undergoes development with the intake of solid feed and water; thus, tremendous changes occur in the digestive system in the first few months of life (Amaral-Phillips *et al.*, 2006). Therefore, it is not surprising that the gastro-intestinal tract of calves is easily overloaded. According to the NAHMS report, about 56% of pre-weaned mortality can be attributed to scours or diarrhea (USDA National Animal Health Monitoring System, 2007).

Various enteropathogens are associated with diarrhea in neonatal calves. Scours usually originate from more than one pathogen and hence, the cause of an outbreak is multifactorial and depends greatly on the immune status of the calf. Newborn calves are likely to pick up bacterial, viral or even protozoal infections. Numerous *Escherichia coli* strains exist, but there are at least two distinct types that may colonize the calf's gut and cause diarrhea (Gay *et al.*, 2012).

The main objective of calf rearing is to achieve proper growth levels and rumen development as events in the early life stages appear to influence long-term productivity (Amburgh, 2009). Feed acidification has the potential to decrease bacterial activity, hence reducing pathogen intake and stabilizing gut flora (Freitag, 2007).

The aim of the present study was to evaluate the effect of a combination (Biotronic<sup>®</sup> Top3, BIOMIN, Austria) of organic acids (OA), a phytochemical, cinnamaldehyde (CA), and a permeabilizing substance (PS) Biomin<sup>®</sup> Per4izer<sup>®</sup> on the daily weight gain and potentially pathogenic bacteria in feces of calves facing health challenges.

## Material and methods

Two consecutive trials were conducted at different Danish farms with Holstein Friesian heifer calves. Calves from these farms were randomly infected with scours caused by *E. coli*.

The first study was conducted with 108 calves up to 90 days of age. The calves were randomly assigned into either a control or trial group. Calves were housed in group hutches on both farms.

Diets were based on a starter, maize and grass silage (Table 1). The average starter intake was 2.5kg per calf per day. Calves in the control group received standard feed, whereas the trial group received feed supplemented with 5g of the OA\_CA\_PS mixture per calf per day.

**Table 2:** Diet composition in the first study

	DM (%)	ME (MJ kg <sup>-1</sup> DM)	CP (% in DM)
Milk	14.0	19.3	26.4
Grass silage	35.0	10.8	18.4
Maize silage	32.0	11.4	8.1
Soybean extraction meal	89.0	13.9	54.8
Premix	88.0	14.8	10.2

The fecal samples for determining *E. coli* counts were taken three days after the beginning of the trial and at the end of the trial after 42 days. The weight of the calves was recorded at the start, mid and end of the trial. Midway during the trial, calves in both groups up to three months of age were treated with coccidiostats.

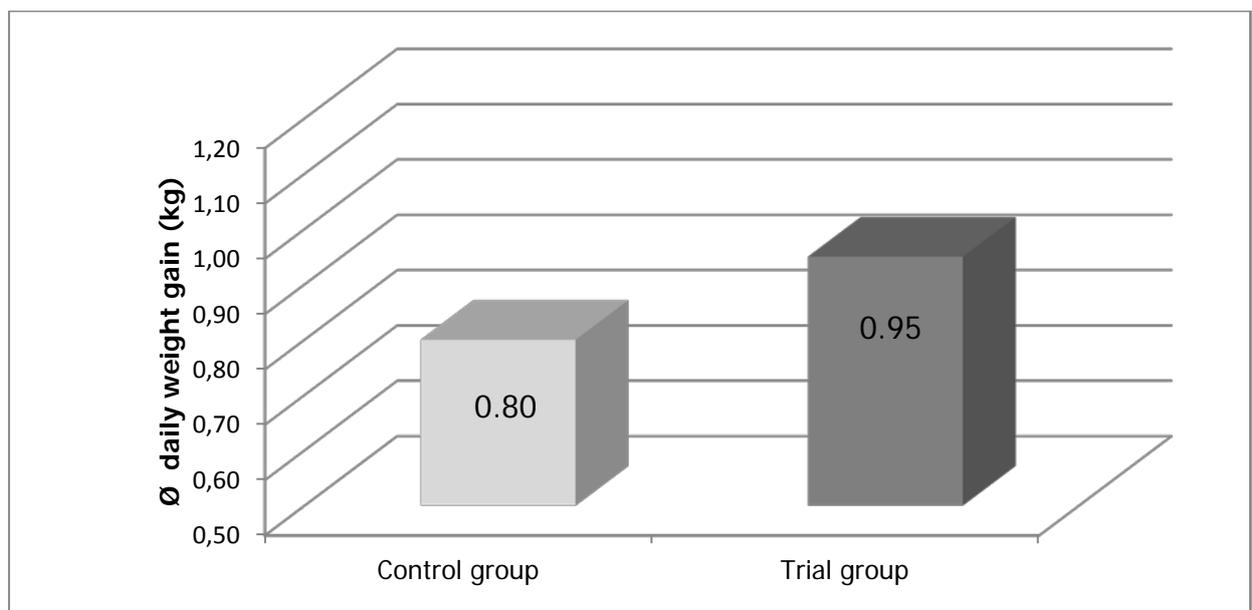
In the second study, a total of 41 calves with an average age of 30 days were supplemented with 3g of the mixture of OA\_CA\_PS per calf per day. Diets were based on milk, starter and hay (Table 2). The average starter intake was 1.5kg per calf per day. The fecal samples for determining *E. coli* counts were taken before supplementing with the OA\_CA\_PS mixture and at the end of the trial after 28 days. Calves were housed in single and group hutches.

**Table 3:** Diet composition in the second study

	DM (%)	ME (MJ kg <sup>-1</sup> DM)	CP (% of DM)
Milk	14.0	19.3	26.4
Starter	90.0	10.6	18.0
Hay	86.0	8.1	14.0

## Results and discussion

The results of the first study showed improved growth performance in calves. Average daily weight gain was improved by 150g in the group receiving the OA\_CA\_PS mixture compared to the control group (Figure1).



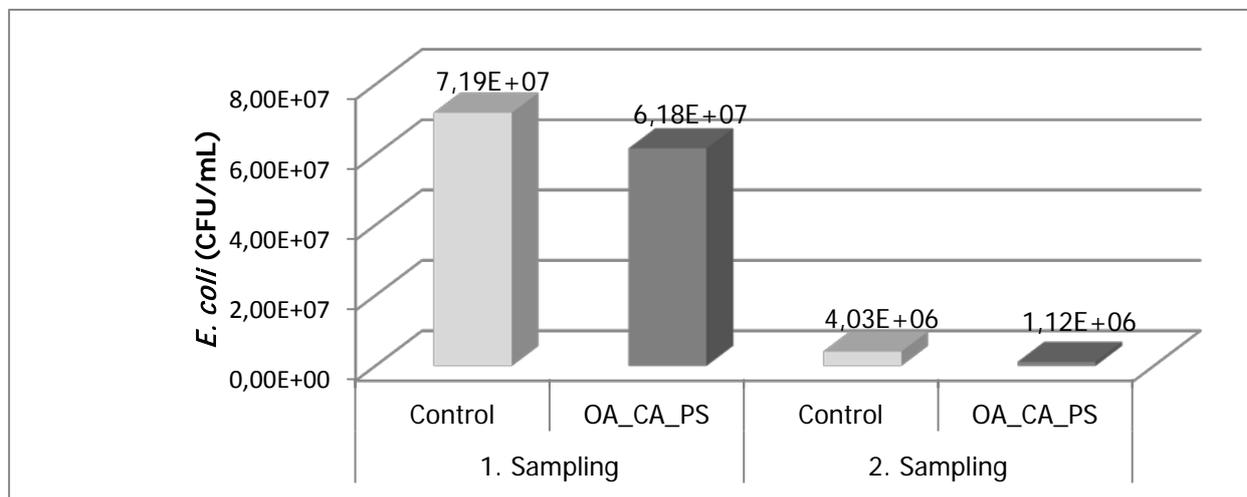
**Figure 2:** Effect of the OA\_CA\_PS mixture on average body weight gain compared to the control group in the first study

The control group started with a higher initial body weight compared to the treatment group (93.9kg versus 80.4kg, respectively). The animals receiving OA\_CA\_PS gained 39.9kg, an increase in body weight by 49.6%, whereas calves in the control group showed an increase in body weight of 35.9% (Table 3). Thus, the body weight gain among the supplementation group is 13.7 percentage points higher compared to the control group for the entire period. Furthermore, the feed conversion ratio was 15% higher in calves that had received the supplementation of OA\_CA\_PS.

**Table 4:** Effect of the OA\_CA\_PS mixture on average body weight

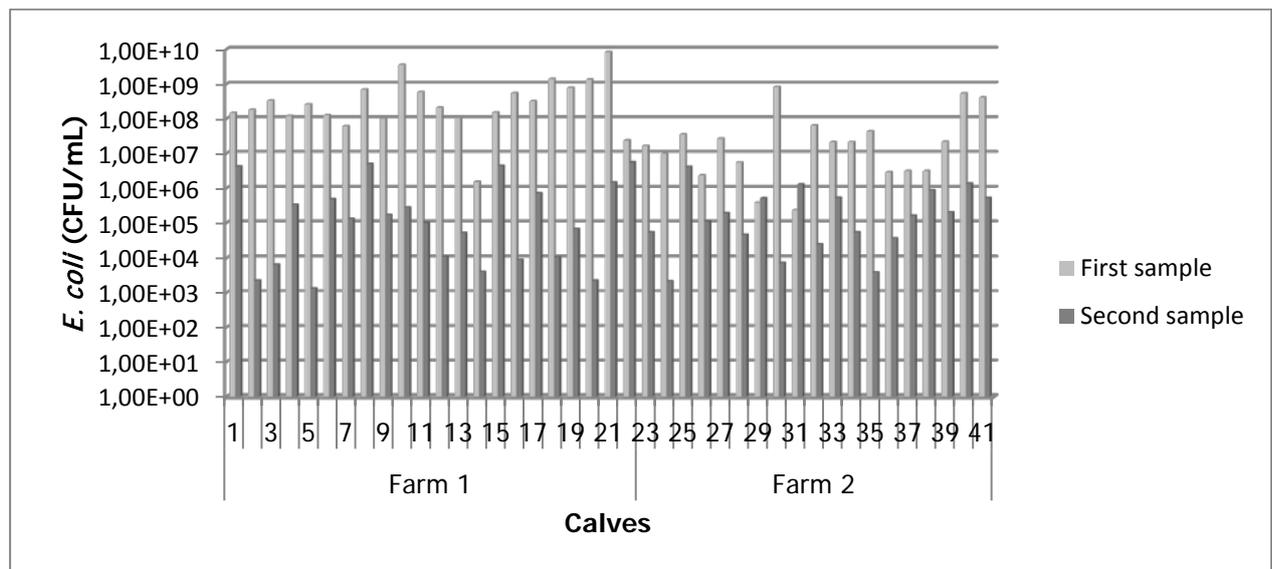
		OA_CA_PS	Control
<b>Ø age of the calves at the beginning of the trial</b>		52 days	63 days
<b>Weighing day</b>			
<b>1</b>	Weight (kg)	80.4	93.9
1 to 17	Absolute weight gain (kg)	+25.6	+21.7
	Relative weight gain (%)	+31.8	+23.1
<b>17</b>	Weight (kg)	106.0	115.6
17 to 42	Absolute weight gain (kg)	+14.3	+12.0
	Relative weight gain (%)	+13.5	+10.4
<b>42</b>	Weight (kg)	120.3	127.6
1 to 42	Absolute weight gain (kg)	+39.9	+33.7
	Relative weight gain (%)	+49.6	+35.9

The *E. coli* count in the first study did not show any difference at the end of the trial as calves were treated with coccidiostats in mid-trial, which reduced the bacterial pressure overall (Figure 2). Feces samples were collected three days after the start of the supplementation of the OA\_CA\_PS mixture. The difference in the *E. coli* count was 0.3log CFU per mL; thus, in the beginning of the trial a positive tendency favoring the use of the OA\_CA\_PS mixture was observable.



**Figure 3:** Change of the *E. coli* count of calves from two farms after supplementation with the OA\_CA\_PS mixture and medical treatment with coccidiostats during the first study

The results of the second study showed an average reduction in *E. coli* counts by 2.8log CFU per mL after supplementing with the OA\_CA\_PS mixture (Figure 3). The significant reduction in the *E. coli* count might be attributed not only to the young age of the animal, which increases disease susceptibility, but also to the fact that coccidiostats were not given, leading to a higher bacterial burden in the gastrointestinal tract.



**Figure 4:** Changes in the *E. coli* count of calves from two farms after supplementation with the OA\_CA\_PS mixture during the second study

## Conclusion

The results of these two consecutive studies showed that dietary supplementation with a mixture of OA\_CA\_PS (Biotronic® Top3) improved growth performance and reduced *E. coli* count in feces in calves aged 30 days. The improvement in growth performance might be attributed to a reduction in bacterial load in the gastrointestinal tract, which eventually leads to more nutrients available for a healthier animal.

## References

- Amaral-Phillips, D. M., Scharko, P. B., Johns, J. T. and Franklin, S. (2006). Feeding and managing baby calves from birth to 3 months of age. University of Kentucky, Kentucky
- Amburgh, M. van (2009). Early life management and long-term productivity of dairy calves. Cornell University, New York
- Freitag, M. (2007). Organic acids and salts promote performance and health in animal husbandry. In: Acidifiers in Animal Nutrition. A guide for feed preservation and acidification to promote animal performance (ed. C. Lückstädt), Nottingham University Press, United Kingdom
- Gay, C. C., Hodgson, J. C., Lofstedt, J. and Bolin, S. R. (2012). Diarrhea in neonatal ruminants (Scours). In: The Merck Veterinary Manual (ed. S. E. Aiello), Merck & Company, United States
- Heinrich, A. J. and Jones, C. M. (2003). Feeding the Newborn Dairy Calf. Pennsylvania State University, Philadelphia
- USDA National Animal Health Monitoring System (2007). Dairy 2007. Heifer calf health and management practices on U.S. dairy operations. United States Department of Agriculture, Washington DC

**Corresponding author**

DI Carina Schieder  
Biomim Holding GmbH  
Industriestrasse 21, A-3130 Herzogenburg  
carina.schieder@biomin.net

# Mycofix® Mehr Schutz.



BIOMIN – der Experte für Ihr Mykotoxin Risiko Management!



[mycofix.biomin.net](http://mycofix.biomin.net)



Mycofix® Ingredient

**POSITIVE EFSA OPINION**



Natürlich im Futter.

**≡ Biomin® ≡**

## Influence of autolysed yeast derivatives on rumen fermentation *in vitro*

**Christian Stoiber, Ilse Dohnal, Anja Ganner, Christoph Reichel, Stephan Rose, and Gerd Schatzmayr**

BIOMIN Research Center, Tulln, Österreich

### Introduction & Objective

Autolysed yeast derivatives are shown to enhance rumen fermentation performance, though the underlying mode of action is not yet fully understood. In contrast to probiotic yeast cultures their mode of action is not based on oxygen scavenging but rather on a prebiotic effect (Newbold *et al.*, 1996). Oeztuerk *et al.* (2005) described that ingredients of the yeast cell (B-vitamins, peptides, etc.) may serve as nutritional source in the rumen and thereby support the growth of a beneficial microbial flora. One type of yeast derivatives is produced by autolysis. During this process the cell wall becomes porous which allows the yeast extract to be released into the surrounding medium. Objective of the current study was to investigate the influence of an autolysed yeast derivative (Levabon<sup>®</sup> Rumen) on rumen fermentation *in vitro* using a batch and a continuous fermentation system. Parameters of interest were: progress of pH value and redox potential, concentrations of organic acids, total bacterial count, composition of produced gas and dry matter disappearance.

### Materials & Methods

A mixture of rumen fluid (including solid rumen content), de-ionized water and synthetic saliva (McDougall, 1947) was filled into septum-sealed 100 mL pyrex bottles for the batch system and into 1 L reactors of an 8-reactor multi-fermentation plant for the continuous system.

Each bottle of the batch system was supplied with fresh feed, consisting of 50% hay and 50% concentrate (wheat, maize, soy, sodium salts and mineral-supplement feed), and incubated at 39°C for 24 hours. The amount of added yeast derivative was calculated from recommended dosages per animal *in vivo* (Stoiber *et al.*, 2012). Additionally, the batch system included positive control reactors supplemented with the ionophore monensin (Raun *et al.*, 1976). Samples of fermentation broth for pH measurement and determination of organic acids (acetic, propionic, butyric and lactic acid) were taken at 0 and 24 hours of fermentation.

The reactors of the continuous fermentation system were supplied once per day with fresh feed (50% hay, 50% concentrate) filled into nylon *in situ* bags. Each *in situ* bag remained in the reactors for 48 hours prior to washing and treatment with 0.1% methyl cellulose. The fermentation was done under anaerobic conditions and a continuous flow of synthetic saliva (reactor turnover 0.5) for 14 days at 39°C (7 days adaption phase, 7 days sampling phase). The autolysed yeast derivative was added daily; the amount was calculated from recommended dosages per animal. Fermentation broth was sampled once per day. Progress of pH value and redox potential was recorded online and produced biogas was collected continuously in gas bags.

Determination of organic acids (propionic, acetic, butyric and lactic acid) was done using HPLC-RID. The total bacterial count of samples from the continuous system was determined using flow cytometry. The number of colony forming units (CFU) from batch system samples was determined

using the plate count method with modified DSMZ medium 330 (rumen bacteria medium). The concentration of CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> in the produced biogas was determined using IR measurement. Removed *in situ* bags were dried at 105°C after treatment with methyl cellulose to determine dry matter disappearance. Statistical analysis was done using IBM SPSS 19 and one-way-ANOVA.

## Results

Addition of the autolysed yeast derivative did not influence progress of pH value or redox potential in both systems. The pH value remained stable at 7.2 and the redox potential at -400 mV in the continuous system. In the batch system the pH value dropped to 5.5 - 5.8 within 24 hours of fermentation.

The bacterial count seems to be slightly increased on day 14 of fermentation in the continuous system (Figure 1), which agrees with results of the batch system (increased CFU due to addition of yeast autolysate). However, the increase of the bacterial count was not statistically significant ( $p > 0.05$ ).

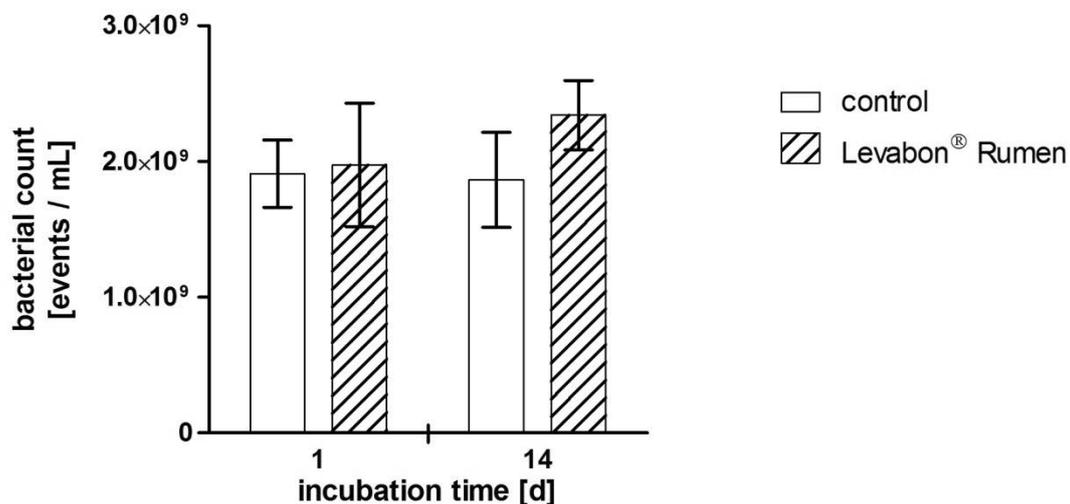


Figure 1: Rumen bacterial count [events/mL] (determined using flow cytometry) of the continuous fermentation system on day 1 and 14 of fermentation. Mean values of four reactors per treatment are shown, error bars represent standard deviations.

Dry matter disappearance and composition of produced biogas were not influenced by addition of the yeast derivative.

Due to considerable fluctuations of organic acid concentrations during the adaption phase (Figure 2, propionic acid as example) the results of organic acid determination from the continuous system are illustrated for the last three days of sampling phase (day 12, 13 and 14 of fermentation).

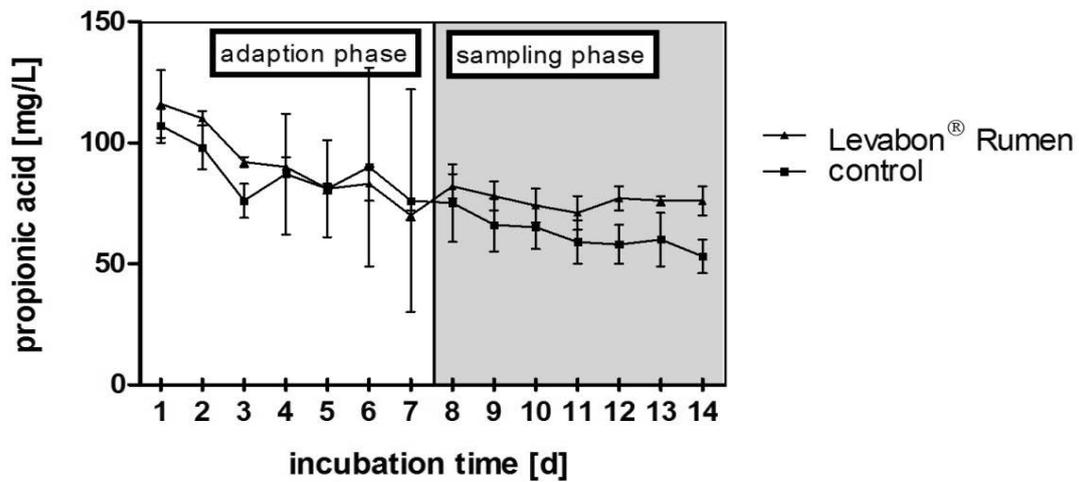


Figure 2: Propionic acid concentration [mg/L] over 14 days of fermentation as an example for fluctuations of organic acid concentrations in the adaption phase. Mean values of four reactors per treatment are shown, error bars represent standard deviations.

Addition of the yeast autolysate to reactors of the continuous system increased the concentration of propionic (Figure 3) and acetic acid (Figure 4). Moreover, the acetic acid / propionic acid ratio was elevated. In the batch system, neither propionic acid nor acetic acid was influenced by addition of the yeast autolysate.

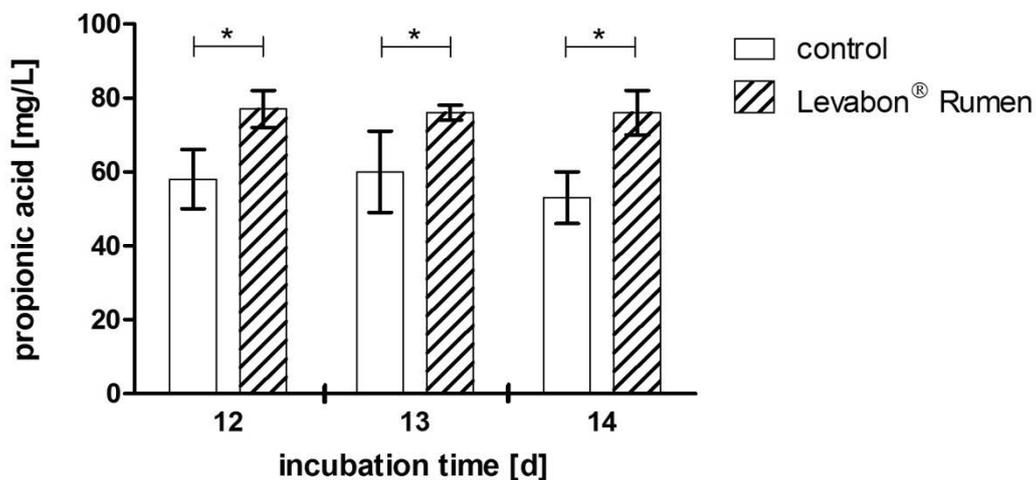


Figure 3: Propionic acid concentration [mg/L] in the last three days of sampling phase (modified after Stoiber *et al.*, 2013). Mean values of four reactors per treatment are shown, error bars represent standard deviation. \* significant difference between Levabon® Rumen and control ( $p < 0.05$ ).

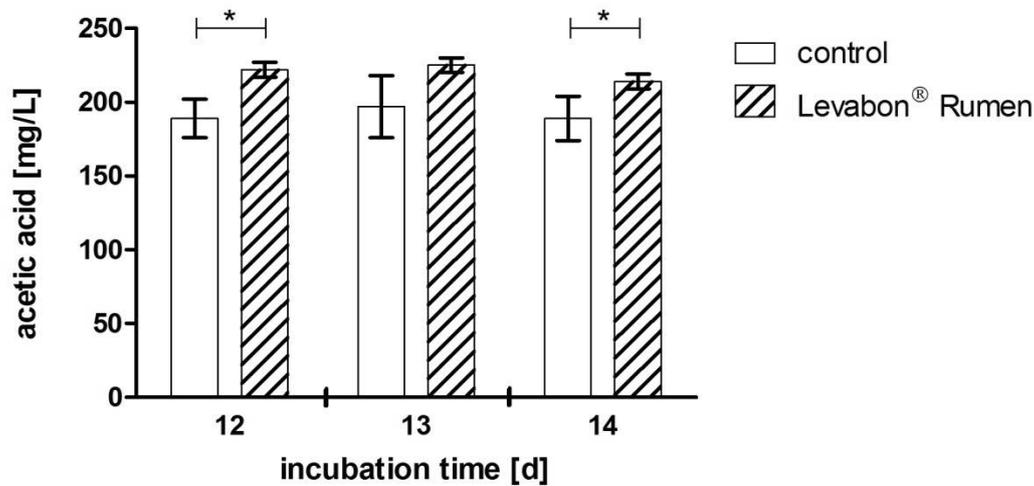


Figure 4: Acetic acid concentration [mg/L] in the last three days of sampling phase (modified after Stoiber *et al.*, 2013). Mean values of four reactors per treatment are shown, error bars represent standard deviation. \* significant difference between Levabon® Rumen and control ( $p < 0.05$ ).

Concentrations of butyric acid were not influenced by addition of the yeast autolysate in both systems. Lactic acid was not detectable ( $< 1$  mg/L) in samples from the continuous system, but was detected in the batch system (about 6,000 mg/L in both: negative control and sample reactors) after 24 hours of fermentation.

## Discussion

Results of the current study show that addition of the autolysed yeast derivative to a continuous rumen fermentation system significantly increases production of acetic and propionic acid. For ruminants, volatile fatty acids (VFA), especially acetic and propionic acid, are of paramount importance since the majority (70-80%) of the animal's daily energy requirements is covered by metabolism of organic acids from the rumen (Bergman, 1990). Propionate is the major gluconeogenic substrate for ruminants and acetate serves as the main precursor for lipogenesis in adipose tissue, which implies that increased concentration of acetic acid elevates milk fat yield *in vivo* (Danfær *et al.*, 1995; Ishler *et al.*, 1996; Li *et al.*, 2006; Seymour *et al.*, 2005; Storry and Rook, 1965).

In the batch system, lactic acid increased from 0 – 50 mg/L at the beginning to 6,000 mg/L within 24 hours of fermentation. Usually, under physiological conditions in the rumen, lactic acid-producing and -consuming microbes are in balance (Gasteiner, 2001), whereby lactic acid becomes rather an unimportant intermediate in ruminal fermentation (Bergman, 1990). However, the principle of the batch system implies that the pH value decreases in the course of fermentation due to accumulation of organic acids. This low pH value favors the growth of lactic acid-producing microbes (e.g. lactobacilli) and reduces the population of (pH-sensitive) lactic acid-consuming microbes as it is described during rumen acidosis (Gasteiner, 2001; Bergman, 1990). Thus - contrary to the continuous system - the batch system simulates rather an acidotic state of the rumen, which may also be the reason why the addition of yeast autolysate had no influence on acid production. Lactic acid, however,

was not detected in the continuous system since a drop of the pH value is countered by constant flow of synthetic saliva and removal of fermentation broth.

Addition of the yeast autolysate seems to slightly (although not statistically significant) increase the bacterial count in the continuous system. Moreover, results of the CFU determination in the current study (batch system) also indicate an increased microbial yield.

## Conclusions

It has been shown that the yeast autolysate Levabon® Rumen increases ruminal propionic and acetic acid concentrations *in vitro* without altering the pH value. Furthermore, the bacterial count was slightly increased. Together these findings indicate that autolysed yeast enhances microbial activity and thereby contributes to stabilization of the microbial flora in the rumen. In addition, data of the current study show exemplarily the differences between batch and continuous rumen fermentation systems regarding their suitability to simulate the natural ruminal environment. Experiments are planned to further characterize the impact of yeast derivatives on the rumen microbial system.

## References

- Bergman, E.N. (1990) Energy Contributions of Volatile Fatty Acids From the Gastrointestinal Tract in Various Species. *Physiological Reviews* 70 (2), 567-590
- Danfær, A., Tetens, V., Agergaard, N. (1995) Review and an experimental study on the physiological and quantitative aspects of gluconeogenesis in lactating ruminants. *Comp. Biochem. Physiol.* 111, 201-210
- Gasteiner, J. (2001) Grundlagen zu den Verdauungsvorgängen beim Rind – Pansenphysiologie, Pansenazidose. 28. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2001, 69-74
- Ishler, V., Heinrichs, J., Varga, G. (1996) From Feed to Milk: Understanding Rumen Function. Pennsylvania State University – College of Agricultural Sciences, Extension Circular 422
- Li, B., Wang, Z.H., Li, F.C., Lin, X.Y. (2006) Milk fat content was changed by ruminal infusion of mixed VFAs solutions with different acetate/propionate ratios in lactating goats. *Small Ruminant Research* 72, 11-17
- McDougall, E.I. (1947) Studies on Ruminant Saliva 1. The Composition and Output of Sheep's Saliva. *Biochemical Journal* 43, 99-109
- Newbold, C.J., Wallace, R.J. and McIntosh, F.M. (1996) Mode of action of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as a feed additive for ruminants. *Br. J. Nutr.* 76, 249-261
- Oetzuerk, H., Schroeder, B., Beyerbach, M. and Breves, G. (2005) Influence of Living and Autoclaved Yeasts of *Saccharomyces boulardii* in In Vitro Ruminant Microbial Metabolism. *J. Dairy Sci.* 88, 2594-2600
- Raun, A.P., Cooley, C.O., Potter, E.L., Rathmacher, R.P., Richardson, L.F. (1976) Effect of Monensin on Feed Efficiency of Feedlot Cattle, *Journal of Animal Science* 43, 670-677
- Seymour, W.M., Campbell, D.R., Johnson, Z.B. (2005) Relationships between rumen volatile fatty acid concentrations and milk production in dairy cows: a literature study. *Animal Feed Science and Technology* 119, 155-169
- Stoiber, C., Dohnal, I., Ganner, A., Schauerhuber, C., Schatzmayr, G. (2012) Evaluierung des Einflusses von verschiedenen Hefeprodukten auf die Pansen-Fermentation *in vitro*. 11. BOKU-Symposium Tierernährung Tagungsband 2012, 234-238
- Stoiber, C., Ganner, A., Reichel, C., Rose, S., Schatzmayr, G., Dohnal, I. (2013) Influence of autolysed yeast derivatives on continuous rumen fermentation *in vitro*. 12. BOKU-Symposium Tierernährung Tagungsband 2013, 196-200
- Storry, J.E., Rook, J.A.F. (1965) Effect in the Cow of Intraruminal Infusions of Volatile Fatty Acids and of Lactic Acid on the Secretion of the Component Fatty Acids of the Milk Fat and on the Composition of Blood. *Biochem. J.* 96, 210-217

**Corresponding author**

Christian Stoiber, M.Sc.  
BIOMIN Holding GmbH  
BIOMIN Research Center  
Technopark 1, A-3430 Tulln  
christian.stoiber@biomin.net

## **Einfluss eubiotischer Lignozellulose auf die Abferkeldauer und die Anzahl totgeborener Ferkel bei Zuchtsauen**

**Sipos W.<sup>1</sup>, Kroismayr A.<sup>2</sup>, Entenfellner F.<sup>3</sup> und Knecht Ch.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>: Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der Veterinärmedizin, Veterinärmedizinische Universität Wien, Österreich

<sup>2</sup>: Agromed Austria GmbH, Kremsmünster, Österreich

<sup>3</sup>: Tierarztpraxis Entenfellner, Stössing, Österreich

### **Einleitung**

In modernen Zuchtsauenrationen finden sich vermehrt Produkte basierend auf Holz, sogenannte Lignozelluloseprodukte, welche der ausreichenden Versorgung mit Rohfaser dienen sollen. Die positive Wirkung von Rohfaser in der Fütterung tragender Zuchtsauen ist durchaus bekannt und die Notwendigkeit einer ausreichenden Versorgung mit Rohfaser im Bereich der Zuchtsauenernährung ist unbestritten. Das Wissen um die Wichtigkeit dieser Futtermittelfraktion für Gesundheit und Wohlbefinden der Sauen wurde zum Beispiel in der Bundesrepublik Deutschland durch eine gesetzliche Richtlinie, die am 4. August 2006 in Kraft getreten ist, umgesetzt [Bundesgesetzblatt Jahrgang 2006 Teil I Nr. 37 §25(6)]. Diese Richtlinie schreibt einen Rohfasergehalt von mindestens 8 % in der Trockenmasse im Alleinfutter für trächtige Jungsaunen und Sauen vor.

Generell wird der diätetische Einfluss von Nahrungsfasern in der Tierernährung vorrangig mit einem negativen Effekt auf Futteraufnahme und Leistungsdaten in Verbindung gebracht und der diätetische Nutzen, vor allem jener von fermentierbarer Rohfaser, vernachlässigt. Eine Unterscheidung zwischen fermentierbarer und nicht-fermentierbarer Rohfaser scheint notwendig, weil der ernährungsphysiologische Effekt dieser Futtermittelkomponenten auf teilweise verschiedenen Wirkmechanismen basiert. Spricht man in traditioneller Weise von Rohfaser oder Ballaststoffen, so meint man in der Regel die Effekte nicht-fermentierbarer Fasern. Diese sind nicht löslich, weisen aber teils ein beträchtliches Wasserbindungsvermögen auf. Im Dickdarm bewirken nicht-fermentierbare Fasern durch den Volumenreiz eine Verkürzung der Verweildauer des Futterbreis, folglich wird die regelmäßige Darmentleerung gefördert und somit Verstopfungen vorgebeugt (Wilfart et al, 2007). Eine zügige Darmpassage erschwert die Wanderung pathogener Keime aus dem Dickdarm in die vorderen Darmabschnitte und trägt auf diese Weise zur Aufrechterhaltung von Darmgesundheit und Durchfallprophylaxe bei. Fermentierbare Rohfaser hat (zusätzlich) eine stabilisierende, präbiotische Wirkung auf die Darmflora und die Enterozyten (Neufeld und Leibetseder, 2008). Eine ausgewogene Kombination fermentierbarer und nicht-fermentierbarer Rohfaser ist auch insbesondere deshalb notwendig, weil nach neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen nicht-fermentierbare Rohfaser dazu beiträgt, dass die fermentierbaren Komponenten in jene hinteren Abschnitte des Dickdarms verlagert werden, wo die Fermentation besonders positive Effekte nach sich zieht (Govers et al., 1999). Die nicht-fermentierbare Rohfaser bringt die fermentierbaren Anteile bis in das hintere Kolon, wo diese ihre positiven Wirkungen voll entfalten kann.

Produkte basierend auf Lignozellulose enthalten sehr hohe Rohfasergehalte und werden seit geraumer Zeit zur Nahrungsfaserergänzung eingesetzt. Im Vergleich zu traditionellen Lignozelluloseprodukten, welche mehr oder weniger aus nicht-fermentierbarer Faser bestehen, gibt es auch neuartige Lignozelluloseformulierungen, auch genannt eubiotische Lignozellulose, die auch fermentierbare Faserbestandteile enthalten und sich somit positiv auf Verdauungsprozesse und Darmgesundheit von Nutztieren auswirken sollten. Studien mit eubiotischer Lignozellulose (Braunsberger, 2009, Barslaag et

al., 2013) haben eine positive Wirkung auf die Abferkeldauer von Zuchtsauen gezeigt. Ebenso konnten beide Autoren verbesserte Absetzgewichte und eine höhere Anzahl abgesetzter Ferkel nachweisen.

Das Ziel der Untersuchung war die Erhebung des Einflusses zweier unterschiedlicher Konzentrationen eubiotischer Lignozellulose auf die Abferkeldauer und weitere Reproduktionsdaten von Zuchtsauen.

## Material und Methoden

In die Studie wurden 92 Sauen der Rasse Weißes Edelschwein eingeschlossen. Die Tiere wurden in einem niederösterreichischen Ferkelerzeugerbetrieb mit 600 Zuchtsauen, der im 4-Wochen-Rhythmus arbeitet, auf Spaltenboden und mit permanentem Zugang zu frischem Wasser, gehalten. Der Betrieb führt Routinevakzinationen gegen PPV, SIV und *Erysipelothrix rhusiopathiae* durch und ist PRRSV negativ. Die Sauen wurden artifizuell mit Samen von Pietrain-Ebern der NÖ Eberstation besamt, wobei die Eber dieser Einrichtung serologisch negativ für PRRSV-, PRV-, CSFV-, Leptospiren- und Brucellen-spezifische Antikörper sind. Die Studie wurde im Winter durchgeführt, die durchschnittliche Temperatur in den Abferkelbuchten betrug 25.3°C.

Die Sauen wurden in zwei Gruppen geteilt. In die Futtermischung von Gruppe A mit 36 Sauen wurde 2.5 % eubiotische Lignozellulose eingemischt, in der Ration der Gruppe B mit 56 Sauen waren es 1.25 %. Mit der Zufütterung des zu untersuchenden Rohfaserproduktes wurde 6 Wochen ante partum begonnen. Die Geburten wurden vollständig überwacht und alle interessierenden Parameter (Abferkeldauer, Anzahl gesamt geborener Ferkel, Anzahl totgeborener Ferkel) erhoben. Die Abferkeldauer war definiert als Zeitraum von Beginn der Geburt des ersten Ferkels bis zum Ende der Austreibungsphase des letzten Ferkels. Alle Sauen beider Gruppen erhielten zwischen 1 und 5 mal Oxytocin, wobei die Geburt der meisten Tiere zwischen 1 und 3 mal mit Oxytocin unterstützt wurde und die Behandlungshäufigkeit in beiden Gruppen ähnlich verteilt war. Der statistische Vergleich der beiden Gruppen erfolgte mittels Student's T-Test (Excel).

## Ergebnisse

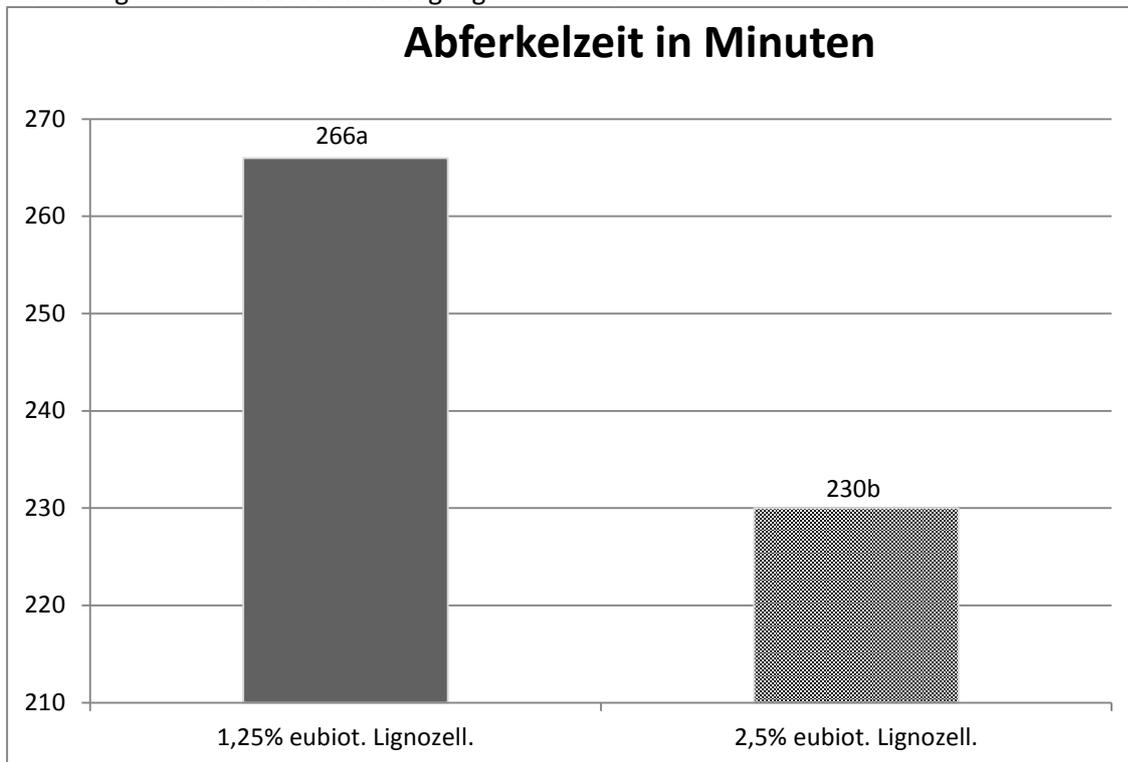
Die durchschnittliche Abferkeldauer in Gruppe A betrug 3.83 Stunden, die der Gruppe B 4.43 Stunden ( $p=0.03$ ). Die durchschnittliche Anzahl der gesamt geborenen Ferkel in Gruppe A war 12.97, in Gruppe B war sie 12.98 ( $p>0.05$ ). Einen signifikanten Unterschied ( $p=0.04$ ) gab es hingegen in Bezug auf die Anzahl totgeborener Ferkel. Diese betrug in Gruppe A im Schnitt 0.69 Ferkel und in Gruppe B 1.19 Ferkel. Somit führte die höhere Einmischrate zu 0.5 totgeborenen Ferkel weniger pro Sau und Wurf und somit zu etwa 1.2 Ferkel mehr pro Sau und Jahr.

## Diskussion

Barslaag et al. (2013) haben nachgewiesen, dass sich eubiotische Lignozellulose während des Puerperiums ab 1 Woche vor dem Abferkeln bis zum Absetzen positiv auf die Abferkeldauer auswirkt. Dies steht im Einklang mit den von Braunsberger (2009) erhobenen Daten, die zeigten, daß das gleiche eingesetzte eubiotische Lignozelluloseprodukt (OptiCell®) ebenso zu einer signifikant verkürzten Abferkeldauer führte. Dies dürfte an der positiven Wirkung von eubiotischer Lignozellulose auf die Dickdarmpassage liegen, wobei die raschere Entleerung des Darmrohres vor der Geburt den Geburtsvorgang erleichtern dürfte. Barslaag et al. (2013) beobachteten eine erhöhte Überlebensrate der Ferkel in der Lignozellulosegruppe, was direkt mit der verkürzten Abferkeldauer zusammenhängen dürfte. Wie die Daten von Barslaag et al. (2013) zeigen, steigt die Ferkelsterblichkeit bei spät geborenen Ferkeln stark. Je kürzer also der Geburtsvorgang im allgemeinen, desto niedriger die Ferkelsterblichkeit.

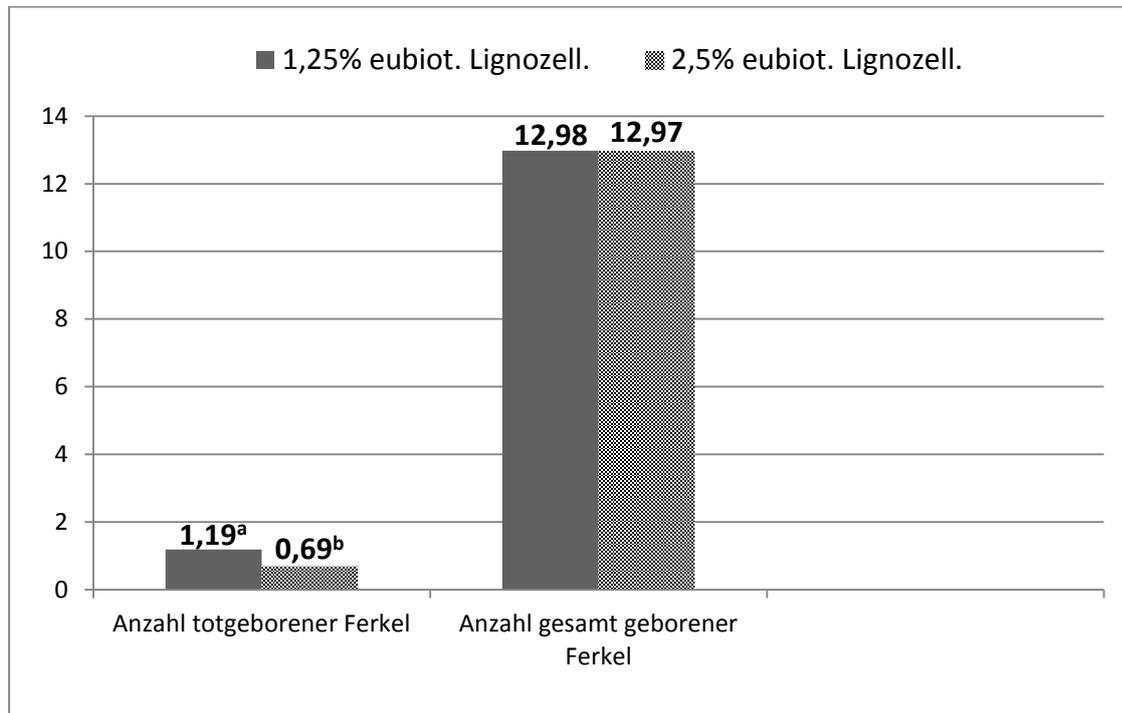
Somit wurde schon in bisherigen Studien gezeigt, daß eubiotische Lignozelluloseprodukte gegenüber traditionellen Rohfaserprodukten (Weizenkleie, Luzernepellets) einen deutlich positiven Effekt auf den Geburtsvorgang bei Zuchtsauen haben. In dieser Studie wurden nun zwei verschiedene Dosierungen des gleichen eubiotischen Lignozelluloseprodukts untersucht, nämlich einmal die auch von Braunsberger (2009) eingesetzte Dosierung von 2.5 % sowie eine um die Hälfte reduzierte Einmischrate von 1,25 % im Tragendfutter. Die signifikant niedrigere Anzahl totgeborener Ferkel in der höher dosierten Gruppe steht im Einklang mit einer ebenso signifikant niedrigeren Abferkeldauer. Diese Ergebnisse korrelieren mit jenen von Barslaag et al. (2013).

Abbildung 1: Dauer des Geburtsvorgangs in Minuten



<sup>a,b</sup>:  $p < 0.05$

Abbildung 2: Anzahl gesamt- und totgeborener Ferkel



<sup>a,b</sup>:  $p < 0.05$

## Schlussfolgerung

In dieser Studie wurde der Einfluss verschiedener Einmischraten (2.5 % und 1.25 %) von eubiotischer Lignozellulose im Tragendfutter von Zuchtsauen auf den Geburtsverlauf und die Anzahl gesamt und totgeborener Ferkel untersucht. Es zeigte sich, dass die höhere Einmischrate dieses Nahrungsfaserprodukts zu einer signifikant niedrigeren Abferkeldauer sowie zu einer signifikant niedrigeren Anzahl totgeborener Ferkel führte.

## Literatur

- Baarslag L, Van Enkevort A, Boonekamp R, Kroismayr A (2013): Wirkung eubiotischer Lignocellulose auf die Abferkeldauer von Zuchtsauen, 12. Boku Symposium Tierernährung, Proceedings, 175-178, Wien, Austria.
- Braunsberger F (2009): Einfluss verschiedener Rohfaserträger auf die Reproduktionsleistung von Zuchtsauen. Diplomarbeit, HFSL St. Florian, Austria.
- Govers MJ, Gannon NJ, Dunshea FR, Gibson PR, Muir JG (1999): Wheat bran affects the site of fermentation of resistant starch and luminal indexes related to colon cancer risk: A study in pigs. Gut 45(6): 840-847.
- Neufeld K, Leibetseder J (2008): Nahrungsfaser in der Nutztierernährung. Feed Magazine 5-6: 21-27.
- Wilfart A, Montagne L, Simmins H, Noblet J, Milgen J (2007): Digesta transit in different segments of the gastrointestinal tract of pigs as affected by insoluble fibre supplied by wheat bran. Br J Nutr 98(1): 54-62.

**Autorenanschrift**

Ao.Univ.Prof.Dr.med.vet. Wolfgang Sipos, Dipl. ECPHM  
Klinik für Schweine  
Veterinärmedizinische Universität Wien  
Veterinärplatz 1, 1210 Wien  
wolfgang.sipos@vetmeduni.ac.at

# Improvement of growth performance and apparent ileal digestibility of crude protein by a zootechnical phytogetic feed additive

Carolin Krämer<sup>1</sup>, Jürgen Zentek<sup>1</sup>, Miriam Goerke<sup>2</sup>, Karola Renate Wendler<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Animal Nutrition, Freie Universität Berlin, Berlin, Germany

<sup>2</sup> Delacon Biotechnik GmbH, Steyregg, Austria

## Introduction

The zootechnical feed additive FRESTA<sup>®</sup> F (Delacon Biotechnik GmbH) is a preparation of the essential oils of caraway and lemon and dried herbs and spices. The essential oils, as volatile active compounds, are partially protected by a patented micro-encapsulation technology. Fresta F is especially designed for the needs of weaned piglets. In several scientific and field studies Fresta F has shown to improve average daily feed intake, average daily gain, and feed conversion ratio. Several authors reported that dietary addition of essential oils, herbs and/or spices stimulate the secretion of digestive juices (Platel and Srinivasan, 2004) as well as the enlargement of the absorptive gastrointestinal surface (Amad et al., 2013). Thus, improvement of nutrient digestibility is the suggested mode of action for the performance improvements.

The present study was conducted to evaluate the effect of the phytogetic feed additive Fresta F on growth performance and apparent ileal digestibility of crude protein and lysine.

## Materials and Methods

In 2 consecutive experiments, a total of 48 piglets, weaned with 28 days and an average initial body weight of 7.3 kg were used. The piglets were kept in pairs, feed and water was available *ad libitum*. The diet was based on wheat, barley and soybean meal and met nutrient requirements of piglets according to NRC (2012). TiO<sub>2</sub> was included in the diets as a digestibility marker. In the Fresta F treatment, 200 g Fresta F was added per tonne of diet.

All piglets were fed the respective diet for 28 days. At the end of the first experiment, piglets were euthanized and ileal digesta samples were taken. In the second experiment only performance was evaluated. Body weight of piglets was recorded weekly. Feed intake for calculation of feed conversion ratio was recorded per pen.

Diets and ileal digesta samples were analysed for contents of crude protein as described by Nauman and Bassler (1997). Titanium dioxide concentration in the feed and ileal digesta samples were analysed according to Brandt and Allam (1987).

Performance and digestibility data were analysed by Proc GLM of SAS. In the performance trial, pen was the experimental unit.

## Results and Discussion

Due to an infection after transport, a total of 10 piglets had to be excluded from digestibility analyses. Remaining numbers of observations for digestibility evaluation was 6 and 8 for Control and Fresta F treatment group, respectively.

Over the whole trial period, average daily gain of piglets was 303 g and 313 g ( $P > 0.05$ ) for the Control and Fresta F group, respectively (Table 1). Fresta F fed piglets had 1.9 % higher ( $P > 0.05$ ) final body weight compared to Control (Table 1). Feed conversion ratio was 1.40 and 1.26 ( $P > 0.05$ ) in the Control and Fresta F fed piglets, respectively (Table 1). Fresta F improved feed conversion ratio by 10 %. Similar effects have been reported in broiler chickens in the study of Amad et al. (2013). In this study broilers were fed a diet containing a phytogenic feed additive (mixture of essential oils, herbs and spices) and the observed improvement of feed conversion efficiency could be attributed to a significant increase in villus height to crypt depth ratio in the jejunum. It has been suggested that longer villi would result in an increased surface area and higher absorption of available nutrients (Caspary, 1992). In the study of Amad et al (2013) it was further speculated that the increase in the intestinal surface improved nutrient digestibility, so more nutrients were available for growth. However, nutrient digestibility was not measured in the study of Amad et al. (2013).

In the present study with piglets, the improvement of feed conversion ratio was reflected in higher nutrient digestibility. Apparent ileal digestibility of crude protein was 64.7 and 71.0 % ( $P > 0.05$ ) in Control and Fresta F fed piglets, respectively (Table 1). Thus, addition of Fresta F improved apparent digestibility of crude protein by 9.7 %.

Table 1: Effect of Fresta F on growth performance and apparent digestibility of crude protein in piglets (LSmeans  $\pm$  SE)

	Control	Fresta F	P-value	% improvement (relative to Control)
Initial body weight (kg)	7.3 $\pm$ 0.39	7.2 $\pm$ 0.39	0.894	
Final body weight (day 28)	15.7 $\pm$ 0.71	16.0 $\pm$ 0.71	0.810	1.9
Average daily gain (g)	303 $\pm$ 25.4	313 $\pm$ 23.6	0.785	3.2
Feed conversion ratio (kg feed/kg gain)	1.40 $\pm$ 0.08	1.26 $\pm$ 0.07	0.209	10
Apparent ileal digestibility of crude protein (%)	64.7 $\pm$ 3.27	71.0 $\pm$ 3.06	0.181	9.7

## Conclusion

The inclusion of Fresta F in diets for piglets improved average daily gain and feed conversion ratio. The suggested mode of action is an improvement of nutrient digestibility as it was shown for apparent ileal digestibility of Crude protein in the present study with piglets. Although improvements were not statistically significant, numeric improvements of nutrient digestibility, average daily gain and feed conversion efficiency lead to considerable benefits in practical pig production.

## References

- Amad, A. A., Wendler, K. R., Zentek, J., 2013. Effects of a phytogenic feed additive on growth performance, selected blood criteria and jejuna morphology in broiler chickens. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 25: 549-554.
- Brandt, M., Allam, S.M.. 1987. Analytik von TiO<sub>2</sub> im Darminhalt und Kot nach Kjeldahlaufschluss. *Archives of Animal Nutrition* 37, 453–454.
- Caspary, W. F. 1992. Physiology and pathophysiology of intestinal absorption. *American Journal of Clinical Nutrition*, 55:299S-308S.
- Naumann C., Bassler, R., 1997. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. In: Naumann, C., Bassler, R.(eds), *Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik*. 4th addition, VDLUFA-Verlag, Darmstadt, Germany.
- NRC, 2012. Nutrient requirements of swine. 11th rev. ed. National Academies Press, Washington, DC.
- Platel, K. and Srinivasan, K., 2004. Digestive stimulant action of spices: A myth or reality? *Indian Journal of Medical Research*, 119: 167-179.

### Autorenanschrift

Carolin Krämer, Prof. Dr. Jürgen Zentek  
Institute of Animal Nutrition  
Freie Universität Berlin  
Königin-Luise-Str. 49  
14195 Berlin, Germany  
Carolin.Kraemer@fu-berlin.de  
Juergen.Zentek@fu-berlin.de

Miriam Goerke, Karola Wendler  
Delacon Biotechnik GmbH  
Weissenwolfstrasse 14  
4221 Steyregg, Austria  
miriam.goerke@delacon.com  
karola.wendler@delacon.com



# FRESTA® F

Die phytogene Lösung für eine profitable Schweineproduktion.

- Weltweit erstes und einziges phytogenes Produkt, das von der EU als zootechnischer Futtermittelzusatz zugelassen wurde
- Regt nachweislich Appetit, Stoffwechsel und Verdauung der Schweine an
- Verbessert die Fortpflanzungsleistung und stärkt die Abwehrkräfte der Tiere gegen Entzündungen
- Steigert die Erträge bei Ferkel und Sauen durch eine auf die Bedürfnisse jeder Lebensphase abgestimmte Formulierung



# ACTIFOR® PRO

Die phytogene Lösung für eine profitable Milchproduktion.

- Optimiert Eiweißaufnahme und Protein-Abbau im Pansen bei gleichzeitiger Stabilisierung des pH-Wertes
- Beinhaltet Wirkstoffe zum Schutz der Leber, um die Entgiftung zu erleichtern
- Reduziert Treibhausgas-Emissionen (Methan und Ammoniak) für ein besseres, umweltfreundlicheres Stallklima
- Erhöht die Gewinnspanne in der Rinderhaltung durch bessere Leistung und niedrigere Futterkosten

[www.delacon.com](http://www.delacon.com)

World Leader in PhytoGenics  
twentyfive  
years

**DELACON**  
PhytoGenic Feed Additives



## Effect of Mannan Rich Fraction (MRF) on technical results and food pad lesions in broilers

Per Laustsen<sup>1</sup>, Lode Nollet<sup>2</sup> and Louisa Haidle<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Alltech Denmark, Denmark

<sup>2</sup> Alltech Netherlands B.V., Belgium

<sup>3</sup> Alltech (Deutschland) GmbH, Deutschland

### Introduction

In broiler production, the continued strive for increased performance due to genetic improvement has led to increased issues with the broiler health status, in particular gut health. An impaired gut health not only leads to reduced technical and economic performance, but also to wet litter issues. The latter impacts the occurrence of food pad lesions in broilers, a topic which has drawn large attention by the public as it is seen as an indicator for animal welfare. Therefore managing gut health by nutritional ways is largely studied.

A special Mannan Rich Fraction (MRF) is considered to be a "growth permitter" through its role in immune modulation and improved intestinal health. Statistical meta-analyses of results from 18 broiler pen trials and a few field trials published during 2009-2012 using dietary MRF (200-800 g/T) comparing to a antibiotic free control showed that at an average broiler age of 41.72 days (n=29), MRF significantly and beneficially changed body weight by +0.80 kg (+3.34%), FCR or F/G ratio by -0.033 (-1.84%), and mortality % by -0.80 (-12.5% relative to the negative control) (Hooge et al., 2013).

### Materials and methods

In this study, the use of a Mannan Rich Fraction (Actigen™, Alltech, Inc., Nicholasville, Kentucky, USA) on performance and food pad lesions using a pen trial combined with a large barn trial was investigated.

In the pen trial, six pens per treatment with 60 broilers per pen grown in a commercial broiler house in which the barn trial was also conducted. Feeds were wheat soy based and fed ad libitum. A three phase feeding strategy was used: starter (day 0-7), grower (day 8, including 5.9 % whole wheat grain till day 16 and thereafter 16.6 % until day 28) and finisher (day 29 -34 (21.9 % whole wheat grain). Half of the pens were used as the control group, while in the feed for the other pens MRF was included at 800 g/T in starter, 500 g/T in grower and 300 g/T in finisher. Growth, feed intake and feed conversion ratio (FCR) after every feeding phase.

In the barn trial, half of the broiler house served as control (21,800 broilers) while the other half served as treatment (27,000 broilers MRF). Feed and treatments were similar as in the pen trial. Growth, feed intake, feed conversion and mortality were measured for the whole trial period. Food pad lesions (at 32 days of age) were conducted according to the official Danish method: 100 birds per treatment scored and points attributed scoring after which the points were totaled (max 200 points for 100 broilers): no lesions: 0 point; minor superficial damage: 0.5 point and severe damage: 2 points. Total points can vary between 0 and 200 for 100 broilers, 40 is max. legally allowed.

## Results and Discussion

The results of the pen trial are given in Table 1. Technical results were quite high. Despite the fact that there were no statistical differences, MRF led to an improved end weight of +35 g (+ 1 g/a/d), which was mainly due to strong growth during the final 6 days of the trial (+ 3.8 g/d). FCR was improved 3 points. Economic calculation revealed a profit of €25.80 per 1,000 broilers produced.

Table 1: Effect on MRF on the technical performance in the pen trial

	Day	Control	MRF	Diff.
Weight (g)	7	203	203	
	28	1703	1715	12
	34	2165	2200	35
Growht (g/a/d)	0-7	23.3	23.3	
	0-28	59.4	59.8	+0.4
	28-34	77	80.8	+3.8
	0-34	62.5	63.5	+1.0
FCR	0-7	0.85	0.81	-0.04
	0-28	1.41	1.40	-0.01
	0-34	1.50	1.47	-0.03

The technical results of the barn trial were quite similar to the pen trial reaching > 2,100 g life weight at 34 days with a FCR of approximately 1.6 (Table 2). Again, MRF reduced the FCR by 5 points, although the FCR was already quite low for the control group. The mortality was reduced by 0.6 %. Total food pad lesions scores were 45 for the control group but only 3 in the MRF group. This indicates that MRF reduced wet litter and thereby little or no damage of the food pads or hocks occurred (Fig. 1). Economic calculation revealed a profit of €27,80 per 1,000 broiler produced.

Table 2: Effect on MRF on the technical performance in the barn trial

	<b>Control</b>	<b>MRF</b>	<b>Difference</b>
No. of animals	21800	27000	
Weight at slaughter (g)	2118	2135	17
FCR	1.61	1.56	-0.05
FCR at 2200 g	1.62	1.57	-0.05
Mortality (%)	3.9	3.3	-0.6
Food pad lesions (total no. of points)	45	3	-93%

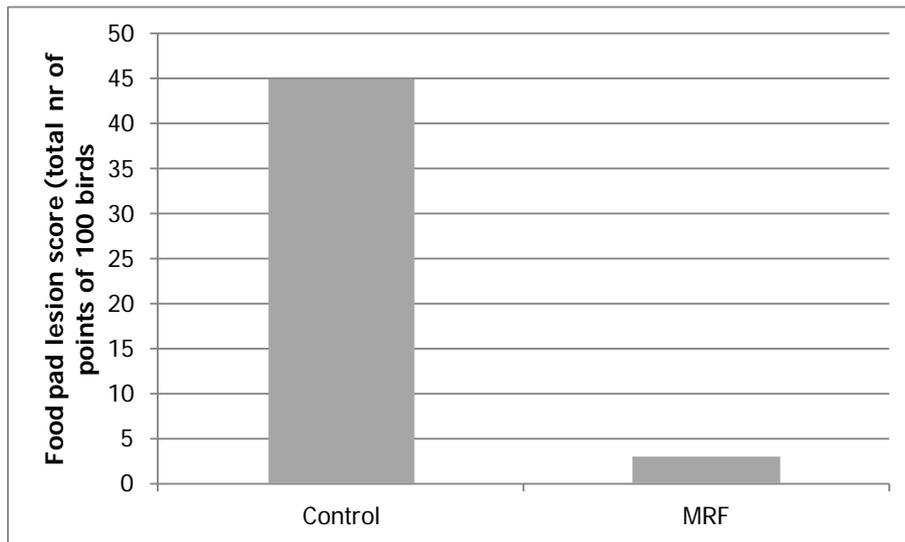


Fig. 1: Total food pad lesion scores at 32 days of age

## Conclusion

It can be concluded from this study that MRF (a) improved end weight by 17-35 g at 34 days of age, (b) reduced overall FCR by 3 to 5 points, (c) reduced mortality and (d) strongly reduced the food pad lesion score.

## References

Hooge D.M., Kiers A., and Connolly A. (2013): Meta-Analysis Summary of Broiler Chicken Trials with Dietary Actigen™ (2009-2012). J. Anim. Science, Submitted.

### Corresponding author

Dipl. Agr. Biol. Louisa Haidle  
Beratung und Vertrieb Österreich  
Alltech (Deutschland) GmbH  
Wiesenstr. 21 (W21)  
D- 40549 Düsseldorf  
lhaidle@alltech.com



# Clean up

# MYCOTOXINS



## Mit Mykotoxinen aufräumen!

### Fakten über Mykotoxine

- Es gibt mehr als 500 verschiedene Mykotoxine.
- Tiere sind oft mehreren Toxinen gleichzeitig ausgesetzt.
- Interaktionen zwischen Mykotoxinen machen eine genaue Diagnose schwierig.
- Bereits eine geringe Dosis von Mykotoxinen im Futter kann über einen längeren Zeitraum hinweg zu negativen Einflüssen in der Produktivität und Fortpflanzung führen.

## Wirksamkeit einer alleinigen Xylanasezulage im Vergleich zur Kombination mit anderen NSP-abbauenden Enzymen beim Broiler

Petra Philipps<sup>1</sup>, Tiago Dos Santos<sup>1</sup>, Rob A.H.M. Ten Doeschate<sup>1</sup>, Helen Masey o'Neill<sup>1</sup>, Benjamin Schröder<sup>2</sup>

<sup>1</sup>AB Vista, Marlborough

<sup>2</sup>Pulte GmbH & Co. KG, Rimsting

### Einleitung

Der Einsatz NSP-spaltender Enzyme im Futter von Mastgeflügel hat sich bewährt um die negativen Effekte der im Getreide enthaltenen Nicht-Stärke-Polysaccharide im Darm zu reduzieren und um somit die Mastleistungen der Tiere zu verbessern. Je nach Zusammensetzung des Futters spielen im wesentlichen Xylane und beta-Glucane eine Rolle. Im Weizen finden sich häufig Arabinoxylane, während in der Gerste neben Xylanen hauptsächlich beta-Glucane gefunden werden. Im Mais sind die Gehalte an Nicht-Stärke-Polysacchariden insgesamt niedrig. In der vorliegenden Arbeit wird auf Basis zweier Versuche mit Masthähnchen die alleinige Zulage mit einer Endo-1-4-beta-Xylanase (EC 3.2.1.8, Econase XT) im Vergleich zu Kombinationen mit Beta-Glucanase bzw. Amylase+Protease und Alpha-Galaktosidase in Mischfuttern basierend auf den oben genannten verschiedenen Getreidearten geprüft.

### Material und Methoden

**Versuch 1 (Tabelle 1):** Im Versuch 1 (Santos et al. 2013) wurden in einem 3x4 faktoriellen Design die Effekte der Zulage von Xylanase und Beta-Glucanase allein und in Kombination auf Masteistung und Darmviskosität beim Broiler getestet. Es wurden drei Futter konzipiert (Weizen, Gerste und Weizen und Gerste 1:1 gemischt) und diesen jeweils vier Enzymvarianten zugelegt (Kontrolle ohne Enzymzulage, Xylanase, Beta-Glucanase, Kombination aus Xylanase und Beta-Glucanase). 2208 männliche ROSS 308 Eintagsküken wurden auf 96 Bodenhaltungsabteile aufgeteilt mit jeweils 23 Tieren. Der Versuch unterteilte sich in drei Phasen (Starter d0-14, Grower d15-28, Finisher d29-42). Am jeweiligen Versuchsabschnitt wurden Futtermittelverbrauch (FA) und Zunahmen erfasst. Die Viskositätsmessungen erfolgten am Tag 25 in Jejunumgehalten. Dazu wurden je Wiederholung 2 Tiere pro Abteil herangezogen.

In **Versuch 2 (Tabelle 3)** wurden die Effekte der Xylanase im Vergleich mit zwei Multienzymepräparaten bestehend aus A einer Kombination aus Xylanase, Amylase und Protease und B einer Kombination aus Alpha-Galaktosidase und Xylanase auf die Leistungen beim Masthähnchen getestet. Das Basisfutter setzte sich hauptsächlich aus Mais, Sojaextraktionschrot und DDGS zusammen. Das Futter umfasste eine negative Kontrollgruppe (NK, Basisfutter), die drei Enzymzulagen sowie eine positive Kontrolle (PK, mit höherem Gehalt an ME/kg). Der Versuch unterteilte sich in 4 Abschnitte bis zum Tag 60. In dieser Arbeit werden die Ergebnisse bis zum Tag 42 dargestellt. 800 männliche ROSS 708 x Hubbard M99 Eintagsküken wurden gleichmäßig auf die 5 Behandlungen mit 8 Wiederholungen à 20 Tieren aufgeteilt und die Wachstumsleistungen (Futtermittelverbrauch, Zunahmen, Futtermittelverwertung) erfasst und ausgewertet.

## Ergebnisse

**Versuch 1 (Tabelle 2):** Im Versuch wurde eine Interaktion zwischen Diät und Enzymbehandlung auf die Futterverwertung (d42) und Darmviskosität ermittelt.

Die Zulage mit der Xylanase verbesserte die Futterverwertung in den Behandlungen mit Weizen. Die Zulage mit beta-Glucanase verbesserte die Futterverwertung in der Mischration aus Weizen – und Gerste auf gleichem Niveau wie die Xylanase, während in der gerstenbetonten Ration kein signifikanter Effekt der jeweiligen Enzymzulagen beobachtet wurde. In allen Rationen reduzierte die Zulage mit Xylanase signifikant die Viskosität im Darm, während ein signifikanter Effekt für die Beta-Glucanase lediglich in der gerstenbetonten Ration gefunden wurde. Die Kombination aus Xylanase und Beta-Glucanase brachte keinen zusätzlichen signifikanten Effekt im Vergleich zum alleinigen Einsatz der Enzyme.

**Versuch 2 (Tabelle 4)** Am Tag 42 war die Futterverwertung in der negativen Kontrollgruppe signifikant schlechter als in der positiven Kontrolle. Die Zulage mit der Xylanase und der Kombination aus Xylanase und Alpha-Galaktosidase ergab eine signifikante Verbesserung der Futterverwertung im Vergleich zur negativen Kontrolle, während im vorliegenden Versuch keine verbesserte Leistung durch Zulage mit der Enzympräparation aus Xylanase, Amylase und Protease ermittelt werden konnte.

## Diskussion

In der Literatur werden Wirkmechanismen für die Leistungsverbesserungen durch Einsatz NSP-spaltender Enzyme beim Mastgeflügel diskutiert, wie Verbesserung der Viskosität, Eliminierung des Nährstoff verschliessenden Effektes durch Zellwände oder Wirkung auf die Mikroflora im Darmtrakt. Zentrale Rolle spielt die Hydrolyse löslicher Pentosane, wobei Arabinoxylane den Hauptbestandteil der NSP-Fraktion in den Zellwänden ausmachen (Masey o'Neill und Santos 2013). Dies wird indirekt in den beiden vorliegenden Versuchen bestätigt, in denen sich die alleinige Zulage mit der Xylanase als weitgehend ausreichend erwies um die Futterverwertung und Darmviskosität beim Broiler in NSP-substratreichen Rationen basierend auf Weizen, Gerste und deren Kombination (Versuch 1) sowie die Futterverwertung in NSP-substratarmen Rationen (Versuch 2) basierend auf Mais gegenüber dem Basisfutter zu verbessern.

## Schlussfolgerungen

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass auf Basis der vorliegenden Versuch der Einsatz von NSP-spaltenden Enzymen positive Effekte auf die Mastleistung beim Broiler in substratreichen Rationen basierend auf den Getreidearten Weizen, Gerste und deren Kombination sowie auf substratarmen Rationen basierend auf Mais gezeigt hat.

In den Rationen basierend auf Weizen, der Kombination aus Weizen/Gerste und Mais erwies sich die alleinige Zulage mit der Xylanase als ausreichend. Lediglich in Rationen, bei denen die Getreidezulage ausschliesslich aus Gerste bestand, zeigte sich die reine Zulage mit Beta-Glucanase als effizient zur Reduktion der Viskosität. In diesem Versuch wurden keine signifikanten Effekte des Enzymeinsatzes auf die Mastleistung in der auf Gerste basierenden Ration beobachtet. Dieser Frage sollte daher in weiteren Studien mit gerstenbetontem Basisfutter nachgegangen werden.

## Literatur

Masey o'Neill Helen and Santos T.T. (2013): Using a combination of different enzymes in monogastric diets, Asian Feed Magazine, September/October 2013, 12-15

Santos dos T. T, Ten Doeschate R.A.H.M., Van de Belt Karin, Van der Klis J.D. (2013): Evaluation of the additive effects of xylanase and glucanase in wheat, barley and wheat/barley based broiler diets, 19<sup>th</sup> European Symposium on Poultry Nutrition, August 26-29,2013, Potsdam, Germany

### Autorenanschrift

Dr. Petra Philipps  
AB Vista  
3 Woodstock Court, Blenheim Road, Marlborough Business Park  
Marlborough, Wiltshire, SN8 4AN, UK  
Petra.philipps@abvista.com

**Tabelle 1: Futterzusammensetzung der Basisfutter im Versuch 1**

Futter Behandlung	Starter (0-14d)		Grower (15-28d)		Finisher (29-42d)	
	Weizen	Gerste	Weizen	Gerste	Weizen	Gerste
<b>Inhaltsstoffe (%)</b>						
Weizen	53,38		63,41		67,44	
Gerste		51,52		58,45		62,66
Sojaextraktionsschrot	29,27	30,36	28,06	28,47	23,44	24,11
Maiskleberfutter	5,00	5,00	1,70	3,50	2,50	4,00
Sonnenblumenextraktionsschrot	1,87	2,00				
Sojaöl	1,92	3,55	1,18	2,25	1,20	2,40
Tierisches Fett	1,27	2,34	1,94	3,73	1,79	3,71
Futterkalk	1,67	1,65	1,26	1,26	1,10	1,10
MCP	0,75	0,70	0,37	0,31	0,19	0,13
Viehsalz	0,19	0,15	0,21	0,20	0,15	0,17
Natriumbicarbonat	0,11	0,16			0,09	0,06
Lysin (65%)	0,44	0,42	0,33	0,32	0,30	0,28
Methionin (55%)	0,43	0,45	0,40	0,42	0,31	0,34
Threonin (40%)	0,18	0,18	0,12	0,07	0,07	0,02
Phytase	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Premix	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>Nährstoffe</b>						
Rohprotein (%)	24,7	24,5	22,2	22,6	20,9	21,3
AME (kcal/kg)	2750	2750	2800	2800	2850	2850
Calcium (%)	1,00	1,00	0,80	0,80	0,70	0,70
Verf. P (%)	0,40	0,40	0,32	0,32	0,28	0,28
Verd. Lys (%)	1,25	1,25	1,12	1,12	1,00	1,00
Verd. Met+Cys (%)	0,95	0,95	0,85	0,85	0,78	0,78

Tabelle 2: Ergebnisse Versuch 1

Behandlung	Behandlung	Zunahmen (g)	FA (g/d)	FV (g/g)	Viskosität d25,cP
Weizen	Kontrolle	3288	5585	1,699 <sup>cde</sup>	4,39 <sup>a</sup>
	Xylanase	3270	5368	1,643 <sup>a</sup>	2,73 <sup>cd</sup>
	Glukanase	3284	5632	1,715 <sup>c</sup>	4,40 <sup>a</sup>
	Xyl+Gluk	3254	5470	1,682b <sup>cd</sup>	2,51 <sup>d</sup>
Weizen/Gerste	Kontrolle	3303	5637	1,708 <sup>de</sup>	3,61 <sup>b</sup>
	Xylanase	3364	5599	1,665 <sup>ab</sup>	2,80 <sup>cd</sup>
	Glukanase	3386	5594	1,653 <sup>ab</sup>	3,60 <sup>b</sup>
	Xyl+Gluk	3312	5544	1,674 <sup>bc</sup>	2,73 <sup>cd</sup>
Gerste	Kontrolle	3362	5589	1,663 <sup>ab</sup>	4,38 <sup>a</sup>
	Xylanase	3348	5561	1,662 <sup>ab</sup>	3,28 <sup>bc</sup>
	Glukanase	3397	5585	1,674 <sup>abc</sup>	2,81 <sup>cd</sup>
	Xyl+Gluk	3384	5616	1,660 <sup>ab</sup>	2,56 <sup>d</sup>
Weizen		3274 <sup>b</sup>	5514 <sup>b</sup>	1,685	3,51
Weizen/Gerste		3341 <sup>a</sup>	5594 <sup>a</sup>	1,675	3,18
Gerste		3373 <sup>a</sup>	5613 <sup>a</sup>	1,665	3,26
	Kontrolle	3318	5604 <sup>ab</sup>	1,690	4,13
	Xylanase	3327	5509 <sup>c</sup>	1,657	2,93
	Glukanase	3356	5637 <sup>a</sup>	1,680	3,60
	Xyl+Gluk	3317	5543 <sup>bc</sup>	1,672	2,60
P					
Diät		<0,001	0,005	0,040	0,133
Enzym		0,370	0,003	0,004	<0,001
Diät x Enzym		0,639	0,058	0,002	<0,001

abcd p&lt;0,05

**Tabelle 3: Futterzusammensetzung der Basisfutter im Versuch 2**

Futter Behandlung	Starter (0-21d)		Grower (22-42d)	
	PK	NK	PK	NK
<b>Inhaltsstoffe (%)</b>				
Mais	52,3	53,9	59,1	59,6
Sojaextraktionsschrot	33,5	34,2	26,0	28,0
Fleischknochenmehl	4,0	4,0	4,0	4,0
Mais DDGS	5,0	5,0	6,0	6,0
Öl	2,8	1,1	2,6	0,9
Rest	2,4	2,4	2,3	1,9
<b>Nährstoffe</b>				
AME, (kcal/kg)	3050	2962	3102	3002
Rohprotein (%)	23,5	23,5	20,5	20,5
Calcium (%)	0,95	0,95	0,89	0,89
Av. P (%)	0,44	0,44	0,42	0,42
Lys (%)	1,35	1,35	1,20	1,20

**Tabelle 4: Ergebnisse Versuch 2**

Behandlung			
	Zunahmen (g)	FA(g)	FV (g/g)
PK	2492	4256	1,626 <sup>c</sup>
NK	2441	4187	1,675 <sup>a</sup>
NK + Xylanase	2519	4323	1,632 <sup>bc</sup>
NK + Xyl/Amy/Prot	2442	4181	1,661 <sup>ab</sup>
NK + $\alpha$ -Gal/Xyl	2497	4209	1,633 <sup>bc</sup>
P	0,107	0,345	0,001

<sup>abcd</sup> p < 0,05

**PUCOFERM**

Betain

Süßmolkenpulver

**PUCOSIL** Siliermittel

Apfelpektin

**PUCOVIT**

**PUCOCID** Futtersäuren

**PUCOFLITZ**

Magnesiumoxid

**PUCOPHYT**  
Phytogene Produkte

**PUCOSAN**

Enzyme

**CALVOSAN**

Futtermittelsalz

**PUCOALGAL**

**PUCORAL**



Futtermittel

einzel

zusätzlich

ergänzend

für:

- R** Rind
- S** Schwein
- G** Geflügel
- HT** Heimtier
- PF** Pflanzen

# Application of a combined natural growth promoter in broiler feed to improve growth performance

Attila Kovács<sup>1</sup>, Renata Urbaityte<sup>1</sup>, Wolfgang Markert<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Biomin Holding GmbH, Industriestrasse 21, 3130 Herzogenburg, Austria

<sup>2</sup>Biomin Deutschland GmbH, Am Güterbahnhof 7a, 37627 Stadtoldendorf, Germany

## Introduction

The use of organic acids (OA) in animal feed is a well-accepted strategy to ensure feed hygiene and animal performance (Dibner *et al.*, 2002). Furthermore, it has been shown that a combination of organic acids has a more effective action against *E. coli*, *Salmonella typhimurium* and animal performance than individual acids (Roth *et al.*, 2009). The basic principle of the mode of action of organic acids on bacteria can be separated in two different categories. In terms of the pH of the environment and the pKa value of the organic acids, they act in dissociated form, reducing the pH of the given environment, or in undissociated form, penetrating the bacterial cell wall and disrupting the normal physiology of pH-sensitive bacteria (Brul *et al.*, 1999).

Besides organic acids, phytochemicals also have proven antimicrobial activity. Phytochemicals are bioactive substances which occur naturally in plants having protective and disease preventive properties (Rosa *et al.*, 2010). Cinnamaldehyde (CA) as a phytochemical has proven antimicrobial efficacy. It is able to target the FtsZ proteins that have an essential role in the cell division, inhibiting the formation of the Z-ring and cell division (Domadia *et al.*, 2007).

It has been proven, that the combination of organic acids and phytochemicals has selective antimicrobial action, reducing harmful, pathogenic bacteria and promoting beneficial microflora (Hellweg *et al.*, 2006).

Permeabilizing substances (PS) are able to disrupt the outer membrane of Gram-negative bacteria, facilitating the entrance of OA and CA in the cytoplasm of the bacteria (Alakomi, 2007). It has been discovered that some PS act as boosters for the OA and CA.

The aim of the trial was to prove that the combination of organic acids (formic, propionic and acetic), phytochemical CA and PS Biomin® Per4izer® (Biotronic® Top3, BIOMIN, Austria) can improve the growth performance of broilers and increase the economic benefit.

## Material and methods

A trial was carried out at a commercial farm in Germany, using 82,400 Cobb broilers. Birds were assigned to 2 treatments with 41,200 birds per treatment. The birds were fed a pre-starter (day 0–7), starter (8–14), grower (day 15–21) and finisher (day 22–29) diet based on cereals and soybean meal. The nutrient composition of the diet is presented in *Table 1*. The control group diet contained no antibiotic or natural growth promoters, whereas the diet in the combined natural growth promoter group (NGP) was supplemented with Biotronic® Top3 at an inclusion rate of 1.0 kg/t feed.

The duration of the trial was 29 days. The body weight (BW) and feed intake (FI) of the birds was recorded at the beginning of the trial and at the end of the trial at day 29. Average daily gain (ADG), feed conversion ratio (FCR) and Return on Investment (ROI) were calculated. Mortality and clinical symptoms for diarrhea, depression and immobility were observed daily.

**Table 1.** Nutrient composition of control diets, %

Ingredients	Pre-starter (day 0 - 7)	Starter (day 8 – 14)	Grower (day 14 – 21)	Finisher (day 22 – 29)
ME (MJ)	12.60	23.10	13.30	13.40
Crude protein (%)	21.90	20.00	20.20	19.40
Crude fat (%)	7.60	9.20	9.60	9.90
Crude fiber (%)	2.80	2.80	2.90	2.90
Crude ash (%)	6.30	5.40	4.80	4.40
Methionine (%)	0.29	0.30	0.30	0.30
Lysine (%)	1.35	1.20	1.18	1.15
Ca (%)	1.00	0.85	0.70	0.65
P (%)	0.70	0.55	0.50	0.44
Na (%)	0.14	0.13	0.12	0.13

## Results and discussion

The growth performance of broilers showed improvements due to the supplementation of the diets with combined NGP. No statistical analysis has been conducted, because the trial was a field trial. The performance data is presented in Table 2.

BW at day 29 was 2.3 % higher in the NGP group compared to the control group. The FCR was found to be improved by 2.0 % in the NGP group compared to the control group. Carcass yield was higher by 2.7 % in the NGP group compared to the control group. The ADG of the animals was positively influenced by the addition of the NGP to the diet, showing a 2.3 % improvement compared to the control group, while the FI was similar in the NGP group compared to the control group. The European Production Efficiency Factor (EPEF) was improved by 4.7 % in the NGP group compared to the control group.

**Table 2.** Growth performance of broilers

	Control group	Combined NGP group
Initial weight d0, kg	0.045	0.045
Final weight d29, kg	1.61	1.66
Carcass weight, kg	1.13	1.16
Average daily weight gain, g	55.80	57.10
Feed conversion ratio	1.51	1.48
Average daily feed intake, g	82.9	82.8
European Production Efficiency Factor*	362	379

\*European Production Efficiency Factor =  $\text{Livability (\%)} \times \text{Live weight (kg)} / \text{Age (d)} / \text{FCR} \times 100$

For the financial calculation, figures were based on local German prices at the time of the trial. The NGP group had a total gain of €1,209.50. The cost of the NGP was €391.02. This resulted in a ROI of 2.2 : 1 (Table 3).

**Table 3.** Financial calculation

		Control group	NGP group	Δ
Trial period	d	29	29	
No. of birds at start		41,200	41,200	
Mortality	%	1.60	1.90	
No. of birds at end		40,541	40,417	
Final weight	g	1,618.10	1,654.90	
Total feed intake	kg	99,055.08	98,991.41	
FCR		1.51	1.48	
Additive cost	€/kg		3.95	
Feed price	€/kg	0.36	0.36	
Sales price	€/kg	0.94	0.94	
Sales quantity	kg	65,599.39	66,886.09	
Meat sales	€	61,663.43	62,872.93	1,209.50
Feed costs	€	35,659.83	35,636.91	-22.92
Additive costs	€		391.02	
Net revenue from meat sales (less feed cost)	€	26,003.60	26,845.00	841.40
<b>ROI</b>			2.2 : 1	

Organic acids may be exploited as growth promoters that enhance performance in broiler chickens possibly because of their beneficial antimicrobial effect. In addition, organic acids have a positive impact on the histology of the small intestine, thereby facilitating the nutrient absorption and growth performance in broiler chickens (Sheikh *et al.*, 2010). Using a combination of acids instead of single acids may be more beneficial due to a broader spectrum of activity (Van Immerseel *et al.*, 2003).

Phytochemicals are able to target pathogenic bacteria, reducing their number and improving the animal's growth performance (Rosa *et al.*, 2010).

The combination of organic acids and phytochemicals provides the animal with antimicrobial protection over different parts of the gastro-intestinal tract. The upper part of the gastro-intestinal tract is protected by the action of organic acids, while the distal part is mainly protected by the action of the phytochemical (Langhout, 2000).

The ability of the permeabilizing substance to damage the outer membrane of Gram-negative bacteria makes the bacteria more susceptible to antimicrobials (Alacomì, 2001) which leads to faster death of bacteria.

## Conclusion

Supplementation of the broiler diet with the combined NGP improved the growth performance of broilers. Including 1kg/ton of the combined NGP in the broiler feed was enough to enhance the growth performance of the broilers. From a financial point of view, adding the combined NGP at the inclusion level of 1kg/ton resulted in a ROI of 2.2 : 1 in this experiment.

## References

- Alakomi H.L. Weakening of the Gram-negative bacterial outer membrane. 2001. PhD, Helsinki, Norway.
- Brul, S.; Coote, P. Preservative agents in foods, mode of action and microbial resistance mechanisms. (1999). *Intl. J. Food Microbiology* 50 (1–2): 1–17
- Dibner, J. J.; Butin, P.. Use of organic acids as a model to study the impact of gut microflora on nutrition and metabolism (2002) *J. Appl. Poultry Res.* 11 (4).
- Domadia P., Swarup S., Bhunia A., Sivaraman J., Dasgupta D. Inhibition of bacterial cell division protein FtsZ by cinnamaldehyde. *Biochemical Pharmacology* 74. 2007. P.831-840.
- Hellweg P., Tats D., Männer K., Vahjen W. and J. Zentek. Impact of potassium diformate on gut flora of weaned piglets. 2006. *Proceedings of the Society of Nutritional Physiology* 15: 63.
- Roth, N., Germ, T., Klimitsch A., Urbaityte R., Nitsch S. Antibacterial activity of formic and propionic acids against *Salmonella* and *E. coli* and their influence on broiler performance. (2009). BOKU Symposium
- Rosa, L.A., Alvarez-Parrilla, E., González-Aguilar, G.A. (eds.) *Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry, Nutritional Value and Stability*. 2010. Wiley-Blackwell
- Sheikh A., Tufail B., Gulam Ahmad B., Masood Saleem M., Manzood R. Effect of dietary supplementation of organic acids on performance, intestinal histomorphology and serum Biochemistry of broiler chicken. 2010. *Veterinary Medicine International Volume* 2010, Article ID 479485, P. 7
- Van Immerseel F., Russel J.B., Flythe M.D., Gantois I., Timbermont L., Pasmans F., Haesebrouck F., Ducatelle R., The use of organic acids to combat salmonella in poultry: a mechanistic explanation of the efficacy. *Avian Pathology*. 2006, Article ID CAVP-2006-0023

### Corresponding author

MV Sc Attila Kovács  
Biomin Holding GmbH  
Industriestrasse 21, A-3130 Herzogenburg  
attila.kovacs@biomin.net

# Phytogene Zusatzstoffe: Futtermittelverwertung im Vergleich zu antibiotischen Leistungsförderern

Rainer Aschenbroich<sup>1</sup>, Inge Heinzl<sup>2</sup>

EW Nutrition GmbH<sup>1,2</sup>

## Einleitung

Im Gegensatz zu Tieren haben Pflanzen nicht die Möglichkeit, bei Gefahr wegzulaufen. Deshalb entwickelten sie im Laufe der Evolution wichtige multifunktionelle Mechanismen, um das Überleben der Art zu gewährleisten.

Diese Mechanismen basieren auf einer Kombination von Inhaltsstoffen mit spezifischen biologischen Eigenschaften, die nicht in den allgemeinen Energiestoffwechsel involviert sind. Sie helfen der Pflanze jedoch, im natürlichen Selektionsprozess zu bestehen. Es handelt sich dabei z. B. um Duftstoffe, die Insekten für die Bestäubung anziehen oder um Verteidigungsmechanismen gegen Mikroorganismen (z.B. Schimmelpilze) oder Pflanzenfresser.

Die Menge und die Zusammensetzung dieser sekundären Pflanzeninhaltsstoffe werden bestimmt durch

- pflanzeneigene Faktoren wie Genetik oder Wachstumsstadium auf der einen und
- externe Faktoren wie Klima, Wetter und Bodenverhältnisse auf der anderen Seite.

Dabei können sich die verschiedenen aktiven Substanzen gegenseitig beeinflussen. Die spezielle Kombination bestimmt die Intensität der Wirkung. Dabei wird eine signifikante Mitwirkung von Substanzen, die nur in sehr geringen Konzentrationen vorkommen, vermutet (Westendarp, 2007). Auch ist davon auszugehen, dass eine Substanz in ihrer isolierten oder sogar synthetisierten Form eine andere Wirkung hat als im Zusammenspiel mit den anderen Komponenten in der Pflanze.

Safrol z.B. ist als Einzelsubstanz giftig für Leber und Niere und gilt außerdem als karzinogen. Wenn es als Inhaltsstoff von schwarzem Pfeffer oder Muskatnuss konsumiert wird, sind toxische Effekte dieser Art nicht bekannt.

Im Zuge der menschlichen Geschichte – insbesondere in der Heilkunde – wird das Wissen um diese Stoffe bzw. ihre „heilende“ und „lindernde“ Wirkung schon seit mehreren Jahrtausenden eingesetzt und hat eine lange Tradition (beschrieben im Buch *De Materia Medica* von Pedanios Dioscurides, geb. ca. 50 n. Chr. oder in den Abhandlungen von Hildegard von Bingen (1098 - 1179) „*Causae et curae*“, „Physica“).

Dieses Wissen über die therapeutische Wirkung von Pflanzen und ihren Bestandteilen hat die Aufmerksamkeit vieler Forschungsbereiche auf sich gezogen. Eine immer weiter wachsende Anzahl von weltweiten wissenschaftlichen Studien zeigt, dass der Einsatz bestimmter sekundärer Pflanzenstoffe im Futter zu einer positiven Beeinflussung von Tageszunahmen und Futtermittelverwertung führt. Dabei wird immer häufiger auch über antimikrobielle Effekte berichtet.

## Material und Methoden

**Versuch 1** (durchgeführt am Zootechnischen Institut, Agrarwissenschaftliches Zentrum der Bundesuniversität Viçosa, Brasilien):

Fragestellung: Wie gut kann eine Mischung aus ätherischen Ölen und Pflanzenextrakten im Vergleich zu in Brasilien üblichen antibiotischen Leistungsförderern die Futterverwertung beeinflussen?

Dazu wurden Küken der Rasse Cobb in einer komplett randomisierten Blockanlage aufgeteilt in 5 verschiedene Behandlungen (s. Tab. 1) mit jeweils 8 Wiederholungen und 20 Tieren pro Gruppe. Die Blöcke wurden entsprechend der Anfangsgewichte eingeteilt. Die für den Versuch eingesetzten Rationen wurden den ernährungsphysiologischen Anforderungen gemäß, 10% niedriger als bei Rostagno et al. (2011) empfohlen, zusammengestellt.

Tabelle 1: Versuchsaufbau

	Aufzuchtphase		
	Tag 1-21	Tag 22-35	Tag 36-46
Kontrolle	Kein Zusatz	Kein Zusatz	Kein Zusatz
Tylosin	40 ppm	40 ppm	Kein Zusatz
BMD	110 ppm	110 ppm	Kein Zusatz
Enramycin	8 ppm	8 ppm	Kein Zusatz
Activo®	100 ppm	100 ppm	100 ppm

Die Tiere wurden 45 Tage lang in Käfigen mit schon gebrauchten Hobelspänen gehalten. Die Käfige wurden vor und während des Versuches nicht gereinigt, um einen möglichst starken Angriff auf die Gesundheit der Tiere zu erzielen. An den Tagen 11, 14, 17 und 24 stand den Küken nur verschmutztes Trinkwasser (15g schmutzige Einstreu / 1 L Wasser) zur Verfügung.

Neben den Parametern Futteraufnahme, Zuwachs und Endgewicht wurde die Futterverwertung untersucht. Für die statistische Auswertung wurde ein von der Universität Viçosa entwickeltes System verwendet.

**Versuch 2** (durchgeführt an der Hochschule Osnabrück im Rahmen einer Bachelorarbeit)

Fragestellung: Der Einfluss von ätherischen Ölen und Extrakten auf die Leistungsparameter von Masthühnern unter definierten Bedingungen.

Für den Versuch wurden 780 männliche Mastküken der Linie ROSS 308 mit einem durchschnittlichen Lebendgewicht von 43g eingestallt und auf die vier Gruppen (Kontrolle (K), Versuchsgruppe (VG) 1, VG 2 (Activo®), VG 3) aufgeteilt. Diese vier Gruppen wurden jeweils nochmals in 10 Untergruppen unterteilt und gleichmäßig im Stall angeordnet, um standortspezifische Einflüsse auszugleichen.

Alle Gruppen erhielten dasselbe Futter, den Versuchsgruppen wurde jedoch zusätzlich die vom Hersteller empfohlene Dosis des jeweiligen pflanzlichen Futterzusatzes hinzugefügt:

VG 1: 100 mg eines Mitbewerberproduktes pro kg Futter.

VG 2: 100 mg Activo® pro kg Futter. Activo® ist ein mikroverkapselter pflanzlicher Futterzusatz mit einer speziellen Kombination aus verschiedenen ätherischen Ölen und Extrakten.

VG 3: 300 mg eines weiteren Mitbewerberproduktes pro kg Futter.

Es wurden unter anderem die Parameter „Tägliche Zunahmen“ und „Futterverwertung“ untersucht.

## Ergebnisse und Diskussion

**Versuch 1:** Nach 45 Tagen zeigte sich sowohl bei den Versuchsgruppen mit Antibiotika als auch bei der Versuchsgruppe mit Activo® im Vergleich zur Kontrollgruppe eine signifikant ( $P < 0,05$ ) bessere Futtermittelverwertung (Abb. 1). Die Antibiotika wurden, um Praxisbedingungen zu simulieren, eine Woche vor Versuchsende abgesetzt. Dies resultierte in einer Verschlechterung der Futtermittelverwertung. Activo®, für das keine Wartezeit erforderlich ist und das dementsprechend nicht abgesetzt wurde, konnte die gute Futtermittelverwertung aufrechterhalten.

Dieser Versuch zeigt das hohe Potential von ätherischen Ölen und Pflanzenextrakten und hier speziell Activo® in Bezug auf die Futtermittelverwertung. Außerdem könnte in Ländern wie Brasilien, wo grundsätzlich Antibiotika als Leistungsförderer erlaubt sind, eine Substanz wie Activo® die Verschlechterung der Futtermittelverwertung nach Absetzen der antibiotischen Leistungsförderer (Wartezeit!) kompensieren.

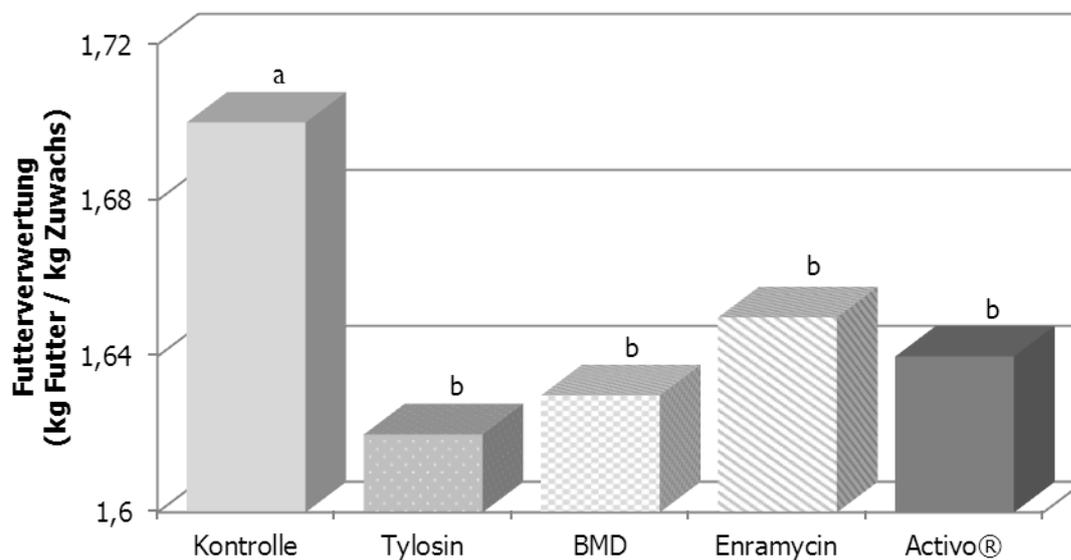


Abbildung 1: Durchschnittliche Futtermittelverwertung beim Einsatz von drei verschiedenen antibiotischen Leistungsförderern und Activo®

**Versuch 2:** Bei den täglichen Zunahmen (Tab. 2) zeigte sich, dass in Versuchsgruppe 1 (Mitbewerberprodukt) im Vergleich zu den anderen Versuchsgruppen in jeder Wachstumsphase niedrigere tägliche Zunahmen erzielt wurden. Diese niedrigeren Werte setzten sich auch – teilweise signifikant – gegenüber der Kontrollgruppe fort.

**Tabelle 2:** Durchschnittliche tägliche Zunahmen in den jeweiligen Gruppen (g / Tag)

	Tag 1 – 8	Tag 9 – 26	Tag 27 – 33	Tag 1 – 33
Kontrolle	17,82 ± 2,08 <sup>a</sup>	62,96 ± 7,21 <sup>ad</sup>	104,07 ± 13,30 <sup>ab</sup>	60,74 ± 5,95 <sup>a</sup>
VG 1	16,93 ± 2,08 <sup>b</sup>	61,54 ± 7,20 <sup>a</sup>	100,80 ± 13,01 <sup>a</sup>	59,06 ± 5,95 <sup>b</sup>
VG 2	17,61 ± 2,08 <sup>a</sup>	64,94 ± 7,21 <sup>bc</sup>	105,04 ± 13,01 <sup>b</sup>	61,97 ± 5,94 <sup>a</sup>
VG 3	17,78 ± 2,08 <sup>a</sup>	64,54 ± 7,20 <sup>dc</sup>	102,57 ± 13,00 <sup>ab</sup>	61,28 ± 5,94 <sup>a</sup>

\* Irrtumswahrscheinlichkeit  $p \leq 0,05$ , signifikante Differenzen sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet.

Bei Betrachtung des gesamten Fütterungszeitraumes zeigte sich bei der Futtermittelverwertung (Tab. 3), dass Versuchsgruppe 2 (Activo<sup>®</sup>) sich signifikant besser im Vergleich zur Kontrollgruppe und zu den beiden anderen Versuchsgruppen darstellt.

Bei Betrachtung der einzelnen Wachstumsabschnitte treten in der Starterphase (Tag 1 – 8) keine Unterschiede auf. Mit zunehmendem Alter jedoch verstärkt sich der Unterschied zwischen Activo<sup>®</sup> und den Mitbewerberprodukten bzw. der Kontrolle.

**Tabelle 3:** Durchschnittliche Futtermittelverwertung (kg Futter / kg Zuwachs)

	Tag 1 – 8	Tag 9 – 26	Tag 27 – 33	Tag 1 – 33
Kontrolle	1,217 ± 0,206 <sup>a</sup>	1,503 ± 0,151 <sup>a</sup>	1,740 ± 0,274 <sup>ab</sup>	1,577 ± 0,137 <sup>a</sup>
VG 1	1,233 ± 0,207 <sup>a</sup>	1,489 ± 0,152 <sup>a</sup>	1,746 ± 0,277 <sup>ab</sup>	1,563 ± 0,138 <sup>a</sup>
VG 2	1,226 ± 0,208 <sup>a</sup>	1,435 ± 0,153 <sup>b</sup>	1,669 ± 0,277 <sup>a</sup>	1,500 ± 0,138 <sup>b</sup>
VG 3	1,212 ± 0,209 <sup>a</sup>	1,475 ± 0,154 <sup>ab</sup>	1,751 ± 0,278 <sup>b</sup>	1,554 ± 0,139 <sup>a</sup>

\* Irrtumswahrscheinlichkeit  $p \leq 0,05$ , signifikante Differenzen sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet.

## Schlussfolgerung

Die Versuche zeigen das hohe Potential von phytogenen Stoffen, auch im Vergleich zu antibiotischen Leistungsförderern, auf, die Futtermittelverwertung zu optimieren. Dieser Effekt wird umso größer, je besser man in der Lage ist, die „richtigen“ standardisierten sekundären Pflanzeninhaltsstoffe wie ätherische Öle, Scharfstoffe und andere in einer der Tierart angepassten Kombination mit einer entsprechenden Herstellungstechnologie zu verwenden.

## Literatur

- Stärk, F. (2012): Einfluss des phytogenen Futterzusatzes Activo® auf die Mastleistung bei Broilern; Bachelorarbeit an der Hochschule Osnabrück.
- Teixeira Albino, L.F.; Hannas, M.I.; Rostagno, H.S.; Reis de Carvalho, B.; Neto, A.(2012): Experiment comparing antibiotic growth promoters and Activo in broilers. Final Report; Universidade Federal de Viçosa; Centro de Ciências Agrárias; Departamento de Zootecnia.
- Westendarp, H. (2007): Zum Einsatz phytogener Zusatzstoffe in der Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. Habilitationsschrift, Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften., Fachgebiet Tierernährung und Tiergesundheit.

### Autorenanschrift

Rainer Aschenbroich  
EW Nutrition GmbH  
Hogenbögen 1  
49429 Visbek  
Tel.: 04445-9868-117  
rainer.aschenbroich@ew-nutrition.com

# Effects of specific phytogetic feed additives on performance characteristics of growing quails

Monika Korzekwa<sup>1</sup>, Malte Lohölter<sup>1</sup>, Miriam Würzbach<sup>1</sup>, Bernhard Eckel<sup>1</sup>, Karl-Heinz Südekum<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dr. Eckel GmbH, Niederzissen, Germany

<sup>2</sup>Institute of Animal Science, University of Bonn, Germany

## Introduction

A steadily growing global population and the associated increasing demand for high quality food products of animal origin in combination with limited resources challenge current and future livestock production worldwide and substantiate the need to further improve the efficiency of animal nutrition. At the same time, animal production has to face the increasing importance of topics such as product safety, sustainability and animal welfare. Concerns about an excessive application of antibiotics and the potential development of antimicrobial resistance led to the general ban of all antibiotic growth promoters in the European Union in 2006. However, this position is not restricted to Europa as similar considerations led to a gradual reduction of the previously allowed 44 different antibiotics used in South Korean feed from 2005 culminating in the first total ban of antibiotic growth promoters by an Asian country in 2011. As a consequence, the global focus in poultry and pig nutrition is constantly shifting towards natural products able to improve animal health and productivity and to preserve the environment.

In poultry, the intestinal microflora of young chicks is often underdeveloped (Amit-Romach et al., 2004) and this relatively low microbial barrier can facilitate an increased prevalence of pathogens such as *E. coli*, *Salmonella spp.* or *Clostridium perfringens* and associated reductions in growth performance or health status. *Salmonella* are primarily found in the intestine but can survive in feces up to two years and are often related to diarrhea (Siegmann and Neumann, 2005). The dry matter concentration of feces may influence litter dry matter concentration and thus litter quality while feeding is known to be a major factor influencing feces composition (Kamphues et al., 2011).

Alternating consumer awareness and the demand for natural and sustainable solutions to the challenges arising from intensive animal production have induced a widespread search for effective alternative feed additives. Diverse plant extracts, herbs and spices have been used in traditional human medicine and are well known for their pharmacological action. However, in previous experiments the effects of the supplementation of several substances of plant origin to poultry diets were found to be inconsistent indicating the ongoing need for further improvement (Lee et al., 2004; Brenes and Roura, 2010). Therefore, the aim of the present study was to investigate the efficacy of Anta<sup>®</sup>Phyt BLT, a phytogetic feed additive, in growing quails.

## Materials and methods

A feeding experiment was performed at the Institute of Animal Science in Bonn, Germany. A total of 176 14-day old quail chicks of both sexes were randomly allocated to 4 groups of 44 animals each. Throughout the trial, the animals were kept in cages and all birds were fed a basal diet supplemented with 200 mg/kg Anta<sup>®</sup>Phyt BLT, 400 mg/kg Anta<sup>®</sup>Phyt BLT and 120 g of a phytogetic feed additive defined as positive control, respectively. Anta<sup>®</sup>Phyt BLT is a commercially available natural feed additive composed of prebiotic substances, essential oils, plant extracts as well as grape marc and

grape pomace rich in polyphenols (Dr. Eckel GmbH, Niederrissen, Germany). Animal weight gain, feed intake and feed conversion ratio and the concentration of feces dry matter were determined. Statistical analyses were performed via ANOVA using IBM SPSS Statistics 21 software. Differences between means were determined applying a Scheffe test for post-hoc Analysis. Statistical differences were considered significant at  $P < 0.05$ , trends were proclaimed at  $P < 0.10$ .

## Results

The investigated treatments including the two tested dosages of Anta®Phyt BLT and the positive control were found to significantly increase animal weight gain during weeks one and two of the present experiment (Figure 1). Though not statistically significant, the supplementation of Anta®Phyt BLT was related to a nominal improvement of quail weight gain during weeks 3 and 4 leading to a 9 % difference between the group treated with 400 mg/kg of the investigated phytogetic and the negative control group.

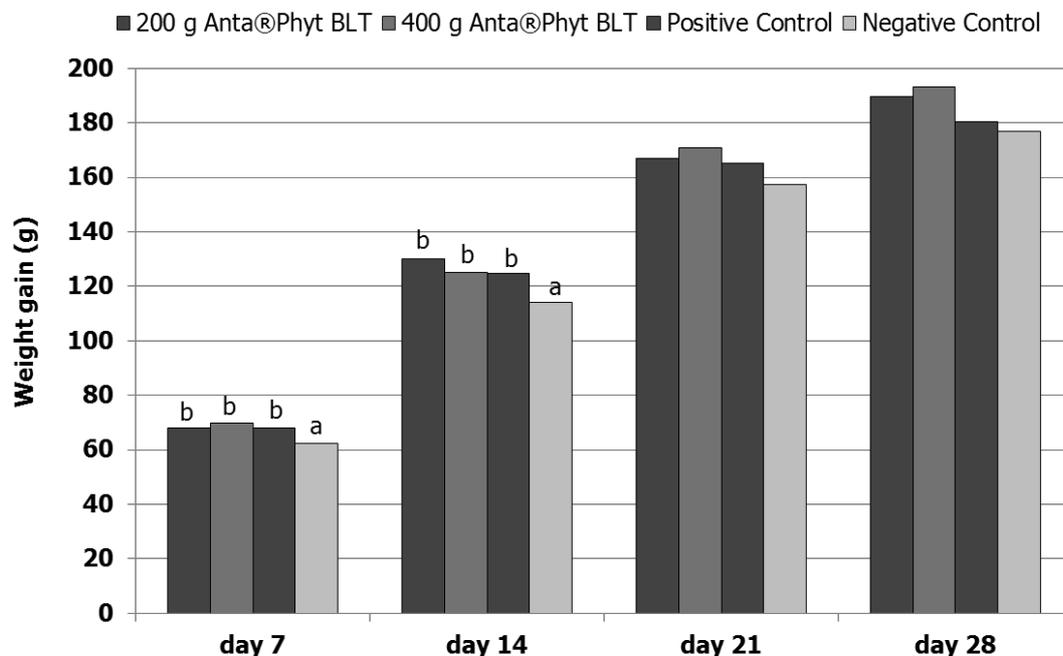


Figure 1: Effects of Anta®Phyt BLT on the growth performance of quails in comparison to both a positive and a negative control. <sup>ab</sup>Means with different superscripts indicate significant differences.

The feed conversion rate generally increased in the course of the experiment as illustrated in figure 2. The nominal differences seemed to indicate a lower feed conversion rate in the two groups supplemented with the investigated product than in the control groups at day 28.

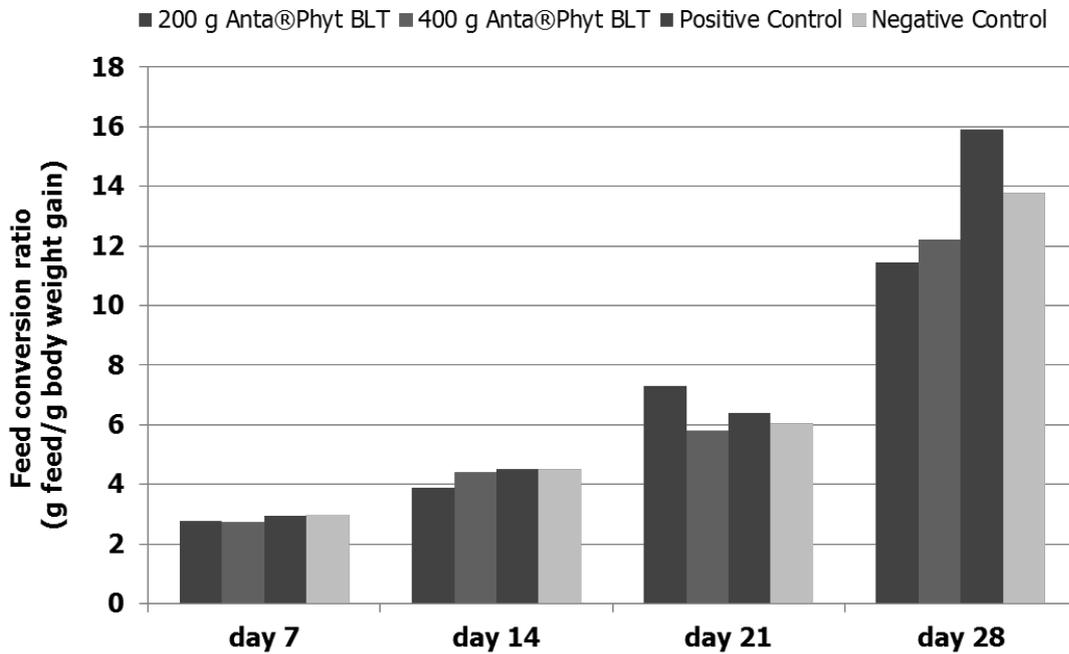


Figure 2: Effects of Anta®Phyt BLT on the feed conversion ratio of quails in comparison to both a positive and a negative control

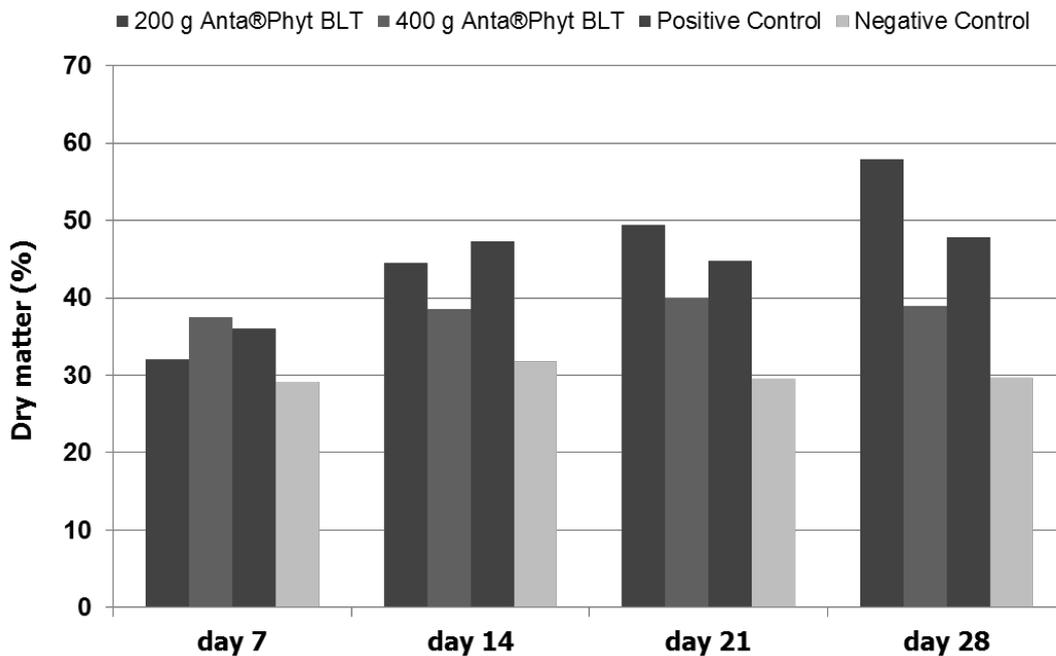


Figure 3: Effects of Anta®Phyt BLT on feces dry matter concentration of quails in comparison to both a positive and a negative control

Feces dry matter concentration was generally characterized by a relatively high variation and partially relatively high nominal differences between the dietary treatments were observed (Figure 3). A constant tendency seemed to establish during days 21 and 28 of the experiment with the highest feces dry matter concentration in the group treated with 200 mg/kg Anta<sup>®</sup>Phyt BLT and the lowest concentration in the negative control group.

## Discussion

A rising number of quails is kept for meat and egg production, experimental use and as companion birds. Quails are susceptible to diverse infectious and non-infectious diseases and many of those health problems are similar to those observed in broiler and turkey production (Barnes, 1987).

In previous experiments, different secondary plant compounds such as polyphenols were described to have strong anti-oxidative properties (Nakatani, 2000; Wei and Shibamoto, 2007). Such anti-oxidative effects may not only be beneficial in protecting feed lipids from oxidative damage and in improving the quality of animal-derived products (Young et al., 2003; Windisch et al., 2008). Supplements rich in substances from the group of flavonoids may as well lead to an increased feed efficiency and weight gain of monogastric species because controlling oxidative stress can consume a high amount of energy (Gessner et al., 2013). In the present study, the supplementation of the tested phytogenic additive was related to an improved animal weight gain and feed conversion ratio. These benefits for quail growth performance were not clearly attributable to the anti-inflammatory mode of action as such interpretation would require the investigation of the cellular inflammatory response such as nuclear factor kappa B (NF- $\kappa$ B) and its target genes and the anti-inflammatory counterpart, nuclear factor-erythroid 2-related factor-2 (Nrf2) (Chen et al., 2006).

The results of former trials performed in order to evaluate the effects of plant-derived products such as essential oils on quail growth and laying performance were inconsistent. For example, Christaki et al. (2011) did not observe an effect of adding different amounts of anise on laying performance, egg quality or egg yolk color of quails. However, the use of high levels of up to 2 % of plant extracts derived from caraway were reported to improve daily weight gain and feed conversion of growing quails (Jafari, 2011). In contrast, the present results indicated that selected blends of phytogenic substances such as essential oils, plant extracts and polyphenols are efficient at lower dosages of 200 and 400 mg/kg equaling 0.2 and 0.4 % of the diet, respectively.

Feces dry matter concentration is likely to influence litter dry matter concentration and thus indirectly impact animal health status. Though promising results of phytogenic substances on feces dry matter concentration of broiler were observed in previous trials, the obtained results were found to be variable indicating the need of further improvement (Hernandez et al., 2004; Sarica, 2005).

## Conclusions

In conclusion, the investigated phytogenic feed additive Anta<sup>®</sup>Phyt BLT can improve growth performance, feed conversion ratio and feces dry matter concentration of quails and thus contribute to an increased efficiency of quail production.

## Literature

- Amit-Romach E, Sklan D and Z Uni (2004). Microflora Ecology of the Chicken Intestine Using 16S Ribosomal DNA Primers. *Poultry Science* 83:1093-1098
- Barnes HJ (1987). Diseases of quail. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* 17:1109-1144
- Brenes A and E Roura (2010). Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. *Animal Feed Science and Technology* 158:1-14
- Chen XL, Dodd G, Thomas S, Zhang X, Wasserman MA, Rovin BH and Kunsch C (2006). Activation of Nrf2/ARE pathway protects endothelial cells from oxidant injury and inhibits inflammatory gene expression. *Heart and Circulatory Physiology – American Journal of Physiology* 290:1862-1870
- Christaki EV, Bonos EM and PC Florou-Paneri (2011). Use of anise and/or  $\alpha$ -tocopheryl acetate in laying Japanese quail diets. *South African Journal of Animal Science* 41:126-133
- Gessner DK, Fiesel A, Most E, Dinges J, Wen G, Ringseis R and K Eder (2013). Supplementation of a grape seed and grape marc meal extract decreases activities of the oxidative stress-responsive transcription factors NF- $\kappa$ B and NrF2 in the duodenal mucosa of pigs. *Acta Veterinaria Scandinavica* 55:18
- Hernandez F, Madrid J, Garcia V, Orengo J and MD Megias (2004). Influence of two plant extracts on broilers performance, digestibility, and digestive organ size. *Poultry Science* 83:169-174
- Jafari B (2011). Influence of caraway on improve performance and blood parameters of Japanese quails. *Annals of Biological Research* 2:474-478
- Kamphues, J, Youssef I, Abd El-Wahab A, Üffing B, Witte M and M Tost (2011). Einflüsse der Fütterung und Haltung auf die Fußballengesundheit bei Hühnern und Puten. *Übersichten Tierernährung* 39:147-195
- Lee KW, Everts H and AC Beynen (2004). Essential Oils in Broiler Nutrition. *International Journal of Poultry Science* 3:738-752
- Nakatani N (2000). Phenolic antioxidants from herbs and spices. *Biofactors* 13:141-146
- Sarica S, Ciftci A, Demir E, Kilinc K and Y Yildirim (2005). Use of an antibiotic growth promotor and two herbal natural feed additives with and without exogenous enzymes in wheat based broiler diets. *South African Journal of Animal Science* 35:61-72
- Siegmann O and U Neumann (2005). *Kompendium der Geflügelkrankheiten*. Schlüterscher Verlag, pp. 208-210
- Wei A and T Shibamoto (2007). Antioxidant activities and volatile constituents of various essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55:1737-1742
- Windisch W, Schedle K, Plitzner C and A kroismayr (2007). Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science* 86:140-148
- Young JF, Stagsted J, Jensen SK, Karlsson AH and P Henkel (2003). Ascorbic acid, alpha-tocopherol, and oregano supplements reduce stress-induced deterioration of chicken meat quality. *Poultry Science* 82:1343-1351

### Corresponding author

Dr. Malte Lohölter  
Product management and development  
Im Stiefelfeld 10  
56651 Niederzissen, Germany  
Phone +40 (0) 2636 9749 29  
m.lohoelter@dr-eckel.de  
www.dr-eckel.de

Anta®Phyt



# Feed Green!

**NEW: Anta®Phyt** – The natural alternative in nutrition

**Für die innovative Tierernährung bieten wir jetzt** eine rein pflanzliche Lösung. Anta®Phyt: Dank zukunftsorientierter Technologie von Dr. Eckel fein abgestimmt auf die Bedürfnisse unserer Nutztiere.

Schnell Infos anfordern. Wir beraten Sie gerne!

**For innovative animal nutrition we now provide** a purely plant based solution. Anta®Phyt: Fine-tuned for the requirements of our livestock animals thanks to the future oriented technology by Dr Eckel.

Order information now! We are happy to advise you.

Anta®Phyt Aqua



Anta®Phyt BLT



Anta®Phyt MO



Anta®Phyt RU



Dr. Eckel GmbH, Postfach 20, D-56649 Niederrissen  
Telefon +49 2636 9749-0, [www.dr-eckel.de](http://www.dr-eckel.de)

**Anta®Phyt**



**DR. ECKEL**  
creative solutions

# Modulation der Qualitätsmerkmale von Karreefleisch durch die Fütterung von hohen Selen- und Mangankonzentrationen in der Mastschweineration

Florian Furtner<sup>1</sup>, Wolfgang Wernert<sup>2</sup>, Wolfgang Wetscherek<sup>1</sup>, Christiane Schwarz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut für Tierernährung, Tierische Lebensmittel und Ernährungs-physiologie, IFA-Tulln, BOKU Wien, Österreich

<sup>2</sup> Fleisch-Technologiezentrum, Hollabrunn, Österreich

## Einleitung

Um die Fleischqualität zu charakterisieren werden seit Jahrzehnten neben sensorischen Eigenschaften auch Faktoren wie pH-Wert, Farbe, Marmorierung, Feinfaserigkeit usw. verwendet. Unter anderem wird die Beurteilung von Schweinefleisch mit PSE- und DFD-Kondition mittels Grenzwertüber- bzw. -unterschreitungen von pH-Wert und Dripverlust durchgeführt (Branscheid et al., 2007). Zusätzlich ist auch die Stabilität der Nahrungsfette und Membranlipide von Bedeutung. Die Lipidperoxidation ist eine der Hauptgründe für Qualitätseinbußen von Fleisch und beeinflusst somit direkt Geschmack, Farbe, Nährstoffgehalt, Textur, Haltbarkeit und in weiterem Sinne auch die Lebensmittelsicherheit. Eine der wichtigsten Fragen der fleischverarbeitenden Lebensmittelindustrie ist, mit welcher Methode die Lipidperoxidation – und somit auch der Qualitätsverlust bei der Lagerung – reduziert und verlangsamt werden kann (Buckley et al., 1995). Die Spurenelemente Selen und Mangan können als Cofaktoren von antioxidativen Enzymen Auswirkungen auf die oxidative Stabilität des tierischen Organismus und darüber hinaus auch der daraus produzierten tierischen Lebensmittel haben. Selen als Bestandteil der Glutathionperoxidase (Kirchgeßner et al., 2008) und Mangan als Bestandteil der Mn-abhängigen Superoxid-Dismutase (Jeroch et al., 2008) können dabei an der antioxidativen Wirkung beteiligt sein, indem sie die Entstehung von Lipidperoxiden verhindern oder bereits entstandene Peroxide abfangen.

Eine bedarfsgerechte Fütterung der Nutztiere mit essentiellen Spurenelementen gewährleistet die nötige antioxidative Enzymaktivität zur Aufrechterhaltung der oxidativen Stabilität bei durchschnittlicher Belastung (GfE, 2006). Darüber hinaus zeigen Studien mit ausgewählten Spurenelementen, dass es möglich ist bei bedarfsüberschreitender Fütterung diese Enzymaktivität zu steigern (Kim und Mahan, 2001). Aus diesem Grund wurden in einem Fütterungsversuch mit zweifaktoriellem Versuchsansatz die maximale in der EU erlaubten Selen- und Mangankonzentrationen im Vergleich zur bedarfsgerechten Fütterung bei Mastschweinen untersucht (Mair, 2013). Die dabei gewonnenen Karreefleischproben sollten im vorliegenden Versuch unter Retail-Bedingungen gelagert und der Einfluss der Se- und Mn-Konzentrationen auf die pH-Entwicklung, den Gewichtsverlust sowie die Ausprägung von Lipidperoxidation im Fleisch untersucht werden. Zusätzlich sollte der Fütterungseinfluss auf sensorische Parameter erhoben werden.

## Material und Methoden

Tiere und Haltung: Das verwendete Probenmaterial wurde aus einem Experiment, das an der österreichischen Schweineprüfanstalt (Streitdorf, Niederösterreich) durchgeführt wurde, gewonnen. Bei diesem Fütterungsversuch wurden 60 weibliche Mastschweine (ÖHYB) mit einem Gewicht von

Ø 32,4±0,3kg nach Wurf und Lebendmasse auf vier Versuchsgruppen aufgeteilt. Je Versuchsgruppe wurden 15 Schweine in je drei Boxen (5 Schweine/Box) gehalten (Mair, 2013).

**Fütterung:** Die Kontrollgruppe (Kontrolle) wurde mit Selen- und Mangangehalten nach der Empfehlung der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE, 2006) versorgt. Wie in Tabelle 1 ersichtlich, wurden die Versuchsgruppen Selen (Se), Mangan (Mn) und eine Mischung von Selen und Mangan (Se+Mn) mit innerhalb der EU erlaubten Höchstgehalten (EC, 2003) von anorganischem Selen bzw. Mangan gefüttert.

**Tabelle 1:** Versuchsdesign der Versuchsgruppen

Versuchsgruppe		Kontrolle	Se	Mn	Se+Mn
Tiere	n	15	15	15	15
Boxen	n	3	3	3	3
Selen <sup>1</sup>	mg/kg T	0,2	0,5	0,2	0,5
Mangan <sup>2</sup>	mg/kg T	20	20	150	150

<sup>1</sup> Selen: 0,12 bzw. 0,40mg Se/kg FM in Form von Natriumselenit supplementiert, angenommener nativer Selengehalt in der Ration: 0,06mg Se/kg FM

<sup>2</sup> Mangan: 5 bzw. 120mg Mn/kg FM in Form von Manganoxid supplementiert, angenommener nativer Mangangehalt in der Ration: 13mg Mn/kg FM

Die Basisration setzte sich hauptsächlich aus Gerste, Mais und Sojaextraktionsschrot zusammen und wurde lose verabreicht. Die Soll-Nährstoffgehalte der Alleinfuttermischungen (mit Ausnahme von Se und Mn in den Versuchsgruppen) entsprachen den Bedarfsnormen der GfE (GfE 2006). Bis die Versuchstiere eine durchschnittliche Lebendmasse von 60,1±0,9kg erreichten wurde ein Vormastfutter (13,4MJ ME/kg, 16,4% Rohprotein) angeboten, danach wurde ein Endmastfutter (13,5MJ ME/kg, 14,3% Rohprotein) ad libitum gefüttert (Tabelle 2).

**Tabelle 2:** Soll-Nährstoffgehalte der Alleinfuttermischungen in der Frischmasse

		Vormast	Endmast
ME	MJ/kg	13,4	13,5
Rohprotein	%	16,4	14,3
Pcv Lysin	%	0,94	0,73
Pcv Methionin	%	0,30	0,22
Pcv Threonin	%	0,63	0,50
Pcv Tryptophan	%	0,19	0,15
Ca	%	0,68	0,57
Verdaulicher P	%	0,32	0,29
Na	%	0,15	0,15

**Datenerhebung und Analytik:** Die Tiere wurden mit einer Lebendmasse von 116±0,2kg an der österreichischen Schweineprüfanstalt geschlachtet und die Schlachtleistungsparameter erhoben (Mair, 2013). Als Versuchsmaterial wurde der M. longissimus (kurzes linkes Karree ohne Knochen und Fettauflage) verwendet. Die Muskelproben wurden 24h post mortem gezogen und in vier 1,5cm dicke Schnitten aliquotiert, wobei ein Stück für die Sensorik und drei Stücke für den Lagerungsversuch (Tag0, Tag7hell, Tag7dunkel) verwendet wurden. In den Tag0 Proben wurde der pH<sub>Tag0</sub>-Wert mittels testo 206 pH-Messgerät an zwei zentralen Stellen im M. longissimus gemessen, danach wurden die Proben vakuumiert und bei -20°C für die weiteren TBARS-Analysen gelagert. Der erhobene pH<sub>Tag0</sub>-Wert entspricht dabei dem Schlachtleistungsparameter pH<sub>24</sub>-Wert. Die Proben Tag7hell und Tag7dunkel wurden gewogen, vakuumiert und für sieben Tage bei 4-5°C im Kühlraum gelagert, wobei die Tag7dunkel Proben, mittels Alufolie geschützt, keinem Lichteinfluss unterlagen. Hingegen wurden die Tag7hell Proben unter zwei Frischfarben-Leuchtstoffröhren bei 500-700lx gelagert. Nach sieben Tagen wurden die Tag7hell und Tag7dunkel Proben aus dem Vakuumbutel entnommen, mittels

Zellstoff von anhaftender Flüssigkeit befreit und zur Bestimmung des Gewichtsverlustes rückgewogen. Danach wurde an drei Stellen der pH-Wert gemessen und die Proben vakuumiert bei -20°C gelagert. Als pH-Wert wurde der Mittelwert der zwei bzw. drei Messungen herangezogen.

Die oxidative Stabilität wurde mittels TBARS-Methode (Thiobarbituric Acid Reactive Substances) laut Ohkawa et al. (1979) mit kleineren Modifikationen ermittelt. Dabei wurden den faschierten Proben 1,15%ige KCl-Lösung und 0,3%iges BHT beigemischt und die Mischung homogenisiert. Zum Homogenat wurde 8,1%iges SDS, 20%ige Essigsäure und 0,8%ige 2-Thiobarbitursäure pipettiert und die Probe erwärmt. Danach wurde 1-Butanol hinzugefügt und die Butanol-Phase im Photometer bei 532nm gemessen. Bei der Lipidperoxidation wird unter anderem Malondialdehyd (MDA) gebildet. MDA reagiert mit Thiobarbitursäure (TBA) und es entsteht ein rosa gefärbtes Produkt, das sein Absorptionsmaximum bei 532nm hat (Jardine et al., 2002). Die TBARS-Konzentration wurde anhand einer Standardgeraden mit Malondialdehyd ermittelt.

Sensorik: Bei der Verkostung der 60 Sensorikproben wurden pro Durchgang eine Fleischprobe je Versuchsgruppe (Kontrolle, Se, Mn, Se+Mn) sensorisch geprüft. Die sensorischen Analysen wurden von einem sechsköpfigen Prüfpanel durchgeführt. Das Bewertungsschema richtete sich nach der DLG Prüfmethode und nach Ristic (2010). Die Prüfpersonen bewerteten sowohl die objektiven Merkmale Zartheit und Saftigkeit, als auch die subjektiven Merkmale Aroma/Geschmack. Diese Merkmale wurden mittels einer 6-Stufen-Skala bewertet, wobei eine höhere Punktzahl einer besseren Bewertung entsprach. Außerdem wurde der Gesamteindruck (Rang) innerhalb eines Durchgangs erhoben. Der Gesamteindruck wurde mittels einer 4-Stufen Skala erhoben, wobei eine niedrigere Punktzahl eine bessere Bewertung bedeutet.

Statistik: Die Parameter zu den einzelnen Versuchszeitpunkten wurden mit SAS 9.2 (SAS, Inst, Inc., Cary, NC, USA) mit dem General Linear Model (proc GLM) statistisch ausgewertet. Es wurde ein zweifaktorielles Modell mit Wechselwirkung (Faktoren Se, Mn, Interaktion Se\*Mn) sowie dem fixen Effekt Wiederholung und Mastendgewicht gewählt. Zusätzlich wurde für die Parameter TBARS, Gewichtsverlust und pH-Wert die Procedure mixed von SAS angewendet, um den Gesamteinfluss der Fütterung – für beide Lagerarten und Termine – zu ermitteln. Die Procedure mixed enthielt daher zusätzlich, zu dem bei der Proc GLM verwendeten Modell, die Lagerung (Parameter Gewichtsverlust) bzw. Lagerung und Termin (Parameter TBARS und pH-Wert) als wiederholte Effekte. Die Sensorik wurde mittels Wilcoxon-Rangsummentest (NPAR1WAY) auf den Einfluss der vier Versuchsgruppen, von Selen bzw. von Mangan überprüft. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt in LS-Means +/- gepooltem Standard Error of Means (pSEM) für alle Parameter mit Ausnahme der Sensorik, bei welcher Means +/- pSEM verwendet werden. Das Signifikanzniveau liegt bei 0,05.

## Ergebnisse

Bei den Parametern pH-Wert und Gewichtsverlust (GV) ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen. Jedoch bewirkte der Faktor Mangan in der Ration einen tendenziell ( $p < 0,10$ ) niedrigeren  $pH_{\text{Tag0}}$ -Wert (Tabelle 3).

**Tabelle 3:** pH-Werte und Gewichtsverluste der Versuchsgruppen

		Versuchsgruppe				pSEM	p-Wert		
		K	Se	Mn	Se+Mn		Se	Mn	Se*Mn
pH <sub>Tag0</sub> -Wert		5,38	5,45	5,37	5,37	0,01	n.s.	(*)	n.s.
pH <sub>Tag7dunkel</sub> -Wert		5,38	5,39	5,39	5,40	0,01	n.s.	n.s.	n.s.
pH <sub>Tag7hell</sub> -Wert		5,38	5,38	5,37	5,37	0,01	n.s.	n.s.	n.s.
GV <sub>Tag7dunkel</sub>	%	6,96	6,71	6,78	6,80	0,20	n.s.	n.s.	n.s.
GV <sub>Tag7hell</sub>	%	5,32	5,21	5,20	5,83	0,13	n.s.	n.s.	n.s.

\*signifikant p<0,05; (\*) Tendenz p<0,10; n.s. nicht signifikant p>0,10; GV Gewichtsverlust

Die TBARS Werte in Tabelle 4 sind in µg TBARS pro g Fleisch (Frischmasse) dargestellt und zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen. Allein in den mit Mangan-supplementierten Gruppen ist bei Tag0 der TBARS Wert tendenziell höher.

**Tabelle 4:** TBARS Werte der Versuchsgruppen

TBARS		Versuchsgruppe				pSEM	p-Wert		
		K	Se	Mn	Se+Mn		Se	Mn	Se*Mn
Tag0	µg/g	1,59	1,63	1,68	1,81	0,04	n.s.	(*)	n.s.
Tag7hell	µg/g	1,74	1,82	1,83	1,99	0,04	n.s.	n.s.	n.s.
Tag7dunkel	µg/g	2,39	2,11	2,32	2,14	0,09	n.s.	n.s.	n.s.

\*signifikant p<0,05; (\*) Tendenz p<0,10; n.s. nicht signifikant p>0,10

Die Ergebnisse der Sensorikuntersuchungen sind in Tabelle 5 dargestellt. Die Untersuchungen ergaben keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Jedoch konnte beim Faktor Selen eine tendenziell schlechtere Bewertung für den Rang beobachtet werden.

**Tabelle 5:** Ergebnisse der Sensorik

Sensorik	Versuchsgruppe				pSEM	p-Wert		
	K	Se	Mn	Se+Mn		Se	Mn	VG
Zartheit	2,96	3,10	3,17	2,83	0,06	n.s.	n.s.	n.s.
Saftigkeit	3,08	2,99	3,12	2,98	0,06	n.s.	n.s.	n.s.
Aroma	3,07	3,28	3,12	3,19	0,04	n.s.	n.s.	n.s.
Rang	2,44	2,57	2,29	2,57	0,05	(*)	n.s.	n.s.

\*signifikant p<0,05; (\*) Tendenz p<0,10; n.s. nicht signifikant p>0,10; VG Versuchsgruppe

Die Procedure mixed zeigte für die Parameter pH-Wert und Gewichtsverlust keine signifikanten Unterschiede zwischen den experimentellen Faktoren Se und Mn. Im Gegensatz dazu kann man bei der Procedure mixed für den Lipidperoxidationsmarker beobachten, dass Mangan die TBARS-Werte über alle Lagerungs- und Termineinflüsse hinweg signifikant erhöht (p<0,05), wobei Selen auf die TBARS-Werte nur tendenziell erhöhend wirkt (p<0,10).

## Diskussion

Der ermittelte  $\text{pH}_{\text{Tag0}}$ -Wert, der dem  $\text{pH}_{24}$ -Wert der Schlachtleistungsparameter entspricht, liegt in allen Versuchsgruppen unter dem Grenzwert von 5,8 für DFD-Fleisch (Branscheid et al., 2005), somit kann ausgeschlossen werden, dass es sich um DFD-Fleisch handelt. Bei der Studie von Mahan et al. (1999) wurden verschiedene Selenkonzentrationen bei Mastschweinen (0,06-0,30mg Se/kg Futter, in organischer bzw. anorganischer Form) untersucht. Die erhobenen pH-Werte sind vergleichbar mit den  $\text{pH}_{\text{Tag0}}$ -Werten der vorliegenden Studie. Auch Mahan et al. (1999) beobachteten jedoch keinen Fütterungseinfluss von Selenkonzentration auf den  $\text{pH}_{24}$ .

Laut Branscheid et al. (2005) liegt der Dripverlust nach 24 Stunden bei PSE-Fleisch über einem Grenzwert von 5%. Bei den vorliegenden Ergebnissen wurde nach sieben Tagen Lagerung ein Gewichtsverlust von knapp über 5% beschrieben. Bei einer vergleichbaren Studie von Apple et al. (2005) lagen die Werte für Gewichtsverlust im Karree nach sechs Tagen um durchschnittlich 9%. In der Studie von Apple et al. (2005) wurde jedoch der Einfluss von höher als in der EU erlaubten Mengen an Mangan (350ppm und 700ppm Mangan als Mangansulfat) in der Mastschweineration untersucht, dabei ergab sich kein Einfluss durch die erhöhten Mangankonzentrationen.

Während des Lagerungsversuches über sieben Tage erhöhten sich allgemein die TBARS-Werte im Vergleich zur nicht-gelagerten Probe (Tag0). Zu diesem Ergebnis kamen auch Apple et al. (2005) und Apple et al. (2007). Im Gegensatz zu Apple et al. (2005) zeigte der experimentelle Faktor Mangan in unserer Studie jedoch trotz niedriger Supplementation signifikant ( $p < 0,05$ , proc mixed) höhere TBARS-Werte. Laut Younathan & Watts (1959) können Konsumenten ab einem Grenzwert von 2mg MDA/kg Fleisch einen ranzigen Geschmack wahrnehmen. Die vorliegende Untersuchung ergab TBARS-Werte über  $2\mu\text{g/g}$  im sieben Tage dunkel gelagerten Fleisch. Allgemein lagen die TBARS-Konzentrationen methodisch bedingt höher als Ergebnisse beispielsweise aus der Arbeitsgruppe Apple et al. (2005, 2007). Ob die Tag7dunkel-Proben jedoch bereits sensorische wahrnehmbare Veränderungen aufwiesen wurde in der vorliegenden Studie nicht untersucht. Generell zeigte der Faktor Mangan keinen statistisch beschreibbaren Einfluss auf die sensorischen Eigenschaften des Karreefleisches. Auch Selen wies keine signifikanten Einflüsse auf die objektiven Merkmale Zartheit und Saftigkeit, sowie auf die subjektiven Merkmale Aroma/Geschmack auf. Der tendenziell schlechtere Rang der Selengruppen könnte dennoch mitunter von den tendenziell erhöhten TBARS-Konzentrationen herrühren.

## Schlussfolgerungen

Während hohe Se-Gehalte höhere TBARS-Werte ( $p < 0,10$ , proc mixed) und schlechtere Konsumentenakzeptanz des Karrees ( $p < 0,10$ ) zeigten, führten hohe Mn-Gaben zu niedrigerem  $\text{pH}_{\text{Tag0}}$ -Wert ( $p < 0,05$ ) und zu erhöhten TBARS-Werten ( $p < 0,05$ , proc mixed). Eine über den Bedarf hinaus verbesserte antioxidative Kapazität konnte für die experimentellen Faktoren Selen und Mangan somit nicht nachgewiesen werden. Im Gegenteil könnten Selen- und Mangankonzentrationen am oberen legalen Limit sogar die Fleischqualität geringfügig beeinträchtigen.

## Danksagung

Die Autoren möchten sich bei der Landesberufsschule für Fleischer Hollabrunn für die Bereitstellung der Räumlichkeiten für den Lagerversuch bedanken.

## Literatur

- Apple J.K., Roberts W.J., Maxwell Jr. C.V., Boger C.B., Friesen K.G., Rakes L.K. und Fakler T.M. (2005): Influence of Dietary Manganese Source and Supplementation Level on Pork Quality during Retail Display. *Journal of Muscle Foods* 16 (2005) 207-222.
- Apple J.K., Roberts W.J., Maxwell Jr. C.V., Rakes L.K., Friesen K.G. und Fakler T.M. (2007): Influence of dietary inclusion level of manganese on pork quality during retail display. *Meat Science* 75 (2007) 640-647.
- Branscheid W., Honikel K.O., von Lengerken G. und Troeger K. (2007): *Qualität von Fleisch und Fleischwaren - Band2*. Deutscher Fachverlag GmbH, Frankfurt am Main.
- Buckley D.J., Morrissey P.A. und Gray J.I. (1995): Influence of Dietary Vitamin E on the Oxidative Stability and Quality of Pig Meat. *J. Anim. Sci.* 1995, 73:3122–3130.
- EC (2003): Regulation (EC) No 1831/2003. European Union Register of Feed Additives. Edition 157. Annex I -06.09.2013; [http://ec.europa.eu/food/food/animalnutrition/feedadditives/legisl\\_en.htm](http://ec.europa.eu/food/food/animalnutrition/feedadditives/legisl_en.htm).
- GfE (2006): Empfehlung zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. In: *Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere (Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, ed.)* p. 247. DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
- Jardine D., Antolovich M., Prenzler P.D. und Robards K. (2002): Liquid Chromatography-Mass Spectrometry (LC-MS) Investigation of the Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS) Reaction. *J. Agric. Food Chem.* 2002, 50, 1720-1724.
- Jeroch H., Drochner W. und Simon O. (2008): *Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere*. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, Stuttgart.
- Kim Y.Y. und Mahan D.C. (2001): Comparative effects of high dietary levels of organic and inorganic selenium on selenium toxicity of growing-finishing pigs. *J Anim Sci* 2001, 79:942-948.
- Kirchgeßner M., Roth F.X., Schwarz F.J. und Stangl G.I. (2008): *Tierernährung – Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis*. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- Mahan D.C., Cline T.R. und Richert B. (1999): Effects of dietary levels of selenium-enriched yeast and sodium selenite as selenium sources fed to growing-finishing pigs on performance, tissue selenium, serum glutathione peroxidase activity, carcass characteristics, and loin quality. *Journal of Animal Science* 1999, 77:2172-2179.
- Mair C. (2013): Wirkung hoher Selen- und Mangankonzentrationen im Futter auf zootechnische Parameter und die Schlachtleistung von Mastschweinen. 68. ALVA-Tagung, LFZ für Wein und Obstbau, 2013.
- Ohkawa H., Ohishi N. und Yagi K. (1979): Assay for Lipid Peroxides in Animal Tissues by Thiobarbituric Acid Reaction. *Analytical Biochemistry* 95: 351-358.
- Ristic M. (2010): Sensorik als Kriterium der Fleischqualität. *Fleischwirtschaft* Heft 2.
- Younathan M. T. und Watts B. (1959): Relationship of meat pigments to lipid oxidation. *Food Research*, 24, 728–734.

## Autorenanschrift

Florian Furtner, Christiane Schwarz  
Institut für Tierernährung, Tierische Lebensmittel und Ernährungsphysiologie  
Interuniversitäres Department für Agrarbiotechnologie  
Universität für Bodenkultur Wien  
Muthgasse 11, A-1190 Wien  
florian.1401@gmail.com, christiane.schwarz@boku.ac.at



# Food for FEET.™



When it comes to understanding the relationship between feet and animal performance, Zinpro leads the way. Whether it is cattle, pig, chickens, or horses - healthy feet mean less lameness, better welfare and superior performance.

Zinpro works closely with experts and universities around the world to research foot health. This has resulted in world-first programs, including First Step® and Feet First®, along with proof of the efficacy of our patented performance minerals.

Like to know more? Visit [zinpro.com](http://zinpro.com), or talk to a local representative.



PERFORMANCE MINERALS®



RETURN • RESPONSE • REPEATABILITY • RESEARCH • REASSURANCE

## Dusting potential of feeds in regard to cobalt release

**Grit Monse**

Retorte GmbH Selenium Chemicals & Metals, Röthenbach, Germany

### Introduction

Based on Regulation (EC) No 1831/2003 feed additives having been on the EU market before 2003 currently undergo a re-approval process. With the Implementation Regulation (EC) No 601/2013 the European Commission recently has published the approval of four different cobalt compounds and one cobalt carbonate preparation as feed additives for ruminants and some minor species.

In the framework of this approval for three of the five additives (3b802, 3b803 and 3b805) it was now mandatory prescribed, that feed containing one of these additives must be placed on the market in pelletized form. The justification for this obligation, which especially for mineral feed is difficult to realize, are occupational safety considerations based on the idea, that feed in pelletized form may generate less dust and consequently less cobalt emission. Cobalt is suspected to induce cancer after inhalation.

The decision, which additives shall be subject to the pelletizing provision, was made on the basis of the properties, especially the particle size distribution, of the pure substances. Possible effects of the mandatory use of cobalt via premixtures and the dusting behaviour of the final feed products were not taken into consideration.

Scope of the study presented here was to gather analytical data about the influence of premixing on the particle size distribution of the cobalt containing additives, to measure the dust emission of non pelletized premixtures, mineral and complementary feed and to analyze the emitted dust concerning its cobalt concentration.

These data shall help to assess, whether compound feed with added cobalt need to be regarded a relevant source for the emission of inhalable cobalt.

### Material and Methods

The study was performed with samples which came from regular industrial production batches of premixtures, mineral and compound feed. The batches were manufactured in six different facilities in Germany and France and reflect merchantable qualities.

For the determination of the particle size distribution one sample of Cobalt(II)carbonate hydroxide (2:3) monohydrate (3b803) was used together with two samples from different batches of a premixture produced with the additive. The declared cobalt content was 5%, this represents a typical concentration for single element cobalt premixtures.

The determination of the particle size distribution was performed by Microtrac Europe GmbH, Meerbusch. A Microtrac S3500 particle analyzer with tri-laser-system and TurboTrac accessory was used. The calculation of the particle size distribution was made with the method of Fraunhofer/Mie. The analysis was performed according ISO 13320:2009, the reporting of the particle size distribution was volume based.

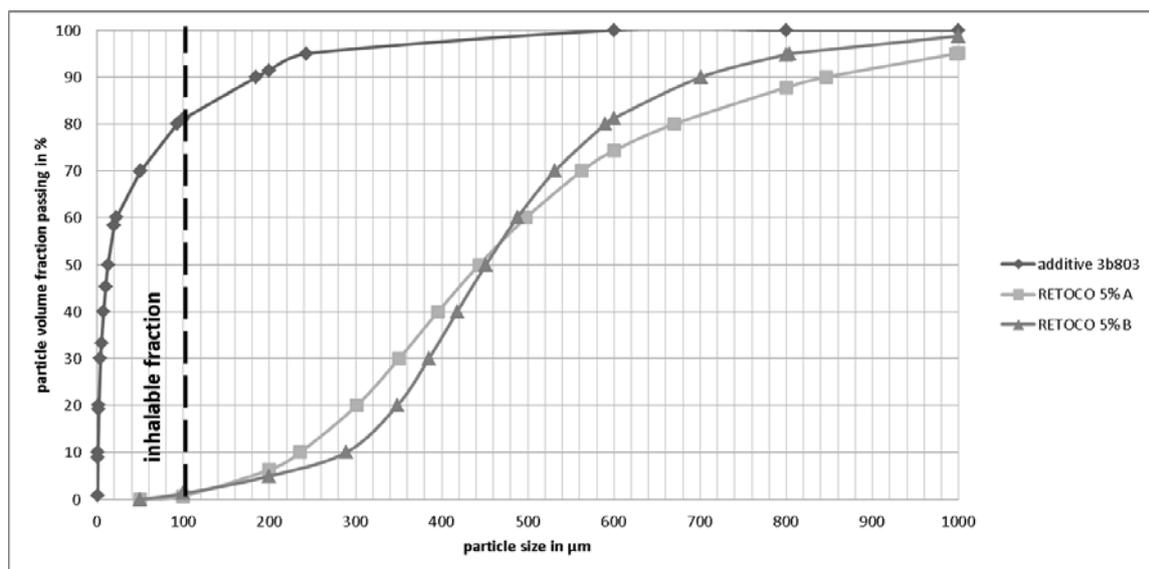
For the determination of the dusting potential one sample of a premixture, two samples of mineral feeds and two samples of complementary feeds for cows were analyzed. Each feed sample was received from another manufacturer, all had powder form. Four of the five samples contained Cobalt(II)carbonate hydroxide (2:3) monohydrate, one sample Cobalt(II)suphate heptahydrate as cobalt source. This represents the current use frequency of the different types of cobalt additives. The cobalt concentration in the feeds was in the range from 0.4 to 3000 mg/kg.

The dusting potential was determined by the Stauber-Heubach method. A sample of 50 g was moved in a rotating drum for 5 minutes. A defined air stream was used to transport the emitted dust particles to a filter, where they were deposited. No discrimination of certain particle sizes was performed. The total dust amount collected on the filter was determined by weighing. The detection limit was 0.5 mg the quantification limit 1 mg dust. Furthermore the collected dust was analyzed by ICP MS for the cobalt content, the detection limit was 0.04 mg/kg.

The measurements for dust emission and cobalt content were performed by MasterLab Analytical Services, Putten.

## Results

The volume based particle size distribution was measured in the range from 0.5 to 1000  $\mu\text{m}$ . Figure 1 gives the results:



**Figure 1:** particle size distribution of Cobalt(II)carbonate hydroxide (2:3) monohydrate and two cobalt premixtures

The diagram clearly shows the difference between the pure cobalt additive and the premixtures produced thereof. Meanwhile more than 80% of the particles of the pure additive are smaller than 100  $\mu\text{m}$  the premixtures show only 0.71% resp. 1.25 % particles below 100  $\mu\text{m}$ . This fundamentally different particle size distribution is also reflected in the characteristic parameters  $D_{10}$ ,  $D_{50}$  and  $D_{90}$ . The median diameter  $D_{50}$  of the particles in the product increases by the premixing process from 12.59  $\mu\text{m}$  to 443.3 resp. 451.2  $\mu\text{m}$ . The  $D_{10}$  value of the premixtures, representing the fraction of the smallest particles is with 235.4  $\mu\text{m}$  resp. 289  $\mu\text{m}$  clearly above the 100  $\mu\text{m}$  threshold for inhalable particles.

**Table 1:** characteristic diameters for Cobalt(II)carbonate hydroxide (2:3) monohydrate and two cobalt premixtures in  $\mu\text{m}$ 

	additive 3b803	RETOCO 5% A	RETOCO 5% B
D10	1,1	235,4	289
D50	12,59	443,3	451,2
D90	184,7	846,4	701

Table 2 presents the results of the Stauber-Heubach-test and the cobalt determination. The analyzed samples contained different amounts of cobalt, the source and the declared cobalt content are listed in the first two lines. The next line lists the cobalt amount in the tested sample as calculated from the declared content and the sample size. From the measured total dust emission the ratio of emitted dust was calculated. The measured cobalt concentrations in the emitted dust were used to calculate the amount of emitted cobalt from each sample and the ratio of the emitted cobalt. For the complementary feed 2 the ratio of emitted dust could not be calculated since the total dust emission was at the detection limit. For both complementary feeds and the mineral feed 2 the cobalt concentration of the emitted dust was at or below the detection limit, therefore no amounts and ratios could be calculated.

**Table 2:** Dust and cobalt emission from the tested samples

	Unit	Premixture	Mineral Feed 1	Mineral Feed 2	Compl. Feed 1	Compl. Feed 2
additive		3b803	3b803	3b803	3b805	3b803
Co content declared	mg/kg	3000	20	15	5	0,4
Co amount in 50 g	mg	150	1	0,75	0,25	0,02
dust emission from 50g	mg	8,7	7,7	7,9	0,5	5,8
ratio emitted dust	%	0,0174%	0,0154%	0,0158%	-	0,0116%
Co content dust	mg/kg	0,29	0,2	0,04	< DL*	< DL
Co amount emitted	ng	2,523	1,54	-	-	-
ratio emitted Co	%	0,000002%	0,000154%	-	-	-

\*DL = 0,04 mg/kg, detection limit

## Discussion

The exemplarily tested feed samples in powder form show a very low to low dusting potential. With less than 0,02% the ratio of the emitted total dust in the Stauber-Heubach test is very small. The test includes a rather intensive and long term movement of the sample, which causes a considerable mechanical stress for the material. It can be supposed that the realistic handling of feed in the feeding process at the farm provokes much less product movement and consequently the dust emission will be even lower at practical conditions.

In three of the five tested samples the cobalt concentration in the dust was at or below the detection limit. Only the highest concentrated products showed a measurable cobalt emission which however is in the range of few nanogram per 50 gram sample. It can clearly be shown that cobalt is not enriched in the dust, in contrary the proportion of emitted cobalt is at least 100 times smaller than the proportion of the total dust.

This disproportionately small cobalt content is understandable taking into consideration the results of the particle size distribution analysis. Meanwhile pure Cobalt(II)carbonate hydroxide (2:3) monohydrate contains more than 80% particles below 100  $\mu\text{m}$ , which need to be considered inhalable and a source of dust, this ratio is about 1% only for the premixtures. Obviously the small particles are affixed on the surface of the coarser carrier particles by the anti dust agent, which was used during

premixture formulation. This effect considerably reduces the presence of small and very small particles in the products.

## Conclusion

Feed in powder form with certain cobalt containing additives is suspected to be a relevant source of cobalt dust emission which might be dangerous for the health. The measurement of the total dust emission and the cobalt concentration in the emitted dust in 5 exemplarily tested feeds with high to very high cobalt concentrations does not support this suspicion. Also in powder form typical mineral and complementary feeds do not emit considerable dust amounts. Moreover the cobalt content of this dust is disproportionately low. Only high concentrated products gave a measurable cobalt emission, which however, with 30 to 50 nanogram per kilogram, was very small.

It can be concluded that feeds supplemented with Cobalt(II)carbonate hydroxide (2:3) monohydrate and destined for on farm use do not necessarily need to be considered a relevant emission source for inhalable cobalt dust.

## References

REGULATION (EC) No 1831/2003 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 22 September 2003 on additives for use in animal nutrition, Official Journal of the European Union L 268/29 from 18.10.2003

COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) No 601/2013 of 24 June 2013 concerning the authorisation of cobalt(II) acetate tetrahydrate, cobalt(II) carbonate, cobalt(II)carbonate hydroxide (2:3) monohydrate, cobalt(II) sulphate heptahydrate and coated granulated cobalt(II) carbonate hydroxide (2:3) monohydrate as feed additives, Official Journal of the European Union L 172/14 from 25.6.2013

REGULATION (EC) No 1272/2008 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006, Official Journal of the European Union L 353/1 from 31.12.2008

Abels, Mareike; MICROTRAC Europe GmbH, Analytical report for Retorte GmbH, 22.07.2013

Vrijenhoek, Th.; MasterLab Analytical Services, Analytical report for sample no. 1310111-01, 20.08.2013

Vrijenhoek, Th.; MasterLab Analytical Services, Analytical report for sample no. 1310111-02, 20.08.2013

Vrijenhoek, Th.; MasterLab Analytical Services, Analytical report for sample no. 1310111-03, 20.08.2013

Vrijenhoek, Th.; MasterLab Analytical Services, Analytical report for sample no. 1310111-04, 20.08.2013

Vrijenhoek, Th.; MasterLab Analytical Services, Analytical report for sample no. 1310111-07, 20.08.2013

### Corresponding author

Grit Monse  
Retorte GmbH Selenium Chemicals & Metals  
Sulzbacher Str. 45  
90552 Röthenbach  
grit.monse@retorte.de

## Autorenverzeichnis

Asam L	124	Korzekwa M	193
Aschenbroich R	188	Kovács A	184
Bellof G	82	Krämer C	168
Berthiller F	132	Kroismayr A	163
Bouyahmed M	145	Krska R	132
Brugger D	117	Laustsen P	172
Budan A	145	Lindermayer H	95, 101, 138
Dänicke S	36	Loibl P	117
Daubner F	145	Lohölter M	193
Dohnal I	157	Malachova A	132
Dorfner G	64	Markert W	150, 184
Dos Santos T	177	Martens H	27
Dusel G	72	Monse G	206
Eckel B	193	Naehrer K	132
Engelbrecht R	150	Nies W	132
Ensink J	77	Nollet L	172
Entenfellner F	163	O'Brien D	64
Fuhrmann S	138	O'Neill HM	177
Furtner F	199	Pecher H-P	111
Ganner A	157	Philipps P	177
Gierus M	58	Potthast C	72
Goerke M	168	Preißinger W	95, 101
Haidle L	172	Propstmeier G	95, 101
Heinzl I	188	Ramhold D	111
Heißenhuber A	64	Reichel Ch	157
Hoffmann H	64	Rimbach M	111
Hofmann G	64	Romberg F-J	72
Humer E	107	Rose S	157
Kampf D	77	Schatzmayr G	157
Kaspers B	14	Schedle K	90, 107
Knecht Ch	163	Schenkel H	26
Koch C	72	Schieder C	150

Schrader L	1
Schröder B	177
Schuster M	138
Schwarz C	199
Sipos W	163
Steingaß H	72
Stoiber Ch	157
Südekum K-H	72, 193
Sulyok M	132
Ten Doeschate R	177
Thurner S	124
Urbaityte R	150, 184
Weindl P	82
Weiß J	6
Wendler KR	168
Wernert W	199
Wetscherek W	199
Windisch W	117, 124
Würzbach M	193
Zentek J	19, 168
Zehetmeier M	64
Zeindl R	124

## Sponsoren

Wir danken folgenden Firmen für ihre großzügige Unterstützung:



LEADING BY EXAMPLE

---

### **AB Vista**

3 Woodstock Court  
Blenheim Road  
Marlborough Business Park  
Marlborough  
Wiltshire  
SN8 4AN  
UK



---

### **Alltech Deutschland GmbH**

Wiesenstraße 21 (W21)  
D-40549 Düsseldorf



---

### **Agrarmarkt Austria**

Marketing GmbH  
Dresdner Straße 68a  
A-1200 Wien



---

### **BayWa AG**

Futtermittel Agrar  
Arabellastraße 4  
D-81925 München

---



**Biomini Deutschland GmbH**

Röntgenstraße 27-29  
D-73431 Aalen

---



**BTC Europe GmbH**

Industriestraße 20  
D-91593 Burgbernheim

---



**Danisco Deutschland GmbH**

Busch-Johannsen-Straße 1  
D-25899 Niebüll

---



**Delacon International**

Delacon Biotechnik Ges.m.b.H.  
Weissenwolfstraße 14  
A-4221 Steyregg

---



**DR. ECKEL**  
creative solutions

**Dr. Eckel GmbH**

Im Stiefelfeld 10  
D-56651 Niederzissen

---



**DSM Nutritional Products  
Ltd**

P.O. Box 3255  
CH-4002 Basel

---



**ISF GmbH**

An der Mühlenau 4  
D-25421 Pinneberg

---



**Klifovet AG**

Geyerspergerstr. 27  
D-80689 München

---



**Trouw Nutrition  
Deutschland GmbH**

Gempfinger Straße 15  
D-86666 Burgheim

---



**Nor-Feed Sud**

Angers Technopole  
3 rue Amedeo Avogadro  
F-49070 Beaucouzé

---



**Orffa (Deutschland) GmbH**

Lübecker Straße 29  
D-46485 Wiesel

---



**Futtermittel**

einfach | zusätzlich | ergänzend

**Pulte GmbH & Co. KG**

Südstraße 7  
D-83253 Rimsting

---



**PERFORMANCE MINERALS™**

**Zinpro Performance Minerals**

Akkerdistel 2e  
NL-5831 PJ Boxmeer

---