50. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V.

Tagungsband

„Perspektiven einer ressourcenschonenden und nachhaltigen Tierernährung“

04. Oktober 2012 in Freising

LTE Lehrstuhl für Tierernährung

BAT e.V. Bayerische Arbeitsgemeinschaft Tierernährung

Technische Universität München

Herausgeber:
Carmen Fahn und Wilhelm Windisch

Bayerische Arbeitsgemeinschaft Tierernährung (BAT) e.V.
Liesel-Beckmann-Str. 6
85354 Freising

bat@wzw.tum.de

Selbstverlag:
Bayerische Arbeitsgemeinschaft Tierernährung (BAT) e.V.

ISBN 978-3-00-039148-4

Für den Inhalt der Beiträge sind allein die Autoren verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Übersichtsvorträge

Heißenhuber A
Nachhaltiges Wirtschaften – Kriterien und Umsetzungsstrategien 1

Mosenthin R, Eklund M
Potentiale der Proteinverdauung beim Schwein 5

Lindermayer H
Die bayerische Eiweißinitiative 14

Bauer J, Hölzel C, Schwaiger K
Anwendung von Antibiotika in der Schweinehaltung: Auswirkungen auf das bakterielle Resistenzgeschehen 24

Eckel B, Vianello E
Perspektiven für Futterzusatzstoffe in der Schweinefütterung aus Sicht der Industrie 26

Gäbel G, Benesch F, Rackwitz R
Stabilisierung der Energieversorgung von Hochleistungskühen aus physiologischer Sicht 32

Zebeli Q, Khol-Parisini A
Störungen der Pansenfermentation hochleistender Rinder 44

Spiekers H
Milch und Fleisch effizient erzeugen 53

Ettle T
Grünfutter vom Acker – Wo liegen die Potenziale? 59

Gruber L
Nährstoffversorgung von Milchkühen aus dem Dauergrünland 65

Fütterungsstrategien und Futtermittel

Härle C, Sundrum A
Milchinhaltsstoffe und Nährstoffversorgung bayerischer Milchviehbetriebe 80

Rauch P, Schuster H, Potthast C, Bartlreier FX, Zwickl J
Praxisversuch mit Pressschnitzelsilage in der Bullenmast 87

Pitzner L, Preißinger W, Lindermayer H, Propstmeier G
Ferkelaufzucht mit unterschiedlichem Vermahlungsgrad von Getreide 94

Bellof G, Ferber P , Sehm J, Schmidt E
Einfluss der Weidehaltung von Kühen auf die Fettsäurenzusammensetzung der Milch unter besonderer Berücksichtigung von konventioneller und ökologischer Wirtschaftsweise 102

Weindl P, Luderschmid C, Bellof G
Vergleichende Untersuchungen zum Nährstoffgehalt und Futterwert von Aufwüchsen der Kurzrasenweide und der Umtriebsweide 110

Buxbaum K, Buxbaum A, Zollitsch W, Mair C
Einfluss einer Ration aus 100% ökologisch erzeugten Futterkomponenten auf die Produktmerkmale von Broilern 117

Nadler C, Windisch W
Gewinnung von Futterprotein aus Grünlandbiomasse durch Säurefällung aus Presssaft 122

Heimbeck W, Parys C
Die Optimierung von Milchviehrationen auf Aminosäuren verringert die Stickstoffausscheidung und verbessert die Stickstoffeffizienz 129

Preißinger W, Lindermayer H, Propstmeier G
Wassermangel - unterschiedlicher Wasserdurchfluss an den Nippeltränken 135

Futterzusatzstoffe

Roth N, Urbaityte R, Nies W, Markert W
Effect of different dosages of a combination of organic acid blend, cinnamaldehyde and a permeabilising substance on the growth performance of weaning pigs 141

Kramer E, Leberl P, Kalzendorf C
Einfluss einer Kombination von Milchsäurebakterien auf den Umfang der Proteolyse in Grassilagen unterschiedlichen Ausgangsmaterials 147

Blässe A-K, Holl E, Mohr U, Durst L
A phytogenic feed additive positively affects animal production and ileal microflora 152

Cavini S, Calsamiglia S, Bouattour A, Ferret A, Oguey C
An encapsulated blend of cinnamaldehyde, eugenol and capsicum oleoresin limits the risk of metabolic diseases in transition dairy ruminants 157

Viel B
Supplementation of a high intensity sweetener especially impacts performance of light weaning piglets 162

Hörtenhuber SJ, Goerke M, Veit M
Reduction of greenhouse gas emissions from piglets and fattening pigs fed phytogenic feed additives 166

Zentner E, Steiner T, Markert W
Impact of essential oils on ammonia and odor emissions of growing-finishing pigs 173

Buffler M, Becker C, Windisch W
Einfluss von Avilamycin und ätherischen Ölen auf die mRNA Expression von Schlüsselgenen verschiedener Stoffwechselwege im Ileum von Ferkeln 176

Ader P, Feuerstein D, Eidelsburger U
Influence on ileal digestibility in growing pigs by supplementation of the diets with endo-1,4-β-xylanase and endo-1,4-β-glucanase 182

Scholz H, von Heimendahl E, Menn F
Application of rumen protected L-Carnitine in dairy cows during transition and high lactation period 187

Philipps P, Bedford M, Kühn I, Dos Santos T, Ten Doeschate R, Schröder B
Effekte hoher Zulagen modifizierter E. Coli Phytase auf die Leistungen bei der Mastpute 194

Mineralstoffe und Spurenelemente

Humer E, Schedle K
Experimentelle Untersuchungen zum Einfluss unterschiedlicher Maiskonservierungsverfahren auf die Phosphorverdaulichkeit beim Mastschwein 202

Kluge H, Welker V, Broz J, Stangl GI
Effects of microbial 6-phytase from Peniophora lycii on the utilization of phosphorus, calcium, sodium and nitrogen in growing pigs 207

Brucker L, Schenkel H
Feldstudie zum Einfluss verschiedener Selenquellen auf die Selenversorgung der Milchkuh 212

Kampf D
Untersuchungen des Einflusses der Kupferquelle und -dosierung auf die oxidative Stabilität verschiedener Futterfette 220

Rapp C, Lopez-Brea F
Wirkung einer Kombination von organischen Spurenelementen auf Klauenverletzungen bei Sauen – Ergebnisse aus Feldversuchen in Europa 225

von Heimendahl E, Müller A, Bartelt J, Nitrayova S, Windisch W
Bioavailability of zinc from inorganic and organic sources in piglets 231

Sager M, Hobegger M
Beiträge von hofeigenem und zugekauftem Futter zur Gesamtelementfracht für die Fütterung von Milchkühen in drei Regionen Niederösterreichs 236

Brugger D, Windisch W
Entwicklung eines Fütterungsmodells mit Absetzferkeln zur Messung der Bioverfügbarkeit des Futterzinks 241

Autorenverzeichnis 247

Sponsoren 249

Nachhaltiges Wirtschaften - Kriterien und Umsetzungsstrategien

A. Heißenhuber

Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues der TU München in Weihenstephan

Das Thema Nachhaltigkeit ist allgegenwärtig, die Nachhaltigkeitsziele werden allgemein akzeptiert. Es kann aber nicht von einer absolut nachhaltigen Wirtschafts- und Handlungsweise gesprochen werden, bestenfalls von dem Ziel einer nachhaltigeren Wirtschafts- und Handlungsweise. Des weiteren besteht zwischen den ökonomischen, ökologischen und sozialen Nachhaltigkeitszielen häufig eine Konkurrenzbeziehung, die aus kurz- und mittelfristiger Sicht besonders stark zu Tage tritt, die sich jedoch bei einer langfristigeren Betrachtung durch Anpassungsmaßnahmen vermindern läßt. Aus einzelbetrieblicher bzw. persönlicher Sicht dominiert meist die kurzfristigere Sichtweise. Die Umsetzung einer nachhaltigeren Wirtschafts- bzw. Handlungsweise stellt in jedem Fall einen andauernden Prozess der Abwägung und der Nachjustierung zwischen konkurrierenden Zielen dar. Diese Vorgehensweise könnte auch umschrieben werden mit dem Bemühen, in die richtige Richtung zu gehen. Dies erfolgt aus eigenem Interesse umso mehr, je mehr in den Preisen die externen Effekte internalisiert sind. In diesem Zusammenhang ist aber der sog. Leakage-Effekt zu berücksichtigen, demzufolge einer Einsparung oder Verbesserung an einer Stelle eine zwar unbeabsichtigte aber nicht vermeidbare Ausweitung oder Verschlechterung an einer anderen Stelle gegenübersteht (Franks und Hadingham, 2012). Folgendes Beispiele kann angeführt werden: Die Steigerung der Milchleistung führt zu einer niedrigeren Methanemission je Kilogramm Milch (Flachowsky und Brade, 2007). Da aber gleichzeitig die Zahl der Kälber sinkt, müssen zur Aufrechterhaltung der gleichen Rindfleischmenge entsprechend Mutterkühe aufgestellt werden. Somit erfolgt eine Verschiebung der Methanemission auf die Fleischproduktion (Zehetmeier et al., 2012). Ein weiterer Nebeneffekt der Leistungssteigerung in der Milchviehhaltung besteht darin, daß vermehrt Kraftfutter eingesetzt werden muß, das wiederum eine Konkurrenz zur menschlichen Ernährung darstellt (Knaus, 2009). Aus einzelbetrieblicher Sicht spielen aber diese Überlegungen keine Rolle, aus globaler Sicht ergibt sich für die Auswirkungen der Leistungssteigerung ein differenziertes Bild.

Des Weiteren ist auf den sog. Rebound-Effekt hinzuweisen. Dabei wird ein Teil einer Effizienzverbesserung durch eine Ausweitung des Konsums bzw. Verbrauchs kompensiert (Alcott, 2008). So ist z.B. mit sinkendem Preis von Geflügelfleisch der Konsum an Geflügelfleisch angestiegen. Die Gesamtbelastung läßt sich demzufolge allein über die Effizienzverbesserung nur begrenzt erreichen. Eine Abschwächung des Rebound-Effektes erfolgt durch einen Anstieg der Kosten des Ressourceneinsatzes, sei es durch die Marktentwicklung oder durch steuerliche Maßnahmen.

Ein weiteres Problem stellt ILUC (indirect landuse change) dar. Als ein Beispiel kann die Produktion an nachwachsenden Rohstoffen genannt werden. Mit der einheimischen Produktionsausweitung an nachwachsenden Rohstoffen muß die Nahrungsmittelproduktion eingeschränkt werden und es erfolgt an anderer Stelle entweder eine Intensivierung der Produktion, die Nutzung einer Brachfläche oder die Rodung von Wald (Arima et al., 2011). Ein weiteres Beispiel stellt die Ausweitung der einheimischen Körnerleguminosenproduktion dar. Dies führt unmittelbar zur Einschränkung der dadurch verdrängten Kultur, was eine Produktionsausweitung in einer anderen Region zur Folge hat. Es tritt also lediglich eine Verschiebung auf. Insofern kann z.B. auch die Zertifizierung des Anbaus der nachwachsenden Rohstoffe den Effekt von ILUC, möglicherweise die Rodung von Wald, nicht vermeiden.

Auf jeden Fall erfordert die Beurteilung von Wirtschafts- bzw. Handlungsweisen im Hinblick auf Nachhaltigkeitskriterien immer eine umfassende Betrachtung, also eine Systembetrachtung und im Einzelfall eine Abwägung des Für und Wider der unterschiedlichen Nachhaltigkeitsziele. Soweit es bei den einzelnen Kriterien gesetzliche Mindestanforderungen gibt, sind diese maßgeblich. In einem Labellingsystem können einzelne Indikatoren mit Punkten versehen und daraus eine Gesamtbeurteilung abgeleitet werden.

Für die Umsetzung einer nachhaltigeren Wirtschafts- bzw. Handlungsweise sind folgende Ansätze denkbar:

Einhaltung bestehender Gesetze

Die Einhaltung der Gesetze stellt die Grundlage des gesellschaftlichen Zusammenlebens dar. Ein Akteur, der die Regeln einhält, hat gegenüber dem Akteur, der sich nicht an die Regeln hält, zumindest solange einen Nachteil, bis die Nicht-Einhaltung entdeckt und sanktioniert wird. Es gibt eine Fülle von Anzeichen, daß in Deutschland in Branchen mit Tariflöhnen die Regeln nicht eingehalten werden bzw. diese durch Vergabe der Arbeiten an Subunternehmer oder über Werkverträge unterlaufen werden. Zu diesen Branchen zählt auch der Agrarbereich und hier insbesondere die Fleischbranche. Eine Begründung könnte sein, daß der „Markt“ keine höhere Entlohnung zuläßt. In der Tat herrscht im Lebensmittelbereich ein extrem scharfer Wettbewerb. Es könnte aber auch sein, daß die Einhaltung der Regeln zu wenig streng kontrolliert wird. Dann ergibt sich entweder ein höherer Unternehmergewinn oder die Nahrungsmittel können zu einem noch niedrigeren Preis in den Handel gebracht werden. Dieser Vorteil wird erkauft durch Niedriglöhne bei den Arbeitnehmern. Ein Nebeneffekt dieser Strategie besteht aber darin, daß damit auch in den Familienbetrieben die Entlohnung der Arbeitskräfte beeinträchtigt wird. Die häufig anzutreffende Argumentation, die Lebensmittel seien zu billig, hat auch damit zu tun, daß Lebensmittel von den Produzenten so billig auf den Markt gebracht werden. Die Einhaltung der Regeln gilt es aber auch in den Bereichen Umwelt- und Tierschutz zu gewährleisten. Auch hier gibt es Anzeichen, daß Deutschland im Vergleich zu unmittelbaren Nachbarländern weniger konsequent handelt. Eine Strategie zu Lasten der Menschen, der Tiere und der Umwelt ist nicht zukunftsfähig. Die Aufgabe des Staates besteht darin, für die Einhaltung der Gesetze zu sorgen, so daß sich auf dem Markt ein fairer Wettbewerb einstellen kann.

Fortschreibung der gesetzlichen Vorgaben

Die Festlegung des gesetzlichen Niveaus erfolgt in einem Abwägungsprozeß zwischen den unterschiedlichen Nachhaltigkeitszielen und Akteuren. Durch gesetzliche Vorgaben wird der Akteur veranlaßt, einen entsprechenden Grad an Nachhaltigkeit einzuhalten. Die Produzenten geben die ihnen aus dem höheren Aufwand resultierenden Mehrkosten über einen höheren Marktpreis durch den Marktmechanismus zu einem mehr oder weniger großen Teil an die Käufer weiter. Es wird also der Marktmechanismus genutzt, eine nachhaltigere Wirtschafts- und Handlungsweise umzusetzen. Eine Grenze für diese Vorgehensweise besteht darin, daß Produkte durch strengere Auflagen teurer werden, was für bestimmte Gruppen ein Problem darstellt. Eine weitere Grenze ergibt sich durch ausländische Anbieter, welche nicht an diese Regeln gebunden sind. Eine Aufgabe der Wissenschaft ist darin zu sehen, Möglichkeiten für eine nachhaltigere Wirtschafts- und Handlungsweise zu finden, die dazu beitragen, die ursprünglichen Ziele kostengünstiger zu erreichen.

Anreize für erwünschte Handlungsweisen

Ein weiterer Ansatz zur Umsetzung einer nachhaltigeren Handlungs- oder Wirtschaftsweise besteht in der Belohnung bestimmter Verhaltensweisen. Die Bandbreite reicht z.B. von der Honorierung von Umweltleistungen durch staatliche Programme über die steuerliche Begünstigung bestimmter Techniken bis hin zur Förderung von Pilotprojekten. Ähnlich wirken erhöhte Belastungen von weniger erwünschten Handlungs- und Wirtschaftsweisen. Eine häufig anzutreffende Vorgehensweise besteht darin, höhere Standards in der Einführungsphase zu fördern. Im späteren Verlauf kommt dann das Verursacherprinzip zur Anwendung und der höhere Standard wird allgemeinverbindlich eingeführt. Eine Grenze des Honorierungsansatzes besteht im Umfang der verfügbaren Finanzmittel.

Forschung im Sinne der Nachhaltigkeitsziele

Die Forschung im Sinne der Nachhaltigkeitsziele leistet einen wichtigen Beitrag, die Zielkonflikte abzubauen und neue Chancen zu eröffnen. Aktuelle Herausforderungen bestehen in der Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit bzw. im Aufbau der Bodenfruchtbarkeit bei degradierten Böden. Eine zentrale Rolle spielt dabei der Humusgehalt. Aktuelle Ansätze beziehen sich auf die Erhöhung des Kohlenstoffgehaltes auch als ein Beitrag zum Klimaschutz. Eine weitere Herausforderung ergibt sich bei der Nutzung des Grünlandes. Einerseits sollen hohe Erträge, gerade auch an Protein, erzielt werden, andererseits kann Grünland einen wichtigen Beitrag zum Erhalt der Biodiversität leisten. Dem Schutz der Ressourcen Wasser und Boden dient eine bestmögliche Nutzung der in der Tierhaltung anfallenden Exkremente. In viehdichten Regionen entstehen heute für die „Entsorgung“ des organischen Düngers Gülle ganz erhebliche Kosten, gleichzeitig werden für die Herstellung von mineralischem Dünger fossile Energien verbraucht und es entstehen wiederum Kosten. Diese Vergeudung volkswirtschaftlicher Ressourcen gilt es zu beenden. Schließlich muß im Bereich der Tierhaltung die Forschung dazu beitragen, daß die gesellschaftlichen Erwartungen, die Ansprüche der Tiere und die wirtschaftlichen Erfordernisse auf einen Nenner gebracht werden. Dem Rind bzw. dem Wiederkäuer kommt die Rolle zu, diejenigen Futtermittel zu verwerten, die nicht unmittelbar für Nahrungszwecke geeignet sind. Das vom Wiederkäuer emittierte Methan ist dann ein nicht vermeidbarer Nebeneffekt. Insgesamt gesehen müssen die Tierhaltungssysteme mehr den Bedürfnissen des Tieres angepaßt werden. Die Forschung muss dazu vermehrt einen transdisziplinären Ansatz verfolgen und sich um einen beschleunigten Wissenstransfer bemühen. Die reine Vermittlung von Erkenntnissen reicht dabei nicht aus, um die erwünschte gesellschaftliche Akzeptanz zu erreichen. Nicht zuletzt sind neue Ansätze der Kommunikation zu nutzen.

Kennzeichnung bestimmter Erzeugnisse (Labelling)

Die von Teilen der Gesellschaft geforderten höheren Standards könnten ohne Einflußnahme des Gesetzgebers realisiert werden, wenn die Bürger in der Funktion als Käufer einen höheren Preis bezahlen. Das setzt aber voraus, daß der Käufer die Unterschiede auch erkennt. Die Information der Käufer über bestimmte Produkt- und Prozeßeigenschaften erfordert eine entsprechende Kennzeichnung. Ein Problem der Produktkennzeichnung, des sog. Labellings, besteht in der nahezu unübersehbaren Fülle von Kennzeichen, die den Käufer letztlich überfordern. Desweiteren muß darauf geachtet werden, daß nicht mit Verbesserungen in einzelnen Bereichen geworben wird und dabei gleichzeitig eine Verschlechterung in einem anderen Bereich akzeptiert wird. Eine Alternative stellen sog. Overall-Labels dar, die mehrere Kriterien zusammenfassen.

Ausbildung, Information, Beratung und Kommunikation

Die Konsumenten als auch die Unternehmer können nur dann eine nachhaltigere Handlungs- und Wirtschaftsweise betreiben, wenn entsprechende Informationen „zum Gehen in die richtige Richtung" vorliegen. Die Informationen müssen wissenschaftlich fundiert sein, vor allem auch die Nebeneffekte berücksichtigen und überzeugend kommuniziert werden. Die Erkenntnisgewinnung ist ein wichtiger Teil, ebenso wichtig ist aber die überzeugende Vermittlung.

Persönliche und unternehmerische Eigenverantwortung

In zunehmendem Maße setzen sich Personen und Unternehmen eigene Nachhaltigkeitsziele, um so der Corporate Social Responsibility (CSR) gerecht zu werden und das Image zu verbessern. Diese können darin bestehen, daß sie gegenüber der jeweils gegebenen Ausgangsituation eine Verbesserung anstreben oder im Falle gesetzlicher Vorgaben diese übertreffen. Eine wichtige Rolle kommt bezüglich der Erreichung der Nachhaltigkeitsziele dem Handel zu. Es ist zu beobachten, daß dieser selbst Mindestanforderungen für Produkte definiert, die er listet bzw. aus Imagegründen bestimmte Produkte auslistet, die nicht den Anforderungen entsprechen.

Die Umsetzung einer nachhaltigeren Wirtschafts- und Handlungsweise erfordert ein Zusammenspiel aller genannten Ansätze. Die Wissenschaft kann zur Umsetzung einer nachhaltigeren Wirtschafts- und Handlungsweise wichtige Beiträge leisten. Die Bandbreite reicht dabei von der Entwicklung neuer Technologien einschließlich deren systemaren Beurteilung über die Untersuchung der gesellschaftlichen Akzeptanz bis hin zur Erarbeitung von Strategien zum Know-how - Transfer.

Literaturverzeichnis

Arima, E.Y., Richards, P., Walker, R., Caldas, M.M., 2011. Statistical confirmation of indirect land use change in the Brazilian Amazon. Environmental Research Letters 6 (2), 024010.

Alcott, B. 2008. The sufficiency strategy: Would rich-world frugality lower environmental Impact? Ecological Economics 64, 770 – 786.

Flachowsky, G. und Brade, W., 2007. Potenziale zur Reduzierung der Methan-Emissionen bei Wiederkäuern. Züchtungskunde 79, 417–465.

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.

Knaus, W., 2009. Dairy cows trapped between performance demands and adaptability. Journal of the Science of Food and Agriculture 89 (7), 1107–1114.

Zehetmeier, M., Baudracco, J., Hoffmann H. und Heißenhuber, A., 2012. Does increasing milk yield reduce greenhouse gas emissions? A system approach. Animal 6 (1), 154–166.

Autorenanschrift

Prof. Dr. Dr. h.c. Alois Heißenhuber
Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues
Technische Universität München
Alte Akademie 14
85354 Freising (Weihenstephan), Deutschland
heissenhuber@wzw.tum.de

Protein digestion in pigs: Potentials and restrictions

Rainer Mosenthin, Meike Eklund

Institute of Animal Nutrition, University of Hohenheim

Introduction

The nutritive value of protein for pigs is not only determined by the amino acid (AA) composition of the feed protein but also by the digestibility of the individual AA, in particular the AA likely to be limiting. Furthermore, it is generally accepted that the amount of AA absorbed in the small intestine up to the terminal ileum gives a more reliable estimate of the amount available to the animal than does the conventional total tract analysis method, particularly if the diet contains protein of low quality. Therefore, it is now recognized that the so called 'ileal analysis method' should be considered as an improvement over the total tract analysis method. Presently, the German protein evaluation system for feedstuffs for pigs is based on the concept of standardized ileal digestibility of AA. This evaluation system was officially introduced by the German Society of Nutrition Physiology (GfE) in 2005. It is in accordance with similar protein evaluation systems that have been implemented in The Netherlands (CVB, 2003), France (AmiPig, 2000) and in the United States (NRC, 1998) and As values for ileal digestibility of AA can be expressed as apparent (AID), true (TID), or standardized (SID), differences between these approaches will be described and the advantages for the use of SID rather than AID or TID of AA in diet formulation for pigs will be discussed. Also, restrictions in the use of tabulated SID values for AA will be established such as variations in SID of AA in feed ingredients as influenced by age and/or body weight of pigs, processing of feedstuffs, in particular heat treatment, and content of antinutritional factors (ANF) in feedstuffs of plant origin frequently used in diets for pigs.

Apparent, true and standardized ileal digestibility of AA in pigs

Apparent ileal digestibility

Ileal digestibility of AA can be expressed as AID, TID, or SID, depending on which proportion of the ileal AA outflow (Figure 1) is included in the calculation. Values for AID are calculated by deducting the total ileal outflow of AA which includes total ileal endogenous AA loss (IAA_{end}) and non-digested dietary AA from dietary AA intake. These values represent the net disappearance of AA from the digestive tract prior to the distal ileum. The word 'apparent' is used to reflect that both non-digested dietary AA and IAA_{end} contribute to the total ileal outflow. The IAA_{end} may be separated into a basal loss, which is induced by the animal and not influenced by feed ingredient composition, and a specific loss induced by feed ingredient characteristics such as ANF and dietary fiber.

The major concern with the use of AID is that values for AID obtained in individual feed ingredients are not always additive in mixed diets (Stein et al., 2005). This represents a major problem in practical diet formulation, because additivity of values for individual feed ingredients is essential for accurate prediction of growth performance in pig production systems. The main reason for this lack of additivity is the non-linear relationship between dietary AA level and observed AID, for example, when varying the inclusion level of an assay feed ingredient in a nitrogen-free basal diet which results in different protein levels in the assay diet (Fan et al., 1994; Figure 2).

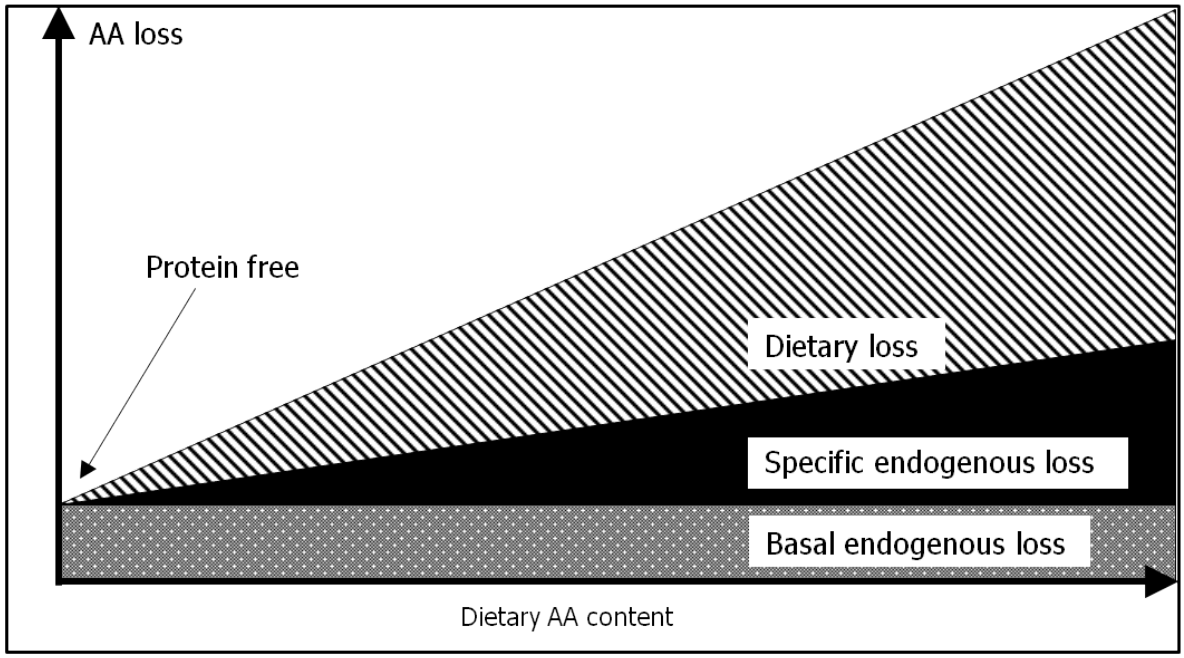


Figure 1: Origin of AA at the terminal ileum

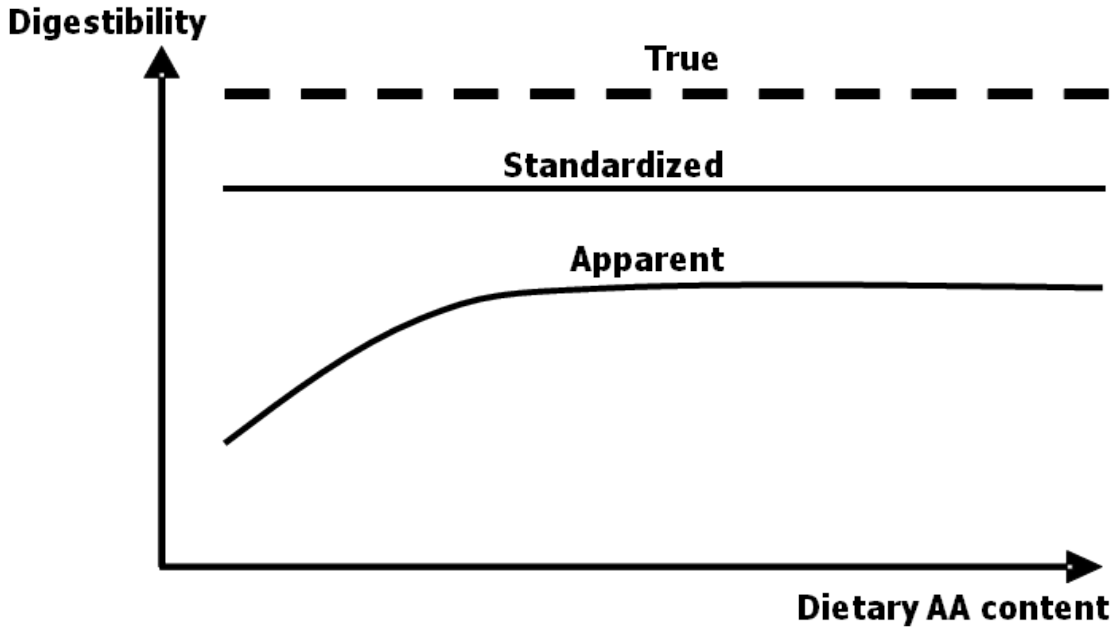


Figure 2: Expression of AID, SID and TID of AA as a function of AA intake

True ileal digestibility

If AID values are corrected for total IAA_{end}, then values for TID are obtained. Values for TID represent the proportion of dietary AA that disappears from the digestive tract prior to the distal ileum, and they do not include IAA_{end}. Primarily because of the difficulty of accurately measuring total IAA_{end}, TID values for feed ingredients are rarely available. In addition, because total IAA_{end} is subtracted from the ileal outflow of AA, values for TID do not distinguish between feed ingredients that induce different levels of specific IAA_{end}. Therefore, values for TID do not predict the quantities of AA that are available for net protein synthesis in pigs. In conclusion, values for TID should not be used in practical diet formulation for pigs unless specific IAA_{end} is measured and considered in the animal's AA requirement.

Standardized ileal digestibility

Lack of additivity of AID values in feed formulation may be compensated for by correcting AID values for basal IAA_{end} but not for specific IAA_{end}. The correction for basal IAA_{end} results in the transformation of AID into SID values. The basal IAA_{end} represents the quantities of AA that will be lost from the animal regardless of the feed ingredient or complex diet that is being fed. This animal induced basal loss is not influenced by the feed ingredient composition *per se*, but it is strongly influenced by the total dry matter intake (DMI) of the animal (e.g. Moter and Stein, 2004) and, for this reason, it is expressed in relation to DMI. Values for SID are calculated as values for AID except that the basal IAA_{end} is subtracted from the ileal outflow of AA. Because only the basal IAA_{end} is subtracted from the outflow, any components that are specific to the feed ingredient such as trypsin inhibitors or fiber are included in the calculation. Thus, values for SID in comparison to TID values distinguish between feed ingredients inducing different levels of specific IAA_{end}. Since values for SID are additive in mixed diets (Stein et al., 2005), the major disadvantages of AID and TID (i.e. lack of additivity and a need to explicitly represent specific IAA_{end}, respectively) are overcome if values for SID are used in diet formulation. It should be noted, however, that values for SID are influenced by the estimate of basal IAA_{end}, and therefore, also by the level of feed intake (e.g. Moter and Stein, 2004). As a consequence, values for basal IAA_{end} and values for SID should be measured in the same environment and in animals fed close to their voluntary feed intake. In addition, when using SID values in feed formulation, the basal IAA_{end} must be considered as part of the animals' AA requirement. To further improve the estimation of AA availability from digestibility measurements, future research should aim at estimating the metabolic costs associated with both ileal and colonic specific IAA_{end}, enteric fermentation in the upper gut, the chemical form in which AA are absorbed, and further refinements of *in vitro* methods.

Effect of age on SID of AA in pigs

There is some indication that SID of AA used in diet formulation for grower-finisher pigs may not be used for piglets, because SID values determined in feed ingredients for piglets differ considerably from tabulated values for grower-finisher pigs. Tabulated SID of indispensable AA in soybean products and cereals for grower-finisher pigs (e.g. NRC, 1998) were 4 to 16 and 14 to 57%-units higher, respectively, compared to those determined in studies with piglets (Table 1) (Urbaityte et al., 2009; Sauer et al., 2012). This variation may reflect differences in the digestive capacity between grower-finisher pigs and piglets. Thus, separate feed tables for SID of AA in feed ingredients used in diets for piglets may be needed.

Table 1: The SID of AA (%) in feed ingredients for piglets and grower finisher pigs

	Lysine		Methionine		Threonine		Tryptophan	
		Grower		Grower		Grower		Grower
	Piglet[1,2]	Pig[3]	Piglet[1,2]	Pig[3]	Piglet[1,2]	Pig[3]	Piglet[1,2]	Pig[3]
Soybeans	78	86	76	85	67	83	71	82
Soybean meal	84	90	87	91	76	87	82	90
Soy protein concentrate	90	95	90	94	81	94	84	93
Corn	49	78	71	90	48	82	27	84
Barley	64	79	60	86	57	81	58	80
Wheat	63	81	76	90	58	84	67	90

[1]Urbaityte et al. (2009) for soybeans, soybean meal and soy protein concentrate
[2]Sauer et al. (2012) for corn, barley and wheat
[3]NRC (1998)

Effect of ANF and heat treatment on SID of AA in pigs

The assessment of the bio-availability of each of the dietary AA is critical for evaluating the nutritional value of pig feed ingredients and for estimating AA requirements of pigs. Measure of SID of AA is used routinely as estimate of AA bio-availability in pig feed ingredients. However, in some instances, these values can over-estimate bio-availability of AA in pig feed ingredients. This applies in particular to heat treated feed ingredients or when fermentation in the proximal part of the gastrointestinal tract (mouth to ileum) of pigs results in a net loss of AA (Fuller, 2003).

Plant protein may contain different ANF in varying concentrations. Legumes such as peas, faba beans, lupins and soybeans are associated with significant levels of trypsin inhibitors and/or condensed tannins. Moreover in rapeseed, glucosinolates are important ANF. Some of these ANF, such as trypsin inhibitors and glucosinolates are heat-labile and can be reduced by applying various heat treatment procedures.

Heat treatment and protease inhibitors

Traditionally, protease inhibitors belong to two major classes, the Kunitz trypsin inhibitor which is mainly present in soybeans, and the family of Bowman-Birk trypsin/chymotrypsin inhibitors, which widely occurs in grain legumes (Pusztai et al., 2004). The primary mode of action of protease inhibitors is described as inhibition of the proteolytic pancreatic enzymes trypsin and chymotrypsin secreted into the intestinal lumen, by forming stable inactive complexes (Lallès and Jansman, 1998). Moreover, an increased pancreatic secretion of trypsin and chymotrypsin due to trypsin inhibitor activity (TIA) may lead to an enhanced loss of endogenous AA, in particular methionine and cystine, as these pancreatic enzymes are rich in the sulphur containing AA (Gatel, 1994). According to Jezierny et al. (2010), recently harvested batches of grain legumes contain rather low TIA, ranging between <0.2 to 3.9, <0.2 to 5.0 and <0.2 to 2.9 mg trypsin inhibitor (TI)/g crude protein (CP), in different batches of faba beans, peas and lupins, respectively. These values were below those obtained for commercially available soybean meal (5.8 mg TI/g CP). Also, the authors found lower TIA in coloured flowered faba bean cultivars compared to white flowered cultivars. This is in agreement with reports by Makkar et al. (1997), that TIA in coloured flowered faba bean cultivars was only about 64% of that

in white flowered cultivars, when expressed in mg TI/g CP (6.72 to 7.35 *vs.* 9.01 to 12.74 mg TI/g CP).

Heat treatment has proven to efficiently reduce TI levels in feedstuffs of plant origin. In an own study by Messerschmidt et al. (2012), a commercial heat treated SBM batch was visually identified to be overtoasted due to its brownish color, and coarsely ground through a 2-mm screen and then separated into two fractions, referred to as small (< 1 mm) and large (1 to 2 mm) particle size. Lower contents of reactive Lys in small compared to large SBM particles indicate Lys damage due to overtoasting which is often associated with the formation of Maillard reaction products (Messerschmidt et al., 2012). This formation involves binding of AA to the carbonyl group of reducing sugars such as glucose, thereby eventually reducing the bio-availibility of AA (Fontaine et al., 2007). Moreover, the higher NDF content in small compared to large SBM particles suggests the inclusion of Maillard products in the NDF fraction, which likely reduces SID of AA (Messerschmidt et al., 2012). As smaller particles were more exposed to heat treatment than larger particles due to their increased surface-to-volume ratio, SID of AA of this fraction was consistently lower in a study with grower pigs (Table 2) (Messerschmidt et al., 2012). However, TI levels were low in both, small and large SBM particles (Table 2), and did not reflect the variation in SID of AA between both fractions (Messerschmidt et al., 2012). It appears that heat treatment of commercially available SBM was efficient enough to inactivate TI, but may result in the formation of Maillard products in smaller SBM particles (Messerschmidt et al., 2012).

Table 2: The effect of differences in particle size of heat treated soybean meal on contents of NDF, TI, reactive lysine (g/kg as fed) and on SID of AA in grower pigs (%)[1]

Treatment	Small	Large
NDF	308	204
TI	2.2	2.4
React. Lysine	23.1	26.7
SID		
Lysine	68	76
Methionine	80	83
Threonine	66	70
Tryptophan	70	75

[1]Messerschmidt et al. (2012)

In another study, grower pigs were either fed normal toasted soybean meal, the same soybean meal autoclaved for 15 min at 125°C, or the same soybean meal autoclaved for 30 min at 125°C. The SID of AA decreased linearly with increasing intensity of heat treatment and differed up to 9%-units between normal and autoclaved soybean meal (Table 3) (González-Vega et al., 2011). In addition to the linear decrease in SID of AA, furosine concentrations in soybean meal increased with increasing intensity of heat treatment. Furosine may be used as an indicator for Maillard reaction products, indicating that, both, the digestibility of AA and the bio-availability of the absorbed AA decreased with increased intensity of the heat treatment (González-Vega et al., 2011).

Table 3: Effect of heat treatment on furosine contents in soybean meal (SBM) and on SID of AA (%) in grower pigs[2]

	SBM, normal	SBM, autoclaved 125°C, 15 min	SBM, autoclaved 125°C, 30 min
Lysine[1]	94[a]	90[b]	85[c]
Methionine[1]	94[a]	92[b]	89[c]
Threonine[1]	90[a]	88[ab]	85[b]
Tryptophan[1]	91[a]	88[ab]	84[b]
Furosine	0.015	0.023	0.026

[1]Linear effect ($P<0.01$)
[2]González-Vega et al. (2011)
[a,b,c]Values within a row without a common superscript are different ($P<0.05$)

Heat treatment and glucosinulates

Glucosinolates are categorised as alphatic types and indole types. Glucosinolates *per se* are not toxic, however, endogenous myrosinase present in the seed and in the indigenous gastrointestinal tract microflora can hydrolyse them to yield toxic breakdown products (van Kempen and Jansman, 1994). Depending on the nature of the glucosinolates and the reaction conditions, isothiocianates, thiocianates, or nitriles are formed. These compounds can impair feed intake and growth, and interfere with thyroid and liver function (Campbell and Schöne, 1998). In comparison to older rapeseed varieties with contents of 60 to 100 mmol/kg seed, modern varieties (canola or double-zero quality rapeseed) show remarkably lower glucosinolate contents of 8 to 15 mmol/kg seed (Wittkop et al., 2009). Results of rapeseed meal monitoring in Germany revealed over the past years that average glucosinolate contents in rapeseed meals are lower than 10 mmol/kg DM. Nevertheless, further reductions in glucosinolate contents have been postulated to provide an universal use of rapeseed meals in diets for monogastric animals (Wittkop et al., 2009). Heat treatment during processing of rapeseed has proven to efficiently reduce glucosinulate contents, thereby affecting SID of AA in rapeseed meal. In own studies, one batch of rapeseed was processed under standardized conditions (105°C, 8.5 bar) in a pilot plant to manufacture different rapeseed meals. The processing conditions varied in terms of duration of heat treatment (45, 65, 85, 105 min). In total, four different rapeseed meals were produced, and SID of AA was determined in grower pigs fitted with T-cannulas at the distal ileum. There were linear decreases in contents of glucosinolates (from 15 to 6 mmol/kg DM) and reactive lysine (from 16.0 to 12.5 g/kg DM) as the duration of heat treatment increased. Accordingly, SID of lysine, methionine, threonine and tryptophan decreased by 10, 5, 6 and 5%-units, respectively, as the duration of heat treatment increased (Figure 3).

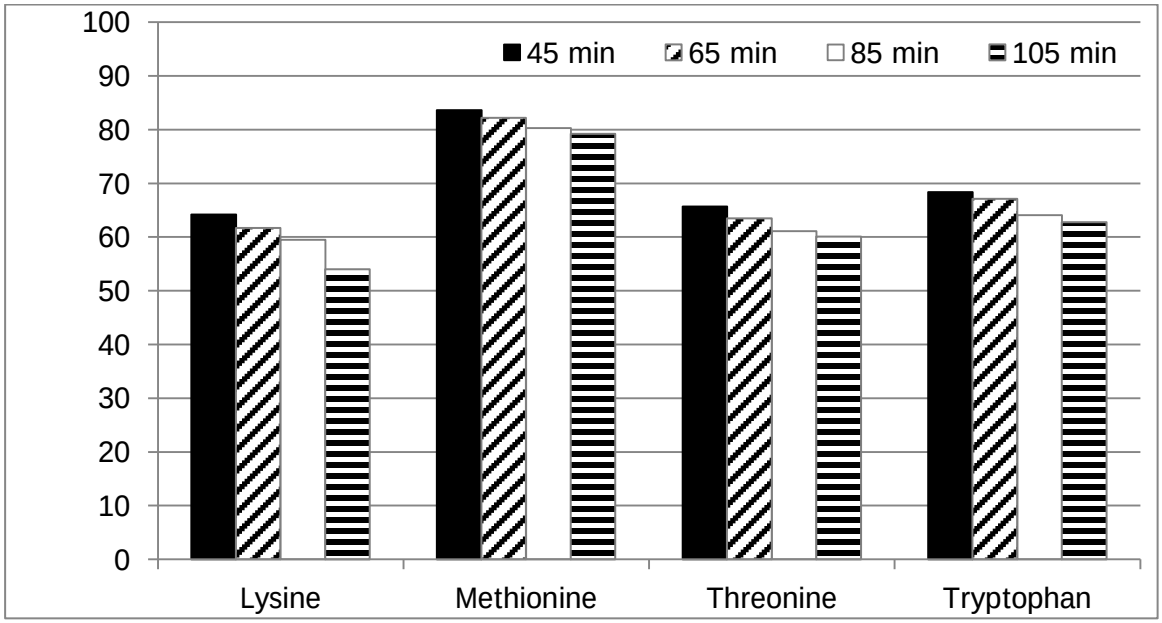


Figure 3: Effect of duration of heat treatment on SID of AA in rapeseed meal

Tannins

Condensed tannins present in some faba bean cultivars are known to exert particularly negative effects on AA digestibility, such as they may form complexes with both dietary proteins and digestive enzymes (Jansman, 1993). As a result, the activity of proteinaceous digestive enzyme may be inhibited or the secretion of endogenous proteins may be stimulated (Marquardt, 1989). In a digestibility study with grower pigs, the two white flowered faba bean cultivars Aurelia and Gloria, free of tannins and the four coloured flowered faba bean cultivars Divine, Espresso, Limbo and Fuego with tannin contents ranging from 2.1 to 7.4 g/kg DM were used (Jezierny et al., 2011). There was a linear decrease in SID of AA (P<0.05) as the contents of condensed tannins in the faba beans increased (Table 4). The SID of AA differed up to 19%-units between tannin containing and tannin free faba bean cultivars. Dietary tannins decreased SID of AA in feed ingredients for pigs through several mechanisms, including formation of hydrogen bonds and hydrophobic interactions of their hydroxyl groups with the carbonyl groups of dietary proteins, decreasing the activities of pepsin, trypsin, chymotrypsin and intestinal brush border peptidases. The decrease in protease activities leads to changes in the morphology of the gastrointestinal mucosa, transmembrane nutrient intake and increase of endogenous protein secretions (Jansman et al., 1988; Jezierny et al., 2010).

Table 4: Tannin content and SID of AA in faba beans for grower pigs (Jezierny et al., 2011)

	Aurelia	Gloria	Divine	Espresso	Limbo	Fuego
Tannin content	not detectable	not detectable	2.1	4.2	7.0	7.4
Lysine[1]	87[c]	84[bc]	84[bc]	79[a]	80[ab]	79[a]
Methionine[1]	77[c]	77[c]	68[b]	58[a]	61[a]	62[a]
Threonine[1]	80[b]	80[b]	78[b]	67[a]	71[a]	68[a]
Tryptophan[1]	69[b]	71[b]	66[b]	53a	54[a]	53[a]

[1]Linear decrease (P<0.001)
[a,b,c]Values within a row without a common superscript are different (P<0.05)

Conclusions

Values of standardized ileal digestibility in comparison to true digestibility values distinguish between feed ingredients inducing different levels of specific ileal endogenous amino acid losses. In contrast to apparent digestibility values, standardized digestibility values are additive in mixed diets. However, studies with piglets showed that standardized ileal digestibility of amino acids differs between piglets and grower-finisher pigs. Hence, there is a need for separate feed tables for standardized ileal digestibility of amino acids to be used in diet formulation for piglets. Due to considerable progress in plant breeding, contents of antinutritional factors such as trypsin inhibitors, tannins and glucosinolates present in many grain legumes or rapeseed meal have been reduced considerably. Residual heat labile antinutritional factors in plant feed ingredients can efficiently be reduced by means of heat treatment procedures, but there is evidence that excessive heat treatment may damage the feed protein, thereby eventually decreasing standardized ileal digestibility and bio-availability of amino acids. Thus, there is a need to refine potential strategies to further reduce contents of antinutritional factors in plant protein ingredients without decreasing digestibility and bio-availability of amino acids.

Literature

AmiPig, 2000. Ileal standardised digestibility of amino acids in feedstuffs for pigs. Association Française de Zootechnie, Ajinomoto Eurolysine, Aventis Animal Nutrition, INRA, ITCF, Paris, France.

Campbell LD, Schöne F. 1998. Effects of antinutritional factors in rapeseed. In: Jansman AJM, Hill GD, Huisman J, van der Poel AFB (Eds), Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds and Rapeseed. Centre for Agricultural Publishing and Documentation (PUDOC), Wageningen, pp.185-198.

CVB. 2003. Veevoedertabel (Table of nutritional value of feed ingredients). Centraal Veevoederbureau. Lelystad, The Netherlands.

Fan MZ, Sauer WC, Hardin RT, Lien KA. 1994. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in pigs: Effect of dietary amino acid level. J Anim Sci 72, 2851-2859.

Fontaine J, Zimmer U, Moughan PJ, Rutherfurd SM. 2007. Effect of heat damage in an autoclave on the reactive lysine contents of soy products and corn distillers dried grains with solubles. Use of the results to check on lysine damage in common qualities of these ingredients. J Agric Food Chem 55, 10737-10743.

Fuller M. 2003. AA bioavailability-A brief history. In: Ball RO, (Ed.), Digestive Physiology in Pigs. Proc. 9th Int. Symp. Vol. 1., Univ. Alberta, Alberta, Canada, pp. 183-198.

Gatel F. 1994. Protein quality of legume seeds for non-ruminant animals: a literature review. Anim Feed Sci Technol 45, 317-348.

GfE. 2005. Standardised praecaecal digestibility of amino acids in feedstuffs for pigs-methods and concepts. In: Martens H (Ed.), Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (Communications of the Committee for Requirement and Standards of the Society of Nutrition Physiology), Proc Soc Nutr Physiol 14, pp. 185-205.

González-Vega JC, Kim BG, Htoo JK, Lemme A, Stein HH. 2011. Amino acid digestibility in heated soybean meal fed to growing pigs. J Anim Sci 89, 3617-3625.

Jansman AJM. 1993. Tannins in feedstuffs for simple stomached animals. Nutr Res Rev 6, 209-236.

Jansman AJM, Huisman J, van der Poel AFB, 1988. Faba beans with different tannin contents: ileal and faecal digestibility in piglets and growth in chicks. In: Huisman J, van der Poel AFB, Liener IE (Eds.), Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds. Proceed. of the 1st Intern. Workshop on Antinutritional Factors in Legume Seeds. Wageningen, The Netherlands, pp. 176-180.

Jezierny D, Mosenthin R, Bauer E. 2010. The use of grain legumes as a protein source in pig nutrition: a review. Anim Feed Sci Technol 157, 111-128.

Jezierny D, Mosenthin R, Sauer N, Roth S, Piepho H-P, Rademacher M, Eklund M. 2011. Chemical composition and standardised ileal digestibilities of crude protein and amino acids in grain legumes for growing pigs. Livest Sci 138, 229-243.

Lalles JP, Jansman AJM. 1998. Recent progress in the understanding of the mode of action and effects of antinutritional factors from legume seeds in non-ruminant farm animals. In: Jansman AJM, Hill GD, Huisman J, van der Poel AFB (Eds.), Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds and Rapeseed. Centre for Agricultural Publishing and Documentation (PUDOC), Wageningen, pp. 219-232.

Makkar HPS, Becker K, Abel H, Pawelzik E. 1997. Nutrient contents, rumen protein degradability and antinutritional factors in some colour- and white-flowering cultivars of Vicia faba beans. J. Sci. Food Agric 75, 511-520.

Marquardt RR. 1989. Dietary effects of tannins, vicine and convicine. In: Huisman J, van der Poel AFB, Liener IE (Eds.), Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds. Center for Agricultural Publishing and Documentation (PUDOC), Wageningen, pp. 141-155.

Messerschmidt U, Eklund M, Rist VTS, Rosenfelder P, Spindler HK, Htoo JK, Mosenthin R. 2012. Effect of particle size and heat treatment of soybean meal on standardized ileal digestibility of amino acids in growing pigs. J Anim Sci, in press.

Moter V, Stein HH. 2004. Effect of feed intake on endogenous losses and amino acid and energy digestibility by growing pigs. J Anim Sci 82, 3518-3525.

NRC. 1998. Nutrient requirements of swine. 10th ed., National Academy Press, Washington, D.C.

Pusztai A, Bardocz S, Martin-Cabrejas MA. 2004. The mode of action of ANFs on the gastrointestinal tract and its microflora. In: Muzquiz M, Hill GD, Cuadrado C, Pedrosa MM, Burbano C (Eds.), Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds and Oilseeds. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, pp. 87-100.

Sauer N, Eklund M, Hoerner S, Rademacher M, Mosenthin R. 2012. Comparison of standardized ileal amino acid digestibilities in protein supplements and cereal grains for weaned pigs. J Anim Sci, in press.

Stein HH, Pedersen C, Wirt AR, Bohlke RA. 2005. Additivity of values for apparent and standardized ileal digestibility of amino acids in mixed diets fed to growing pigs. J Anim Sci 83, 2387-2395.

Urbaityte R, Mosenthin R, Eklund M, Piepho HP, Sauer N, Rademacher M. 2009. Standardised ileal crude protein and amino acid digestibilities in protein supplements for piglets. Arch Anim Nutr 63, 356-378.

Van Kempen GJM, Jansman AJM. 1994. Use of EC produced oil seeds in animal feeds. In: Garnsworthy PC, Cole DJA (Eds.), Recent Advances in Animal Nutrition. Nottingham University Press, Nottingham, pp. 31-56.

Wittkop B, Snowdon RJ, Friedt W. 2009. Status and perspectives of breeding for enhanced yield and quality of oilseed crops for Europe. Euphytica, 170, 131-140.

Corresponding author

Prof. Dr. Dr. h. c. Rainer Mosenthin
University of Hohenheim
Institute of Animal Nutrition
Emil-Wolff-Str. 10
70599 Stuttgart, Germany
rainer.mosenthin@uni-hohenheim.de

Die bayerische Eiweißinitiative

Dr. Hermann Lindermayer

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft – Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub

Zielsetzung

In Europa und damit auch in Bayern mit intensiver Tierhaltung reicht das im Land erzeugte Futterprotein bei weitem nicht aus, um die bedarfsgerechte Versorgung der Tiere zu gewährleisten. So werden in der bayerischen Rinder-, Schweine- und Geflügelfütterung umgerechnet 500.000 t Rohprotein (ohne Grundfutter) eingesetzt. Die Eigenproduktion, z.B. in Form von Rapskuchen und –schroten, Trockengrün oder Körnerleguminosen liegt nur bei 190.000 Tonnen, so dass sich ein Nettoimport von Eiweißträgern in Höhe von 310.000 Tonnen Rohprotein pro Jahr ergibt. Importiert wird fast ausschließlich Sojaextraktionsschrot (ca. 800.000 t). Davon gehen rund 50% in die Rinderfütterung, 40% in die Schweine- und 10% in die Geflügelfütterung.

Man ist also in hohem Maße auf die Einfuhr von Sojaprodukten (Bohnen, Extraktionsschrote) aus Übersee (USA, Brasilien, Argentinien) angewiesen. Dabei ist nicht nur die Importabhängigkeit unbefriedigend, sondern auch, dass die Sojapflanzen zum großen Teil gentechnisch verändert sind.

Deswegen hat der bayerische Landwirtschaftsminister Brunner am 22. März 2011 im Rahmen der Zukunftsinitiative „Aufbruch Bayern“ das Aktionsprogramm „Heimische Eiweißfuttermittel“ gestartet (Laufzeit bis Ende 2012, Projektmittel 2 Mio. €, mittlerweile verlängert bis Ende 2014, Mittelaufstockung um weitere 2 Mio. €).

Ziele des Programms sind:

- Unabhängiger von Eiweißfuttermittel-Importen aus Übersee werden
- Mittelfristig den Einsatz von Importsoja in der Rinderhaltung halbieren
- In der ökologischen Tierhaltung den Eiweißbedarf künftig ausschließlich aus heimischer Erzeugung decken

Wie will man diese Ziele erreichen?

- Den Anbau heimischer Eiweißpflanzen ausdehnen (z.B. 5000 ha Sojabohnen)
- Die Grundfutterleistung in der Rinderfütterung steigern
- Die Eiweißverwertung in der Schweinefütterung verbessern
  (10 - 15% Sojaersparnis)
- Das Potential eiweißhaltiger Nebenprodukte ausschöpfen
  (z.B. werden 140.000 t Rapsextraktionsschrot exportiert)
- Forschung, Beratung und Wissenstransfer intensivieren

Mittlerweile hat Staatsminister Brunner im Rahmen einer Brasilienreise im März 2012 einen Kooperationsvertrag mit dem brasilianischen Verband für GVO-freien Anbau von Ackerfrüchten – ARRANGE- unterzeichnet, da kurzfristig der bayerische Bedarf an gentechnikfreien Eiweißfuttermitteln aus europäischem Anbau nicht zu decken ist.

Weiterhin wurde als eine bayerisch-österreichische Initiative zusammen mit den anderen Donauanrainerstaaten Ungarn, Kroatien, Serbien, Rumänien, Bulgarien der Verein „Donau Soja“ gegründet, um die Eigenversorgung in Europa mit gentechnikfrei erzeugten Eiweißfuttermitteln zu verbessern (Ziel: Anbau von ca. 2,7 Mio. ha Qualitätssoja, GVO-frei, Start der Donaustrategie bei einem internationalen Sojakongress am 5./6.09.2012 in Wien).

An der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft wurde ein Arbeitsschwerpunk „Eiweißstrategie“ eingerichtet mit dem Auftrag, durch Forschung und Unterstützung der landwirtschaftlichen Beratung einen Beitrag zur Erhöhung des Anteils inländisch erzeugter Eiweißfuttermittel in der tierischen Erzeugung (Rinder, Schweine, Geflügel) zu leisten. In insgesamt 10 Forschungsprojekten (Pflanzenbau- und -züchtung – Leguminosen, Soja, Feldfutterbau; Rinderfütterung – Eiweißbedarf-Rindermast, Sojaalternativen, Grundfutteroptimierung; Schweine – und Geflügelfütterung – Sojaersatz, Phasenfütterung; Markt und Ökonomik – Kalkulationsprogramme, Vermarktungskonzepte) wird nach Lösungen und Verbesserungen zur heimischen und/oder GVO-freien Eiweißversorgung gesucht.

Der Handlungsspielraum ist dabei in der Schweine- (und Geflügel-) fütterung stark begrenzt, da Monogaster besonders hohe Ansprüche an die Protein-/Aminosäurequalität (hohe Aminosäurekonzentration, gute biologische Wertigkeit, beste intermediäre Verfügbarkeit) stellen. Hochwertige, heimische und GVO-freie Eiweißträger sind knapp, auf Importsojaprodukte kann ohne Einschränkung der tierischen Leistungen, ohne Mehrbelastung der Umwelt und Steigerung der Futterkosten nur in geringem Umfang verzichtet werden.

Nichtsdestotrotz geht es in dem Teilprojekt „Qualitative und quantitative Optimierung der Eiweiß- bzw. Aminosäureversorgung in der Schweinefütterung“ vorrangig darum, den Eiweißanteil insgesamt und damit vorrangig den Sojaanteil in den Schweinerationen durch bedarfsangepasste Rationsgestaltung zu minimieren, die in Bayern vorhandenen Eiweißressourcen für die Schweinefütterung quantitativ und qualitativ zu erfassen sowie analytisch und in Versuchen zu bewerten und mittels technischer Aufbereitung zu optimieren. In schweinehaltenden Ringbetrieben wird die Fütterung (Futterarten, -mengen, -kosten, Inhaltsstoffe, Leistungen, Güllenährstoffe und Güllemengen…) des vergangenen Jahres erfasst und im „Stärke/Schwächen-Profil“ im Vergleich zu den Kollegen bewertet und rückgemeldet. In Pilotbetrieben (Arbeitskreise „Phasenfütterung“) werden Fütterungsstrategien mit bestmöglicher Stickstoff- bzw. Eiweißfuttereinsparung ausprobiert und die Ergebnisse für die allgemeine Beratungsarbeit aufbereitet. Forschung und Beratung sind eng miteinander verbunden (Tabelle 1).

Die gestellten Aufgaben und die beteiligten Einrichtungen sind nachfolgend aufgeführt, über die bisherigen Ergebnisse wird ein Überblick gegeben.

Tabelle 1: Aufgabenbeschreibung, Aufgabenverteilung im Teilprojekt „Schweinefütterung“

Aufgabe	**Beteiligte**	**Verantwortlich**
Versuche		
Fütterungs-, Verdauungsversuche	ITE, LVFZ	ITE
Aminosäureanalytik	ITE, AQU, Evonik	ITE
Futteraufbereitung	ITE, TFZ, ILT, Verarbeiter	ILT
Felderhebungen		
Eiweißfuttermengen	RA, ca. 1000 Ringbetriebe	ITE, LKV
Eiweißfutterqualitäten	FZ, RA, ca. 200 Futterhersteller	ITE, FZ
Beratung		
einzelbetrieblich	RA, FZ, 3500 Ringbetriebe	LKV, FZ
Futterbilanzen, „Fütterungsprofil“	RA, FZ, 1000 Ringbetriebe	LKV, FZ, ITE
AK-„100 % Phasenfütterung“	FZ, RA, ca. 100 Ringbetriebe	FZ, RA, ITE
„Futternetzwerk“	FZ, RA, ITE	FZ, ITE
RA-Vorträge	RA, FZ	FZ

Abkürzungen: ITE – Institut für Tierernährung, ILT – Institut für Tier und Technik, LVFZ – Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Schweinehaltung Schwarzenau, RA – 84 Ringassistenten des LKV in

ca. 3000 schweinehaltenden Ringbetrieben, FZ – 8 Fachzentren für Schweinehaltung in Bayern, ca. 25 Berater, AQU – Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen (Futterlabor Grub)

Ergebnisse und Wertung - Versuche, Felderhebungen, Beratung

Es wurden zahlreiche Fütterungsversuche zur bedarfsgerechten, eiweißsparenden Aminosäureversorgung der Ferkel und Mastschweine durchgeführt sowie fast alle wichtigen Eiweißfutter im Feld und ab „Werk“ beprobt, analysiert und meistens in Akzeptanz-/Verdauungsversuchen überprüft. Weiterhin wurde zur besseren Beurteilung der Futterrohstoffe die Aminosäureschnellanalytik (AminoNIR) mit teilweiser Messung der Aminosäureverfügbarkeit (AminoRED) zur Praxisanwendung gebracht. Parallel dazu lief die Validierung und Optimierung von verschiedenen Futteraufbereitungsverfahren (mechanisch, thermisch, hydrothermisch).

Fütterungsversuche – Beispiele mit Ergebnissen und Wertung

Aktuelle Fütterungsversuche zur bedarfsgerechten Schweinefütterung mit heimischen Eiweißfuttermitteln und zur Eiweißreduzierung:

- VPS 27-Überprüfung der DLG-Futterrationen für 750/950 g tägliche Zunahmen/ 10,7-7,9 bzw. 11,7-7,5 g Lysin/kg Futter
  Ergebnis: Keine Unterschiede bei den Mast- und Schlachtleistungen, 950 g 0,59 €/Ms mehr Futterkosten/1,8 kg Sojamehrverbrauch=12.000 t/Jahr für Bayern
- VPS 19-Vergleich zwei- und mehrphasige (5-phasig) Schweinemast
  Ergebnis: Keine Unterschiede bei den Mast- und Schlachtleistungen, 5-phasig minus 7% N-Austrag/minus 20.000 t/Jahr Sojabedarf für Bayern
- VPS 12-10% Rohe Vollfettsojabohnen in der Ferkelaufzucht und in der Mast
  Ergebnis: Rohe Sojabohnen zeigten beim Ferkel gegenüber der Sojafütterung 30 % Leistungseinbußen und Kannibalismus, sie verlängerten die Mastdauer um 1 Monat, die Fleischmaße fielen negativ aus, die Speckqualitäten waren unbefriedigend
- VPS 18-Ferkelfütterung mit heimischen Sojaprodukten – 20/15 % Sojakuchen extrudiert, 27/20 % Vollfettsojabohnen geröstet (Abb. 1)
  Ergebnis: Sojakuchenrationen kommen leistungsmäßig an Sojaschrot heran (-3 % Zunahmen), Röstbohnen liegen 15 % unter der Sojaschrotkontrolle

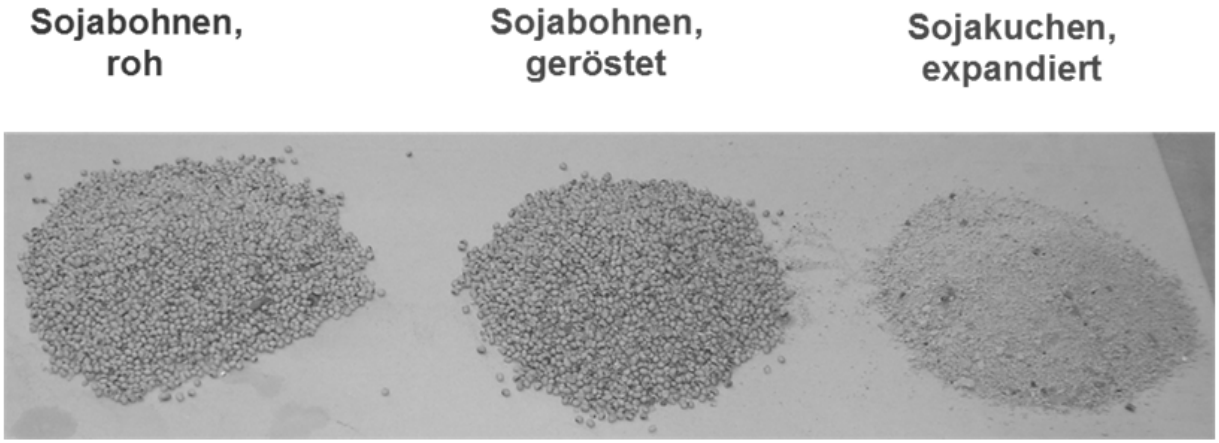


Abbildung 1: Heimische Sojaprodukte im Versuch

- VPS 15-Ferkelfütterung mit heimischen Sojaprodukten – 15 % Sojakuchen extrudiert, 10 % Vollfettsojabohnen geröstet
  Ergebnis: Sojakuchenrationen liegen leistungsmäßig hinter Sojaschrot, (-6 % Zunahmen), Röstbohnen liegen knapp unter der Sojaschrotkontrolle
- VPS 16-Einfache Phasenfütterung in der Ferkelaufzucht und in der Mast Phasenfütterung beim Ferkel und in der Mast hat keine Auswirkungen auf die Mast- und Schlachtleistungen, Phasenfütterung spart von 8 -120 kg LM spart 2,50 € Futterkosten/6 % N-Austrag/7 kg Soja bzw. 42.000 t Sojaimport für Bayern
- VPS 17-Verschneiden mit Weizen – Einfache Multiphasenfütterung in der Ferkelaufzucht Ergebnis: Keine Unterschiede beim Futterverzehr und den täglichen Zunahmen, Multiphasen mit plus 3% Weizen/Woche sparte 0,96 €/Ferkel bzw. 6 % N-Austrag bzw. 1 kg Soja bzw. minus 6.000 t Sojaimport nach Bayern
- VPS 36-Sehr hohe Aminosäureversorgung in der Ferkelaufzucht (Kontrolle 12,3/10,9 g Lysin/kg – Testgruppe 12,7/11,9 g Lysin/kg)
  Ergebnis: Die Hoch-Lysin Testgruppe hatte 20 g weniger Zunahmen, 8 % mehr N-Ausscheidung und 8 % höhere Futterkosten, bayernweit könnte auf ca. 8000 t Sojaimport verzichtet werden
- VPS 33-Mehrphasige Schweinemast – Verschneiden mit Weizen (4 % Weizen pro Woche mehr im Anfangsmastfutter)
  Ergebnis: Keine Unterschiede in den Mast- und Schlachtleistungen, für Bayern minus 39.000 t Sojaimport bzw. 19,5 Mio. € weniger Futterkosten
- VPS 31 Rapsschrot im Trage- und Säugefutter (Tragefutter mit Sojaschrot oder Rapsschrot bzw. Säugefutter mit Sojaschrot oder Sojaschrot zu Rapsschrot 2/3 zu 1/3 oder ½ zu ½ oder 2/3 zu 1/3
  Ergebnis: 2013
- VPS 25 N-reduzierte Mastschweinefütterung und Auswirkungen auf die Stallluft Ergebnis: Keine Unterschiede in den Mast- und Schlachtleistungen, N-reduziert minus 8 % weniger NH3-Ausstoß
- VPS 40 Hohe Anteile Rapsextraktionsschrot (8/16 %) in der Ferkelaufzucht Ergebnis: Keine Unterschiede in den Leistungen, Statt 6,1 kg Eiweißfutter (HP-Soja in der Kontrollgruppe) werden aber 7,8 kg Eiweißfutter (4 kg Rapsschrot plus 3,8 kg Soja HP verbraucht), mit dieser Fütterungsvariante könnten bayernweit 13.500 t Übersee-Soja (ca. 2% des Imports) eingespart werden

Fazit: Die Hauptfütterungsversuche zur Eiweißeinsparung und zum Einsatz heimischer Sojaprodukte (Rohe Sojabohnen, Sojakuchen, Röstbohnen) sind v.a. in 2011 und 2012 gelaufen. Rapsschrot soll schwerpunktmäßig in der Zuchtsauenfütterung im Langzeitversuch eingesetzt werden. Die N-reduzierte Fütterung mit Zulage freier Aminosäuren und ständiger Rationsanpassung an den Bedarf zeigte im Versuch für die bayer. Aufzuchtferkel und Mastschweine (8 – 120 kg LM) ein Einsparpotential pro Jahr von ca. 40.000 t Sojaschrot auf. Das Instrument der Phasenfütterung hat etwa doppelt so viel Soja-Einsparung zur Folge wie das Anpassen überzogener Lysingehalte an die offiziellen Bedarfsempfehlungen. Für die ca. 300.000 bayer. Zuchtsauen könnten durch die genannte Effizienzsteigerung in der Fütterung noch einmal 10.000 t Sojaersparnis/Jahr realisiert werden. Das Einsparpotential durch heimische Eiweißträger ist minimal bzw. bei aktueller Qualität sogar kontraproduktiv. Mit rohen Sojabohnen ergaben sich ca. 30 % Leistungseinbußen, mit Röstbohnen ca. 10 %, mit Sojakuchen ca. 5 %. Neben weniger Zunahmen und damit Umtrieben und mehr Futteraufwand entsteht auch ein unerwünschter Druck auf die Speckqualität und natürlich mehr N/P-Austrag in die Umwelt. Die Verwendung von ausreichend vorhandenem Rapsextraktionsschrot (ca. 50.000 t Export aus Bayern) im Austausch gegen Sojaschrot wird in der Schweinefütterung dann praktiziert, wenn bei guten Rapsschrotqualitäten die Preiswürdigkeit inkl. Mehrarbeit, Extralager, Ölzulagen… stimmt und die sinkende Energiekonzentration (höherer Futteraufwand) bzw. der höhere

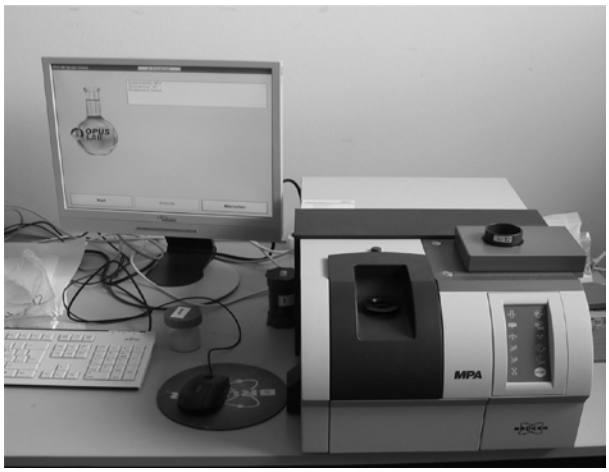
P-Austrag aufgefangen werden können. Würde die Hälfte des bayer. Rapsschrotüberhang in die Schweinefütterung gelangen, dann könnten zu den oben genannten 50.000t Sojaersparnis noch einmal 20.000 t weniger Import-Sojabedarf kommen.

Aminosäureanalytik – Ergebnisse mit Wertung

Zur Einführung und Validierung der Schnellanalyse der Aminosäuregehalte in Futtermitteln mittels NIR-Messungen (Brutto und Verfügbare AS – AminoNIR und AminoRED) im Routinebetrieb wurden zahlreiche, vergleichende Analysen von Sojaschrotproben und Getreiden aus Ringbetrieben - nasschemisch und mit NIR (AminoNIR) durchgeführt.

Ergebnis: Die Technik funktioniert, klassische AS-Analyse und AminoNIR liefern gleichwertige Ergebnisse, NIR-Eichkurven für ca. 20 Schweinefutter (Getreide, Sojaprodukte, Rapsprodukte, Leguminosen...) sowohl für die Rohnährstoffe als auch die Aminosäuren sind vorhanden bzw. in der Überprüfung.

Fazit: Zur exakteren Rationsgestaltung sind Futteranalysen unerlässlich. Mit dem mit Mitteln aus dem Aktionsprogramm beschafften NIR-Gerät sollen nicht nur die Aminosäuregehalte (AminoNIR) und deren Verfügbarkeit (AminoRED) „schnellbestimmt“ werden, -als Basis für eine bessere Eiweißfutterbewertung und Ausloten des Einsparpotentials. Es können „in einem Aufwasch sprich Arbeitsgang“ auch die wichtigen Rohnährstoffe und die Energiegehalte genau genug und extrem preiswert mitbestimmt werden. Das System läuft seit Juli 2012.



AminoNir - fähige Produkte im Gruber Labor
(mit Eichkurven für Rohnährstoffe und Aminosäuren)

Getreide	Eiweißfutter
- Weizen	- Sojabohnen
- Gerste	- Sojaex.schrot
- Maiskörner	- Rapsex.schrot
- Tritikale	- Erbsen
- Roggen	

Abbildung 2: AminoNIR –Gerät und Untersuchungsprodukte für LKV-Ringbetriebe

Versuche zur Sojaaufbereitung – Ergebnisse mit Wertung

Zur Inaktivierung der antinutritiven Faktoren, speziell der Trypsin-Inhibitoren, in heimischen Sojaprodukten und zur Optimierung der Futteraufnahme wurden verschiedenste Aufbereitungstechniken getestet und der Aufbereitungserfolg analytisch bzw. im Tierversuch überprüft.

- Wenig, normale, schwache, starke Erhitzung von Sojakuchen im Expander und im Autoklaven Ergebnis: Sehr widersprüchliche Aufbereitungsergebnisse aus dem Expander (=Schneckenpresse mit Wassereinspritzdüsen), zielgerichtete Ergebnisse nach Autoklavieren

(=Dämpfen) – trockene Hitze schadet der Proteinlöslichkeit, Wasserdampf schließt schonender auf

- VPS 37-Mastversuch mit normalem und überhitztem Sojaschrot ohne und mit Aminosäureausgleich (Abb. 3) – die Kontrollgruppe hatte die gute Sojaqualität im Futter, die Testgruppe 1 die gleiche Ration mit verbrannter Sojaqualität, die Testgruppe 2 war wie 2 aufgestellt mit Aminosäureausgleich auf Basis Bruttogehalte, die Testgruppe 3 war wie 2 aufgestellt mit Aminosäureausgleich auf Basis dünndarmverdauliche Aminosäuren. Ergebnis: An guter Sojaqualität ohne Überhitzungsschäden führt kein Weg vorbei. Durch Zulage von freien Aminosäuren auf Basis Brutto As bzw. ein wenig mehr auf Basis dvd As kann gegenüber der Testgruppe mit „verbranntem“ Soja der Leistungseinbruch mittel bis gut abgemildert werden. Die Futterkosten werden aber höher.

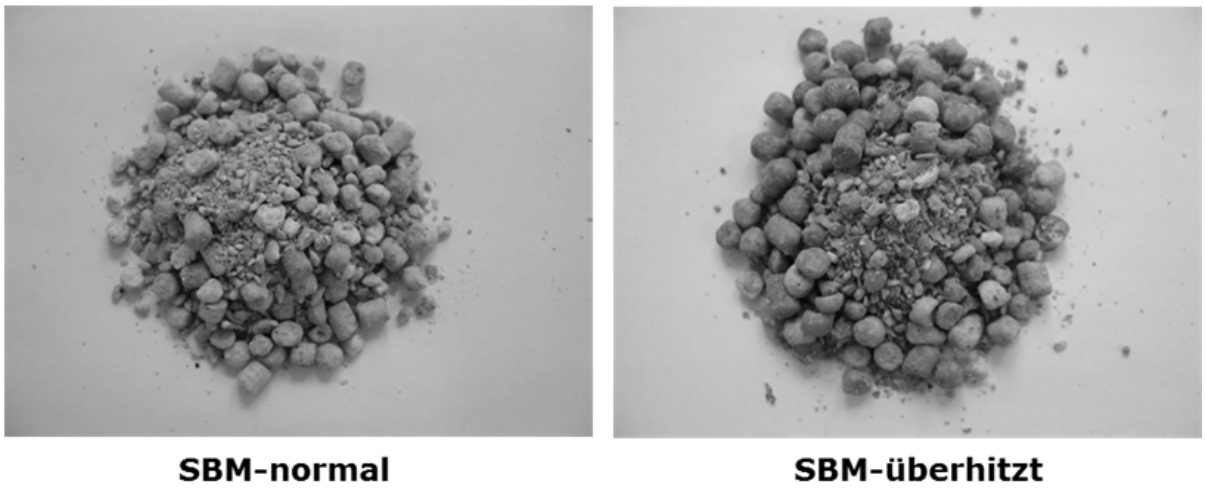


Abbildung 3: Normaler und überhitzter Sojaschrot im Mastversuch VPS 37

Fazit: Die gute Aufbereitung der heimischen Eiweißfutter zur Reduzierung der antinutritiven Inhaltsstoffe ist von enormer Wichtigkeit und Dringlichkeit. Leider fehlt es an aussagekräftigen und praxistauglichen Messgrößen zur Beurteilung der pflanzenbaulichen Zuchtmaßnahmen und des technischen Aufbereitungserfolges – und an Laborkapazitäten zur ständigen Überprüfung der Futterqualität sowieso.

Felderhebungen

Ziel 1: Quantitative Erfassung der vorhandenen Eiweißfutterressourcen (Anbauflächen, Erträge, Abfrage bei den Nebenproduktherstellern) sowie der verfütterten Mengen (Futtermittel und Futterverbrauch bei ca. 1000 Ringbetrieben) – Bilanzabgleich.
Ziel 2: Qualitative Bewertung aller bayer. Eiweißfutter mittels Feldproben, Analysen, Fragebogen, Erstellung eines „Futterdatenblattes“ mit Inhaltsstoffen, Einsatzempfehlungen, Preiswürdigkeiten und besonderen Hinweisen zur Verfütterung bei jedem Rohstoff.

Zu Ziel 1: Quantitative Erfassung der verfütterten Eiweißfuttermengen und der in Bayern vorhandenen Nebenprodukte – Hier wurde für die Ringassistenten eine einfache Erfassungs- und Bilanzierungsmöglichkeit geschaffen. Die im LKV-Jahr 2011/12 in einem Ringbetrieb verwendeten Futterrationen werden mit den jeweiligen Futterverbräuchen der einzelnen Tiergruppen zu

Gesamtjahresverbräuchen zusammengefasst. Durch Zusammenführung der LKV-Leistungsdaten mit den Futtermengen könnten für die einzelnen Ringbetriebe Futterbilanzen (für Futterplanungen, als Nachweis für QS/GQS sowie Futterein-/-ausgänge, fürs Emissionsinventar usw. erstellt werden. Die Hauptnutzung der Hauptgewinn für die Ringbetriebe sollte im betriebsindividuellen Stärke/Schwächen-Fütterungsprofil (Abb. 4) liegen. Hier erkennt der Landwirt sehr schnell, ob er im Vergleich zu seinen Berufskollegen zu viel/zu teuer/umweltbelastender füttert!

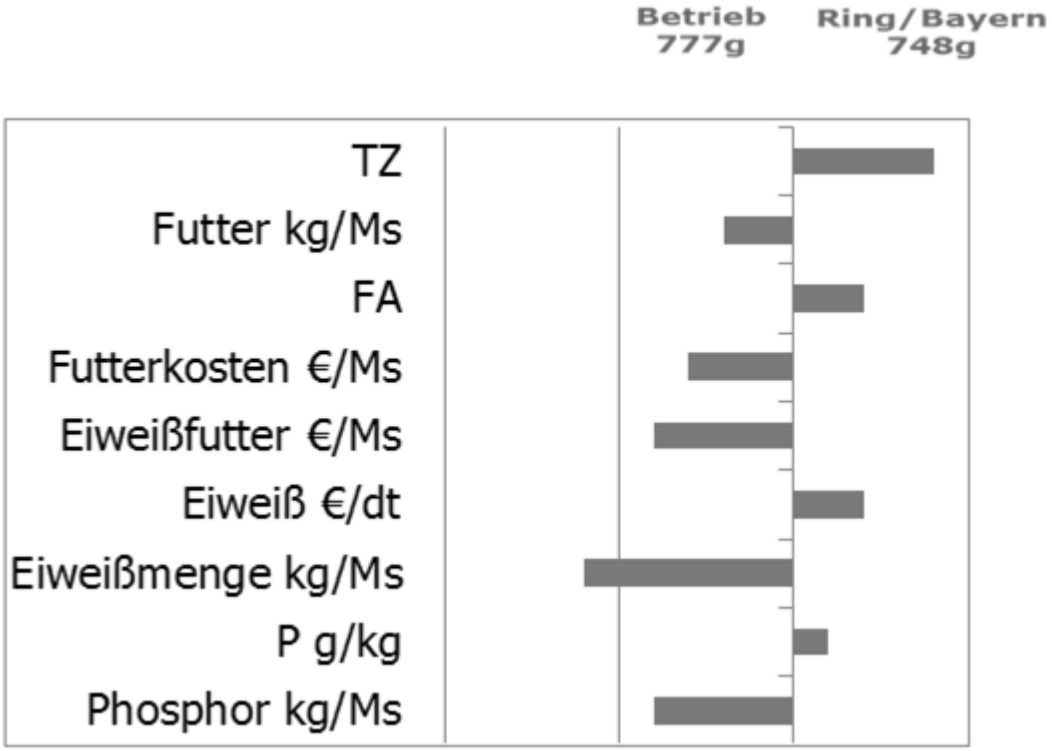


Abbildung 4: Stärke/Schwächen-Fütterungsprofil (Muster)

Zu Ziel 2: Qualitative Erfassung der in Bayern vorhandenen Eiweißfutter bedeutet die gezielte Probenziehung bei den „registrierten Futtermittelherstellern" in Bayern – Milchnebenprodukte, Brauereinebenprodukte usw. Die RA wissen danach welche Futterqualitäten in ihrer Region wie und in welchen Mengen produziert werden, sie sind in den Herstellungsprozeß involviert. Ziel ist ein flächendeckendes „Futternetzwerk" mit Futterherstellern, Landwirten und Beratern als Partner. Dazu wurde ein Fragebogen entwickelt. Für jedes analysierte Futtermittel soll anschließend ein Futterdatenblatt mit Inhaltsstoffen und Fütterungshinweisen erstellt werden (Abb. 5).

Fazit: Die Instrumente für die Felderhebungen (ZIFO 1.4, Erfassungsprogramm „Futterressourcen/Güllebilanzen", Erhebungsbogen, Futterprobenzieher) stehen bereit. Die RA sollten bis 10/2012 die Futterverbräuche von 1000 Betrieben melden. Von 160 bayerischen Futtermittelherstellern gingen Futterproben ein – die dazugehörenden Datenblätter sind verschickt.

Datenblatt Rapsprodukte

Inhaltsstoffe (bei 88 %T)	Ein-heit	Rapssamen	Rapskuchen 15 % Fett	Rapskuchen 8 % Fett	Rapsextr.-schrot	Sojaextr.-schrot 43
Herkunft		Ernte 2011	Kaltpresse X	Kaltpresse Y	Ölmühle Z	**Tab. Grub**
T	g	910	910	910	894	880
ME	MJ	17,41	13,03	11,85	10,71	12,90
Rohprotein	g	200	317	323	332	442
Lysin	g	12,0	16,8	17,1	17,1	26,7
Lys. i. Rp.	%	6,0	5,3	5,3	5,2	5,9
P	g	8,4	10,4	10,4	10,7	5,7
Glukosinolat	mmol	max. 25	max. 15	max. 15	4,9	-
Einsatz-empfehlung (88 % T)	%	Ferkel 5 - 8 Mast 8 -15 Zucht 3 - 5 bzw. 5 -10	Ferkel 5 -7 Mast 5 - 10 Zucht 5 - 7 bzw. 5-10	Ferkel 7 -10 Mast 8 - 12 Zucht 5 - 10 bzw. 10 – 15	Ferkel 5 - 8 Mast 8 - 15 Zucht 3 - 5 bzw. 5 - 10	Ferkel 15 - 20 Mast: 12 -18 Zucht: 3 -5 bzw. 1 5 -20
Preiswürdigkeit (Frischfutter)	€/dt	Weizen x 1,5	Soja 43 x 0,9	Soja 43 x 0,8	Soja 43 x 0,7	-

Bemerkungen:

- 00-Sorten verwenden
- Langsame Gewöhnung (Ferkel, Flüssigfütterung)
- Rapskuchen: Restfettgehalte < 15 %
- Rapskuchen: Fütterungstechnik kontrollieren (Verklebungen)
- Glukosinolat max. 15 mmol/kg (erlaubt 25)
- Erucasäure max. 2 % der Gesamtfettsäuren
- Lagerfähigkeit < 13 % Wasser
- Phosphorverdaulichkeit gering: Phytase zulegen, P-armes Mineralfutter
- Datenblattanfordern: Rohprotein-/Rohfaser-/Energie-/Glukosinolat
- Aminosäureausgleich/Energiekonzentration beachten
- Jodversorgung beachten (1 - 1,5 mg/kg Alleinfutter)

Abbildung 5: Futterdatenblatt Rapsprodukte- Muster (gekürzt)

Beratung

Die staatlichen Berater und die Berater (RA) des Verbundpartners (LKV) sind sowohl bei den Versuchen als auch bei den Felderhebungen eingebunden. Sie wurden zu den Themen N-reduzierte Schweinefütterung, Futterverbrauchsermittlung und Futterbilanz (ca. 100 Betriebe/FZ), Befragung der bayer.(registrierten) Futtermittelhersteller (ca. 20/FZ), Initiierung von regionalen Arbeitskreisen „100 % - Phasenfütterung (ca. 10 – 15 Betriebe/FZ), Erstellung eines jährlichen Stärke/Schwächen-Profils mit Bewertung sowie zu den Futterkosten und zum Futterverbrauch geschult:

- Beratung-einzelbetrieblich – Jeder RA wurde mit den neuen, eiweißärmeren Versorgungsempfehlungen vertraut gemacht und auf die neue Bewertung der Aminosäuren – Basis dünndarmverdaulich – eingeschworen. Jedem ist klar, dass die eiweißreduzierte Rationsgestaltung und die Phasenfütterung der Schlüssel zur umweltschonenden und kostensenkenden Schweinefütterung ist. Die qualifizierte und komplexe Fütterungsberatung der Zukunft kann nur mit „echten“ Fütterungsprofis gelingen.

- Beratung – Futterbilanzen und Fütterungsprofil – Da die RA die Erhebungen machen, sind sie mit der Vorgehensweise vertraut. Sie müssen die erhobenen Daten und die neuen Beratungshilfen (Stärke/Schwäche-Fütterungsprofil, aktuelle Futterdatenblätter, AminoNIR, AminoRED…) in der Beratung nur nutzen.
- AK-„100 %-Phasenfütterung“ – Hier sollten sich interessierte Schweinehalter -Ferkelerzeuger und Mäster gemischt- treffen, um die N-reduzierte Fütterung in ihren Betrieben beispielhaft zu optimieren. Die AK-Ergebnisse werden mit den Futterbilanzen der Normalbetriebe verglichen. Sollten die AK-Betriebe bei guter Betreuung durch FZ und RA weniger Sojaimport pro erzeugte Einheit verbrauchen, könnten sie viele Nachahmer finden und dem Aktionsprogramm „Schub“ verleihen.
- Beratung - „Futternetzwerk“ – Der Besuch der regionalen Futterhersteller anlässlich des Aktionsprogrammes dient nicht nur zur Kontaktaufnahme. Die Berater erhalten Einblick in die Futterherstellung, können Qualitätsanforderungen aus Sicht der Schweinfütterung vorstellen, Futterproben ziehen und bei der Erstellung der Futterdatenblätter mitwirken. Im Gegenzug erhält der Futterhersteller nicht nur ein aktuelles Untersuchungsergebnis sondern auch einen „Flyer“ zur Weitergabe an seine Kunden.

Fazit: Die Beratung befindet sich organisatorisch und inhaltlich im Umbau. Der „Staat“ gibt die Produktionsberatung zu schnell ab, der aufnehmende Verbundpartner ist für die Aufgabenübernahme in der Breite gut, in der Tiefe noch verbesserungswürdig aufgestellt. Die bayerische Eiweißinitiative könnte ein Sprungbrett für die neue Verbundberatung werden!

Zusammenfassung

In dem Teilprojekt Schweinefütterung des Aktionsprogrammes „Heimische Eiweißfuttermittel“ soll mittels N-reduzierten Rationen und Phasenfütterung zunächst so viel als möglich teures Eiweißfutter bzw. Importsojaschrot eingespart werden. Ergänzend dazu werden heimisch erzeugte Eiweißfutter auf ihre Fütterungseignung und als Importsojaersatz getestet. Mittelfristig und realistisch könnte in Bayern´s Schweinefütterung auf ca. 50.000 t (ca.15 %) Überseesoja verzichtet werden.

Neben praxisangewandten Fütterungsversuchen in Schwarzenau zur Phasenfütterung, Aminosäureversorgung…werden Schnellanalyseverfahren (AminoNIR und AminoRED) zur Bestimmung der Aminosäuregehalte und deren Verfügbarkeit zur Praxisanwendung weiterentwickelt. Die Tauglichkeit der in Bayern vorhandenen Aufbereitungsverfahren (Expandern, Rösten) wird in Versuchen und analytisch überprüft.

In Felderhebungen werden die Ringberater die in Bayern vorhandenen und/oder verfütterten Eiweißfuttermengen und –qualitäten erfassen. Für alle Eiweißfutter sollen aktuelle Futterdatenblätter mit fütterungsrelevanten Inhaltswerten und speziellen Hinweisen zur Verfütterung erarbeitet werden. Optimal wäre das Entstehen eines Futternetzwerkes zur bestmöglichen Nutzung der bayerischen Futterressourcen.

Die Berater sollen Stärke/Schwächen-Fütterungsprofile aus den Futterdaten der Betriebe zur Optimierung der Fütterung nutzen. In jeweils einem Arbeitskreis-„100 %-Phasenfütterung“ pro Schweineteam werden vorbildhaft Fütterungsstrategien mit maximaler Sojaeinsparung erarbeitet und in der Praxis erprobt. Der Vorbildcharakter der Kleingruppe sollte bei der Umsetzung behilflich sein.

Es wurde im Projektteil Schweinefütterung auf maximale Verknüpfung der Bereiche Forschung/Felderhebung/Beratung und „Durchlässigkeit“ der Ergebnisse geachtet. So können z.B. zur Beratung die Schellanalysen aus der Forschung und die Daten der Felderhebung parallel und betriebsbezogen genutzt werden. Die Forschung profitiert vom Futternetzwerk oder auch von der Rückmeldung der Erfahrungen aus den Arbeitskreisen. Das Ziel ist ein möglichst großer Beratungserfolg.

Literatur

www.lfl.bayern.de/ite/Schweine

www.lfl.bayern.de/Arbeitsschwerpunkte/Eiweissstrategie

www.stmelf.bayern.de/agrarpolitik/Aktionsprogramm Heimische Eiweißfuttermittel

Autorenanschrift

Dr. Hermann Lindermayer
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft
Prof. Dürrwaechter Pl. 3
85586 Poing, Deutschland
Hermann.Lindermayer@lfl.bayern.de

Anwendung von Antibiotika in der Schweinehaltung: Auswirkungen auf das bakterielle Resistenzgeschehen

Prof. Dr. J. Bauer, Dr. C. Hölzel, Dr. K. Harms, Dr. K. Schwaiger

Lehrstuhl für Tierhygiene, Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt, Technische Universität München

Das Vorkommen Antibiotika-resistenter Bakterien hat in den letzten Jahren dramatisch zugenommen. Daraus resultiert, dass die Wirksamkeit wichtiger antibakterieller Medikamente immer mehr eingeschränkt wird. Als Ursache hierfür wird u.a. der Einsatz von Antibiotika im Bereich „Tier" angesehen. Einer aktuellen Statistik zufolge wurden in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2011 1734 Tonnen Antibiotika von Tierärzten verschrieben; zum größten Teil handelte es sich dabei um Tetrazykine (576 t) und Aminopenicilline (505 t; Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2012). Auch wenn die Statistik keine Zuordnung nach Tierarten zulässt, so ist dennoch davon auszugehen, dass ein großer Anteil in der Nutztierhaltung verbraucht wurde. Neben der Geflügelproduktion steht die Schweinehaltung im Focus der Diskussion.

Die Folgen des Antibiotika-Einsatzes in der Nutztierhaltung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Selektion Antibiotika-resistenter (einfach und/oder multiresistenter) Bakterien auf Betriebsebene;
- Ausbringung von Antibiotika-Rückständen mit der Gülle; möglicher Restenztransfer via Boden, Pflanze und Lebensmittel pflanzlicher Herkunft zum Menschen;
- Übergang von Antibiotika bzw. –metabolite in Lebensmittel tierischen Ursprungs;
- Kontamination der Schlachtkörper mit Antibiotika-resistenten Bakterien; Transfer zum Menschen via Lebensmittel tierischer Herkunft.

Aus Schweinehaltungen stammende *Escherichia-coli*-Isolate weisen häufig Resistenzen gegenüber Doxycyclin (Tetrazyklin) und Ampicillin (Aminopenicillin) auf (Burghard 2006). In den dazugehörigen Gülleproben wurden vornehmlich Rückstände von Tetrazyklinen und Sulfonamiden gefunden; die Konzentrationen betrugen bis zu 50 mg/l (Harms, 2006). Dabei ist ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Höhe der Tetrazyklinbelastung der Gülle und dem Vorkommen multiresistenter Keime festzustellen (Hölzel et al., 2010).

Ein Übergang von Antibiotika in Lebensmittel tierischer und pflanzlicher Herkunft ist möglich, spielt aber in der Gesamtproblematik „Antibiotikaresistenz" eher eine untergeordnete Rolle. Das Hauptaugenmerk ist auf das Vorkommen und die Verbreitung von Antibiotika-resistenten Bakterien und von Antibiotikaresistenzgenen zu richten. So erwiesen sich z.B. *Enterococcus-faecalis*-Isolate von Gemüse insbesondere resistent gegenüber Doxycyclin, Erythromycin, Fosfomycin oder Rifampicin (Schwaiger et al., 2011). *Escherichia-coli*-Isolate von Schweinefleisch waren vor allem resistent gegen Doxycyclin, Clotrimoxacol, Streptomycin und Spectinomycin. Von Hähnchenfleisch stammende E. coli waren fast durchwegs durch höhere Resistenzraten charakterisiert; zu den bereits aufgezeigten Resistenzen konnte vor allem „Unempfindlichkeit" gegenüber Mezlocillin, Piperacillin und Ampicillin beobachtet werden (Schwaiger et al., 2012). Verglichen mit humanklinischen Stämmen (GENARS, 2004) liegen die Resistenzraten der Lebensmittel-Isolate jedoch meist deutlich niedriger.

Obwohl möglicherweise der Transfer resistenter Keim vom Tier zum Menschen nicht so einfach abläuft, wie es in der Öffentlichkeit diskutiert wird, sollten trotzdem antibakteriell wirksame Stoffe sowohl beim Menschen als auch beim Tier nach wie vor nur nach strenger Indikationsstellung eingesetzt werden. Insbesondere dürfen dadurch weder Hygiene- noch Managementfehler überdeckt

werden. Dies ist notwendig, damit die Wirksamkeit von Antibiotika im Kampf gegen Infektionskrankheiten weiterhin gewährleistet werden kann.

Literatur

Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2012: Erstmals Zahlen über die Antibiotika-Abgabe in der Tiermedizin erfasst. www.blv.bund.de.

Burghard, C., 2006: Antibiotikaresistente Bakterien und Resistenzgene in Schweinegülle. Diss. Med. Vet., Ludwig Maximilians-Universität München.

Harms K., 2006: Untersuchungen zum Nachweis und Vorkommen von Antibiotika und deren Metaboliten in Schweinegülle. Diss. Agr., Technische Universität München.

Hölzel C. S., Harms K. S., Küchenhoff H., Kunz, A., Müller C., Meyer K., Schwaiger K., Bauer J., 2010: Phenotypic and genotypic bacterial antimicrobial resistance in liquid pig manure is variously associated with contents of tetracyclines and sulfonamides. J Appl Microbiol, 108, 1642-56.

GENARS, 2004: German network for antimicrobial resistance surveillance: Resistenzdaten unter www.genars.de/data.htm.

Schwaiger K, Helmke K, Hölzel C. S., Bauer J., 2011: Antibiotic resistance in bacteria isolated from vegetables with regards to the marketing stage (farm vs. supermarket). Int J Food Microbiol., 148, 191-196.

Schwaiger K., Huther S., Hölzel C., Kämpf P., Bauer J.: Prevalence of antibiotic-resistant enterobacteriaceae isolated from chicken and pork meat purchased at the slaughterhouse and at retail in Bavaria, Germany. Int J Food Microbiol, 154, 206 - 211, 2012.

Autorenanschrift

Prof. Dr.med.vet. Dr.med.vet.habil. Dr.h.c. Johann Bauer
Lehrstuhl für Tierhygiene
Technische Universität München
Weihenstepahenr Berg 3
85354 Freising (Weihenstephan), Deutschland
johann.bauer@wzw.tum.de

Perspektiven für Futterzusatzstoffe in der Schweinefütterung aus Sicht der Industrie

Dr. B. Eckel und Dipl.Ing.agr. E. Vianello

Dr. Eckel GmbH, Niederzissen

Einleitung

Perspektiven sind immer ein schwieriges Thema. Perspektive bedeutet Zukunftsaussicht und Entwicklungsmöglichkeit. Mein Vortrag wird sich mit der Zukunftsaussicht und vielleicht auch kurz mit den Herausforderungen für Zusatzstoffe auseinandersetzen. Dabei kristallisieren sich aus der aktuellen Diskussion natürlich mehrere Aspekte heraus.

Wir beobachten zurzeit einen starken Anstieg der Rohstoffpreise, ohne einen entsprechenden Anstieg der Preise für das Fleisch zu sehen. *„Dürre in Amerika treibt die Nahrungsmittelpreise - Globaler Anstieg um 6 Prozent / Amerika streitet über Benzinbeimischung von Ethanol“* (F.A.Z.,25.07.2012), *„Dürre führt weltweit zu knappem Weizen“* (Welt Online, 6.08.2012) und *„Dürre in USA: Getreidepreise gehen durch die Decke“* (FOCUS Online, 21.07.2012) bestimmen die Schlagzeilen. Neben diesen, ich nenne sie heute kurzfristige Aspekte, müssen wir aber auch noch einige andere Punkte beobachten:

- Steigender Wohlstand bedeutet höhere Qualitätsansprüche und Verbrauch tierischer Nahrungsmittel
- Verkehrsbranche als zusätzlicher Nachfrager (Bioethanol)
- „Landflucht“: Durchschnittsalter von Farmern in der Welt beträgt 65 Jahre
- Verstädterung lässt Ackerfläche schwinden
- Die Zeit preiswerter Rohstoffe und Commodities (Jank, 2012) scheint vorbei.

Perspektiven

Um die Perspektiven sinnvoll auszuloten, muss man die Entwicklungen in unserem Bereich kennen. Hierbei ist eine Perspektive mit Sicherheit die Effizienzsteigerung. D.h. mit weniger Input mehr Output zu erzeugen, oder anders ausgedrückt, mit weniger Futtermitteln mehr tierische Erzeugnisse zu produzieren.

Auf der anderen Seite möchte ich auch einige spezifische Zukunftsaussichten ansprechen, die uns bewegen. Ich möchte an dieser Stelle jedoch betonen, dass diese Auswahl natürlich nicht für die gesamte Branche zutrifft, sondern dass es sich um Themen handelt, die wir u.a. hausintern diskutieren. An dieser Stelle sind z.B. zu nennen:

- Nachernteverluste (→ Vergeudung)
- Antioxidantien und Immunität
- Animal Welfare am Beispiel Ebermast

Effizienzsteigerung

In Abbildung 1 ist die Entwicklung der Weltfleischerzeugung in den letzten Jahren wiedergegeben.

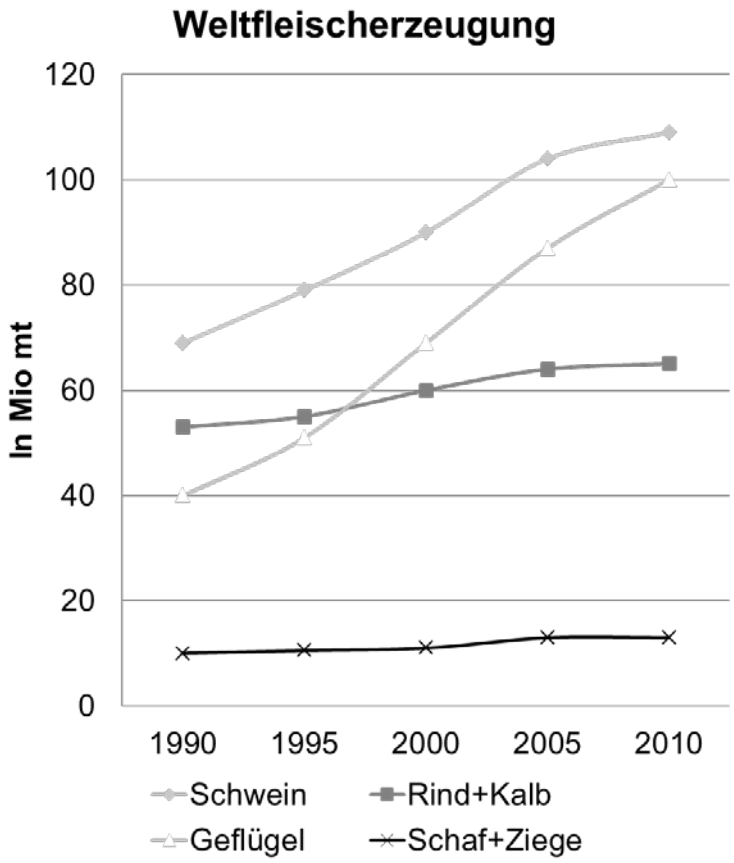


Abbildung 1: Weltfleischproduktion (Abgeleitet aus: FAO, 2010)

.

Hieraus können nachfolgende Punkte abgeleitet werden.

- Schweinefleisch steigert Menge bei weitgehend gleichem Marktanteil
- Geflügelfleisch steigert den Marktanteil sowie die absolute Menge
- Rindfleisch steigert die Menge leicht und reduziert den Marktanteil kräftig
- Schaf und Ziege halten Menge bei reduziertem Marktanteil

Dies hat natürlich auch eine durchaus praktische Bedeutung für die Zusatzstoffindustrie. Aufgrund des Anstieges des Monogasterbereichs, werden viele meiner Kollegen, ihre Entwicklungsausgaben in diese Richtung verschieben.

Ein Bereich, der in dieser Tabelle keine Beachtung findet und auch von der Branche bisher noch nicht richtig bearbeitet wurde, ist die Aquakultur. Im Jahre 2009 wurden ca. 55 Millionen Tonnen Fisch aus Aquakulturen gefangen (FAO, 2010).

Wie können wir beim Thema Effizienz direkt ansetzen? Bis heute wird in Deutschland kaum ein NSP-Enzym in der Schweinemast eingesetzt. Im Jahr 2006 hat Pfizer an der Boku Wien einen Mastschweineversuch mit einem NSP-Enzym durchgeführt. Er hat folgende Ergebnisse ermittelt (Tabelle 1).

Tabelle 1: Ergebnisse eines Mastschweineversuchs mit und ohne Belfeed (Dosierung 100 g/ton Futter)

	Kontrolle	**Belfeed-Zulage**
Endgewicht [kg]	111,6	111,2
Tgl. Futterauf-nahme [kg/d]	2,17	2,28
Mastdauer [d]	101,7	94,8
Gesamt Futter [kg]	**221**	**217**

Anhand der Ergebnisse dieses Versuches sollen mögliche Einsparungen an Futter und Fläche durchgerechnet werden.

Grundlagen für eine Berechnung sind folgende Annahmen:

- In Bayern stehen ca. 3´500´000 Mastschweine (> 50 kg LG)
- Futterverbrauch beträgt ca. 250 kg/Mastschwein (abgeleitet von LKV Bayern 2011)
- Der Preisanstieg im Mastfutter von Januar 2010 bis Juli 2012 beträgt ca. 110 €/mt Futter
- Futtereinsparung in der Mast: 4 kg/Mastschwein
- Der durchschnittlicher Getreideertrag liegt bei ca. 60 dt/ha

Einzelbetrieblich zahlt sich der Einsatz des Enzyms für den Landwirt bei den aktuellen Futterpreisen durch die Einsparung von 4 kg Futter für ein Mastschwein mit einer Kapitalrendite auf die Enzymkosten von ca. 8:1 aus.

Wenn wir die Kalkulation für Deutschlands größten Mischfutterhersteller (ca. 1´500´000 mt Schweinefutter) anstellen, so kann dieser ca. 29´000 mt Futterproduktion einsparen. Gleichzeitig fahren ca. 1100 Lastwagen weniger mit Rohstoffen in seine Werke rein und 1100 Lastwagen mit Fertigwaren aus dem Werk wieder heraus. Die Flächeneinsparung beträgt ca. 4600 ha.

Bezogen auf ca. 27 Millionen Mastschweine kann man volkswirtschaftlich auch nachfolgende Kalkulation anstellen:

- ca. 112´000 mt Einsparung an Futter (=Effizienzsteigerung)
- ca. 18´600 ha Einsparung an Fläche (=Ressourcenschonung)
- je ca. 4480 LKW weniger rein/raus im Werk (= Umweltschonung)

Verschwendung von Nahrungs- und Futtermitteln

Die Verschwendung von Nahrungs- und Futtermitteln spielen global eine große Rolle. Abgeleitet nach Gustavsson et al., 2011, stellt Tabelle 2 die gesamte Produktion an Nahrungsmitteln und den Verderb in ausgewählten Zonen der Erde dar.

Tabelle 2: Gesamtlebensmittelproduktion und Verluste in ausgewählten Regionen (Gustavsson et al., 2011)

	Europa	Subsahara	Süd und SO-Asien
Verluste beim Konsumenten	95	6	11
Verluste von der Ernte bis zum Laden	185	164	109
Gesamtlebensmittelproduktion [kg]/Kopf	900	460	460

Aus vorstehender Tabelle wird klar, dass speziell in den weniger entwickelten Regionen der Erde überproportionale Nachernteverluste entstehen.

Haeflinger (2012) beschreibt in seinem Artikel über die Vergeudung von Nahrungs- und Futtermitteln eindringlich die Situation in Entwicklungsländern am Bespiel Kenias. Nach seiner Recherche gehen auf ungenaue Erntetechnik 7% - 10%, auf ungünstige Zeitwahl bei Aussaat/Ernte 25% und auf Pilzbefall und mangelhafte Einlagerung ca. 5% Ernteverluste zurück. Aus eigener Beobachtung z.B. in Indien und Bangladesch, liegen die Verluste für Soja, Getreide und Mais durch Pilzbefall und mangelhafte Einlagerung eher bei 50 % als darunter. Hieraus lässt sich, vielleicht nicht unbedingt für Deutschland, perspektivisch ableiten, dass wir Tierernährer Zusatzstoffe entwickeln müssen, die in diesen Ländern erfolgreich angewendet werden können (Propionsäure geht aufgrund des Anwenderschutzes sicher nicht) und gleichzeitig die richtigen Beratungskonzepte zu Verfügung stellen sollten.

Antioxidantien und Immunität

In den vergangen Jahren und aktuell haben wir uns intensiv mit dem Bereich Immunität und antioxidativen Wirkungen von Futtermitteln und Zusatzstoffen befaßt. Nicht alles, was getestet wurde, hat funktioniert. Dennoch sehe ich große Perspektiven für uns in der Zukunft.

Zum einen haben wir an einer Untersuchung teilgenommen, die den Impferfolg durch den Einsatz von Zusatzstoffen verbessern sollte. Hierdurch könnte man die tierärztlichen Behandlungserfolg durch gezielte Zusatzstoffgabe steigern (Hiss und Sauerwein, 2003). In diesem Versuch wurde nach einer Fütterung von ß-Glucanen der Erfolg einer PRRS Impfung an Hand der PRRS Antikörpertiter gemessen. Während die zootechnischen Leistungen verbessert wurden, waren die Ergebnisse bei der eigentlichen Frage nicht überzeugend. Allerdings bin ich sicher, dass diese Versuchsfrage in der Zukunft eindeutig an Bedeutung gewinnen wird.

Ein anderes zukunftsträchtiges Projekt ist der Einsatz von Flavonoiden. Sie spielen eine *„wachsende"* Rolle. Flavonoide sind Teil des pflanzlichen Verteidigungsmechanismus gegen Krankheitserreger und ultraviolette Strahlung (sekundäre Metaboliten). Quellen in der Natur sind u.a. Äpfel, Grüner Tee, Trauben und Zitrusfrüchte. Ihr Nutzen in der Schweineproduktion könnte in den

- antioxidativen Effekten
- entzündungshemmenden Wirkungen
- anti-allergischen Eigenschaften

liegen.

Hierbei dürfte speziell für Ferkel und Sauen die Hemmung und Prävention von Entzündungen des Darmtraktes eine Rolle spielen. Eine bessere Absorption von Nährstoffen sowie Vorteile für das Wohlbefinden und die Gesundheit können das Ergebnis sein. Ohne an dieser Stelle ins Detail gehen zu wollen, konnte sowohl in vitro als auch in vivo eine positive Wirkung flavonoidhaltiger Pflanzenextrakte

gezeigt werden (Ringseis et al, 2011; Gessner et al., 2012). Aus diesen Untersuchungen wurde aber auch klar, dass sich in Zukunft die Felder und Methoden der Forschung in der Tierernährung, speziell für Zusatzstoffe ändern.

„Animal Welfare“

Am Beispiel Ebermast sollen exemplarisch Perspektiven für Zusatzstoffe aufgezeigt werden. Die Ebermast stellt für den Landwirt eine wesentliche Option für die Entwicklung eines nachhaltigen und sozialverträglichen Produktionsverfahrens dar. Nachhaltig deshalb, weil die Effizienz des Produktionsverfahrens „Schweinemast“ gesteigert wird. Die sozialverträgliche Komponente findet ihren Niederschlag im Stop der Kastration männlicher Ferkel.

Wo kann man ansetzen?

Der Ebergeruch mit seinen negativen Eigenschaften wird durchzwei Leitsubstanzen hervorgerufen. Zum einen ist es Skatol und zum anderen Androstenon.

Skatol ist bereits erfolgreich durch den Einsatz von Zusatzstoffen und speziellen Einzelfuttermitteln reduziert worden, Androstenon hingegen noch nicht. Androstenon ist ein Steroid, das parallel zum Testosteron in den Hoden gebildet wird und beim Eber physiologisch eine Bedeutung als Pheromon aufweist. Androstenon ist für eine urinartige Geschmacksabweichung verantwortlich, Skatol führt zu einem sogenannten Fäkalgeruch. Während etwa 99% aller Verbraucher die geschmackliche Beeinträchtigung durch Skatol wahrnehmen, ist die Sensitivität für Androstenon deutlich niedriger. Ziel kann es sein den Androstenonabbau aktivieren. Hierzu läuft zur Zeit eine umfangreiche Versuchsserie, die vom BMELV gefördert wird. Ergebnisse liegen noch keine vor.

Fazit und Zusammenfassung

Die Tierernährung und Zusatzstoffindustrie muss ihren Beitrag

- für ressourcenschonende,
- effizienzsteigernde und
- umweltverträgliche Produktion

leisten

Dies ist z.T. nicht neu, bietet aber aufgrund der neuen Herausforderungen neue Chancen für den Zusatzstoffeinsatz.

Auch Diskussionen im Bereich „Animal Welfare“ und der Möglichkeit, mit Zusatzstoffen hier einzugreifen, sind Zukunftsfelder. Die Tierernährung kann nur gemeinsam mit der Tierhaltung und der Tierzucht ihren Beitrag zu einer erfolgreichen Tierproduktion leisten und somit helfen, die Produkte zu produzieren, die der Kunde will.

Die moderne Tierernährung eröffnet mit den heute zur Verfügung stehenden modernen biochemischen Möglichkeiten neue Chancen, die es zu nutzen gilt.

Zum Abschluß möchte ich noch zwei Bemerkungen machen.

Zum einen hat Prof Windisch vor kurzem in einem Interview nachfolgendes Zitat gebracht:

„In der Tierernährung und Tierproduktion geht es um eine optimale, nicht um die maximale Leistung“

Und zum anderen habe ich Ende August in Sao Paulo (Brasilien) nachfolgende Tabelle 2 in einem Vortrag präsentiert bekommen:

Tabelle 2: Einfluss von China auf den Fleischmarkt (Jank, 2012)

	Pro Kopfverbrauch [kg]		Einfluss eines Anstiegs des chinesischen pro Kopfverbrauchs um 1 kg	
	China	Brasilien	Welt	Brasilien
Rindfleisch	3,2	26,4	17 %	51 %
Geflügelfleisch	11,0	42,0	15 %	21 %

Wie man hieraus ableiten kann, werden wir in Zukunft noch sehr viel auf dem Gebiet der Zusatzstoffe forschen können.

Neue Herausforderungen eröffnen bisher unbekannte Perspektiven.

Literatur

FAO, 2010: THE STATE OF WORLD FISHERIES AND AQUACULTURE; FAO Fisheries and Aquaculture Department; Rome

Gessner et al, 2012: Inhibition of the pro-inflammatory NF-κB pathway by a grape seed and grape marc meal extract in intestinal epithelial cells; Proc.Soc.Nutri. Physiol. (2012), 21

Gustavsson et al., 2011: Global food losses and food waste; study conducted for Interpack 2011 in Düsseldorf; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Rome

Haefliger, M.M., 2012: Die massenhafte Vergeudung auf Afrikas Äckern http://www.nzz.ch/aktuell/wirtschaft/uebersicht/die-massenhafte-vergeudung-auf-afrikas-aeckern-1.15955338

Hiss, S. und H. Sauerwein, 2003: Influence of dietary ß-glucan on growth performance, lymphocyte proliferation, specific immune response and haptoglobin plasma concentrations in pigs; J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr. 87 2–11

http://www.bmelv.de/cae/servlet/contentblob/430138/publicationFile/26477/DieDeutscheLandwirtschaft.pdf

http://www.lkv.bayern.de/media/flp_11_sm.pdf

Jank, M., 2012: Vom Rohstoffexporteur zu mehr Produktionstiefe und Aggregation am Beispiel der brasilianischen Agrarwirtschaft. Deutsch-Brasilianisches Unternehmerforum; Sao Paolo 27.8.2012

Ringseis et al, 2011; Inhibition of inflammatory processes in Caco-2 intestinal epithelial cells by an ethanolic extract of a polyphenol-rich grape seed mealJ. Anim. Sci. Vol. 89, E-Suppl. 1/J. Dairy Sci. Vol. 94, E-Suppl. 1 T18

Schubert, K., 2012: Mischfuttertabellarium; Hrsg: Deutscher Verband Tiernahrung e.V. (DVT), Bonn

Autorenanschrift

Dr. Berhard Eckel
Dr. Eckel GmbH
Im Stiefelfeld 10
56651 Niederzissen, Deutschland

Stabilisierung der Energieversorgung von Kühen aus physiologischer Sicht

Gotthold Gäbel, Franziska Benesch, Reiko Rackwitz

Veterinär-Physiologisches Institut, Universität Leipzig

Vorbemerkung

Dass die bisher erzielten Leistungssteigerungen von Milch- und Mastrindern einen stark erhöhten Energiebedarf nach sich ziehen, ist unbestritten. Ist dieser Energiebedarf nicht gedeckt, d.h., entwickelt sich eine negative Energiebilanz, ist nicht nur die Milch- bzw. Fleischproduktion eingeschränkt, sondern es steigt auch die Krankheitsinzidenz der Tiere (MARTENS 2010).
Prinzipiell gibt es verschiedene Möglichkeiten, den enormen Energiebedarf zu decken: einerseits über eine erhöhte Energiedichte der Nahrung, andererseits durch eine Optimierung der gastrointestinalen Degradation der Energieträger und durch eine Verbesserung der Absorptionskapazität für die Degradationsprodukte. Wiederkäuer besitzen nicht nur das körpereigene Enzymsystem des Pankreas und der Bürstensaummembran in den Enterocyten, sondern sie verfügen im Vormagen und Dickdarm auch über ein breites Spektrum mikrobieller Enzyme (Abb. 1), wodurch ihnen eine wesentlich größere Enzympalette zur Verfügung steht als dem Monogastrier. Daher bieten sie sich auf den ersten Blick auch für Optimierungen der Verdauung an. Diese Flexibilität in der Enzymausstattung bedeutet aber nicht automatisch eine höhere Energieausbeute. So hat die mikrobielle Degradation von Kohlenhydraten zu SCFA (= **S**hort **C**hain **F**atty **A**cids: Acetat, Propionat, Butyrat) aufgrund der Energieverluste bei der Fermentation und der nachfolgend notwendigen Gluconeogenese für den gesamten Organismus eine geringere Energieeffizienz als der Kohlenhydratabbau durch körpereigene Enzyme. MATTHÉ (2001) kalkulierte aus eigenen Daten und aus zahlreichen Literaturdaten die Effizienz der Stärkenutzung in Dünn- und Dickdarm im Vergleich zu einer ruminalen Degradation.

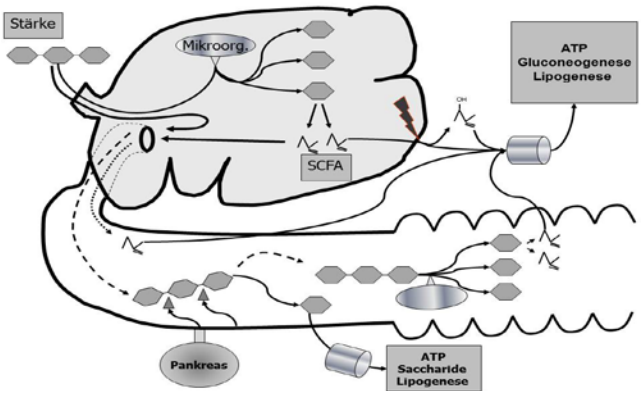


Abbildung 1:
Möglichkeiten der Stärkeverdauung im Magen-Darm-Trakt von Wiederkäuern. Die aufgenommene Stärke kann im Vormagen zu kurzkettigen Fettsäuren (SCFA) abgebaut werden. Diese werden teilweise direkt resorbiert. Bei dem Durchgang durchs Epithel erfolgt ein erneuter Umbau der SCFA. SCFA und deren epitheliale Metabolite stehen nach der Resorption den metabolen Prozessen zur Energiegewinnung bzw. den anabolen Prozessen wie Lipogenese und Gluconeogenese zur Verfügung. SCFA, die nicht direkt im Vormagen resorbiert werden, passagieren nach distal und können hier resorbiert werden. Bypass-Stärke, die der ruminalen Degradation entweicht, wird durch die Pankreas- und Bürstensaumenzyme zu Glucose abgebaut, die dann direkt resorbiert werden kann. Die Stärke bzw. Glucose, die nicht im Dünndarm verwertet wird, wird der mikrobiellen Degradation zu SCFA im Dickdarm zugeführt. Δ: Kohlenhydrat-abbauende Enzyme.

Nach MATTHÉ (2001) gehen bei der mikrobiellen Stärkefermentation im Vormagen, d.h. Degradation zu SCFA und anschließender Resorption der SCFA ca. 25% der in Glucose enthaltenen Energie durch die Fermentationsprozesse verloren. Da zudem der systemische Glucosebedarf über die hepatische Gluconeogenese sichergestellt werden muss, sind zusätzliche Energieverluste von 25% der aufgenommenen Energie zu verzeichnen. Infolgedessen stehen für Erhaltungs- und Leistungsbedarf bei dieser Art des Stärkeabbaus nur ca. 50% der im Futter vorhandenen Energie zur Verfügung (MATTHÉ 2001). Verlässt die Stärke

dagegen den Vormagen undegradiert und tritt in den Dünndarm ein, so sind für die dort stattfindenden Degradations- und Resorptionsprozesse nur 25% Energieverluste einzurechnen (MATTHÉ 2001), so dass zunächst ein vorwiegend jejunaler Stärkeabbau effizienter erscheint. Der duodenale bzw. jejunale Stärkeabbau hat aber obere Grenzen. Können bei höherer Stärkezufuhr die Pankreas- und Bürstensaumenzyme (Pankreas: α-Amylase; Bürstensaum: Isomaltase; Glucoamylase (keine Saccharase); HARMON 2009) die Kohlenhydrate nicht vollständig fermentieren, treten sie in den Dickdarm über. Hier ist die mikrobielle Energieausbeute noch geringer als im Vormagen. Entsprechend der Kalkulation von MATTHÉ (2001) ist bei Kühen bei einem Stärkeeintritt von 1,4 kg/Tag in den Dünndarm noch von einer „akzeptablen" Energieausbeute auszugehen, d.h., die intestinale und postintestinale Degradation der Stärke ist dann effizienter als die ausschließlich ruminale. Bei einem Stärkeeintritt von über 2 kg/Tag verändern sich die Verhältnisse. Dann sind die Energieverluste infolge der limitierenden Prozesse im Dünndarm, des nachfolgenden erhöhten Eintrittes von Stärke in den Dickdarm und dessen weniger effizienten Mechanismen sowie des teilweisen Verlustes von nicht degradierter Stärke über den Kot höher anzusetzen.

Die Frage ist also, ob sich durch die gezielte Beeinflussung von Einzelprozessen der Verdauung die Effizienz der Energieausbeute erhöhen lässt. So resultiert die Gesamteffizienz der Verdauung aus den Einzelprozessen der Degradation und der Resorption, wobei diese wiederum indirekt durch Passage, Motorik, Mukusbildung etc. beeinflusst werden. Teilweise ist auch die Sequestrierung (Inkorporation energiereicher Substanzen in die Bakterien) in die Effizienzbetrachtung einzubeziehen. Schon diese Aufzählung der involvierten Vorgänge macht deutlich, dass es schwierig ist, die einzelnen miteinander interagierenden Prozesse in ihrer Effizienz eindeutig zu charakterisieren und vor allem gegeneinander abzugrenzen.

Trotzdem soll der Versuch gewagt werden, Aussagen über stabilisierende Mechanismen abzuleiten.

SCFA–Freisetzung im Vormagen

In Abbildung 2 sind schematisch die Wege des intraruminalen Glucoseabbaus zu SCFA dargelegt. Bei der Einschätzung der Effizienz der Glucoseverwertung und auch der Verwertung spezieller Energieträger muss beachtet werden, dass bei der Degradation der Glucose zu Acetat und Butyrat große Mengen an Reduktionsäquivalenten, d.h. H_2, entstehen, die eliminiert werden müssen, um den Glucoseabbau aufrecht zu erhalten. Die Entfernung von H_2 aus dem Pansenmilieu läuft großenteils über die Bildung von Methan ($CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2\ H_2O$), das wiederum über den Ruktus abgegeben wird. Eine Unterdrückung der Methan-bildenden Bakterien hat zur Folge, dass für die H_2-Elimination andere Wege an Bedeutung gewinnen, so u.a. auch die Degradation von Glucose zu Propionat (Abb. 2). Unabhängig davon herrscht durch die hohe H_2-Konzentration in der Pansenflüssigkeit ein stark reduzierendes Milieu.

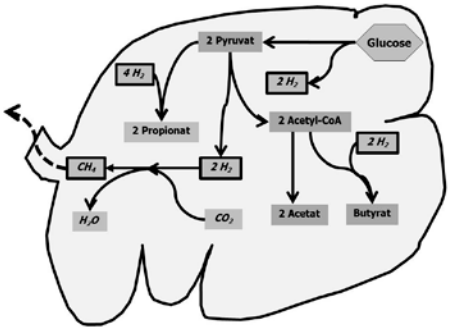


Abbildung 2:
Schematische Darstellung des intraruminalen Glucoseabbaus und der dabei entstehenden Reduktionsäquivalente in Form von H_2. Bilanziert man die Nettoproduktion von H_2, so entstehen pro mol Glucose bei der Umsetzung zu 2 mol Acetat 4 mol H2, bei der Umsetzung zu Butyrat entstehen 2 mol H2. Alleinig die Umsetzung zu Propionat verbraucht mehr H_2 als insgesamt entstehen, d.h., hier „verschwinden" netto 2 mol H_2 (2 mol H_2-Freisetzung auf dem Weg zu 2 mol Pyruvat und 4 mol Aufnahme bei der Umsetzung von 2 mol Pyruvat zu 2 mol Propionat). Um den Überschuss von H_2 aus dem Vormagen zu entfernen, sind die Bildung von Methan und dessen anschließende Entfernung mit dem Ruktus notwendig. Die dargestellte Umsetzung von CO_2 mit H_2 zu Methan und Wasser ist - stöchiometrisch - nicht korrekt.

Die Zahlenwerte, die für die SCFA-Produktion im Vormagen angegeben werden, hängen von der verwendeten Methode, von der Energiedichte und Verdaulichkeit des Futters und anderen

Faktoren ab. Martin et al. (2001) stellten übersichtsartig die Werte zusammen, die in Studien zwischen 1965 und 2001 mit der Isotopenverdünnungstechnik gewonnen wurden. Für Färsen bzw. Kühe werden näherungsweise Werte zwischen 4,4 und 7,9 mol produzierte SCFA pro Kilogramm aufgenommene Trockenmasse angegeben. NOZIÉRE et al. (2011) errechneten in einer speziesübergreifenden Datenbankanalyse von 73 Publikationen Werte zwischen 1,4 und 10,2 mol SCFA/kg aufgenommener TM. Bedenkt man, dass die Energiekonzentration von SCFA im Mittel 1,2 MJ/mol beträgt (bei einer relativen SCFA-Freisetzung von 1 Acetat : 0,35 Propionat : 0,25 Butyrat mit 0,86 MJ/mol Acetat, 1,34 MJ/mol Propionat und 2,18 MJ/mol Butyrat; BREVES u. LEONHARD-MAREK, 2009), so würde dies bedeuten, dass pro Kilogramm aufgenommener Trockenmasse zwischen 1,32 und 12,2 MJ ME in Form von SCFA frei gesetzt werden. Selbst wenn man von sehr energiedichten Rationen ausgeht, sind zumindest die oberen Werte als relativ hoch anzusehen. Werte, die aus Versuchen mit supplementärer SCFA-Infusion unter Steady-state-Bedingungen errechnet wurden, liegen bei 6,5 mol SCFA-Freisetzung pro kg Trockenmasse entsprechend 7,8 MJ ME/kg (MARTIN et al. 2001). Vergleicht man dies mit der aufgenommenen Energie (9,8 MJ ME/kg Trockenmasse) in diesen Studien, so ergibt sich eine Energieausbeute von 79% im Vormagen. Dies entspricht relativ gut den Werten, die BERGMANN (1990) in seinem Review angibt (ruminale SCFA-Freisetzung: 65-75% der gesamten Energieaufnahme).

Genauere Daten erhält man nach NOZIÉRE et al. (2011), wenn man die pansenverdauliche organische Masse (RfOM) als Bezugspunkt wählt. Damit erhielten die Autoren eine Schätzformel, aus der sich Schwankungsbreiten für die intraruminale SCFA-Freisetzung zwischen 3,3 und 16,4 mol/kg RfOM ergeben.

Schon die Varianzbreiten in den Daten(bank)analysen von MARTIN et al. (2001) und NOZIÉRE et al (2011) zeigen, dass die intraruminale SCFA-Produktion von Parametern abhängt, die nicht allein aus der Futterzusammensetzung zu erklären sind.

SCFA-Elimination aus dem Vormagen

Im Prinzip können SCFA über drei Wege aus dem Vormagen verschwinden:

- über Resorption,
- über Ausstrom nach distal in den Blättermagen,
- über Sequestrierung, d.h. Inkorporation in den Bakterien.

Ausmaß und Bedeutung der Sequestrierung sind schwierig zu erfassen und werden bei Modellrechnungen zumeist außer Acht gelassen. Hinsichtlich des relativen Anteiles von Resorption und Ausstrom stellten ALLEN et al. (1997) eine Modellrechnung für Kühe mit einer ruminalen Produktion von kurzkettigen Fettsäuren von 74 mol/Tag auf. Hiernach werden 53% der Fettsäuren direkt resorbiert, der Rest fließt nach distal ab, zum großen Teil in dissoziierter Form. Ähnliche prozentuale Verteilungen erhielten RESENDE JÚNIOR et al. (2006) unter Verwendung verschiedener Techniken zur Messung der Resorptionsraten. Basierend auf den vorangegangenen Studien und den Modellen von ALLEN et al. (2000) und RESENDE JÚNIOR et al. (2006) bestimmten PENNER und Mitarbeiter (2009) dass pro kg aufgenommener Trockenmasse je nach Adaptationszustand der Tiere zwischen 4,8 und 5,3 mol kurzkettiger Fettsäuren pro Tag aus dem Pansen verschwanden, wobei in dieser Studie der Resorptionsweg eine größere Bedeutung als die Passage nach distal hatte. STORM und KRISTENSEN (2010) erfassten an portal drainierten, laktierenden Kühen Netto-Absorptionsraten zwischen 79 und 120 mol/Tag bei mittleren Trockenmassenaufnahmen von 21 kg/Tag, erhielten also höhere Werte als PENNER et al. (2009), wenn man die Trockenmassenaufnahme als Bezugspunkt wählt. In einer nachfolgenden Modellierung der Daten stellen STORM et al. (2011, 2012) heraus, dass die Absorptionskapazität zahlreichen Schwankungen unterliegt, die unter anderem durch die Durchblutung und die intraepitheliale Metabolisierung (siehe 3.1.2) bestimmt sind. So machen auch die Daten zur Absorptionskapazität deutlich, dass nicht allein die Zusammensetzung des Futters die Quantität des ruminalen SCFA-Transfers bestimmt.

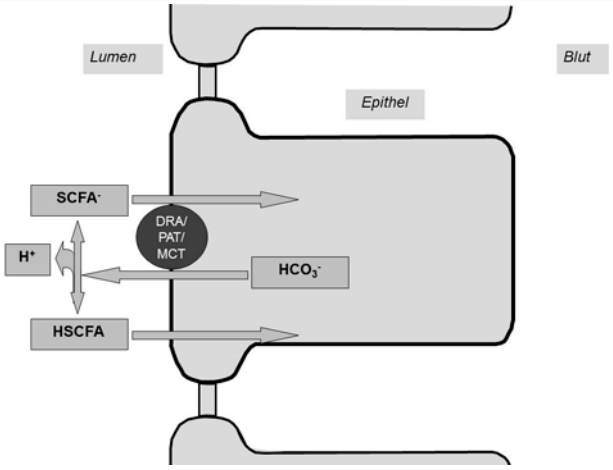


Abbildung 3:
Möglichkeiten der Aufnahme von intakten SCFA in ionisierter und protonierter Form

Mechanismen der ruminalen SCFA-Resorption

Die Mechanismen der ruminalen Resorption sind bei GÄBEL u. ASCHENBACH (2006) und GÄBEL et al. (2002) weiter ausgeführt und in den Abbildungen 3 und 4 zusammengefasst. Hinsichtlich der Resorptionsprozesse kann man zwischen apicaler Aufnahme, intraepithelialem Metabolismus und basolateraler Ausschleusung unterscheiden.

Apicale Aufnahme von kurzkettigen Fettsäuren

SCFA liegen im Gleichgewicht zwischen einer protonierten Form (HSCFA) und einer ionisierten Form ($SCFA^-$). Untersuchungen mit Hilfe von Uptake-Studien an isolierten Epithelien lieferten deutliche Hinweise darauf (ASCHENBACH et al. 2009), dass nicht nur HSCFA über die Pansenwand permeieren, sondern von einer signifikanten Aufnahme ionisierter SCFA ausgegangen werden muss. Für die Aufnahme der ionisierten Form existieren spezifische Transportproteine, die i.d.R. so operieren, dass aufgenommene $SCFA^-$ gegen HCO_3^- ausgetauscht werden, d.h., hierdurch wird HCO_3^- ins Lumen abgegeben (GÄBEL et al. 1991, ASCHENBACH et al. 2009) und damit ein wesentlicher Beitrag zur Pufferung des Panseninhaltes geleistet (Abb. 3). Berechnet man die Korrelation zwischen Bikarbonatsekretion und Fettsäureresorption aus den Daten von GÄBEL et al. (1991), erhält man eine Relation von zwei mol resorbierten SCFA auf ein mol sekretiertes Bikarbonat, d.h., unter diesen Bedingungen wird über die Membranproteine mindestens 50% der Fettsäureresorption vermittelt. Es ist den Transportproteinen aber weniger eine Schlüsselrolle in der Energieversorgung, sondern vielmehr in der Stabilisierung des intraruminalen pH-Wertes zuzuschreiben (infolge der Kopplung an die Bikarbonatsekretion). Hinsichtlich der molekularen Natur der Anionenaustauscher werden momentan AE (Anion Exchange)-, DRA (Down Regulated in Adenoma)-, PAT (Putative Anion Transporter)- oder MCT (Monocarboxylate Transporter)-Proteine diskutiert (GÄBEL u. ASCHENBACH 2006, KIRAT et al 2006, KIRAT et al 2007, ASCHENBACH et al. 2009).

Intraepitheliale Metabolisierung kurzkettiger Fettsäuren

Nach der apicalen Aufnahme können kurzkettige Fettsäuren innerhalb des Epithels weiter metabolisiert werden, wobei vor allem Butyrat dem intraepithelialen Abbau unterworfen ist. (Übersicht bei GÄBEL et al. (2002), GÄBEL u. ASCHENBACH (2006) und KRISTENSEN u. HARMON 2006). Der intraepitheliale Butyratabbau kann bis zu 95% der Aufnahme betragen. Für die vorrangige Metabolisierung des Butyrats ist unter anderem die spezifische Ausstattung von aktivierenden Enzymen im Vormagenepithel verantwortlich (KRISTENSEN u. HARMON 2006).
Es ist aber die Frage zu stellen, warum das Vormagenepithel präferentiell Butyrat metabolisiert. So kann Butyrat bei zu hoher Anflutung negative Effekte auf Zellproliferation und Differenzierung ausüben, da es in die Acetylierung der Histone eingreift (Übersichten bei DAVIE (2003) und GÄBEL u. ASCHENBACH (2006)), d.h., der intraepitheliale Butyratmetabolismus ist zunächst als „Selbstschutz“ zu sehen. Solche negativen Butyrateffekte sind vermutlich in die hyper- und parakeratotischen Veränderungen involviert, die bei Tieren festgestellt werden, denen energiereiche Diäten über eine längere Periode gefüttert werden und die sich so in einer latenten bzw. chronischen Azidose mit einer permanent erhöhten Butyratanflutung befinden (OWENS et al. 1998).

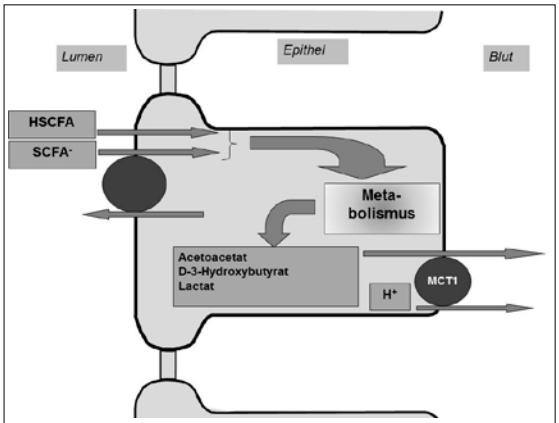


Abbildung 4:
Ausschleusung der Metabolite des intraepithelialen SCFA-Abbaus aus dem Epithel ins Blut über den MCT1.

Neben den lokalen sind auch systemische Vorteile des Butyratmetabolismus zu vermerken. So wird Butyrat im Pansenepithel vor allen Dingen zu Ketonkörpern degradiert. Ketonkörper sind in der Lage, die Leber nicht metabolisiert zu passieren (GIESECKE et al. 1985) und auf diese Weise als Energiequelle für extraruminale Gewebe (Herz, Muskel, Fettgewebe, Niere, Mucosazellen) zu fungieren. Darüberhinaus ergibt sich ein Spareffekt. Da das Pansenepithel vor allem Butyrat für die Deckung des eigenen Energiebedarfes nutzt, werden Glucose, Acetat und Propionat gespart und stehen der Nutzung durch extraruminale Gewebe zur Verfügung, die zumeist Butyrat auch schlecht metabolisieren können (KRISTENSEN u. HARMON 2006).

Basolaterale Ausschleusung der SCFA

Da SCFA zum Teil intraepithelial metabolisiert werden, müssen auf der basolateralen Seite Ausschleusungsmechanismen sowohl für die Fettsäuren selbst als auch für die Metabolisierungsprodukte Acetoacetat, ß-Hydroxybutyrat und Lactat bestehen. Allerdings sind die Transportmechanismen auf der basolateralen Seite wesentlich weniger gut eingegrenzt als die auf der apicalen Seite. Generell gilt, dass die basolateralen Effluxmechanismen effizienter sein müssen als die Influxmechanismen, um eine Akkumulation der Substrate bzw. Metabolite im Epithel zu verhindern. Hinsichtlich der Metabolite des Butyratabbaus konnten Studien von MÜLLER et al. (2002) nachweisen, dass auf der basolateralen Seite ein Monocarboxylattransporter1 (MCT1) die Permeation der genannten Säuren vermittelt. Da dieser Transporter die Ausschleusung der Substrate an die Ausschleusung von Protonen koppelt, wirkt er gleichzeitig pH-regulativ (Abb. 4).
Die Ausschleusung der Monocarboxylsäuren über den MCT1 ist somit Voraussetzung für A.) Stabilisierung des intrazellulären pH-Wertes, B.) Aufrechterhaltung des Metabolismus (über Entfernung der Metabolite) und C.) Homöostase der Osmolarität in den Pansenepithelzellen (Würden die Monocarboxylsäuren nicht entfernt, käme es zu einer Erhöhung der intrazellulären Osmolarität und damit zur Zellzerstörung.). Dem MCT1 ist daher sicherlich eine Schlüsselfunktion zuzuschreiben.

Bemerkungen zu den Resorptionsmechanismen im Vormagen

Die jüngeren Untersuchungen haben viele Fortschritte erbracht, sowohl hinsichtlich der molekularen als auch funktionellen Darstellung der Transportproteine. Es lässt sich aufgrund dieser Daten schon jetzt sagen, dass redundante Systeme bestehen, die eine hohe Sicherheit in der Resorptionsleistung gewährleisten, d.h. die im Vormagen produzierten Säuren können über mehrere Mechanismen vor Ort resorbiert werden. Zudem sind in den nachfolgenden Abschnitten des Darmes noch ausreichend Möglichkeiten vorhanden, die im Vormagen nicht resorbierten und nach distal passagierenden SCFA ins Blut permeieren zu lassen.
Während also beim Energietransfer keine Limitierung zu sehen ist, korrigiert sich aber die Einschätzung, wenn man die Sekundärfunktionen der Transportprozesse betrachtet. So ist der Transfer der SCFA durch den damit verbundenen Protonentransfer und/oder die Bikarbonatsekretion mittel- bzw. unmittelbar in die Stabilisierung des ruminalen pH-Wertes eingebunden. Es ist davon auszugehen, dass bei den heute üblichen Rationen mit geringem Rohfasergehalt die Stabilisierung des intraruminalen pH-Wertes mehr von der Resorptionsleistung des Vormagens und weniger vom Speicheleinstrom abhängt. Wird aber bei hoher Produktion von SCFA diese Möglichkeiten der Pufferung ausgeschöpft, ist ein Abfall des intraruminalen pH-Wertes die Folge.

Neben der Pufferfunktion ist die Detoxifizierung des Butyrats ein entscheidender Prozess, in den die Transportproteine indirekt eingebunden sind. Der Übertritt größerer Mengen dieses Substrates in den Organismus wird verhindert und damit möglichen Nebeneffekten vorgebeugt. Sind bei zu hoher Anflutung von Buttersäure der MCT1 und die metabolen Prozesse „überlastet", schoppen einerseits die Metabolite an, was die intrazelluläre Homöostase stört, andererseits sind negative Wirkungen des Butyrats auf Genebene (Histonacetylierung) die Folge.
Die Resorptionsleistung des Vormagens allein in quantitativer Hinsicht auf die Energieversorgung einzuengen, greift daher entschieden zu kurz.

Unterstützung des Energiehaushaltes

Propylenglycol

Propylenglycol (PG = 1,2-Propandiol) wird als direkter Energieträger zur Absicherung der Leistung und/oder zur Ketoseprophylaxe eingesetzt. Wie unten weiter ausgeführt, ist aber die Frage, ob die der Substanz zugeschriebenen Wirkungen allein auf die vermehrte Energiezufuhr zurückzuführen sind. Versuche an Schafen und Ziegen zeigten, dass mehr als 80 % des infundierten PG (Bereich 100-910g) innerhalb der ersten drei Stunden aus dem Pansen verschwinden (Übersicht bei NIELSEN u. INGVARTSEN 2004).
Für die PG-Elimination aus dem Pansen sind folgende Wege in Betracht zu ziehen:
- Metabolisierung durch Pansenflora und –fauna.
- Sequestrierung in der Pansenflora und –fauna,
- Ausstrom nach distal,
- Resorption des PG und/oder der Metabolite mit weiterer intraepithelialer Metabolisierung.

Bislang werden intraruminale Metabolisierung (zu Propionat, Propanol und Propanal (Propionaldehyd)) und anschließende Resorption des ursprünglichen Substrates bzw. seiner Metabolite als wesentliche Eliminationswege angesehen (NIELSEN u. INGVARTSEN 2004). Die Wege sind schematisch in Abbildung 5 dargelegt. In welchem Ausmaß PG intraruminal weiter abgebaut oder unverändert resorbiert wird, unterliegt zahlreichen Einflüssen (NIELSEN u. INGVARTSEN 2004). Hierbei ist zu bedenken, dass im Vormagen ein stark reduzierendes Milieu herrscht und bei starker Anflutung von H_2 adaptiv von den Pansenmikroorganismen auch die Wege der H_2-Elimination beschritten werden. So ist vermutlich zu erklären, dass bei hohen Konzentratanteilen die Metabolisierung von PG vorrangig wird (NIELSEN u. INGVARTSEN 2004). Das als Zwischenprodukt anfallende Aldehyd Propanal kann eben nicht nur oxidativ zu Propionat abgebaut werden kann, sondern auch reduktiv zu Propanol (Darstellung in KRISTENSEN u. RAUN, 2007). Auf diese Weise fungiert Propanal als Elektron-Akzeptor und „entlastet" andere Wege der Elimination von Reduktionsäquivalenten wie z.B. die Methanbildung.

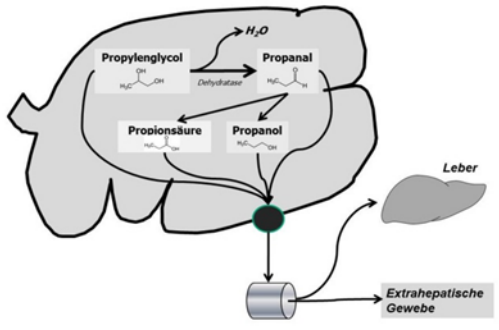


Abbildung 5:
Umsetzung von Propylenglycol im Panseninhalt.

Es ist also davon auszugehen, dass nur ein geringer Teil des verabreichten PG die Zirkulation in unveränderter Form erreicht. Dies ist insofern von Bedeutung, als PG-induzierten Veränderungen des Leberstoffwechsels positive Effekte zugeschrieben werden (Übersicht bei Pieper et al. 2005). Zudem scheint nach KRISTENSEN und RAUN (2007), die Leber nur eine geringe Kapazität zum PG-Abbau zu haben. Laut deren Daten werden weniger als 20% des systemisch anflutenden PG intrahepatisch abgebaut.
Die direkte Energiebereitstellung aus den intraruminal entstehenden Fermentationsprodukten ist als begrenzt

einzuschätzen. Nach SPIEKERS et al. (2004) ist der Energiegehalt von PG mit 9,8 MJ NEL/kg anzusetzen (bei 100% Resorption und einer Umsetzbarkeit von 84%). Entsprechend den rechtlichen Bedingungen (siehe bei PIEPER et al. 2005) kann Milchkühen bei einer TM-Aufnahme von 20 kg maximal etwa 270 g PG/Tag zugeführt werden. Legt man den von SPIEKERS et al. (2004) angegebenen Energiegehalt zu Grunde, so kann dem Tier somit maximal 2,65 MJ NEL/Tag über PG verabreicht werden. Wie oben dargestellt, kann bei der physiologischen Fermentation näherungsweise von einer Energiebereitstellung über SCFA von 7,8 MJ/kg TM ausgegangen werden. Dies bedeutet, dass das Tier energieäquivalent weniger als 0,4 kg zusätzlich Trockenmasse aufnehmen müsste, um etwa die gleiche zusätzliche Energiedeckung wie über 0,27 kg PG zu erfahren.
Es ist aber zu beachten, dass die PG-Zufuhr (anders als die SCFA-Entstehung aus Glucose) nicht azidifizierend auf den Panseninhalt wirkt (KRISTENSEN u. RAUN 2007). Allerdings entstehen beim PG-Abbau eine große Anzahl vor allem schwefelhaltiger Gase, die auch für beobachtete toxische Effekte des PG verantwortlich gemacht werden (TRABUE et al. 2007).

Konjugierte Linolsäuren

Als konjugierte Linolsäuren (CLA) wird eine Gruppe von zweifach ungesättigten Derivaten der Linolsäure bezeichnet. Vertreter mit der größten Wirkung in Wiederkäuern sind das *cis*-9, *trans*-11-Isomer und das *trans*-10, *cis*-12-Isomer. Die entlastende Wirkung von CLA auf den Energiehaushalt ist eine indirekte. So können CLA eine Depression der Milchfettsynthese und -sekretion hervorrufen (Übersichten bei PAPPRITZ (2012) und BAUMAN u. GRIINARI (2003)) und damit den Energieverlust des Tieres einschränken.

Um diese Wirkung zu erzielen, sollten CLA unverändert an ihr „Zielorgan“, d.h. die Milchdrüse, gelangen und nicht im Vormagen degradiert werden, so dass „pansengeschützte“ CLA zum Einsatz kommen. Allerdings ist nach einer Untersuchung von PAPPRITZ (2012) der Pansenschutz oft nur unzureichend, so dass bis zu 90% der verabreichten „geschützten“ CLA schon im Pansen freigesetzt werden und hier dem Metabolismus unterliegen. Hierbei ist zu bedenken, dass im Pansen ein stark reduzierendes Milieu herrscht, so dass die in Abbildung 6 dargelegten Schritte der Sättigung bis hin zur Stearinsäure (C 18:0) die wesentlichen sind. Neben der Wirksamkeitsverminderung infolge der Hydrierung ist auch evident, dass (wie bei jeder Anflutung von Fetten bzw. Fettsäuren) durch die CLA negative Wirkungen auf die Mikroben des Vormagens ausgeübt werden können (u. a. Reduktion der Rohfaserverdaulichkeit, PAPPRITZ, 2012).

Aber nicht nur die Mikroben, sondern auch die Pansenwand interagiert mit den Fettsäuren. So zeigen jüngste eigene Studien, dass die Zellen des Pansenepithels (PEZ) eine Desaturase-Aktivität besitzen (BENESCH, unveröffentlicht), sie also z.B. aus der (als Zwischenschritt beim CLA-Abbau entstehenden) Vaccensäure wieder das *cis*-9, *trans*-11-Isomer herstellen könnten. Die eigenen Untersuchungen zeigten aber auch, dass CLA stark depressiv auf die Desaturase-Aktivität der PEZ wirken (BENESCH, unveröffentlicht), d.h. sie modulieren den epithelialen Metabolismus. Weiterhin führten CLA zu einer Hochregulierung der mRNA verschiedener der oben dargestellten epithelialen Transportproteine für SCFA und Monocarboxylsäuren, d.h. sie verändern den epithelialen Transfer von SCFA und deren Metaboliten und indirekt auch die pH-Homöostase des Epithels. Es ist somit davon auszugehen, dass der Einsatz von CLA Veränderungen in der Pansenwand und evtl. auch in den nachfolgenden

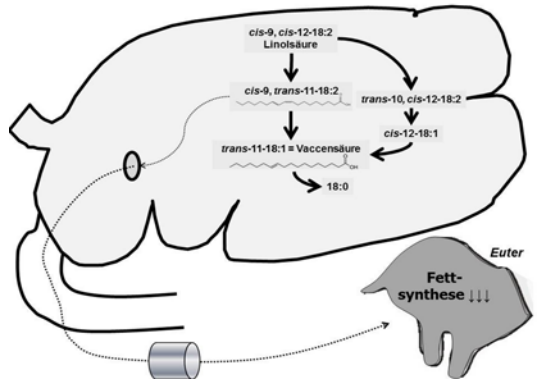


Abbildung 6:
Umsetzung von Linolsäure im Panseninhalt.

Abschnitten des Darmtraktes induziert, über deren Konsequenzen und systemische Auswirkungen auf das Tier zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch keine definitive Aussage gemacht werden kann.

Glucoseresorption im Dünndarm

Das wesentliche Substrat für die Bereitstellung resorptionsfähiger Monosaccharide im Dünndarm ist Stärke, welche die mikrobielle Fermentation im Vormagen unverdaut bzw. unvollständig verdaut überstanden hat (zur Diskussion über Bypassstärke s. MATTHÉ (2001)). Eine Limitierung muss hierbei auf jeden Fall darin gesehen werden, dass aufgrund der Ausrichtung des Wiederkäuers auf rohfaserreiche Nahrung die Kapazität des Dünndarms, Stärke zu verwerten, begrenzt ist. Die Darlegungen von MATTHÉ (2001) und auch die Ausführungen von PIEPER et al. (2005) machen deutlich, dass bei einer hochleistenden Milchkuh die obere Grenze bei etwa 1,5 – 2,0 kg/Tag erreicht wird. Die Limitierung der Stärkeverdauung im Dünndarm ist durch mindestens zwei Teilprozesse bedingt: A.) durch die Katalyse der Stärke mittels Pankreas- bzw. Bürstensaumenzymen und B.) durch die Resorptionskapazität des Epithels für die Glucosemonomere. Welcher dieser Schritte der geschwindigkeitsbestimmende ist, ist immer noch Gegenstand zahlreicher Diskussionen (Übersicht bei MATTHÉ (2001) und HARMON (2009)). Dass aber in der Resorptionsleistung eine Grenze bestehen kann, zeigen die modellhaften Ableitungen von HUNTINGTON (1997). Es ergaben sich erhebliche Unterschiede hinsichtlich der Stärkeverwertung, je nachdem, ob das Tier in seiner Resorptionsleistung an Stärke adaptiert war oder nicht. Hinsichtlich der Adaptationsbreite der Resorptionsleistung sind eingehende Untersuchungen von CANT et al. (1999) durchgeführt wurden. Die Autoren haben bei im Mittel 507 kg schweren Tieren Glucose intraduodenal infundiert und die infundierte Menge im Dreitagesabstand gesteigert. Auf diese Weise konnten sie eine maximale Aufnahmekapazität für Glucose in Duodenum und Jejunum bis zu 440 mmol/h (= 1900 g/Tag) erreichen (CANT et al. 1999).

Der gegenwärtige Kenntnisstand der bei Monogastriern nachgewiesenen Mechanismen der intestinalen Glucoseresorption ist in Abbildung 7 wiedergegeben. Das klassische Modell der Resorption von Glucose geht davon aus, dass diese apical über einen natriumgekoppelten Cotransport, den SGLT-1 (Sodium Glucose Linked Transporter) in die Zellen aufgenommen wird. Nach Anreicherung in den Zellen kann die Glucose auf der basolateralen Seite über erleichterte Diffusionscarrier (GLUT2) die Zelle wieder verlassen (Übersicht bei GÄBEL u. ASCHENBACH (2004) und ZURICH (2009)). Die molekulare Existenz der klassischen Glucosetransporter (SGLT1/GLUT2) kann auch im Darmepithel von Wiederkäuern als gesichert gelten (LIAO et al. 2010).

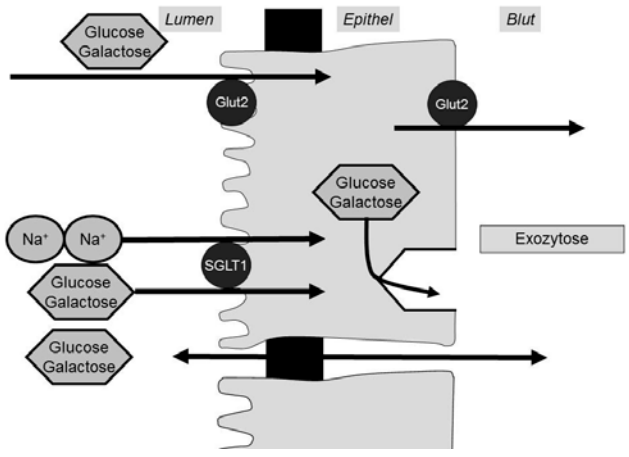


Abbildung 7:
Mechanismen des transepithelialen Glucosetransportes im Dünndarm von Monogastriern. Erläuterungen der Transportmechanismen im Text.

Außer dem klassischen Weg der Glucoseresorption werden auch Alternativwege beschrieben. Ausgangspunkt für die Überlegung, dass alternative Wege bestehen, war die Kenntnis, dass der SGLT1 ein relativ hoch affiner Transporter (K_m < 1 mmol/l) mit geringer V_{max} ist. Inzwischen ist aber bekannt, dass (auch bei Wiederkäuern) Glucosekonzentration im Dünndarm im zweistellig millimolaren Bereich auftreten können (ZURICH 2009). Bei diesen Konzentrationen kommt es relativ schnell zur Sättigung des SGLT1. Darüber hinaus ist unter diesen Bedingungen auch eine Limitierung dieses Transporters über das

verfügbare Natrium zu erwarten. Infolgedessen muss der ursprünglich von KELLET (2001) aufgestellten Hypothese eine größere Bedeutung beigemessen werden, nach der bei hohen luminalen Glucosekonzentrationen auch GLUT2-Transportproteine in die apicale Epithelmembran eingebaut werden. Ein- und Ausstrom von Glucose erfolgen dann über die in Reihe geschalteten GLUT2-Transporter. Mittlerweile ist beim Monogastrier die Möglichkeit einer apicalen Glucoseaufnahme über den GLUT2 als etabliert anzusehen. Auch beim Wiederkäuer könnte diese Hypothese Gültigkeit erlangen. So stellten CANT et al. (1999) fest, dass die maximale funktionelle Aufnahmekapazität der infundierten Glucosemenge zwar nicht 1:1 folgt, aber ein Anstieg mit zunehmender Infusionsmenge zu verzeichnen ist. Allerdings ist es bislang nicht gelungen, die apicale Präsenz eines GLUT2 eindeutig nachzuweisen (HARMON 2009, ZURICH 2009).

Schlussbemerkung

Die funktionellen Studien der letzten Jahre haben gezeigt, dass die Fermentations- und Transportprozesse im Magen-Darm-Trakt des Wiederkäuers vielfältig sind. Die Breite der Fermentationswege sichert einen raschen Abbau der zugeführten Substrate, führt allerdings auch zu zahlreichen (teilweise noch nicht vollständig bekannten) Fermentationsprodukten. Die energiereichen Substrate können auf verschiedenen Wegen aus dem Lumen ins Blut permeieren. Die Vielfalt stellt sicher, dass Kompensationsmechanismen bestehen, d.h., wenn ein Mechanismus weniger effektiv ist, kann ein anderer dafür eintreten. Diese Redundanz der Mechanismen ist vor allem im Vormagen zu vermerken. Im Dünndarm scheinen die Möglichkeiten der Kompensation auf rein funktioneller Ebene geringer ausgeprägt zu sein als im Vormagen bzw. als diejenigen im Dünndarm des Monogastriers. Allerdings ist die Notwendigkeit einer Kompensation bzw. Adaptation der Resorptionsmechanismen im Darm erst durch die teilweise extremen Fütterungsbedingungen der jüngsten Zeit gegeben, so dass teleologisch betrachtet für den Wiederkäuer bislang auch keine Notwendigkeit bestand, zusätzliche Transportmechanismen für den Energietransfer im Dünndarm zu entwickeln.

Infolgedessen ist die Sinnhaftigkeit weiter forcierter Resorptionsleistungen des Vormagens und Dünndarms zum gegenwärtigen Zeitpunkt in Frage zu stellen. Für den Vormagen ist zu beachten, dass im Epithel protektive Degradationsmechanismen lokalisiert sind. Eine weitere Entwicklung hinsichtlich erhöhter Resorption stellt so nicht nur die synthetisierenden Systeme (Lipogenese, Gluconeogenese), sondern auch die detoxifizierenden (Butyrat) und die pH-regulierenden Systeme vor größere Herausforderungen. Für den Dünndarm ist ebenso die Frage zu stellen, ob eine unlimitierte Resorptionssteigerung sinnvoll ist. Auch der physiologischen Limitierung der intestinalen Glucoseanflutung ist unter Umständen ein funktionaler Sinn zuzuschreiben, da die mikrobielle SCFA-Synthese im Dickdarm nicht unbeträchtlich ist. Ein vorheriger Entzug von energieliefernden Substraten würde diese zum Sistieren bringen.

Die Verabreichung von glucoplastischen Substanzen wie Propylenglycol bzw. die Entlastung der Energiebereitstellung durch CLA erscheint als möglicher Ausweg, um Spitzen im Energiebedarf abzufedern. Allerdings ist zu beachten, dass diese Substrate auf mehreren Wegen intraruminal metabolisiert werden und mit dem Pansenepithel interagieren. Auf diese Weise können Substrate gebildet werden, die z.B. toxische Wirkungen haben (S-haltige Gase aus PG). Es können aber anscheinend auch langfristige Wirkungen auf Gen-Ebene induziert werden (CLA), die in ihren Konsequenzen (noch) schlecht einschätzbar sind.

Literatur

ALLEN, M.S. (1997): Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. J Dairy Sci 80, 1447-62

ALLEN, M.S., ARMENTARIO, L.E., PEREIRA, M.N., YING, Y., XU, J. (2000): Method to measure fractional rate of volatile fatty acid absorption from the rumen, Proc 25th Conf. Rumen Function, Chicago, IL. S. 26

ASCHENBACH, J.R., BILK, S., TADESSE, G., STUMPFF, F., GÄBEL, G. (2009): Bicarbonate-dependent and bicarbonate-independent mechanisms contribute to nondiffusive uptake of acetate in the ruminal epithelium of sheep. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol 296, G1098-107

BAUMAN D. E., J. M. GRIINARI (2003): Nutritional regulation of milk fat synthesis. Annu Rev Nutr 23, 203-27

BERGMAN, E.N. (1990): Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. Physiol Rev 70, 567-90

BREVES, G., LEONHARD-MAREK, S. (2009): Verdauungsvorgänge in den Vormägen, in: (W.V. ENGELHARDT, G. BREVES, Hrsg.) Physiologie der Haustiere. Enke Verlag in MVS Medizinverlage Stuttgart, Stuttgart, S. 380-9

CANT, J.P., LUIMES, P.H., WRIGHT, T.C., MCBRIDE, B.W. (1999): Modeling intermittent digesta flow to calculate glucose uptake capacity of the bovine small intestine. Am J Physiol 276, G1442-51

DAVIE J.R. (2003): Inhibition of histone deacetylase activity by butyrate. J Nutr 133, 2485S-93S

GIESECKE, D., BECK, U., EMMANUEL, B. (1985): Ketogenic regulation by certain metabolites in rumen epithelium. Comp Biochem Physiol B 81 , 863-7

GÄBEL, G., ASCHENBACH, J.R. (2004): Adaptation und Regulation resorptiver Prozesse im Gastrointestinaltrakt von Wiederkäuern. Übers. Tierernährung 32, 149-81

GÄBEL, G., ASCHENBACH, J.R. (2006): Ruminal SCFA absorption: channelling acids without harm, in: (K. SEJRSEN, T. HVELPLUND, M.O. NIELSON, Hrsg.) Ruminant physiology, Digestion, metabolism and impact of nutrition on gene expression, immunology and stress. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, S. 173-95

GÄBEL, G., ASCHENBACH, J.R., MÜLLER, F. (2002): Transfer of energy substrates across the ruminal epithelium: implications and limitations. Anim Health Res Rev 3, 15-30

GÄBEL, G., BESTMANN, M., MARTENS, H. (1991): Influences of diet, short-chain fatty acids, lactate and chloride on bicarbonate movement across the reticulo-rumen wall of sheep. J Vet Med 38, 523-9

HARMON, D.L. (2009): Understanding starch utilization in the small intestine of cattle. Asian-Aust J Anim Sci 22, 915-22

HUNTINGTON, G.B. (1997): Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. J Anim Sci 75, 852-67

KELLETT, G.L. (2001): The facilitated component of intestinal glucose absorption. J Physiol 531, 585-95

KIRAT, D., MASUOKA, J., HAYASHI, H., IWANO, H., YOKOTA, H., TANIYAMA, H., KATO, S. (2006): Monocarboxylate transporter 1 (MCT1) plays a direct role in short-chain fatty acids absorption in caprine rumen. J Physiol 576, 635-47

KIRAT, D., MATSUDA, Y., YAMASHIKI, N., HAYASHI, H., KATO, S. (2007): Expression, cellular localization, and functional role of monocarboxylate transporter 4 (MCT4) in the gastrointestinal tract of ruminants. Gene 391, 140-9

KRISTENSEN, N.B., HARMON, D.L. (2006): Splanchnic metabolism of short-chain fatty acids in the ruminant, in: (K. SEJRSEN, T. HVELPLUND, M.O. NIELSON, Hrsg.) Ruminant physiology, Digestion, metabolism and impact of nutrition on gene expression, immunology and stress. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, S. 249-65

KRISTENSEN N.B., RAUN, B.M. (2007): Ruminal and intermediary metabolism of propylene glycol in lactating Holstein cows. J Dairy Sci 90, 4707-17

LIAO, S.F., HARMON, D.L., VANZANT, E.S., MCLEOD, K.R., BOLING, J.A., MATTHEWS, J.C. (2010): The small intestinal epithelia of beef steers differentially express sugar transporter messenger ribonucleic acid in response to abomasal versus ruminal infusion of starch hydrolysate. J Anim Sci 88, 306-14

MARTENS, H. (2010): Die Milchkuh: Opfer des eigenen Erfolgs? Nutztierpraxis Aktuell (AVA-Haupttagung 2010), 128-33

MARTIN, C., KRISTENSEN, N.B., HUHTANEN, P. (2001): Comparison of non-tracer and tracer methods for determination of volatile fatty acid production rate in the rumen of sheep fed on two levels of intake. Br J Nutr 86, 331-40

MATTHÉ, A. (2001): Nährstoffumsetzungen im Verdauungstrakt des Rindes nach Einsatz unterschiedlicher Mengen an Mais oder Weizenstärke. Dissertation, Braunschweig

MÜLLER, F., HUBER, K., PFANNKUCHE, H., ASCHENBACH, J.R., BREVES, G., GÄBEL, G. (2002): Transport of ketone bodies and lactate in the sheep ruminal epithelium by monocarboxylate transporter 1. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol 283**,** G1139-46

NIELSEN, N.I., INGVARTSEN, K.L.(2004): Propylene glycol for dairy cows - A review of the metabolism of propylene glycol and its effects on physiological parameters, feed intake, milk production and risk of ketosis. Anim Feed Sci Technol 115**,** 191-213

NOZIERE P., GLASSER, F. SAUVANT, D. (2011): In vivo production and molar percentages of volatile fatty acids in the rumen: a quantitative review by an empirical approach. Animal 5, 403-14

OWENS, F.N., SECRIST, D.S., HILL, W.J., GILL, D.R. (1998): Acidosis in cattle: a review. J Anim Sci 76**,** 275-86

PAPPRITZ, J. (2012): Investigations on the effects of graded levels of rumen protected conjugated linoleic acids on dairy cow performance, fatty acid profile of milk and rumen metabolism. Dissertation, Universität Halle

PENNER, G.B., TANIGUCHI, M., GUAN, L.L., BEAUCHEMIN, K.A., OBA, M. (2009): Effect of dietary forage to concentrate ratio on volatile fatty acid absorption and the expression of genes related to volatile fatty acid absorption and metabolism in ruminal tissue. J Dairy Sci 92**,** 2767-81

PIEPER, R., STAUFENBIEL, R., GABEL, M., POPPE, S., SCHRÖDER, A., PIEPER, B. (2005): Propylenglykol – Ketoseprophylaxe bei Kühen mit hohen Milchleistungen. Hrsg: Dr. Pieper Technologie- und Produktentwicklung GmbH, Wuthenow

RESENDE JÚNIOR, J.C., PEREIRA, M.N., BOER, H., TAMMINGA, S. (2006): Comparison of techniques to determine the clearance of ruminal volatile fatty acids. J Dairy Sci 89**,** 3096-106

SPIEKERS, H., MENKE, A., GRÜNEWALD, K.-H. (2004): Untersuchungen zur energetischen Bewertung von Mischfutter mit Propylenglykol. 116. VDLUFA-Schriftenreihe, 60: 353-8

STORM, A.C., KRISTENSEN, N.B., HANIGAN, M.D (2012): A model of ruminal volatile fatty acid absorption kinetics and rumen epithelial blood flow in lactating Holstein cows. J Dairy Sci 95, 2919-34
STORM, A.C., HANIGAN, M.D., KRISTENSEN, N.B. (2011): Effects of ruminal ammonia and butyrate concentrations on reticuloruminal epithelial blood flow and volatile fatty acid absorption kinetics under washed reticulorumen conditions in lactating dairy cows. J Dairy Sci 94, 3980-94

STORM, A.C., KRISTENSEN, N.B. (2010): Effects of particle size and dry matter content of a total mixed ration on intraruminal equilibration and net portal flux of volatile fatty acids in lactating dairy cows. J Dairy Sci 93, 4223-38

TRABUE, S., SCOGGIN, K., TJANDRAKUSUMA, S., RASMUSSEN, M. A., REILLY, P. (2007): Ruminal Fermentation of propylene glycol and glycerol. J Agric Food Chem 55, 7043-51

ZURICH, M. (2009): Anpassung des intestinalen Glukosetransportes bei Ziegen an unterschiedliche Stärkegehalte und unterschiedliche Stärkeabbaubarkeiten in Futtermitteln. Dissertation, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

Autorenanschrift

Gotthold Gäbel
Veterinär-Physiologisches Institut
Universität Leipzig
An den Tierkliniken 7
04103 Leipzig, Deutschland
gaebel@rz.uni-leipzig.de

Wir gratulieren

der BAT zum 50-jährigen Bestehen!

Milkivit

Trouw Nutrition Deutschland GmbH
86664 Burgheim • Telefon: 0 84 32 / 89-0 • Telefax: 0 84 32 / 89-150
www.milkivit.de • milkivit@nutreco.com

Störungen der Pansenfermentation hochleistender Rinder

Annabella Khol-Parisini und Qendrim Zebeli

Institut für Tierernährung und funktionelle Pflanzenstoffe, Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der Veterinärmedizin, Veterinärmedizinische Universität Wien, Veterinärplatz 1, 1210 Wien

Einleitung

Die hochleistende moderne Milchkuh ist auf eine adäquate Versorgung mit Energie, Nährstoffen und Wasser angewiesen, um ihre genetisch determinierten Leistungen bringen zu können. Da jedoch die Futteraufnahme physiologischen Grenzen unterliegt, muss bei steigender Leistung neben der Futtermenge auch die Energiedichte erhöht werden (KAMPHUES et al. 2009), was eine hohe Belastung für die Verdauungsphysiologie der Kuh darstellt (BREVES und RODEHUTSCORD 1999). Im Ökosystem Pansen herrscht eine Symbiose zwischen Wirtstier und einer großen Vielfalt ruminaler Mikrobiota, die maßgebliche metabolische Leistungen, wie den Abbau der aufgenommenen Nährstoffe, die Bildung kurzkettiger Fettsäuren (short chain fatty acids, SCFA) und die Synthese mikrobieller Proteine und Vitamine für den Wirt ausführen. Eine hohe Energiedichte in der Ration wird oft nur durch extrem hohe Anteile schnell abbaubarer Kohlenhydrate aus Getreide und auf Kosten des energiearmen Strukturfaseranteils erreicht, der aber maßgeblich für das Gleichgewicht im ruminalen Ökosystem ist.

Die Herstellung von Rationen, die eine optimale Balance zwischen schnell abbaubaren Kohlehydraten und strukturierter Faser halten, ist die wohl größte Herausforderung in der modernen Milchvieh-Fütterung (ZEBELI et al. 2010). Gelingt dies nicht, oder selektieren die Tiere die groben Faserbestandteile der Ration aus, kommt es zu Störungen des Pansenmilieus, meist mit Verschiebung des pH-Wertes in den azidotischen Bereich. Halten diese Bedingungen im Pansen über einen längeren Zeitraum an, kommt es zu einer subakuten Pansenazidose (SARA, Engl. sub-acute rumen acidosis; ZEBELI et al. 2008).

Auf der anderen Seite kann ein Mangel leicht fermentierbarer Kohlenhydrate in Kombination mit einem großen Stickstoff-Überschuss zur Entwicklung einer Pansen-Alkalose führen. Aufgrund der gängigen Fütterungspraxis hochleistender Rinder wird diese Störung jedoch deutlich seltener beobachtet (RABOISSON et al. 2012). Der vorliegende Artikel beleuchtet die Zusammenhänge zwischen Fütterung, Pansenmilieu und Tiergesundheit und gibt Hinweise zur tiergerechten Fütterung von Hochleistungsrindern in der Praxis.

Pansenphysiologische Kenndaten der Milchkuh

Der Pansen spielt im wahrsten Sinne des Wortes eine zentrale Rolle in der Kuh, betrachtet man seine Lage, Größe und Leistung als Gärkammer. Mit 150 - 200 L Volumen und der Füllung mit grob 10^7-10^{12} Mikroben pro mL Inhalt hat der Pansen das Potential, aus für andere Tiere schwerverdaulichen Futtermitteln eine große Menge an Energie und hochwertigen Nährstoffen bereitzustellen. Auf der anderen Seite birgt eine Entgleisung des Pansenmilieus ernste Gefahren für den Wiederkäuer, da die enorm große Resorptionsoberfläche der Pansenzotten nicht nur Nährstoffe, sondern auch Toxine in großem Ausmaß resorbieren kann (PLAIZIER et al. 2012; ZEBELI und METZLER-ZEBELI 2012).

Unter physiologischen Bedingungen herrscht ein Fließgleichgewicht zwischen Futteraufnahme und Weiterleitung des Inhaltes, das durch die regelmäßige, intensive Durchmischung des Panseninhaltes und seine Schichtung gewährleistet wird und eine optimale Inkubation der Nahrungsbestandteile mit den Mikroben, sowie die Retention unzureichend verdauter Bestandteile ermöglicht. Ist die Fasermenge und -länge der Ration ausreichend, bildet sich eine Schicht fester, noch weitgehend unverdauter, Bestandteile in der Mitte des Pansens, die auf dem „Pansensee", dem flüssigen, ventralen Panseninhalt, der bereits stark fermentierte, kleine Partikel enthält, schwimmt. In dieser festen Phase, der Pansenmatte oder Fasermatte, zeigt sich die größte Mikrobendichte und -vielfalt. Hier findet der Großteil der Faserfermentation statt, aber auch stärkereiche Partikel werden durch die Fasermatte gehalten und hier fermentiert, wodurch ein vorzeitiger Verlust dieser Partikel verhindert wird (ZEBELI et al. 2012). Die mikrobiellen Produkte werden entweder direkt über das mehrschichtige Epithel des Vormagens (z.B. die SCFA) oder im Duodenum resorbiert, wodurch dem Wirt sowohl Energie als auch nutzbares Protein und Vitamine zur Verfügung gestellt werden (BERGMAN 1990). Durch die mechanische Reizung der Pansenzotten durch das Material der Fasermatte werden sowohl die Pansenkontraktionen als auch die Wiederkautätigkeit angeregt und damit die Verdaulichkeit verbessert und der Fluss von Bikarbonat aus dem Speichel zur Pufferung des Panseninhaltes gefördert. Pansenkontraktionen erhöhen zusätzlich die Absorption kurzkettiger Fettsäuren über die Pansenzotten und leisten damit einen weiteren wichtigen Beitrag zur Stabilisierung des ruminalen pH-Wertes. Je fester die Konsistenz dieser Phase, umso effektiver sind sowohl die Retention unverdauter Bestandteile und damit deren Verdaulichkeit, als auch die Stabilität des ruminalen pH-Wertes (ZEBELI et al. 2012). Bei unzureichender Strukturversorgung ist die adäquate Pansenfunktion nicht gewährleistet, da die Schichtung der Inhalte, die Abpufferung der entstehenden kurzkettigen Fettsäuren durch entsprechenden Speichelfluss, und die Verweildauer grober Partikel im Pansen nicht möglich und die Pansenmotorik beeinträchtigt ist (ZEBELI et al. 2010).

Störungen der Pansenfermentation

Der ruminale pH Wert fluktuiert physiologischer Weise bei intensiv gefütterten Kühen, sodass er vor der Morgenfütterung bei etwa 6,6 - 7 liegt um in der Zeit der intensiven Fermentation unter Tags (in der Regel 4-10 Stunden nach der Morgenfütterung) auf Werte zwischen 5,0 und 5,3 abzusinken, wobei der Durchschnittswert bei etwa 6,0 oder 6,2 liegt (KRAUSE und OETZEL 2006). Bei intensiv gefütterten Kühen fällt, auch wenn sie gesund sind, der ruminale pH-Wert für mindestens 1 Stunde unter 5,8. Selbst wenn dieser Zustand bis zu 5 Stunden anhält, verändert sich die Zahl und Aktivität der faserverdauenden Mikroflora noch nicht (ÖLSCHLÄGER et al. 2006). Die Pansenschleimhaut ist in der Lage, sich an veränderte Bedingungen, z.B. an einen höheren Energie- und Stärkegehalt des Futters, anzupassen, indem die dann vermehrt produzierten kurzkettigen Fettsäuren das Wachstum der Pansenzotten stimulieren, um die Resorptionsoberfläche zu erhöhen. Gleichzeitig passt sich die Pansenflora an die neuen Gegebenheiten an. Ändert sich die Futterzusammensetzung zu schnell oder zu stark, entsteht ein Ungleichgewicht zwischen Bildung und Resorption der kurzkettigen Fettsäuren – es kommt zur Pansenazidose.

Im Falle der subakuten Pansenazidose (SARA) fällt der pH-Wert nicht dauerhaft ab, wie bei der akuten Pansenazidose, die Periode mit einem bereits pathologischen pH-Wert von unter 5,6 oder 5,8 (ZEBELI und METZLER-ZEBELI 2012; KLEEN und CANNIZZO 2012) beginnt vielmehr wenige Stunden nach der Aufnahme der konzentratreichen Futtermittel und hält mindestens 5-6 Stunden an (KLEEN et al. 2003). SARA ist die Pansenfunktionsstörung mit der höchsten Prävalenz, in verschiedenen europäischen Studien 11-33%. Sie ist mit schwer erkennbaren klinischen Zeichen assoziiert und hat eine schlechte Futteraufnahme und Reduktion der Verdaulichkeit zur Folge (PLAIZIER et al. 2008).

Eine SARA führt zur Reduktion der Körpermasse, da die TM-Aufnahme in einer Zeit der hohen Milchleistung, der reduzierten Fermentation von Stärke und Faser und der verminderten Bereitstellung mikrobiellen Proteins im Pansen reduziert wird (KLEEN und CANNIZZO 2012). Entsteht eine chronische

Entzündung im Zuge der SARA, steigt die negative Energiebilanz weiter an (ZEBELI und METZLER-ZEBELI 2012), da die Futteraufnahme noch mehr unterdrückt wird (KHAFIPOOR et al. 2007; PLAIZIER et al. 2008), der Energiebedarf aber steigt. Die Abbaubarkeit der Faser wird durch die Hemmung der Aktivität und Zahl der zellolytischen Pansenmikroben sowie durch die schlechte Schichtung des Panseninhaltes und die resultierende höhere Passagerate stark beeinträchtigt (MOURIÑO et al. 2001; ZEBELI und METZLER-ZEBELI 2012). Die praktische Relevanz der Faserverdaulichkeit ist groß: eine Reduktion um 20% resultiert in einer um etwa 10% reduzierten Bereitstellung von Energie und Protein aus der Ration (DIJKSTRA et al. 2012). Die Verschlechterung des Pansenmilieus und die Erhöhung der Passagerate hat auch die reduzierte Verdaulichkeit anderer Nährstoffe, inkl. nutzbaren Rohproteins zur Folge. Thiamin ist besonders erwähnenswert: thiaminolytische Aktivitäten im Pansen während einer SARA führen schnell zu einem Thiaminmangel bei intensiv gefütterten Rindern (TAFAJ et al. 2006).

Durch die Verschiebung der Mikrobenpopulationen wird bei gesenktem pH Wert die Bildung von trans-C18:1 und trans-10, cis-12 C18:2 ungesättigten Fettsäuren gefördert, die die Bildung von Milchfett im Rahmen der *de-novo* Synthese in der Milchdrüse hemmen (ALZAHAL et al. 2010). Daher korreliert der Milchfettgehalt mit der Kauaktivität, ist direkt proportional zum Pansen-pH-Wert und wird oft als Indikator für die Pansengesundheit herangezogen (ZEBELI et al. 2010). In der Praxis stellt er einen Anhaltspunkt bei der Einschätzung der Strukturversorgung von Milchkühen dar, zu bedenken ist aber, dass ein Milchfettabfall auf Grund eines Strukturmangels durch den starken Körperfettabbau während der Hochlaktation weniger deutlich ausfällt, als bei ausgeglichener Energiebilanz (ZEBELI et al. 2008; STEINGASS und ZEBELI 2008).

Die Beeinträchtigung der mikrobiellen Symbiose im Pansen kann zu Verschiebungen im Mikrobiom (TAJIMA et al. 2000; FERNANDO et al. 2010; HOOK et al. 2011; KHAFIPOUR et al. 2011) und im Profil der mikrobiellen Metaboliten (AMETAJ et al. 2010a) führen. Die resultierende Belastung des Pansenepithels während anhaltenden Phasen einer Pansenazidose kann zur Parakeratose und lokalen Entzündungsreaktionen führen, wodurch die Resorption der Fettsäuren reduziert und damit das Pansenmilieu und die Energiebilanz weiter belastet wird (KLEEN et al. 2003). Dadurch können systemische Entzündungsreaktionen und diverse metabolische Störungen wie Futterverweigerung, Klauenrehe, Fettleber, Leberabszesse, Ketose, Labmagenverlagerung begünstigt bzw. hervorgerufen werden (NAGARAJA und LECHTENBERG 2007, PLAIZIER et al. 2008; AMETAJ et al. 2010b), was schwerwiegende Konsequenzen für die Leistung, das Wohlbefinden und die Gesundheit des Tieres hat (PLAIZIER et al. 2008) und schließlich die Nährstoffeffizienz der Kuh beeinträchtigt (ZEBELI und METZLER-ZEBELI 2012).

KHAFIPOUR et al. (2009) zeigten, dass es nach Auslösung einer Pansenazidose, sei es durch Strukturmangel (Grünmehlpellets) oder Stärkeüberschuss (Getreide), zu einem Anstieg der Zellzahlen gram-negativer Bakterien (GNB) im Pansensaft kommt. GNB tragen in ihrer äußeren Membran Lipopolysaccharide, Verbindungen, die im freigesetzten Zustand als Endotoxine toxisch wirken und eine Immunantwort hervorrufen können, sobald sie in den Blutkreislauf des Wirtes eingedrungen sind. Sie werden sowohl während des bakteriellen Wachstums als auch im Zuge der bakteriellen Zerstörung und Lyse freigesetzt (HURLEY 1995), z.B. bei zu niedrigem pH Wert des umgebenden Milieus (RUSSELL und RYCHLIK 2001, AMETAJ et al. 2010a). Der Gastrointestinaltrakt stellt mit seiner hohen Anzahl GNB, vor allem bei Gabe energiereicher Rationen, die bedeutendste Quelle von Endotoxin beim Rind dar, die potentiell die Schleimhautbarriere überwinden und in den Körper eindringen können (AMETAJ et al. 2010b). Bereits NAGARAJA et al. (1978) konnten zeigen, dass es bei Fütterung von Getreide-basierten Rationen zu einem dramatischen Anstieg von Endotoxinen im Pansensaft von Rindern kommt. Eine Metaanalyse (ZEBELI et al. 2012) der vorhandenen Daten zeigt eine starke positive lineare Korrelation zwischen der Dauer einer pH-Wert-Absenkung unter 6 und der Konzentration von Endotoxin im Pansensaft (Abbildung 1). Je länger der pH-Wert unter 6 liegt, umso schwerer ist der Grad der SARA und umso höher der Gehalt an freiem Endotoxin im Pansensaft.

Ist die Barrierefunktion des Pansenepithels gestört, kommt es zum Übertritt der Toxine in die Blutbahn. PENNER et al. (2010) zeigten, dass sich die Permeabilität des Pansenepithels durch eine schnelle und starke Ansäuerung in vitro (pH 5.2) erhöhte. Bei betroffenen Tieren wird die Bildung von Mikroabszessen in der Leber begünstigt, von wo aus im ganzen Körper Abszesse durch Keime der physiologischen Pansenflora gebildet werden können (NAGARAJA 2000). Die Translokation von luminalem Endotoxin in den Blutkreislauf führt zur Aktivierung einer unspezifischen Akute-Phase-Reaktion. Endotoxine bewirken dabei die Freisetzung von pro-inflammatorischen Zytokinen, welche wiederum zu einer Sekretion von Akute-Phase-Proteinen aus den Hepatozyten führen (ZEBELI und METZLER-ZEBELI 2012). Die Entstehung einer Entzündungsreaktion im Zuge der SARA ist jedoch ein sehr komplexes Geschehen, das über einen reduzierten pH-Wert und eine Akkumulation von Endotoxin im Pansen hinaus zahlreiche weitere Faktoren involviert. Beispielsweise kommt es durch übermäßige Getreidefütterung zu einer systemischen Entzündungsreaktion, nicht aber, wenn eine SARA durch Strukturmangel in Form der Fütterung von Luzernepellets ausgelöst wird (KHAFIPOUR et al. 2007; PLAIZIER et al. 2008, 2012).

Die mögliche Beteiligung von Endotoxin im Pansen an der Ätiopathogenese verschiedener Stoffwechselerkrankungen wurde kürzlich dargestellt (AMETAJ et al. 2010b). Viele Stoffwechselerkrankungen haben eine multifaktorielle Ätiologie, die noch nicht eindeutig geklärt ist, bakterielles Endotoxin scheint jedoch beispielsweise bei der Entstehung der Klauenrehe oder der Labmagenverlagerung eine Rolle zu spielen. In dieser Hinsicht konnte in einer neueren Studie gezeigt werden, dass eine experimentell induzierte vorübergehende Endotoxämie um den Zeitpunkt der Abkalbung die Leistung von Milchkühen beeinträchtigte und mit einer höheren Inzidenz von Stoffwechselstörungen einherging (ZEBELI et al. 2011).

In der Praxis ist es schwierig, einen tatsächlichen kausalen Zusammenhang zwischen verschiedenen klinischen Veränderungen und SARA zweifelsfrei zu belegen (KLEEN und CANNIZZO 2012). Es ist daher unklar, ob SARA als ein Indikator für Herden- und Tiergesundheitsprobleme verstanden werden muss, die alle dieselbe Ursache haben, oder als Herdenproblem per se, mit einer Reihe klinischer Folgeerscheinungen. Auf jeden Fall hat ein Abfall des ruminalen pH-Wertes negative Folgen für die Fermentation und damit auf die Futteraufnahme, Körperkondition und Leistung, wodurch SARA eine zentrale Rolle im Komplex der negativen Energiebilanz spielt (KLEEN und CANNIZZO 2012) und der ruminale pH-Wert das zentrale Ziel von Maßnahmen zur Optimierung von Futterverwertung, Leistung und Gesundheit sein muss (ZEBELI et al. 2010).

Da die gängige Fütterungspraxis für Hochleistungsrinder auf energiereichen Rationen basiert, werden Pansenalkalosen in der Praxis selten und meist als Diagnose am Einzeltier beobachtet. Rationen mit einem sehr hohen Anteil energiearmer, schwer verdaulicher Raufutter und Mangel an leicht fermentierbaren Kohlenhydraten, eine längere Nahrungskarenz, oder eine stark überhöhte, meist unbeabsichtigte Gabe von nicht-Eiweiß N-Quellen können das Pansenmilieu stark beeinträchtigen (ULBRICH et al., 2004). Die ununterbrochene Produktion des bikarbonatreichen Speichels, die Bildung von Bikarbonat im Zuge der Absorption der gebildeten SCFAs und bei Eiweiß-Überfütterung auch die erhöhte NH_3 Konzentration im Rumen führen zur Anhebung des pH-Wertes über 7, in schweren Fällen über 7,5. Fehlen schnell abbaubare Kohlenhydrate, steht den Mikroben nicht genügend Energie zur Verfügung, um den anfallenden N zur Proteinsynthese zu nutzen (RABOISSON et al. 2012). Die Korrektur der entsprechenden Fütterungsfehler ist generell einfach und involviert qualitativ hochwertiges Raufutter und ggf. mäßige Gaben an kohlenhydratreichen Futtermitteln.

Fütterung auf Gesundheit, Nährstoffeffizienz und Leistung

Zur Prävention der SARA sind vor allem zwei Maßnahmen nötig, nämlich erstens, die Pansenmukosa der Kuh vor der Hochlaktation ausreichend auf die bevorstehende Zeit der intensiven Fütterung vorzubereiten, und zweitens, die Fütterung so zu gestalten, dass ein zu starker und zu langer Abfall

des Pansen-pH-Wertes vermieden werden kann (KLEEN et al. 2003). Zu achten ist außerdem auf langsame Rations-Umstellungen, die der Pansenflora die Möglichkeit zur Adaptation an neue Gegebenheiten geben. Dies wird in Form der Vorbereitungsfütterung vor dem Abkalben und gradueller Kraftfutteranstiege bis zur 4. Laktationswoche umgesetzt. Im folgenden Abschnitt werden die wichtigsten Eckpfeiler einer Laktationsration, die die Pansen- und Tiergesundheit trotz einer hohen Energiedichte gewährleistet und damit eine optimale Futterverwertung und Leistung ermöglicht, besprochen. Dabei geht es um die Balance der Gehalte und Qualitäten von Stärke und Faser, die schließlich die Futteraufnahme, die Futterverwertung, die Pansen- und Tiergesundheit und damit die Leistung bestimmt.

Die aus Stärke entstehende Glukose dient nicht nur dem Wiederkäuer selbst, sondern wird auch von den Pansenmikroben zur Erhaltung und zum Aufbau mikrobiellen Eiweißes benötigt. Je nach Getreide- und Verarbeitungsart variiert die Pansenabbaubarkeit der Stärke erheblich, generell ist unbehandelte Maisstärke deutlich resistenter gegen den Abbau im Pansen als Gerste oder Weizen, wobei die Abbaubarkeit durch verschiedene Verarbeitungstechnologien jeweils noch verringert oder erhöht werden kann (OFFNER et al. 2003). Ein hoher Anteil im Pansen abbaubarer Stärke in der Ration erhöht den Bedarf an strukturierter Faser (SILVEIRA et al. 2007), auf der anderen Seite erhöht ein hoher Anteil an Faser die Passagerate in den Dünndarm, wodurch die ruminale Abbaubarkeit der Stärke sinkt (ZEBELI et al. 2008) und der Pansen entlastet wird. Zudem ist die ausreichende Versorgung der Pansenflora mit Glukose zur Bildung von genug mikrobiellem Protein nötig. Das Bereitstellen von etwa 15% der Trockenmasse einer TMR als pansenabbaubare Stärke aus Getreide wurde, in Abhängigkeit von der Faserversorgung, als Richtwert für die optimale Stärkeversorgung vorgeschlagen (ZEBELI et al. 2008), ergänzt durch nicht mehr als 1,3-1,8 kg pansenresistente Stärke pro Tier und Tag, um die Verdauungskapazität des Dünndarms nicht zu überlasten (MATTHE et al. 2001).

Auch die Qualität der faserreichen Futtermittel selbst ist mitbestimmend für die Balance zwischen Stärke und Fasergehalt der Ration. Bei Verwendung hochwertiger Raufutterquellen mit hoher ruminaler Abbaubarkeit der Faser, kann der Kraftfutteranteil gesenkt werden, da Futter- und Energieaufnahme bei besserer Raufutterqualität steigen. Eine hohe Faserabbaubarkeit im Pansen hat positive Effekte auf die Futteraufnahme, die Kau- und Wiederkauaktivität und die Leistung, ohne eine Beeinträchtigung der Pansenfunktion hervorzurufen (ZEBELI et al. 2006). Hier sind vor allem Maissilage mit ihrem hohen Energiegehalt und dem hohen Anteil pansenabbaubarer Faser, früh geerntete Grassilage mit ihrem hohen Futter- und Strukturwert, sowie Luzernesilage wegen ihres hohen Gehaltes an leicht abbaubarer Faser und Protein, aber auch faserreiche Nebenprodukte zu nennen (ZEBELI et al. 2010).

Neben der Qualität der faserreichen Futtermittel, spielt vor allem die Faserlänge eine entscheidende Rolle. Eine zu geringe Partikellänge führt zur schlechteren Schichtung des Panseninhaltes mit allen Folgen (TAFAJ et al. 2007), auf der anderen Seite unterstützt eine moderate Abnahme der Partikellänge (z.B. eine theoretische Häcksellänge von etwa 8 mm bei Maissilage bzw. 11 mm bei Grassilage) durch die höhere Oberfläche der Faserpartikel deren Verdaulichkeit im Pansen, die Homogenität von Mischrationen und die Futteraufnahme ohne den Strukturwert negativ zu beeinflussen (ZEBELI et al. 2012). Die optimale Partikelgröße der Faser muss im Zusammenhang mit dem Raufutter-, Faser- und Stärkeanteil der Ration beurteilt werden (TAFAJ et al. 2007).

Zur Bestimmung der Partikellänge wird meist der Penn State Particle Separator („Schüttelbox“), der im Zuge einer definierten Schüttelbewegung auf Sieben (Lochungen 19, 8 und 1,18 mm) und in der darunter befindlichen Wanne nach Partikellänge aufgeteilte Fraktionen des überprüften Futtermittels auffängt und damit eine objektive Beurteilung der Partikelgrößenverteilung zulässt (KONONOFF et al. 2003). Anhand des NDF-Gehaltes des Futtermittels und des prozentualen Anteiles der Fraktionen im 19-, 8- und 1,18 mm Sieb kann der Gehalt an $peNDF_{>8}$ (Inhalt aus dem 8- und 19 mm Sieb; LAMMERS et al. 1996), oder $peNDF_{>1.18}$ (Inhalte aus dem 1,18-, 8- und 19 mm Sieb; KONONOFF et al.

2003) errechnet werden, die den Gehalt an strukturierter Faser gut und relativ einfach charakterisieren und zur Beurteilung und Korrektur von Rationen in der Praxis verwendet werden können (ZEBELI et al. 2012).

Der Faseranteil in der Ration hat unterschiedliche Auswirkungen auf die Futteraufnahme, indem ein hoher Gehalt an peNDF die Futteraufnahme und -verwertung durch eine hohe Pansenfüllung und reduzierte mikrobielle Proteinsynthese limitieren könnte (YANG und BEAUCHEMIN 2006), eine sehr niedrige Faseraufnahme jedoch die Fermentation schnell abbaubarer Produkte erhöhen und das Pansenmilieu so beeinträchtigen kann, dass die Futteraufnahme metabolischen Grenzen unterliegt. Ein Anheben der peNDF in Rationen mit einem hohen Anteil ruminal abbaubarer Stärke mag zwar die TM-Aufnahme reduzieren und damit negative Effekte auf die Milchleistung haben, es wurde aber beobachtet, dass sich der dadurch ansteigende Milchfettgehalt positiv auf die FCM-Leistung auswirkte und damit die Futterverwertung insgesamt anstieg (SILVEIRA et al. 2007). Diese Beobachtung wurde durch ZEBELI et al. (2008) bestätigt, in deren Studie ein Anstieg der peNDF auf bis zu 32% der TM zwar die TM-Aufnahme und die Milchleistung reduzierte, der Ertrag der FCM und die Energieeffizienz der Milchbildung wurden dadurch jedoch signifikant erhöht.

Wie Abbildung 2 zeigt, führt ein Gehalt von <14,9% $peNDF_{>8}$ zu einem erhöhten SARA Risiko (ZEBELI et al. 2012). Bei einem Gehalt von etwa 30% $peNDF_{>1,18}$ in der TM und einem pH-Wert von ca. 6,2 scheint es durch eine weitere Steigerung des strukturierten Faseranteils keine Verbesserung des ruminalen pH-Wertes zu geben (ZEBELI et al. 2006), obwohl der Milchfettgehalt bei höheren peNDF Gehalten weiter steigt. Hier wird einmal mehr deutlich, dass in der Formulierung von Rationen für die hochleistende Milchkuh Kompromisse zwischen Faserversorgung und Kohlehydrat- bzw. Futteraufnahme gemacht werden müssen. Wie in der Abbildung 2 gezeigt wird, es können 3 verschiedene Risikogruppen für SARA definiert werden, die sich durch unterschiedliche Leistungsstadien auszeichnen. Der Bereich „A“, in dem sich die Rationen für die Hochlaktation befinden, ist durch einen niedrigen ruminalen pH-Wert aber eine hohe TM-Aufnahme (>23,5 kg/Tag) auf Grund eines geringen Strukturfaser-Anteils in der Ration gekennzeichnet. Diese Tiere haben ein sehr hohes Risiko, SARA zu entwickeln. Der Bereich „C“, der die Rationen für Tiere mit geringerer Leistung zeigt, ist durch einen mittleren Pansen pH-Wert von etwa 6,2 gekennzeichnet, begleitet von einer reduzierten TM-Aufnahme (<22 kg/Tag) auf Grund des hohen peNDF Anteils in der Ration. Im Überschneidungsbereich sind die Rationen anzusiedeln (Bereich „B“), deren peNDF Gehalt nicht hoch genug für einen optimalen Pansen pH-Wert ist, der aber die Futteraufnahme nur wenig beeinflusst. Tiere, die solche Rationen erhalten, haben ein deutlich geringeres Risiko, an SARA zu erkranken. Der Faserbedarf muss immer im Zusammenhang mit der zugeführten Menge an Stärke und mit der TM-Aufnahme gesehen werden, da eine große Menge schnell im Pansen abbaubarer Stärke, den pH-Wert negativ beeinflusst und damit den Faserbedarf erhöht (ZEBELI et al. 2010). Das Verhältnis von peNDF zu pansenabbaubarer Stärke aus Getreide ist direkt proportional zum Pansen-pH-Wert, wobei auch hier ab einem Verhältnis von 1,45 und dem korrespondierenden pH-Wert von 6,2 keine weitere Erhöhung des pH-Wertes möglich ist. Das bedeutet, dass ein Verhältnis von 1,45 nicht unterschritten werden soll, da bei einem höheren Stärke- oder geringeren Faseranteil der pH-Wert im Pansen sinkt (ZEBELI et al. 2008). Leider ist dieses Verhältnis unter praktischen Bedingungen bei Hochleistungskühen nicht einfach zu erzielen.

Schlussfolgerungen

Die Aufrechterhaltung eines physiologischen Pansen-pH-Wertes ist von großer Wichtigkeit, da die Begleiterscheinungen und Folgen einer SARA das Wohlbefinden und die Leistung der Milchkuh in der Hochlaktation stark beeinträchtigen können. Der ruminale pH-Wert, die Versorgung mit strukturierter Faser und pansenabbaubarer Stärke, die TM-Aufnahme und die Passagerate stehen in engem Zusammenhang. Unter Berücksichtigung dieser Interaktionen können Rationen hergestellt werden, die ein günstiges Verhältnis zwischen pansenabbaubarer Stärke und Faser aufweisen, diese in hoher

Qualität bereitstellen und so die Nährstoffeffizienz und Leistung optimieren und Krankheiten vorbeugen.

Literatur

ALZAHAL O., M.M. OR-RASHID, S.L. GREENWOOD, und B.W. MCBRIDE, 2010: Effect of subacute ruminal acidosis on milk fat concentration, yield and fatty acid profile of dairy cows receiving soybean oil. J. Dairy Res. 77, 376-384.

AMETAJ, B.N., Q. ZEBELI, F. SALEEM, N. PSYCHOGIOS, M.J. LEWIS, S.M. DUNN, J. XIA, und D.S. WISHART 2010a: Metabolomics reveals unhealthy alterations in rumen metabolism with increased proportion of cereal grain in the diet of dairy cows. Metabolomics 6, 583-594.

AMETAJ, B.N., Q. ZEBELI, und S. IQBAL, 2010b: Nutrition, microbiota, and endotoxin-related diseases in dairy cows. Rev. Bras. Zootec. 39, 433-444.

BERGMAN,E.N., 1990: Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. Physiol. Rev. 70, 567–590.

BREVES, G. und M. RODEHUTSCORD, 1999: Gibt es Grenzen in der Zucht auf Leistung? – Aus der Sicht der Physiologie. Züchtungskunde 71, 420-427.

DIJKSTRA, J., J.L. ELLIS, E. KEBREAB, A.B. STRATHE, S. LÓPEZ, J. FRANCE, und A. BANNINK, 2012: Ruminal pH regulation and nutritional consequences of low pH. Anim. Feed Sci. Technol. 172, 22– 33.

FERNANDO, S.C., H.T. PURVIS II, F.Z. NAJAR, L.O. SUKHARNIKOV, C.R. KREHBIEL, T.G. NAGARAJA, B.A. ROE, U. DeSILVA, 2010: Rumen microbial population dynamics during adaptation to a high-grain diet. Appl. Environ. Microbiol. 76, 7482–7490.

HOOK, S.E., M.A. STEELE, K.S. NORTHWOOD, J. DIJKSTRA, J. FRANCE, A.-D.G. WRIGHT, B.W. MCBRIDE, 2011: Impact of subacute ruminal acidosis (SARA) adaptation and recovery on the density and diversity of bacteria in the rumen of dairy cows. FEMS Microbiol. Ecol. 78, 275–284.

HURLEY, J.C., 1995: Endotoxemia: methods of detection and clinical correlates. Clin. Microbiol. Rev. 8, 268–292.

KAMPHUES, J., M. COENEN, C. IBEN, E. KIENZLE, J. PALLAUF, O. SIMON, M. WANNER, und J. ZENTEK, 2009: Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung, 11. Aufl, M&H Schaper Verlag, Alfeld (Leine)

KHAFIPOUR, E., D.O. KRAUSE, und J.C. PLAIZIER, 2007: Induction of subacute ruminal acidosis (SARA) by replacing alfalfa hay with alfalfa pellets does not stimulate inflammatory response in lactating dairy cows. J. Anim. Sci. 85 (Suppl. 1)/J. Dair. Sci. 90 (Suppl. 1)/Poult. Sci. (Suppl. 1), 654.

KHAFIPOUR, E., S. LI, J.C. PLAIZIER, D.O. KRAUSE, 2009: Rumen microbiome composition determined using two nutritional models of subacute ruminal acidosis. Appl. Environ. Microbiol. 75, 7115–7124.

KHAFIPOUR, E., J.C. PLAIZIER, P.C. AIKMAN, und D.O. KRAUSE, 2011: Population structure ofrumen Escherichia coli associated with subacute ruminal acidosis (SARA) in dairy cattle. J. Dairy Sci. 94, 351–360

KLEEN, J.L. und C. CANNIZZO, 2012: Incidence, prevalence and impact of SARA in dairy herds Anim. Feed Sci. Technol. 172, 4–8.

KLEEN, J.L., G.A. HOOIJER, J. REHAGE, J.P. NOORDHUIZEN, 2003: Subacute ruminal acidosis (SARA): a review. J. Vet. Med. A Physiol. Pathol. Clin. Med. 50(8), 406-14.

KRAUSE, K.M. und G.R. OETZEL, 2006: Understanding and preventing ruminal acute acidosis in dairy herds: a review. Anim. Feed Sci. Technol. 126, 215–236.

KONONOFF, P.J., A.J. HEINRICHS, und D. A BUCKMASTER. 2003. Modification of the Penn State forage and TMR separator and the effects of moisture content on its measurements. J. Dairy Sci. 86, 1858 – 1863.

LAMMERS, B.P., D.R. BUCKMASTER, und A.J. HEINRICHS. 1996. A simplified method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. J. Dairy Sci. 79, 922 - 928.

MATTHE, A., P. LEBZIEN, I. HRIC, G. FLACHOWSKY, und A. SOMMER, 2001: Effect of starch application into proximal duodenum of ruminants on starch digestibility in the small and total intestine. Arch. Anim. Nutr. 55, 351–369.

MOURIÑO, F., R. AKKARAWONGSA, und P.J. WEIMER, 2001. Initial pH as a determinant of cellulose digestion rate by mixed ruminal microorganisms in vitro. J. Dairy Sci. 84, 848–859.

NAGARAJA, T.G., E.E. BARTLEY, L.R. FINA, H.D. ANTHONY, und R.M. BECHTLE, 1978: Evidence of endotoxins in the rumen bacteria of cattle fed hay or grain. J. Anim. Sci. 47, 226–234.

NAGARAJA T.G., und K.F. LECHTENBERG, 2007: Liver abscesses in feedlot cattle. Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 23, 351-69.

NAGARAJA, T.G., 2000: Liver abscesses in beef cattle – potential for dairy monitoring? Proc. 33rd Annual Convention of the Americ. Assoc. of Bovine Pract., Rapid City, 65–68.

OFFNER, A., A. BACH, und D. SAUVANT, 2003: Quantitative review of in situ starch degradation in the rumen. Anim. Feed Sci. Technol. 106, 81–93.

ÖLSCHLÄGER, V., I. WEBER, W. VAHJEN, M. TAFAJ M., O. SIMON, und W. DROCHNER, 2006: Effect of hay particle size and concentrate level on the main cellulolytic bacteria in the rumen of dairy cows. Proc. Soc. Nutr. Physiol; S. 147

PENNER, G.B., M. OBA, G. GÄBEL, und J.R. ASCHENBACH, 2010: A single mild episode of subacute ruminal acidosis does not affect ruminal barrier function in the short term. J. Dairy Sci. 93, 4838–4845.

PLAIZIER, J.C., D.O. KRAUSE, G.N. GOZHO, und B.W. McBRIDE, 2008: Subacute ruminal acidosis in dairy cows: the physiological causes, incidence and consequences. Vet. J. 176, 21-31.

PLAIZIER, J.C., E. KHAFIPOUR, S. LI, G.N. GOZHO, und D.O. KRAUSE, 2012: Subacute ruminal acidosis (SARA), endotoxins and health consequences. Anim. Feed Sci. Technol. 172, 9-21.

RABOISSON, D., A. FERRIÈRES, M.C. NICOT, F. ENJALBERT, F. SCHELCHER, 2012: Experimental Soybean Meal Intoxication in Cattle. J. Vet. Intern. Med. 26, 393–401.

RUSSELL, J.B., und J.L. RYCHLIK, 2001: Factors that alter rumen microbial ecology. Science 292, 1119–1122.

SILVEIRA, C., M. OBA, K.A. BEAUCHEMIN, und J. HELM, 2007: Effect of grains differing in expected ruminal fermentability on the productivity of lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 90, 2852–2859.

SPIEKERS, H. und V. POTTHAST, 2004: Erfolgreiche Milchviehfütterung, 4. Aufl., DLG Verlag, Frankfurt (Main).

STEINGASS H. und Q. ZEBELI Strukturbewertung von Rationen für Milchkühe. 35. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 9.-10. April 2008, 19-25.

TAFAJ, M., M. SCHOLLENBERGER, J. FEOFILOWA, Q. ZEBELI, H. STEINGASS, und W. DROCHNER, 2006. Relationship between thiamine concentration and fermentation patterns in the rumen fluid of dairy cows fed with graded concentrate levels J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 90, 335-343.

TAFAJ, M., Q. ZEBELI, CH. BAES, H. STEINGASS, und W. DROCHNER, 2007: A meta-analysis examining effects of particle size of total mixed rations on intake, rumen digestion and milk production in high-yielding dairy cows in early lactation. Anim. Feed Sci. Technol. 138, 137–161.

TAJIMA, K., S. ARAI, K. OGATA, T. NAGAMINE, H. MATSUI, M. NAMAKURA, R.I. AMINOV, und Y. BENNO, 2000: Rumen bacterial community transition during adaptation to high-grain diet. Anaerobe 6, 273–284.

ULBRICH, M., M. HOFFMANN, W. DROCHNER, 2004: Fütterung und Tiergesundheit. 1.Aufl., Ulmer Verlag, Stuttgart.

YANG, W.Z., und K.A. BEAUCHEMIN, 2006: Physically effective fiber: method of determination and effects on hewing, ruminal acidosis, and digestion by dairy cows. J. Dairy Sci. 89, 2618–2633.

ZEBELI, Q, ASCHENBACH, JR, M. TAFAJ, J. BOGUHN, B.N. AMETAJ, und W. DROCHNER, 2012: Invited Review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. J. Dairy Sci. 95, 1041–1056.

ZEBELI, Q, D. MANSMANN, H. STEINGASS, und B.N. AMETAJ, 2010: Balancing diets for physically effective fibre and ruminally degradable starch: A key to lower the risk of sub-acute rumen acidosis and improve productivity of dairy cattle. Livest. Sci. 127, 1–10.

ZEBELI, Q, J. DIJKSTRA, M. TAFAJ, H. STEINGASS, B.N. AMETAJ, und W. DROCHNER, 2008: Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. J. Dairy Sci. 91, 2046-2066.

ZEBELI, Q, S.M. DUNN, und B.N. AMETAJ, 2011: Perturbations of plasma metabolites correlated with the rise of rumen endotoxin in dairy cows fed diets rich in easily degradable carbohydrates J. Dairy Sci. 94, 2374–2382.

ZEBELI, Q. und B. ZEBELI-METZLER, 2012: Interplay between rumen digestive disorders and diet-induced inflammation in dairy cattle. Res. Vet. Sci., Article in Press.

ZEBELI, Q., M. TAFAJ, H. STEINGASS, B. METZLER, und W. DROCHNER, 2006: Effects of physically effective fiber on digestive processes and milk fat content in early lactating dairy cows fed total mixed rations. J. Dairy Sci. 89, 651–668.

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

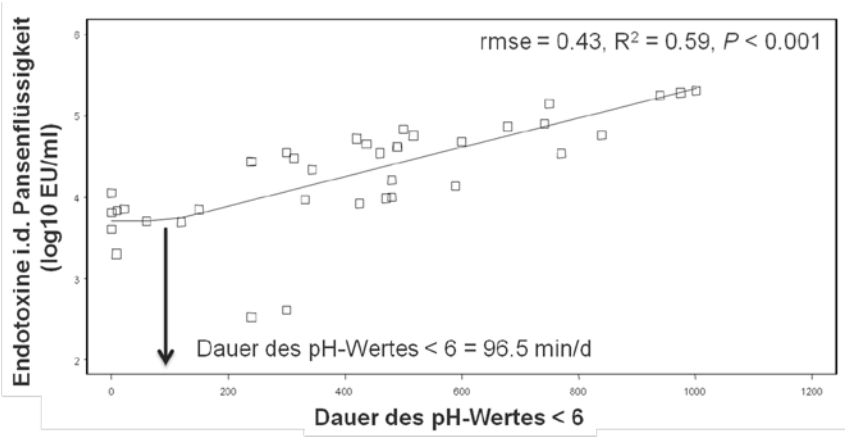


Abbildung 1: Einfluss der Pansenazidose (Dauer des pH-Wertes unter 6; Min/Tag) auf die Freisetzung der Endotoxine in der Pansenflüssigkeit beim Rind (modifiziert nach ZEBELI et al. 2012).

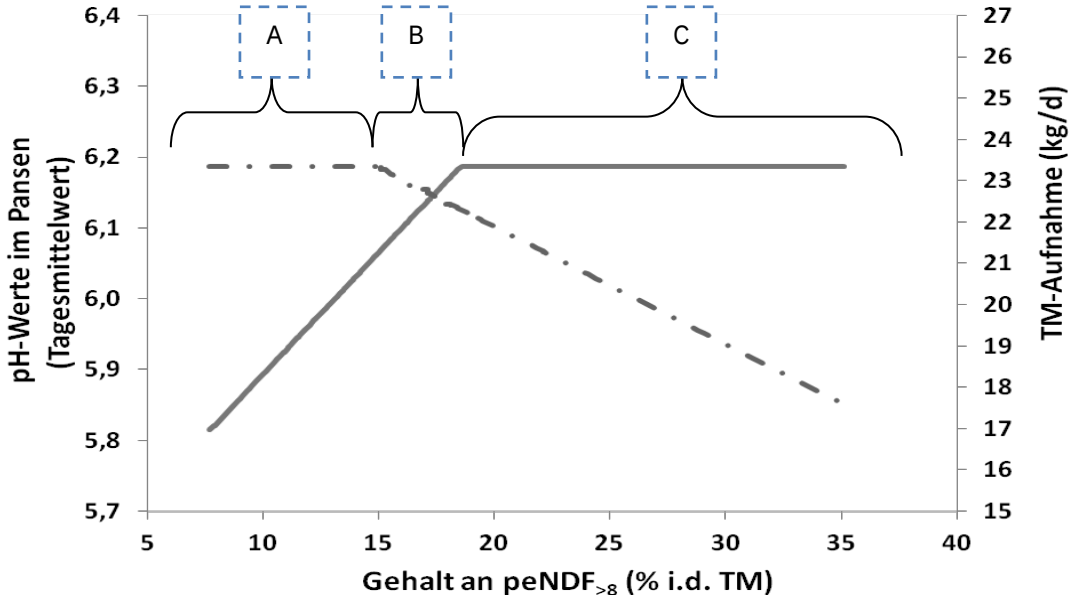


Abbildung 2: Zusammenhang zwischen peNDF (Partikel über 8mm) und dem täglichen mittleren Pansen pH-Wert bzw. der resultierenden Trockenmasseaufnahme; Täglicher mittlerer pH-Wert (—) und TM-Aufnahme (--) bei Milchkühen (ZEBELI et al. 2012).

Autorenanschrift

Univ.-Prof. Dr. sc. agr. habil. Qendrim Zebeli
Institut für Tierernährung und funktionelle Pflanzenstoffe, Arbeitsgruppe Tierernährung
Vetmeduni Vienna
Veterinärplatz 1
1210 Wien, Österreich
qendrim.zebeli@vetmeduni.ac.at

Milch und Fleisch effizient erzeugen

Hubert Spiekers

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, D-85586 Poing-Grub

Einführung

Auf Grund des Wachstums der Bevölkerung in der Welt und der zunehmenden Kaufkraft steigt die Nachfrage nach Milch, Milchprodukten und Fleisch. Auf der anderen Seite wird mögliches Futter als Substrat für Biogas, Wärme oder als Industrierohstoff verstärkt genutzt. Futter bzw. Substrat ist daher ein knappes Gut, das es möglichst effizient zu nutzen gilt. Dies betrifft den Anbau, die Ernte, die Konservierung, die Fütterungsstrategie und die betriebliche Ausrichtung der Rinderhaltung.

Zu beachten ist hierbei, dass sich eine Maximierung des Faktoreinsatzes nicht negativ auf die Umwelt (z.B. Nährstoffeintrag, Methanausgasung), das Tier (z. B. Wohlbefinden, Gesundheit) und den Menschen (z. B. Lebensmittelqualität, Kulturlandschaft) auswirkt. Bei gegebenem Ressourceneinsatz soll möglichst effizient und ohne negative Nebeneffekte produziert werden.

Die möglichen Ansätze werden sowohl in der heutigen Praxis und als Frage für die zukünftige Forschung thematisiert. Um Akzente zu setzen, sind auch die Kenngrößen für Beratung und Praxis zu prüfen und gegebenenfalls anzupassen und sachgerechte Ziele zu formulieren.

Ansätze in der Tierhaltung

Futter- und Nährstoffeffizienz hängt im starken Maß von der tierischen Leistung ab. Die Anzahl Futtertage und somit der Futteraufwand sind in Relation zur Leistung gering zu halten. Es ist daher zwingend, dass statt der aktuellen Leistung je Kuh die Leistung je Lebenstag betrachtet wird. Vom LKV-Bayern werden die Daten inzwischen ausgewiesen. Anzustreben ist ein Wert von mindestens 13 kg Milch je Kuh und Tag. Aktuelle Auswertungen von Dorfner und Hofmann (2012) zeigen die positiven Beziehungen zur Wirtschaftlichkeit.

Letztlich geht es um den NEL-Aufwand je kg Milch. Aus der Tabelle 1 ist der kalkulierte Aufwand an NEL je kg ECM in Abhängigkeit von Leistungsniveau und Remontierungsrate zu entnehmen. Es zeigt sich, dass mit steigender Milchleistung und längerer Nutzungsdauer der Aufwand an Futterenergie abnimmt und somit die Effizienz steigt.

Tabelle 1: Aufwand an NEL je kg ECM in Abhängigkeit von der Milchleistung und der Remontierungsquote, Kuh mit 700 kg LM

Milchleistung, kg ECM je Kuh und Jahr	**NEL (MJ/kg ECM)**				
	Aufzucht *		Milch	gesamt *	
	30 %	40 %		30 %	40 %
6.000	1,7	2,2	6,2	7,9	8,4
8.000	1,3	1,7	5,5	6,8	7,2
10.000	1,0	1,3	5,1	6,1	6,4

* Remontierungsquote, Erstkalbealter 27 Monate

In den Berechnungen ist ein Erstkalbealter von 27 Monaten unterstellt. Durch eine Absenkung des Erstkalbealters von z.B. 28 auf 25 Monate kann die Effizienz weiter gesteigert werden (Ettle et al., 2011; Spiekers und Ettle, 2012). Aus der Tabelle 2 ist für den laufenden Versuch der LfL der Futter- und Energieaufwand bei 25,5 und 28,4 Monate Erstkalbealter aufgezeigt. Es ergibt sich eine Differenz von fast 20 % im Energieaufwand. Der Bedarf an Grobfutterfläche sinkt merklich.

Tabelle 2:Futter- und Energieaufwand in Abhängigkeit vom Erstkalbealter, 22 Braunvieh- und 55 Fleckviehfärsen

Erstkalbealter, Monate	**25,5**	**28,4**
Lebendmasse nach der Kalbung, kg	**645**	**662**
Futterverbrauch, kg TM/aufgezogener Jungkuh		
– Vollmilch, Milchaustauscher (MAT)	40	40
– Grobfutter	4.490	5.760
– Kraftfutter	320	310
— **Gesamt**	**4.850**	**6.110**
— Futterkosten, €/Jungkuh*	800	956
— MJ ME/Jungkuh	48.020	57.140
— Futterflächenbedarf, ha bei **8 t TM/ha**	**0,56**	**0,77**

* einschließlich 65 € für Milch und MAT

Grobfuttererzeugung und Futterwirtschaft

Weitere wesentliche Ansatzpunkte zur effizienteren Erzeugung von Milch und Fleisch liegen in der Futtererzeugung und der Ausgestaltung der gesamten Futterwirtschaft (Spiekers et al., 2011). Aus Untersuchungen an den Futterbaubetrieben der LfL geht hervor, dass erhebliche Unterschiede im Ertrag frei Fuhrwerkswaage zwischen den Betrieben, Teilflächen und Jahren bestehen (Köhler et al., 2011). Eine Ertragserfassung und ein komplettes futterwirtschaftliches Controlling sind daher zu empfehlen.

Ein wesentlicher Baustein zur Verbesserung der Effizienz ist die Reduzierung der Verluste im Silo. Aus den Auswertungen von Köhler et al. (2012) geht hervor, dass hier auch bei weitgehender Umsetzung der Empfehlungen noch merkliche Differenzen von Silo zu Silo bestehen. Aus der Abbildung 1 sind die die Verluste an TM in Fahrsilos unter guten Praxisbedingungen ersichtlich. Anzusprechen sind hier unvermeidliche und vermeidliche Verluste. Bei der Maissilage müssen hierbei insbesondere die Verluste durch Nacherwärmung diskutiert werden. Als Zielgröße, die nicht überschritten werden sollte, wird von Köhler et al. (2012) ein Verlust im Silo von weniger als 8 % der Trockenmasse angeführt.

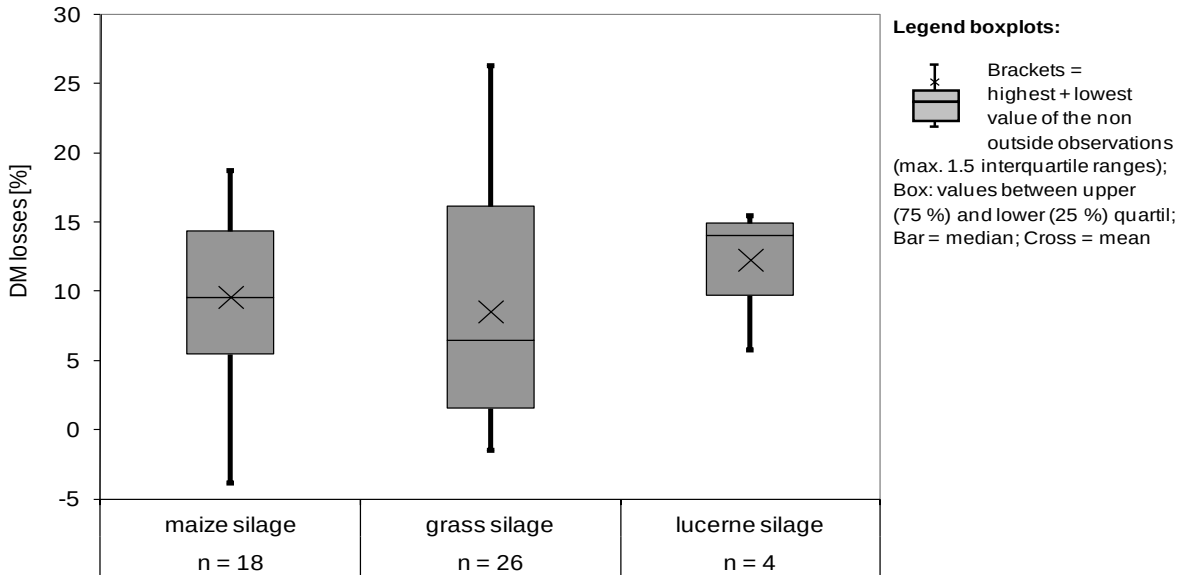


Abbildung 1: Verluste an Trockenmasse in Mais-, Gras- und Luzernesilagen bei der Bilanzierung von Praxissilos (Messung von ein- und ausgelagerten Mengen); Köhler et al. (2012)

Futtereinsatz und Fütterung

Für die Erzielung einer hohen Futtereffizienz ist eine effektive Umsetzung der angebotenen Futtermittel in Milch und Fleisch erforderlich. Von primärer Bedeutung ist hier zunächst die Grobfutterqualität. Dies betrifft den Energie- und Proteinwert sowie die Strukturwirkung und die Futterhygiene (Spiekers, 2011). Hierbei wirkt die Futterqualität auch auf die mögliche Milch- und Fleischleistung sowie die erforderliche Ergänzung von Mineral- und Kraftfutter. Der wesentliche Einfluss des Schnittzeitpunktes bei Gras auf die mögliche Milchleistung und die erforderliche Menge an Kraftfutter ist aus den Untersuchungen von Randby et al. (2012) sehr anschaulich ersichtlich. Der früheste Schnittzeitpunkt erbrachte die höchste Milchleistung mit dem geringsten Aufwand an Kraftfutter. Weitere wesentliche Punkte im Bereich der Fütterungsstrategie sind die Phasenfütterung, die Orientierung an den Empfehlungen (Vermeidung von Luxuskonsum) und die Optimierung der Umsetzungen im Vormagen. Es gilt das Mikrobenwachstum zu fördern, um eine hohe mikrobielle Proteinsynthese je MJ ME zu erzielen.

Eine weitere Einflussmöglichkeit ist die Proteinqualität bei Grob- und Kraftfutter. Wichtige Ansatzpunkte für die Optimierung der Grobfutterqualität und der Fütterung liegen in der Erfassung der Eiweißqualität beim Grobfutter und deren Optimierung im Rahmen der Futterkonservierung (Edmunds et al., 2012; Spiekers und Edmunds, 2012).
In der Betriebsführung ist die Rationsplanung um ein effektives Fütterungscontrolling zu ergänzen (Spiekers, 2009b). Als ergänzende Zielgrößen werden der Futter- bzw. Energieaufwand je kg Milch oder Fleisch in Analogie zur Schweine- und Geflügelmast diskutiert. Bei der Milchviehhaltung ist jedoch zu beachten, dass ein Abbau von Körpersubstanz zu Beginn der Laktation den Futteraufwand mindert und somit rechnerisch die Effizienz verbessert. Um hier Fehlsteuerungen zu vermeiden sollte die Größe Futter- oder Energieaufwand je kg ECM möglichst über einen längeren Zeitraum und die ganze Herde kalkuliert werden. Auswertungen im Rahmen der Betriebszweigauswertung Milch bieten sich an

(Dorfner und Hofmann, 2012). Für die Ermittlung des Futteraufwandes sollten die Wiegedaten vom Futtermischwagen genutzt werden.

Milch und Fleisch je ha Futterfläche

Letztlich ist es das Ziel, möglichst viel Milch oder Fleisch je ha Grobfutterfläche zu erzielen. Aus den Arbeiten zur Kurzrasenweide von Steinberger et al. (2012a) und Steinberger et al. (2012b) geht hervor, dass je ha ca. 10.000 kg Milch und etwa 460 kg Zuwachs in der Mutterkuhhaltung und über 800 kg Zuwachs in der Jungrinderaufzucht je ha Weide und Jahr ohne Beifutter möglich sind. Die von den Tieren verzehrten Energiemengen schwanken dann zwischen 46.000 und 64.000 MJ NEL je ha und Jahr. Je nach Betrieb und Jahr schwanken die erzielten Leistungen zwischen 6.000 und 12.000 kg Milch je ha genutzter Weide (s. Abbildung 2).

Bei Einbeziehung der Winterfütterung sieht die Situation teils etwas anders aus. Aus der Tabelle 3 sind die möglichen Milchleistungen aus Grobfutter für die Höhen- und Niederungsgebiete NRW's ersichtlich. Basis sind die Ergebnisse aus der Betriebszweigauswertung Milch (Pries, 2011). Je ha ergibt sich bei hohen Anteilen Maissilage eine Milchleistung von 10.000 kg Milch je ha Futterfläche. Im Grünlandgebiet liegt diese bei lediglich 4.400 kg. Wird das Zukauffutter mit einbezogen, erhöhen sich die Mengen auf 12.000 kg Milch je ha im Höhengebiet während bei Maissilage betonter Fütterung Milchmengen je ha Grobfutterfläche von 10.100 ohne Zufutter und 23.900 mit Zufutter im Mittel der Betriebe realisiert werden.

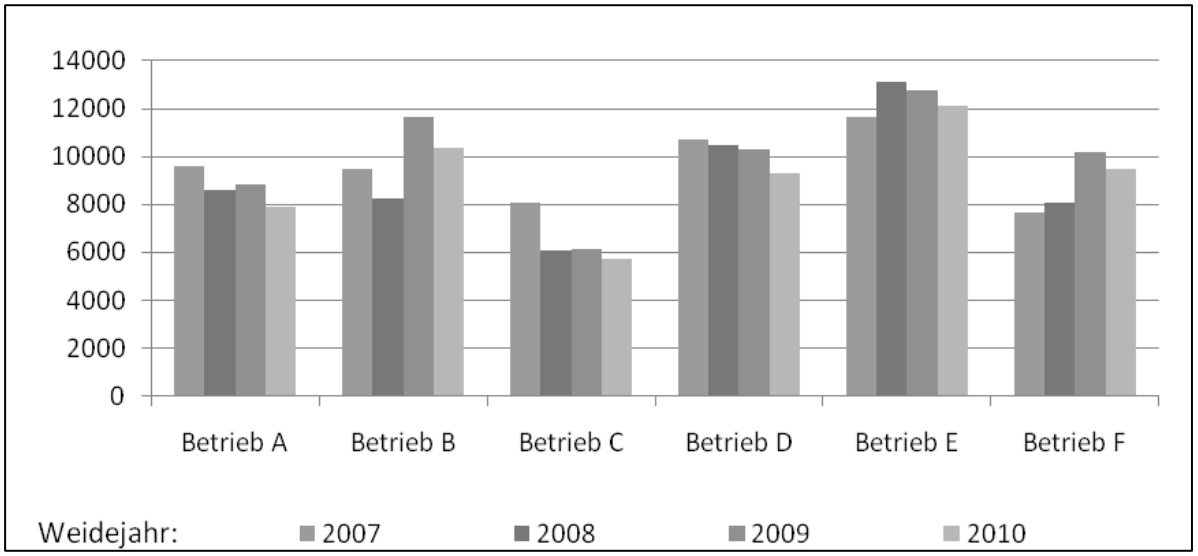


Abbildung 2: Erzeugte Milchmenge (kg) je Hektar Weide der Pilotbetriebe; abzüglich der Zufütterung (Steinberger et al. 2012a)

Tabelle 3: Milchleistung je ha Futterfläche in den Milchviehbetrieben von NRW mit Betriebszweigauswertung in Abhängigkeit von der Region (Pries, 2011)

Region	Niederungen	Höhengebiete
Kühe/Betrieb	93	88
Grünland, %	32	83
Maissilage am Grobfutter, % der TM	57	23
ECM, kg/Kuh	9.070	8.160
Milch aus Grobfutter, kg	3.840	2.970
Flächenpotenzial, kg Milch/ha Futterfläche		
– gesamt	23.900	12.000
– ohne Kraftfutter	10.100	4.400

In Bayern ist die Situation teils gegenläufig: bei Maissilage betonter Fütterung werden geringere Grobfutterleistungen erreicht (Spiekers et al., 2009). Eine Ursache könnte in der Ausgestaltung der Grünlandnutzung liegen. Diese lässt im nördlichen Bayern vielfach noch erhebliche Reserven erkennen.

Für die Zukunft sollte der Maßstab „erzeugte Milch je ha Futterfläche“ mehr genutzt werden. Hierzu sollten Zielgrößen in Abhängigkeit von den betrieblichen Verhältnissen sowohl für die Milch aus Grobfutter als auch der Milch aus Grob- und Ergänzungsfutter erarbeitet werden. Im Gegensatz zur Grobfutterleistung in der Betriebszweigauswertung sollte der gesamte Energieaufwand einschließlich Erhaltung anteilig auf Grobfutter und Zukauffutter aufgeteilt werden. Basis wäre hierbei auch die Milchviehhaltung einschließlich der Nachzucht.

Modellberechnungen zeigen, dass Milchleistungen aus Grobfutter von 5.000 bis 13.000 kg je ha und Jahr möglich sind. Durch Zukauf können diese auf über 20.000 kg Milch je ha steigen. Zur Bewertung ist die Herkunft der und Energieeffizienz der Futtermittel z.B. Sojaimporte aus Südamerika mit zu berücksichtigen. Ein wesentlicher Diskussionspunkt bleibt die Höhe der Milchleistung je Kuh. Eine höhere Milchleistung je Kuh erfordert eine Anhebung des Kraftfutteranteils in der Ration. Ferner steigen die Anforderungen an die Proteinqualität und die Mineral- und Wirkstoffversorgung. In der Praxis sind höhere Milchleistungen je Kuh mit einem Anstieg der Grobfutterleistung verbunden (Over, 2011; Thomsen, 2011). Dennoch wird insgesamt mehr Kraft- und Mineralfutter je Kuh und insbesondere je ha Hauptfutterfläche eingesetzt, die einen verstärkten Import an Nährstoffen in den Betrieb bedingen können. Im Hinblick auf die ökologischen Aspekte muss gerade unter diesen Situationen die sachgerechte Verwertung der durch Kot und Harn anfallenden Nährstoffe besonders beachtet werden (Spiekers, 2009a). Weitergehende Betrachtungen müssen auch den Bereich Substratnutzung einbeziehen (Spiekers et al., 2010).

Fazit und Ausblick

Die Überlegungen zur Effizienz der Erzeugung von Milch und Fleisch zeigen, dass erhebliche Reserven bestehen, die genutzt werden sollten, ohne die Aspekte der Nachhaltigkeit zu missachten. Dabei liegen für die Tierernährung und die Futterwirtschaft wesentliche Herausforderungen im Bereich der Forschung und der Umsetzung. Die bayerische Arbeitsgemeinschaft Tierernährung sollte dazu wesentliche Impulse setzen.

Literatur

DORFNER, G.; G. HOFMANN (2012): Milchreport Bayern 2011 – Ergebnisse der Betriebszweigabrechnung Michproduktion 2010/11, LfL Information 08/2012, 44 Seiten

EDMUNDS, B.; K.-H. SÜDEKUM; H. SPIEKERS; F.-J. SCHWARZ (2012): Estimating ruminal crude protein degradation of forages using in situ and in vitro techniques. Proceedings of the Society of Nutrition Physiology, Band 21, DLG-Verlag, 144

ETTLE, T.; V. BECHER; A. OBERMAIER & H. SPIEKERS (2011): Einfluss der Fütterungsintensität in der Jungrinderaufzucht auf die Futteraufnahme und Gewichtsentwicklung bei Fleckvieh und Braunvieh. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda 2011, Herausgeber: Verband der Landwirtschaftskammern, Bonn, 97-100.

KÖHLER, B.; M. DIEPOLDER; H. SPIEKERS; S. THURNER (2011): Ertragserfassung als Voraussetzung für eine effiziente Grünlandnutzung. In: Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau Band 12 „Nachhaltigkeit in der intensiven Futtererzeugung“, LK Niedersachsen; Herausgeber: C. Kalzendorf, G. Riehl, S. 92 -98.

KÖHLER, B.; M. DIEPOLDER; J. OSTERTAG; S. THURNER; H. SPIEKERS (2012): Dry matter losses of grass and maize silages in bunker silos; XVI. International Silage Conference Hämeenlinna, Finnland, Proceedings, Seite 318-319.

OVER, R. (2011): Rinderreport Baden-Württemberg-2010, LEL Schwäbisch-Gemünd, 51 Seiten.

PRIES, M. (2011): Wenn der Maiswurzelbohrer kommt – Konsequenzen aus Sicht der Fütterung, Mais, 82-84.

RANDBY, A. T.; M. R. WIJSBERG; P. NORGAARD; B. HERINGSTAD (2012): Feed intake and milk yield responses during early lactation of cows offered grass silages harvested at early maturity stages; XVI. International Silage Conference Hämeenlinna, Finnland, Proceedings, Seite 148-149.

SPIEKERS, H. (2009a): Nährstoffmanagement in intensiven Milchviehbetrieben. in: Landwirtschaft im Umbruch – Herausforderungen und Lösungen, KTBL-Schrift 474, 168–180.

SPIEKERS, H. (2009b): Milcherzeugung aus Sicht der Fütterung. in: 2. Tänikoner Melktechniktagung ART-Schriftenreihe **9**, 2009, 15 – 24

SPIEKERS, H. (2011): Ziele – in der Wiederkäuerfütterung. in: Praxishandbuch „Futter- und Substratkonservierung“, **8**. Auflage, DLG-Verlag Frankfurt a.M., 13-17

SPIEKERS, H.; B. EDMUNDS (2012): Eiweiß aus Grasprodukten besser nutzen

Milchpraxis 1/2012, 36 - 39

SPIEKERS, H.; T. ETTLE (2012): Fütterungsstrategien für eine erfolgreiche Jungrinderaufzucht; LBH 6. Leipziger Tierärztekongress - Tagungsband 3, 36 - 40

SPIEKERS, H.; G. DORFNER & M. DIEPOLDER (2009): Effiziente und nachhaltige Grünlandnutzung mit Rindern im Alpenvorland, VDLUFA Schriftenreihe 65, Kongressband Teil 1, 131-143.

SPIEKERS, H.; M. EFFENBERGER; K. KOCH & A. GRONAUER (2010): Futter und Substrat optimal nutzen. in: LfL-Jahrestagung 2010 „Knappe Flächen optimal nutzen“, LfL-Schriftenreihe 9, 45–59

SPIEKERS, H.; T. ETTLE; M. MOOSMEYER; S. STEINBERGER (2011): Effiziente Nutzung von Weide und Grünfutterkonservaten mit Milchkühen. in: Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau Band 12 „Nachhaltigkeit in der intensiven Futtererzeugung“; LK Niedersachsen, Herausgeber: C. Kalzendorf, G. Riehl, 53-62

STEINBERGER, S.; P. RAUCH; H. SPIEKERS; G. HOFMANN & G. DORFNER (2012a): Vollweide mit Winterkalbung – Ergebnisse von Pilotbetrieben, LfL Schriftenreihe 5/2012, 102 Seiten.

STEINBERGER, S.; S. RIMILI; M. DIEPOLDER (2012b): Jungviehaufzucht und Kurzrasenweide, LfL Information März/2012, 8 Seiten.

THOMSEN, J. (2011): Ergebnisse der Vollkostenauswertung der Rinderspezialberatungsringe in Schleswig-Holstein; Auswertungsjahr 2009/2010, LK Schleswig-Holstein, Futterkamp.

Autorenanschrift

Dr. Hubert Spiekers
Direktor an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft
Prof.-Dürrwaechter-Platz 3
85586 Poing-Grub, Deutschland
Hubert.Spiekers@LfL.bayern.de

Grünfutter vom Acker – Wo liegen die Potenziale?

Thomas Ettle

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft

Einführung

Deutschlandweit ist beim Anbauumfang von Luzerne, Feldgras und Klee(-gras) über die vergangenen Jahre hinweg eine fallende Tendenz festzustellen (Isselstein et al., 2011). Als Gründe können die Intensivierung in der Landwirtschaft und der tierischen Produktion, die Leistungssteigerung in der Milch- und Rindfleischerzeugung, aber auch der zunehmende Bedarf an Biomasse für die Biogaserzeugung genannt werden. Der über die Jahre stetig ansteigende Umfang des Maisanbaus hingegen ist als Folge der produktionstechnischen und wirtschaftlichen Vorteile von Mais gegenüber Leguminosen oder Gräsern zu sehen. Diese Verschiebungen im Feldfutterbau führen jedoch auch zu einer Reihe von Fragen. Neben der mangelnden gesellschaftlichen Akzeptanz zeigt auch das verstärkte Auftreten von Schädlingen wie dem westlichen Maiswurzelbohrer die Risiken des einseitig verstärkten Anbaus einer Fruchtart. Weitere Beispiele sind der Maiszünsler und das Auftreten (neuer) pilzlicher Erreger. Unter der Annahme des Klimawandels bzw. der Zunahme klimatischer Extrema dürften diese Probleme weiterhin zunehmen. Aus pflanzenbaulicher Sicht ergeben sich durch die Aufnahme von Leguminosen, Rotklee oder Luzerne in die Fruchtfolge eine Reihe grundsätzlicher Vorteile. Beispiele sind die Bodenbeschattung, N-Fixierung oder die Bodendurchwurzelung. Gegenüber dem Dauergrünland ergeben sich Vorteile wie z.B. leichtere Bestandesführung im Hinblick auf Ertrag und Inhaltstoffe sowie potentiell höhere erzielbare Energie-Erträge.

Vor diesem Hintergrund ist verständlich, warum die Suche nach Alternativen zum Mais sowohl zur Biogas-Erzeugung als auch zur Futterproduktion verstärkt Gegenstand der Diskussion ist. Aus Sicht der Tierernährung stellt sich bezüglich der Nutzung von Rotklee, Feldgras oder Luzernebeständen zunächst die Frage, wie durch die Rationsgestaltung eine ausreichende Energieversorgung sichergestellt werden kann. Andererseits ergeben sich auch eine Reihe von Potentialen für die Tierernährung, die am Beispiel des Einsatzes von Luzernesilagen in der Milchvieh- und Mastbullenfütterung im Folgenden aufgezeigt werden sollen.

Versuche zum Einsatz von Luzernesilage beim Milchvieh und Mastbullen

Zum Einsatz von Luzernesilage in der Milchviehfütterung wurden an der LfL Bayern aktuell 2 Fütterungsversuche durchgeführt. In einem ersten Versuch wurde der Ersatz von Grassilage durch Luzernesilage überprüft. In einem zweiten Versuch wurde untersucht, ob sich bei entsprechender Rationsgestaltung auch Maissilage teilweise durch Luzernesilage ersetzen lässt.

Für die Versuche 1 und 2 wurden 32 und 40 Fleckviehkühe unter Berücksichtigung von Laktationsstand, Leistung und Milchinhaltsstoffen auf zwei Versuchsgruppen (Versuch 1: Grassilage vs. Luzernesilage; Versuch 2: Maissilage vs. Luzernesilage) aufgeteilt. Zu Versuchsbeginn lag der mittlere Laktationsstand bei 144±67 und 140±64 Laktationstagen. Die Kühe wurden in einem Offenfrontstall mit Liegeboxen gehalten, der mit einem automatischen Melksystem ausgestattet ist. In

allen Versuchsgruppen wurde eine Teilmischration (PMR) ad libitum angeboten, zusätzlich wurde ab einer Milchleistung von 24 kg/Tier und Tag Leistungskraftfutter (LKF) nach Leistung verabreicht.

In Versuch 1 wurde die in der Kontrollration enthaltene Grassilage (31 % der TM) in der Versuchsration vollständig durch Luzernesilage ersetzt. Bei einer unterstellten täglichen Aufnahme an der PMR von etwa 18 kg TM ergibt sich daraus eine tägliche Aufnahme von etwa 5,5 kg TM Luzernesilage. In Versuch 2 basierte die Kontrollration auf Maissilage (47 % der TM), Grassilage (16 % der TM) und Heu/Stroh (4,8/4,3 % der TM). In der Gruppe Luzernesilage wurden Grassilage und Heu/Stroh komplett sowie Maissilage zu ca. 50 % durch Luzernesilage ersetzt. Bei einer geschätzten Aufnahme von 18 kg TM PMR entspricht dies einer Aufnahme von 7,5 kg TM Luzernesilage/Tier und Tag. Vor allem in Versuch 2 wurde versucht, den Energiegehalt der Versuchsration durch Variation der Kraftfutterkomponenten und Erhöhung des Kraftfutteranteils an der PMR anzuheben. Der im Vergleich zur Gras- und Maissilage höhere Rohproteingehalt der Luzernesilage wurde durch eine Reduktion des Anteils an Rapsprodukten in den Versuchsrationen ausgeglichen. Weitere Einzelheiten zur Rationsgestaltung finden sich bei Ettle et al. (2011b, 2012c). In beiden Versuchen lag der Energiegehalt der Versuchsrationen sichtlich niedriger, als in den Kontrollrationen. Die kalkulierten Gehalte an nXP, Stärke+Zucker und pansenstabiler Stärke waren zwischen den Gruppen jeweils vergleichbar. Die Luzerne wurde am Standort Grub angebaut. Nach dem Häckseln (20 mm theoretische Häcksellänge) wurde die Luzerne unter Verwendung eines DLG-anerkannten Siliermittels der Wirkungsrichtung 1A und 1B im Fahrsilo (Versuch 1) bzw. Ballen (Versuch 2) einsiliert.

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der beiden Milchviehfütterungsversuche dargestellt. Auffällig ist in Versuch 1 die signifikant erhöhte Futteraufnahme in der Gruppe Grassilage. Auch in einer Untersuchung von Bulang et al. (2006) wurden beim Vergleich von luzernebetonten Rationen mit grassilagebetonten Rationen positive Effekte der Luzerne auf die Futteraufnahme beschrieben und aus einer Literaturübersicht von Bulang (2005) geht hervor, dass sich dieser positive Effekt der Luzerne im Vergleich zu Grassilagen auf die Futteraufnahme in verschiednene Untersuchungen bestätigt. Diese positiven Effekte der Luzernesilage können durch eine erhöhte Abbaurate der Trockenmasse je Zeiteinheit (Flachowsky et al. 1992), und eine höhere Passagerate im Pansen (Hoffmann et al. 1998) erklärt werden. Durch eine geringe Verweildauer im Pansen lässt sich dann zumindest teilweise auch die relativ geringe Verdaulichkeit der Luzernesilage erklären.

In Versuch 2 lag die Futteraufnahme in beiden Versuchsgruppen bei 21,8 kg TM/Tier und Tag. Im Gegensatz dazu beobachteten Bulang et al. (2006) auch bei einem Vergleich von maissilagebasierten Rationen mit luzernesilagebasierten Rationen eine erhöhte Futteraufnahme in der Luzernegruppe. Da jedoch die Futteraufnahme mit der Energiekonzentration der Grundration ansteigt (DLG, 2006), wäre nach den Schätzgleichungen der DLG bei Verfütterung von Maissilage grundsätzlich eher eine höhere Futteraufnahme zu erwarten gewesen, als nach Verfütterung von Luzernesilage.

Im vorliegenden ersten Versuch konnte durch die erhöhte Futteraufnahme in der Gruppe Luzernesilage die geringere Energiekonzentration der Ration kompensiert werden, im zweiten Versuch ergab sich für die Gruppe Maissilage eine etwas erhöhte Energieaufnahme. Die Effekte auf die Milchleistung waren jedoch in beiden Versuchen gering und statistisch nicht abzusichern. In beiden Versuchen kann damit gezeigt werden, dass auch bei sehr hohen Anteilen an Luzernesilage in der Ration bei entsprechender Rationsgestaltung auf einem für Fleckvieh sehr hohen Niveau Milch produziert werden kann. Um eventuelle Hinweise über weitere physiologische Reaktionen auf die Strukturversorgung zu erhalten wurde im zweiten Versuch an Harnproben aus der 4. und der 8. Versuchswoche die NSBA bestimmt. Zu beiden Entnahmezeitpunkten wurden in der Gruppe Luzernesilage signifikant ($p<0,05$) höhere Werte festgestellt als in der Gruppe Maissilage. In der Maissilagegruppe wurden zum ersten Entnahmezeitpunkt bei 7 von 19 Proben Unterschreitungen des vom Labor angegebenen Referenzwertes festgestellt, zum zweiten Entnahmezeitpunkt an 3 von 20 Proben. In der Gruppe Luzernesilage lag zum ersten Entnahmezeitpunkt eine von 20 Proben unterhalb

des Referenzwertes, zum zweiten Entnahmezeitpunkt gab es keine Auffälligkeiten. Die NSBA weist einen Zusammenhang zur Rohfaseraufnahme auf (Scholz et al. 2010). Allerdings lag in vorliegendem Versuch die Versorgung mit Rohfaser auch in der Maissilagegruppe in einem unkritischen Bereich. Dementsprechend ist zu diskutieren, ob die Unterschiede in der NSBA nicht eher eine Reaktion auf die DCAB der Ration als auf die Strukturversorgung sind. Aus Daten von Scholz et al. (2010) lässt sich ableiten, dass die DCAB weitaus höhere Auswirkungen auf die NSBA haben kann, als der Rohfasergehalt. Ähnliche Schlussfolgerungen zur Versorgung mit Rohfaser lassen sich für beide Versuche aus den Milchfettgehalten ziehen, die durchwegs im Normbereich lagen und nur geringe Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen aufwiesen. In beiden Versuchen lag der Milchharnstoffgehalt in den Luzernegruppen deutlich ($p<0,05$) höher als in den Vergleichsgruppen, was durch die Unterschiede in der RNB erklärt werden kann. Obwohl die Milchharnstoffgehalte sich in keiner der Gruppen in einem kritischen Bereich bewegten ergibt sich doch die Frage nach der effizienten Nutzung des Proteins aus der Luzernesilage. Auf die Notwendigkeit der Erfassung der Eiweißqualität beim Grobfutter und deren Optimierung im Rahmen der Futterkonservierung wird auch im Beitrag von Spiekers (2012) im vorliegenden Tagungsband verwiesen. Weiterhin ist der Gehalt an UDP in bestimmten Pflanzen mit dem Gehalt an sekundären Pflanzeninhaltsstoffen (z.B. Tannine, Polyphenoloxidase) assoziiert (Gierus et al. 2011). Für die Pflanzenzucht ergeben sich hier Ansatzpunkte zur Verbesserung der Proteinqualität, wobei beachtet werden muss, dass andere Merkmale der Futterqualität oder agronomische Eigenschaften nicht negativ beeinflusst werden.

Tabelle 1: Milchleistungskriterien, Futter- und Nährstoffaufnahme in den Milchviehfütterungsversuchen zum Ersatz von Gras- und Maissilage durch Luzernesilage

	Versuch 1		Versuch 2	
	Grassilage	Luzernesilage	Maissilage	Luzernesilage
Milchleistung, kg/Tag	28,2 ± 6,4	28,8 ± 7,2	34,0 ± 5,7	32,7 ± 6,4
Milchfett, %	3,91 ± 0,36	3,89 ± 0,65	3,78 ± 0,39	3,98 ± 0,55
Milcheiweiß, %	3,61 ± 0,2	3,61 ± 0,17	3,45 ± 0,22	3,44 ± 0,19
Milchharnstoff, mg/l	201 ± 27[b]	247 ± 24,2[a]	236 ± 28[b]	311 ± 35[a]
ECM, kg/Tag	28,2 ± 5,6	28,4 ± 5,8	33,2 ± 5,3	32,5 ± 5,2
Futteraufnahme, kg TM/Tag	20,3 ± 2,1[b]	22,1 ± 2,0[a]	21,8 ± 2,5	21,8 ± 2, 75
nXP-Aufnahme, g/Tag	3246 ± 351	3493 ± 348	3502 ± 401	3438 ± 448
NEL-Aufnahme, MJ/Tag	145 ± 15	149 ± 15	156 ± 18	150 ± 19

Insgesamt zeigt sich, dass die Luzernesilage eine stabile Komponente in Rationen für hochleistende Milchkühe darstellt. Im Allgemeinen kann man davon ausgehen, dass in einem bestimmten Ausmaß die Futteraufnahme der Milchkuh mit dem Energiegehalt der Ration ansteigt. Im Gegensatz dazu wird die geringe Energiekonzentration der Luzerne offenbar über eine erhöhte Futteraufnahme kompensiert. Diese Effekte werden jedoch von der Rationsgestaltung insgesamt und auch vom Niveau der Vergleichsgruppe abhängen, woraus sich der Bedarf nach weiteren Untersuchungen zum Effekt der Luzernesilage insbesondere auf die Futteraufnahme bei der Milchkuh ergibt. Der hohe Proteingehalt der Luzerne kann bei der Rationsgestaltung helfen, proteinreiche Konzentratfuttermittel einzusparen. Darüber hinaus wird sich die hohe Strukturwirkung der Luzerne insbesondere in stärkereichen Rationen positiv bemerkbar machen.

Die Fütterung von Mastbullen basiert meist auf Maissilage. Auch hier stellt sich die Frage, ob der Einsatz von Grünfutterkonservaten mit Erfolg praktiziert werden kann. Vor diesem Hintergrund wurde bereits gezeigt, dass Grassilagen in Rationen für Mastbullen bei entsprechendem Energieausgleich durchaus teilweise Maissilage ersetzen kann (Ettle et al. 2011a). Im Kontext „Grünfutter vom Acker“

soll im Folgenden ein Versuch dargestellt werden, bei dem Maissilage in Stufen durch Luzernesilage in der Mastbullenfütterung ersetzt wurde.

Für den Versuch wurden 72 Fresser ausgewählt und in zwei Gruppen im Abstand von 1 Monat im Gruber Bullenstall aufgestallt. Zu Versuchsbeginn waren die Tiere im Durchschnitt 222 kg schwer und 6 Monate alt. Die Tiere wurden auf 6 mit Spaltenböden ausgestatteten Boxen in einem Kaltstall aufgeteilt, wobei die Hälfte der Boxen mit einer Gummimattenauflage ausgelegt war. Es wurden drei Fütterungsgruppen gebildet, auf welche die Tiere unter Berücksichtigung von Gewicht, Alter und Fleischwert gleichmäßig aufgeteilt wurden. Die erste Gruppe (0 % Luzernesilage) wurde über eine TMR auf Basis Maissilage und Stroh versorgt. In den anderen beiden Gruppen wurden 30 bzw. 60 % der Grobfutter-TM durch Luzernesilage ersetzt (Gruppe 30 % und Gruppe 60 % Luzernesilage). Es wurden Luzernesilagen vom 1. und 3. Schnitt eingesetzt, Ernte- und Konservierungsbedingungen waren wie oben für die Milchviehversuche beschrieben.

Aufgrund der hohen Rohproteingehalte der Luzernesilage konnte im Vergleich zur Maissilageration Rapsextraktionsschrot eingespart werden. Die hohe Energiekonzentration der Maissilageration wurde in den beiden anderen Rationen durch höhere Gehalte an Rapskuchen und insgesamt höheren Kraftfutteranteile teilweise ausgeglichen. Nähere Angaben zur Rationsgestaltung und Versuchsdurchführung sind bei Ettle et al. (2012a, b) beschrieben.

Die tägliche Futteraufnahme lag in der Gruppe 0 % Luzernesilage mit 9,1 kg TM/Tier etwas niedriger als in den beiden anderen Gruppen (Tabelle 2). Diese Unterschiede in der Futteraufnahme könnten als Folge der positiven Strukturwirkung der Luzernesilage angesehen werden. Die ausreichende Versorgung mit strukturierter Rohfaser ist insbesondere bei den stärkereichen Rationen auf Basis Maissilage und Kraftfutter bedeutsam. Die tägliche Aufnahme an Rohprotein war nach Verfütterung der reinen Maissilageration trotz der höheren Zulagen an Rapsextraktionsschrot deutlich niedriger, als in den Luzernesilage-Gruppen. Dies spiegelt sich auch in sichtlich erhöhten Serum-Harnstoffgehalten nach Verfütterung der Luzerne wider. Da jedoch auch in der Gruppe 0 % Luzernesilage keine Anzeichen von Proteinmangel ersichtlich waren, stellt sich wiederum die Frage, ob das Protein aus der Luzerne vom Tier ausreichend verwertet wurde. Die tägliche Energieaufnahme zeigte nur geringe Unterschiede zwischen den Gruppen. Die geringeren Energiegehalte in den Rationen mit Luzernesilage wurden demnach durch eine höhere Futteraufnahme kompensiert. Die täglichen Zunahmen bis zur letzten Wiegung im Stall lagen wie in früheren Untersuchungen in einem hohen Bereich von 1600 g/Tier und Tag. Zwischen den Gruppen zeigten sich nur tendenzielle Unterschiede.

Tabelle 2: Effekt des teilweisen Ersatzes von Maissilage durch Luzernesilage in der Mastbullenfütterung auf Futteraufnahme, Mast- und Schlachtleistung

	Versuchsgruppe		
	0 % Luzernesilage	**30 % Luzernesilage**	**60 % Luzernesilage**
TM-Aufnahme, kg/Tag	9,05 ±1,27	9,38 ±0,78	9,30 ±0,55
XP-Aufnahme, g/Tag	1266 ±176[b]	1454 ±118[a]	1461 ±84[a]
ME-Aufnahme, MJ/Tag	105 ±15	108 ±9	105 ±6
Endgewicht, kg	755 ±35	751 ±30	755 ±28
Mastdauer, Tage	335 ±31	321 ±37	338 ±28
Zunahmen, g/Tag	1599 ±168	1652 ±197	1580 ±144
Zweihälftengewicht, kg	421 ±22	425 ±23	423 ±16
Nüchterungsverluste, %	3,72 ±0,73	3,67 ±0,98	4,15 ±1,51
Ausschlachtung, %	59,1 ±1,3	59,6 ±1,5	59,2 ±1,4
Handelsklasse*	2,67 ±0,48	2,45 ±0,51	2,41 ±0,5
Handelsklasse Fett**	2,86 ±0,57	3,00 ±0,44	2,73 ±0,63

* E=1, U=2, R=3, O=4, P=5

** 1=geringe Verfettung; ...; 5=starke Verfettung

Das Zweihälftengewicht lag mit rund 420 kg in einem derzeit in der Praxis üblichen Bereich und war zwischen den Fütterungsgruppen vergleichbar. Auch die Nüchterungsverluste (Gewicht bei der Schlachtung im Verhältnis zum Gewicht ca. 20 Stunden vorher) und die Ausschlachtung unterschieden sich zwischen den Versuchsgruppen nicht. Bei der Handelsklasse Fett zeigte sich kein gerichteter Effekt des Luzerneanteils in der Ration. Bei der EUROP-Klassifizierung wurden ausschließlich die Noten U und R vergeben. Die Tiere in der Maissilagegruppe wurden etwas ungünstiger eingestuft als die Tiere in den Vergleichsgruppen. Nach der Schlachtung wurde von jedem Bullen ein Teilstück aus der Hochrippe entnommen und daran die Lagerungsverluste, die Grillverluste, der pH-Wert, der intramuskuläre Fettgehalt und die Fleischfärbung bestimmt. Zwischen den verschiedenen Fütterungsgruppen zeigten sich keine gerichteten Einflüsse auf diese Parameter. Auch physikalische Messungen zur Bestimmung der Festigkeit des Fleisches zeigen eher geringe Einflüsse der Ration auf die Textur des Fleisches. An den Schlachtkörpern wurde darüber hinaus die Färbung der Fettauflage an Keule, Rücken und Schulter gemessen. Auch hier zeigten sich keine gerichteten Unterschiede zwischen den Gruppen. Positiv wirkte sich die Fütterung der Rationen mit Luzernesilage auf die Fettsäurenzusammensetzung im Rückenmuskel aus. Der Anteil an ω-3-Fettsäuren an den Gesamtfettsäuren stieg in den Gruppen mit Luzernesilage deutlich an, was aus Sicht der Humanernährung als günstig zu betrachten ist. Der Gehalt an ω-6-Fettsäuren nahm gegenläufig etwas ab, wodurch sich ein abnehmendes Verhältnis von ω-6 zu ω-3-Fettsäuren ergibt.

Der teilweise Ersatz von Maissilage durch Luzernesilage in Rationen für die Bullenmast hatte in vorliegendem Versuch nur geringe Auswirkungen auf die Mast- und die Schlachtleistung. Die Luzerne wertet die Ration in Bezug auf die Strukturwirksamkeit auf, woraus sich positive Effekte für die Pansengesundheit und Futteraufnahme ergeben. Aus Sicht der Tierernährung ist der teilweise Ersatz von Maissilage durch Luzernesilage unter den vorliegenden Bedingungen als sinnvoll zu erachten. Die Wirtschaftlichkeit eines solchen Verfahrens wird unter anderem von den Standortbedingungen und den daraus resultierenden Ertragserwartungen für die Luzerne abhängen. Da über das Kraftfutter ein zumindest teilweiser Energieausgleich erforderlich ist, wird auch das aktuelle Preisniveau von Getreide entscheidend sein. Positiv wirkt sich das Einsparpotential für Proteinkonzentrate (z.B. Raps- oder Sojaextraktionsschrot) aus. In vorliegendem Versuch wurden in den Gruppen mit Luzernesilage etwa 2,4 und 4,3 dt Rapsprodukte je Tier eingespart.

Fazit

Aus Sicht der Tierernährung bieten sich Grünfutterkonservate und hier insbesondere die Luzerne an, die Strukturversorgung bei stärkereichen, maissilagebetonten Rationen zu verbessern. Dies gilt sowohl für die Fütterung von Milchvieh als auch in der Mastbullenfütterung. Für die Luzerne ergeben sich verstärkt Hinweise für einen positiven Effekt auf die Futteraufnahme, wodurch der relativ geringe Energiegehalt offenbar zum Teil kompensiert werden kann. In weiteren Untersuchungen sollte überprüft werden, unter welchen Bedingungen und bei welchen Rationstypen solche Effekte besonders zum Tragen kommen. Wie gezeigt wurde, ermöglicht der Einsatz von Luzernesilage eine Einsparung von Proteinkonzentraten, was sich bei den aktuellen Preisen vor allem dann positiv bemerkbar macht, wenn Sojaextraktionsschrot eingespart wird. Dieses Einsparpotential besteht in ähnlicher Weise für andere proteinreiche Grünfutterkonservate wie z.B. Rotklee oder Ackergras. Allerdings ist weiter zu überprüfen, wie das Protein aus diesen Produkten möglichst sinnvoll zu nutzen ist und wie die Proteinüberhänge (positive RNB in den Grünfutterkonservaten) abgebaut werden können.

Die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Grünfutterkonservaten wird unter anderem von den Standortbedingungen und den daraus resultierenden Ertragserwartungen abhängen. Da über das Kraftfutter ein zumindest teilweiser Energieausgleich erforderlich ist, wird neben den Preisen für die Proteinkonzenztrate auch das aktuelle Preisniveau von Getreide entscheidend sein.

Neben den Aspekten aus Sicht der Tierernährung lässt die verstärkte Nutzung von „Grünfutter vom Acker“ noch weitere positive Wirkungen erwarten. Aus phytosanitärer Sicht bietet sich durch die Auflockerung der Fruchtfolge die Möglichkeit, die Ausbreitung von Schädlingen, wie z.B. dem westlichen Maiswurzelbohrer oder dem Maiszünsler einzudämmen. Positive Aspekte ergeben sich auch in Hinblick auf die Bodengesundheit, insbesondere infolge der hohen Durchwurzelungstiefe bei der Luzerne. Letztendlich bietet sich bei den Leguminosen auch das Potential, die N-Mehrung im Boden zu nutzen. Eine Einbeziehung dieser Aspekte lässt die Nutzung des Grünfutters vom Acker auch aus ökonomischer Sicht in einem günstigeren Licht erscheinen.

Literatur

Bulang, M. (2005): Untersuchungen zur Bewertung von Luzernesilage als Rationskomponente für Milchkühe. Dissertation, Institut fur Ernahrungswissenschaften, Landwirtschaftliche Fakultät der Martin-Luther-Universitat Halle-Wittenberg.

Bulang, M., Kluth, H., Engelhard, T., Spilke, J., Rodehutscord, M. (2006): Zum Einsatz von Luzernesilage bei Kühen mit hoher Milchleistung. J. .Anim. Phys. Anim. Nutr. 90, 89-102.

DLG (2006): Schätzung der Futteraufnahme bei der Milchkuh. DLG-Information 1/2006.

Ettle, T., Obermaier, A., Spiekers, H., Meiser, H., Weinfurtner, S. (2011a): Fattening and slaughter performance of Simmental bulls fed isoenergetic diets with varying levels of grass silage. Advances in Animal Biosciences 2, 446.

Ettle, T., Obermaier, A., Weinfurtner, S. (2011b): Luzernesilage im Austausch gegen Grassilage beim Milchvieh. VDLUFA-Schriftenreihe 67, 588-594.

Ettle, T., Obermaier, A., Spiekers, H. (2012a): Luzernesilage für die Mastbullen. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 23, 46-47.

Ettle, T., Steyer, M., Obermaier, A., Spiekers, H., Weinfurtner, S. (2012b): Effects of increasing levels of alfalfa silage in diets for fattening bulls. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 21, 145.

Ettle, T., Obermaier, A., Steyer, M., Spiekers, H. (2012c): Untersuchungen zum Austausch von Mais- und Grassilage durch Luzernesilage in Milchviehrationen. In: Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda 2012, Herausgeber: Verband der Landwirtschaftskammern, Bonn, 49-52.

Flachowsky, G., Ranft, S., Koch, H. (1992): Abbau von Luzerne und Weidelgras im Pansen von Schafen und Ziegen. Luzerne-Kolloquium, Halle (Saale), 130-133.

Gierus, M. (2011): Spezielle Futterqualität von Grünland. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, Band 12, „Nachhaltigkeit in der intensiven Futtererzeugung“, LK Niedersachsen, 45-49.

Hoffmann, P.C., Combs, D.K., Casler, M.D. (1998): Performance of lactating dairy cows fed alfalfa silage or perennial ryegrass silage. J. Dairy Sci. 81, 162-168.

Isselstein, J., Benke, M., Lange, G., Kayser M. (2011): Futterbau in Niedersachsen im Spannungsfeld zwischen Produktionsfunktion und landschaftsökologischen Funktionen. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, Band 12, „Nachhaltigkeit in der intensiven Futtererzeugung“, LK Niedersachsen, 30-44.

Scholz, H., Fischer, T., Döhler, T., Engelhard, T. (2010): Einfluss der Zusammensetzung und unterschiedlicher Gehaltswerte von Futterrationen auf die NSBA im Harn laktierender Milchkühe. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda 2011, Herausgeber: Verband der Landwirtschaftskammern, Bonn, 44-48.

Spiekers, H. (2012): Milch und Fleisch effizient erzeugen. 50 Jahre BAT – Tagungsband. Tagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V. am 04.10.2012 in Freising.

Autorenanschrift

Dr. Thomas Ettle
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft
Prof.-Dürrwaechter-Platz 3
85586 Poing-Grub, Deutschland
Thomas.Ettle@LfL.bayern.de

Nährstoffversorgung von Milchkühen aus dem Dauergrünland

Leonhard Gruber

Institut für Nutztierforschung, LFZ Raumberg-Gumpenstein, Österreich

Zusammenfassung

Bei Wiesenfutter – ob als grasbetonte Bestände oder auch als Dauerwiese mit vielen botanischen Arten (Gräser, Kräuter, Leguminosen) – übt das Vegetationsstadium der Pflanzen den überragenden Einfluss auf den Futterwert aus, der sich sowohl in der Futteraufnahme als auch in der Verdaulichkeit niederschlägt. Das Vegetationsstadium bestimmt den Anteil und die Zusammensetzung der Gerüstsubstanzen und auch die Art der Zellinhaltsstoffe. Eine hohe Grundfutterqualität ist die entscheidende Voraussetzung, um den Energiebedarf hochleistender Milchkühe decken zu können. Denn nur bei rechtzeitigem Schnitt des Wiesenfutters wird sowohl eine hohe Verdaulichkeit als auch eine hohe Futteraufnahme erzielt, aus welchen sich die Energieaufnahme ergibt. Als Ergänzung wird Kraftfutter – in bedarfsgerechten sowie wiederkäuergerechten Mengen – eingesetzt.

Im folgenden Beitrag werden Ergebnisse aus drei Fütterungsversuchen am Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein zusammenfassend dargestellt, welche die große Bedeutung des Schnittzeitpunktes für die Milchviehfütterung klar aufzeigen. In Versuch 1 wurden zwei Grundfutter unterschiedlicher Qualitäten (niedrig vs. hoch) erzeugt und an 120 Milchkühe (60 Fleckvieh, 60 Holstein) bei 3 unterschiedlichen Kraftfutterniveaus (0, 50 oder 100 % des Ergänzungsbedarfs) eine vollständige Laktation hindurch verfüttert. In Versuch 2 wurde eine Dauerwiese 2, 3 oder 4 Mal pro Jahr geerntet, das Futter als Heu konserviert und an Milchkühe zur Feststellung der Futteraufnahme und Milchleistung verfüttert (ebenfalls 3 Kraftfutter-Niveaus – Null, nach Norm, 25 % der TM-Aufnahme). In Versuch 3 wurde der Verlauf der Wiesenfutterqualität in drei Aufwüchsen je 7 Wochen hindurch verfolgt, also während der gesamten Vegetationszeit. Diese Futter wurden frisch an Schafe und Milchkühe zur Bestimmung des Futterwertes verfüttert.

In allen drei Fütterungsversuchen erhöhte sich – wie erwartet – mit fortschreitender Vegetation des Wiesenfutters der Gehalt an Gerüstsubstanzen. Die damit einhergehende Lignifizierung verminderte die Verdaulichkeit, auch Futteraufnahme sowie Milchleistung wurden signifikant reduziert. Neben dem Grundfutter trägt auch Kraftfutter zur Energieversorgung bei, allerdings kann eine niedrige Grundfutterqualität aus pansenphysiologischen Gründen durch Kraftfutter nicht völlig wettgemacht werden (Pansenazidose). Hinsichtlich Grundfutterverdrängung durch Kraftfutter und Wirkung des Kraftfutters auf die Milchleistung besteht eine Wechselwirkung mit der Grundfutterqualität sowie auch mit dem Milchleistungsvermögen der Kühe. Die Bedeutung der Grundfutterqualität ist umso wichtiger, je höher die Milchleistung der Kühe und je niedriger das Kraftfutterniveau ist. Das Leistungspotenzial der Kühe und die Fütterung (Grundfutterqualität und Kraftfutterniveau) sind daher aufeinander abzustimmen.

Schlagwörter: Milchviehfütterung, Dauergrünland, Vegetationsstadium, Kraftfutter, Futteraufnahme, Nährstoffversorgung, Milchleistung

Einleitung

Eine hohe Grundfutterqualität ist die unbedingte Voraussetzung, um den Energiebedarf hochleistender Milchkühe decken zu können (DACCORD 1992, SPIEKERS et al. 2009). Denn nur bei rechtzeitigem Schnitt des Wiesenfutters wird sowohl eine hohe Verdaulichkeit als auch eine hohe Futteraufnahme

erzielt (CRAMPTON et al. 1960, MOTT und MOORE 1969). Diese beiden Faktoren ergeben die Energieaufnahme, welche zu entsprechenden Milchleistungen führt, vorausgesetzt die Kühe sind von ihrer genetischen Veranlagung her dazu in der Lage. Als Ergänzung wird Kraftfutter – in bedarfsgerechten sowie wiederkäuergerechten Mengen – eingesetzt. Besonders bei sehr frühem Schnitt und hohen Kraftfuttermengen ist auf die Wiederkäuergerechtheit der Ration zu achten. Ein stabiler Pansenstoffwechsel mit hoher Aktivität der Pansenmikroben ist die Grundlage für die Fermentation des Grundfutters und die Gesundheit der Tiere (ORSKOV 1986, Van HOUTERT 1993). Nur dadurch können hohe Futteraufnahmen und ein hoher Gehalt an Milchinhaltsstoffen erzielt werden. Im folgenden Beitrag werden Ergebnisse aus drei langfristigen Fütterungsversuchen am Lehr- und Forschungszentrum (LFZ) Raumberg-Gumpenstein zusammenfassend dargestellt, welche die große Bedeutung des Schnittzeitpunktes für die Milchviehfütterung klar aufzeigen (GRUBER et al. 1995, GRUBER et al. 2000, GRUBER et al. 2010).

Bei Wiesenfutter – ob als grasbetonte Bestände oder auch als Dauerwiese mit mehreren bzw. vielen botanischen Arten (Gräser, Kräuter, Leguminosen) – übt das Vegetationsstadium der Pflanzen den überragenden Einfluss auf den Futterwert aus, der sich sowohl in der Futteraufnahme als auch in der Verdaulichkeit niederschlägt (INRA 1989, MINSON 1990, Van SOEST 1994, GRUBER et al. 1996 und 1999). Das Vegetationsstadium bestimmt den Anteil und die Zusammensetzung der Gerüstsubstanzen und auch die Art der Zellinhaltsstoffe (Van SOEST 1994, NULTSCH 2001, GRUBER 2009). Junge Pflanzen beginnen die Vegetation mit einer starken Entwicklung der Assimilationsfläche. Der Anteil der Blätter gegenüber dem Stängel ist also zunächst relativ groß. Die Blätter enthalten mehr verfügbare Nähr- und Mineralstoffe als die Stängel. Die Zellinhaltsstoffe (Eiweiß, Nichtfaser-Kohlenhydrate wie Zucker und Stärke, Fette) sind nahezu vollständig verdaulich (Van SOEST 1967). Mit fortschreitender Vegetation nimmt der Anteil des Stängels bis zur Blüten- und Samenbildung laufend zu (PRITCHARD et al. 1963, TERRY und TILLEY 1964, MOWAT et al. 1965a und b, HACKER und MINSON 1981, HIDES et al. 1983, WILMAN et al. 1996, WILMAN und REZVANI 1998). Der Stängel besteht vorwiegend aus den Gerüstsubstanzen Zellulose, Hemizellulose und Lignin. Während die Faserkohlenhydrate (Zellulose, Hemizellulose) von den Pansenmikroben durchaus – wenn auch bei geringen Abbauraten (Van SOEST 1967, SNIFFEN et al. 1992) – abgebaut werden können, ist Lignin unverdaulich und durch seine chemische Bindung mit Hemizellulose sowie durch die Verkrustung der Faserkohlenhydrate verantwortlich für den Rückgang der Verdaulichkeit mit fortschreitender Vegetation (Van SOEST 1967).

Ergebnisse

Einfluss von Grundfutterqualität und Kraftfutterniveau auf Leistung, Stoffwechsel und Wirtschaftlichkeit von Kühen der Rasse Fleckvieh und Holstein Friesian

(Versuch 1, GRUBER et al. 1995)

In Versuch 1 wurden zwei Grundfutterqualitäten erzeugt und an 120 Milchkühe (60 Fleckvieh, 60 Holstein) eine vollständige Laktation hindurch verfüttert. Die Grundfutterration bestand aus 35 % Heu, 40 % Grassilage und 25 % Maissilage (Trockenmasse-Basis). Bei Wiesenfutter (Heu, Grassilage) wurde die unterschiedliche Grundfutterqualität durch den Schnittzeitpunkt erreicht (3 Wochen Unterschied) und bei Silomais durch den Kornanteil. Die Kühe erhielten entweder kein Kraftfutter oder 50 bzw. 100 % ihres Ergänzungsbedarfes (KF 0, KF 50, KF 100). Die wichtigsten Ergebnisse sind in Tabelle 1 sowie Abbildung 1 angeführt. Der um 3 Wochen frühere Erntezeitpunkt des Wiesenfutters steigerte die Verdaulichkeit um 8 – 10 % und den Energiegehalt um 0,7 – 1,0 MJ NEL. Dadurch erhöhte sich auch die Grundfutteraufnahme von 12,3 auf 14,5 kg TM. Durch Kraftfutter ging die Grundfutteraufnahme zurück, und zwar um 0,26 bzw. 0,30 kg TM pro kg Kraftfutter-TM, also eine

etwas höhere Grundfutterverdrängung bei hoher Grundfutterqualität. Dies ist mit der besseren Energiebilanz der Kühe bei höherer Grundfutterqualität zu erklären (FAVERDIN et al. 1991). Die Wirkung des Kraftfutters auf die Milchleistung hängt sowohl von der Grundfutterqualität als auch vom Milchleistungsvermögen (Rasse) der Tiere ab. Beide Ergebnisse sind ebenfalls mit der Energiebilanz zu erklären. Obwohl theoretisch (aus dem Energiegehalt des Kraftfutters) etwa 2,0 kg Milch zu erwarten sind, haben die Kühe bei niedriger Grundfutterqualität pro kg TM Kraftfutter 1,50 kg Milch mehr gegeben, bei hoher Grundfutterqualität dagegen nur 1,42 kg mehr Milch. Die Begründung ist, dass bei hoher Grundfutterqualität eine höhere Milchleistung erzielt wird, die – relativ zum Leistungsvermögen – durch Kraftfutter nicht im selben Ausmaß gesteigert werden kann. Aus dem gleichen Grund reagieren Tiere mit hohen Milchleistungsvermögen besser auf Kraftfutter, weil sie die zusätzliche Energie in Milch umwandeln können, leistungsschwächere dagegen nicht (sondern in Körpersubstanz ansetzen). Ebenso ist die Wirkung des Kraftfutters bei niedrigem Kraftfutterniveau stärker als bei hohem, weil der Leistungsplafond der Kühe noch nicht erreicht ist. Insgesamt steigerten die HF-Kühe ihre Leistung pro kg Kraftfutter-TM um 1,76 kg Milch, die Fleckvieh-Kühe dagegen nur um 1,03 kg Milch (Abbildung 1). Der Versuch hat auch eindeutig gezeigt, dass – vor allem hochveranlagte – Kühe mehr Milch geben, als ihnen Energie mit dem Futter zugeführt wird, d.h. sie mobilisieren Körperreserven. Die Berechnungen aus der Energieaufnahme haben ergeben, dass von 4.109 kg Milch bei niedriger Grundfutterqualität (in KF 0) 1.285 kg Milch aus der Fettmobilisation gestammt haben, also nahezu ein Drittel. Solche Tiere erreichen eine ausgeglichene Energiebilanz erst am Ende der Laktation, Kühe mit hoher Grundfutterqualität und bedarfsgerechter Kraftfutterergänzung dagegen bereits im 3. Laktationsmonat. Das Leistungspotenzial der Kühe und die Fütterung (Grundfutterqualität und Kraftfutterniveau) sind daher auf einander abzustimmen.

Einfluss der Grünlandbewirtschaftung auf Ertrag, Futterwert, Milcherzeugung und Nährstoffausscheidung

(Versuch 2, GRUBER et al. 2000)

In Versuch 2 wurde eine Dauerwiese 2, 3 oder 4 Mal pro Jahr geerntet, das Futter als Heu konserviert und an Milchkühe zur Feststellung der Futteraufnahme und Milchleistung verfüttert. Die Verdaulichkeit wurde an Schafen ermittelt. Die unterschiedliche Schnitthäufigkeit führte zu sehr verschiedenen Grundfutterqualitäten, die durch die Dauer der einzelnen Aufwüchse bedingt war. Mit steigender Schnitthäufigkeit ging der Rohfasergehalt von 331 auf 291 bzw. 246 g/kg TM zurück und dementsprechend stieg die Verdaulichkeit von 58,0 auf 65,6 bzw. 72,2 % an. In Abbildung 2 ist auch der Energiegehalt der einzelnen Aufwüchse dargestellt. Bei der 4-Schnitt-Nutzung weisen alle 4 Aufwüchse eine sehr ähnliche Energiekonzentration auf, im Durchschnitt 5,9 MJ NEL/kg TM. Bei 3-Schnitt-Nutzung und ganz besonders bei 2-Schnitt-Nutzung hat der 1. Aufwuchs einen wesentlich geringeren NEL-Gehalt als die Folgeaufwüchse (z.B. 4,34 und 4,78 MJ NEL/kg TM). Daraus ist klar der Schluss zu ziehen, dass es auf den rechtzeitigen Schnitt des 1. Aufwuchses ankommt, wenn man eine hohe Verdaulichkeit erreichen will. Das Futter des 1. Aufwuchses hat einen anderen Wachstumsverlauf, ein anderes Blatt/Stängel-Verhältnis und einen wesentlich verholzteren Stängel als das der weiteren Aufwüchse. Wenn es nicht gelingt, den 1. Aufwuchs rechtzeitig zu mähen, ist eine niedrige Verdaulichkeit unweigerlich die Folge. Diese Aussagen zum Futterwert spiegeln sich auch in der Futteraufnahme und in der Milchleistung bei unterschiedlicher Schnitthäufigkeit wider (Tabelle 2, Abbildung 2). Im Versuch wurden die Kühe entweder ohne Kraftfutter, bedarfsgerecht mit Kraftfutter oder mit einem konstanten Kraftfutteranteil gefüttert (KF 0, KF Norm, KF konstant). Die Fütterung ohne Kraftfutter erlaubt eine unverfälschte Aussage über die Auswirkungen der Grundfutterqualität, da die Ergebnisse nicht durch die sog. Grundfutterverdrängung überlagert sind (siehe auch Versuch I). Die Kühe verzehrten ohne Kraftfutter vom Heu aus der 2-, 3- oder 4-Schnitt-Nutzung 11.6, 14.5 bzw. 17.2 kg TM. Diese Daten zeigen auch, dass die Futteraufnahme wesentlich stärker auf die Schnitthäufigkeit reagiert als die Verdaulichkeit. In Prozent ausgedrückt beträgt die Futteraufnahme

nämlich 100, 125 bzw. 148 % und die Verdaulichkeit dagegen 100, 113 und 124! Die daraus erzielbare Milchleistung beträgt 1.701, 3.597 oder 5.644 kg pro Laktation. Werden diese Grundfutterqualitäten zur Deckung des Energiebedarfs mit Kraftfutter ergänzt, sind dazu 6.5, 4.9 bzw. 4.0 kg TM Kraftfutter erforderlich und die Grundfutteraufnahme beträgt nur noch 9.3, 12.2 bzw. 14.4 kg TM. Auch die Gesamtfutteraufnahme unterscheidet sich in den verschiedenen Nutzungsvarianten sehr stark (um 2,6 kg TM), nämlich 15.8, 17.1 bzw. 18.4 kg TM. Daraus lassen sich 4.685, 5.560 oder 6.637 kg Milch erzeugen. Eine niedrige Grundfutterqualität kann also durch Kraftfutter nicht wettgemacht werden. Zu hohe Kraftfuttergaben würden zu Pansenazidose führen.

Einfluss des Wachstumsstadiums von Dauerwiesenfutter auf Ertrag, Futterwert, Futteraufnahme und Leistung bei Milchkühen im Laufe einer ganzen Vegetationsperiode

(Versuch 3, GRUBER et al. 2010)

In Versuch 3 wurde der Verlauf der Futterqualität in drei Aufwüchsen je 7 Wochen lang verfolgt, also während der gesamten Vegetationszeit. Diese Futter wurden frisch an Schafe und Milchkühe zur Bestimmung des Futterwertes verfüttert (Tabelle 3, Abbildung 3). Der Gehalt an Rohfaser steigt im Lauf der Vegetation im 1. Aufwuchs stark an (von 22 auf 33 % der TM), weniger im 2. Aufwuchs und kaum im dritten. Wie schon im vorigen Abschnitt ausgeführt, sind also der 1. Aufwuchs und die Folgeaufwüchse eigentlich nicht zu vergleichen. Die Verdaulichkeit der OM ging dagegen in allen 3 Aufwüchsen in ähnlicher Weise zurück, im Durchschnitt der 3 Aufwüchse von 77,3 % in der 1. Versuchswoche auf 63,8 % in der 7. Versuchswoche. Daraus kann geschlossen werden, dass es nicht nur um den absoluten Gehalt an Rohfaser bzw. Gerüstsubstanzen (NDF) geht, sondern auch um deren Zusammensetzung (Zellulose, Hemizellulose, Lignin). Vor allem der 2. Aufwuchs weist – in Folge der hohen Temperaturen im Sommer – einen hohen Ligningehalt auf. Die Futteraufnahme folgt genau dem Gehalt an Gerüstsubstanzen. Die Grundfutteraufnahme – bei einem Kraftfutteranteil von 31 % der TM – geht im Laufe des 1. Aufwuchses von 13,3 auf 10,7 kg TM zurück und in den Folgeaufwüchsen wurde ein geringerer Rückgang der Grundfutteraufnahme festgestellt. Die Gerüstsubstanzen bestimmen die Füllung des Pansens und somit die Höhe der Futteraufnahme der Wiederkäuer in wesentlichem Ausmaß (MERTENS 1994). Die aus dem Futter erzielbare Milchleistung im Verlauf der Vegetation ist das Ergebnis von Futteraufnahme und Energiegehalt. Im 1. Aufwuchs geht die aus dem Grundfutter erzielbare Leistung von 15,1 auf 5,4 kg pro Tag zurück, im 2. Aufwuchs von 11,8 auf 6,1 kg und im dritten von 13,4 auf 8,7 kg.

Schlussfolgerungen

In allen drei Fütterungsversuchen erhöhte sich mit fortschreitender Vegetation des Wiesenfutters der Gehalt an Gerüstsubstanzen. Die damit einhergehende Lignifizierung verminderte die Verdaulichkeit, auch die Futteraufnahme sowie die Milchleistung wurden signifikant reduziert. Neben dem Grundfutter trägt auch Kraftfutter zur Energieversorgung bei, allerdings kann eine niedrige Grundfutterqualität aus pansenphysiologischen Gründen durch Kraftfutter nicht vollständig wettgemacht werden (Pansenazidose). Hinsichtlich Grundfutterverdrängung durch Kraftfutter und Wirkung des Kraftfutters auf die Milchleistung besteht eine Wechselwirkung mit der Grundfutterqualität sowie auch zum Milchleistungsvermögen der Kühe. Die Bedeutung der Grundfutterqualität ist umso wichtiger, je höher die Milchleistung der Kühe und je niedriger das Kraftfutterniveau ist. Das Leistungspotenzial der Kühe und die Fütterung (Grundfutterqualität und Kraftfutterniveau) sind daher auf einander abzustimmen.

Literatur

CRAMPTON, E.W., E. DONEFER und L.E. LLOYD, 1960: A nutritive value index for forages. J. Anim. Sci. 19, 538-544.

DACCORD, R., 1992: Grenzen der Milchleistung. Landfreund 52, 11-13.

FAVERDIN, P., J.P. DULPHY, J.B. COULON, R. VERITE, L.P. GAREL, L. ROUEL und B. MARQUIS, 1991: Substitution of roughage by concentrates for dairy cows. Livest. Prod. Sci. 27, 137-156.

GRUBER, L., R. STEINWENDER und W. BAUMGARTNER, 1995: Einfluss von Grundfutterqualität und Kraftfutterniveau auf Leistung, Stoffwechsel und Wirtschaftlichkeit von Kühen der Rasse Fleckvieh und Holstein Friesian. Bericht 22. Tierzuchttagung BAL Gumpenstein, 9.-10. Mai 1995, 1-49.

GRUBER, L., T. GUGGENBERGER und A. SCHAUER, 1996: Aspekte, Einflussfaktoren und Bestimmung der Grundfutterqualität. Bericht 23. Tierzuchttagung, BAL Gumpenstein, 4.-5. Juni 1996, 71-105.

GRUBER, L., A. STEINWIDDER, B. STEFANON, B. STEINER und R. STEINWENDER, 1999: Influence of grassland management in Alpine regions and concentrate level on N excretion and milk yield of dairy cows. Livest. Prod. Sci. 61, 155-170.

GRUBER, L., A. STEINWIDDER, T. GUGGENBERGER, A. SCHAUER, J. HÄUSLER, R. STEINWENDER und B. STEINER, 2000: Einfluss der Grünlandbewirtschaftung auf Ertrag, Futterwert, Milcherzeugung und Nährstoffausscheidung. Bericht 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung BAL Gumpenstein, 6.-8. Juni 2000, 41-88.

GRUBER, L., 2009: Chemische Zusammensetzung, Analytik und Bedeutung pflanzlicher Gerüstsubstanzen in der Ernährung der Wiederkäuer. Übers. Tierernähr. 37, 45-86.

GRUBER, L., A. SCHAUER, J. HÄUSLER, A. ADELWÖHRER, K.-H. SÜDEKUM, F. WIELSCHER, M. URDL und S. KIRCHHOF, 2010: Einfluss des Wachstumsstadiums von Dauerwiesenfutter auf Ertrag, Futterwert, Futteraufnahme und Leistung bei Milchkühen im Laufe einer ganzen Vegetationsperiode. 122. VDLUFA-Kongress Kiel, 21.-24. Sept. 2010, Kongress-Band 2010, 633-671.

HACKER, J.B. und D.J. MINSON, 1981: The digestibility of plant parts. Herbage Abstracts 51, 459-482.

HIDES, D.H., J.A. LOVATT und M.V. HAYWARD, 1983: Influence of stage of maturity on the nutritive value of Italian ryegrass. Grass and Forage Sci. 38, 33-38.

INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), 1989: Ruminant Nutrition. Recommended Allowances and Feed Tables (R. Jarrige, Ed.), John Libbey Eurotext Paris-London-Rome, 389 S.

MERTENS, D.R., 1994: Regulation of forage intake. In: Forage Quality, Evaluation, and Utilization (G.C. Fahey, M. Collins and L.E. Moser, Eds.), National Conference on Forage Quality, Evaluation, and Utilization. ASA-CSSA-SSSA, Madison (Wisconsin), USA, 450-493.

MINSON, D.J., 1990: Forage in Ruminant Nutrition. Academic Press, 483 S.

MOTT, G.O. und J.E. MOORE, 1969: Forage evaluation techniques in perspective. In: Proc. Natl. Conf. Forage Quality Evaluation and Utilization (R.F. Barnes, D.C. Clanton, C.H. Gordon, T.J. Klopfenstein and D.R. Waldo, Eds.), Nebraska Center Cont. Educ., Lincoln, NE, L1-L7.

MOWAT, D.N., R.S. FULKERSON, W.E. TOSSELL und J.E. WINCH, 1965a: The in vitro digestibility and protein content of leaf and stem portions of forages. Can. J. Plant Sci. 45, 321-331.

MOWAT, D.N., B.R. CHRISTIE und J.E. WINCH, 1965b: The in vitro digestibility of plant parts of orchardgrass clones with advancing stages of maturity. Can. J. Plant Sci. 45, 503-507.

NULTSCH, W., 2001: Allgemeine Botanik. 11. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 663 S.

ØRSKOV, E.R., 1986: Starch digestion and utilization in ruminants. J. Anim. Sci. 63, 1624-1633.

PRITCHARD, G.I., L.P. FOLKINS und W.J. PIGDEN, 1963: The in vitro digestibility of whole grasses and their parts at progressive stage of maturity. Can. J. Plant Sci. 43, 79-87.

SNIFFEN, C.J., J.D. O'CONNOR, P.J. Van SOEST, D.G. FOX und J.B. RUSSELL, 1992: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. J. Anim. Sci. 70, 3562-3577.

SPIEKERS, H., H. NUSSBAUM und V. POTTHAST, 2009: Erfolgreiche Milchviehfütterung. 5. Aufl., DLG-Verl. Frankfurt/M., 576 S.

TERRY, R.A. und J.M.A. TILLEY, 1964: The digestibility of the leaves and stems of perennial ryegrass, cocksfoot, timothy, tall fescue, lucerne and sainfoin, as measured by an in vitro procedure. J. Brit. Grassl. Soc. 19, 363-372.

Van HOUTERT, M.F.J, 1993: The production and metabolism of volatile fatty acids by ruminants fed roughages: A review. Anim. Feed Sci. Technol. 43, 189-225.

Van SOEST, P.J., 1967: Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. J. Anim. Sci. 26, 119-128.

Van SOEST, P.J., 1994: Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd Ed., Cornell University Press, Ithaca und London, 476 S.

WILMAN, D., Y. GAO und M.A.K. ALTIMIMI, 1996: Differences between related grasses, times of year and plant parts in digestibility and chemical composition. J. Agric. Sci. (Camb.) 127, 311-318.

WILMAN, D. und P. REZVANI MOGHADDAM, 1998: In vitro digestibility and neutral detergent fibre and lignin contents of plant parts of nine forage species. J. Agric. Sci. (Camb.) 131, 51-58.

Tabellen und Abbildungen

Tabelle 1a: Ergebnisse Versuch 1 (Haupteffekte) [1)]

Versuchsfaktor		**GF-Qualität**		**KF-Niveau**			**Rasse**		**P-Werte**		
Faktorlevel		**N**	**H**	**0**	**50**	**100**	**FV**	**HF**	**GF**	**KF**	**Ra**
Futter- und Nährstoff-Aufnahme											
Grundfutter	kg TM	12,21	14,02	13,72	13,47	12,16	12,96	13,27	0,000	0,000	0,137
Kraftfutter	kg TM	2,27	2,13	0,08	1,53	5,00	1,86	2,55	0,362	0,000	0,035
Gesamtfutter	kg TM	14,49	16,17	13,81	15,01	17,18	14,83	15,83	0,000	0,000	0,740
NDF	g/kg LM	12,07	12,06	12,52	12,16	11,51	11,16	12,96	0,905	0,000	0,618
NEL	MJ	80,0	97,6	75,0	85,2	106,2	85,1	92,5	0,000	0,000	0,315
XP	g	1656	2095	1565	1789	2272	1786	1965	0,000	0,000	0,242
nXP	g	1432	1726	1355	1523	1860	1516	1642	0,000	0,000	0,373
Kriterien der Ration											
Kraftfutter	% der TM	13,9	11,9	0,4	10,0	28,3	11,7	14,2	0,019	0,000	0,030
XF	g/kg TM	265	242	282	260	218	257	251	0,000	0,000	0,010
NDF	g/kg TM	503	467	527	494	434	489	481	0,000	0,000	0,085
XP/ME	g/MJ	12,06	12,74	12,11	12,33	12,76	12,31	12,50	0,000	0,000	0,561
Lebendmasse, Milchleistung und NEL-Bilanz											
Lebendmasse	kg	599	626	581	612	646	646	579	0,009	0,000	0,369
Milch	kg	15,7	19,1	14,6	16,9	20,8	15,7	19,1	0,000	0,000	0,136
ECM	kg	16,2	19,9	14,6	17,6	21,9	16,2	19,8	0,000	0,000	0,077
Fett	%	4,41	4,47	4,22	4,51	4,60	4,37	4,51	0,255	0,000	0,444
Protein	%	3,06	3,15	2,99	3,08	3,24	3,18	3,03	0,021	0,000	0,444
Laktose	%	4,79	4,78	4,81	4,74	4,79	4,82	4,74	0,561	0,057	0,076
NEL-Bilanz	MJ/d	-7,5	-3,0	-6,5	-7,4	-1,8	-4,4	-6,1	0,000	0,000	0,212

Tabelle 1b: Ergebnisse Versuch 1 (Wechselwirkung GF-Qualität × Kraftfutter-Niveau) [1)]

Grundfutter-Qualität		**Niedrig**			**Hoch**			**P-Werte**		
Kraftfutter-Niveau		**0**	**50**	**10**	**0**	**50**	**10**	**G × K**	**G × R**	**K × R**
Futter- und Nährstoff-Aufnahme										
Grundfutter	kg TM	12,74	12,73	11,16	14,69	14,21	13,17	0,404	0,032	0,345
Kraftfutter	kg TM	0,10	1,55	5,16	0,06	1,50	4,84	0,646	0,251	0,005
Gesamtfutter	kg TM	12,85	14,29	16,34	14,77	15,72	18,02	0,557	0,298	0,000
NDF	g/kg LM	12,55	12,28	11,39	12,49	12,04	11,64	0,249	0,287	0,227
NEL	MJ	65,3	77,0	97,7	84,7	93,5	114,7	0,598	0,882	0,000
XP	g	1329	1585	2054	1802	1993	2489	0,640	0,803	0,000
nXP	g	1193	1387	1717	1516	1658	2003	0,604	0,770	0,000
Kriterien der Ration										
Kraftfutter	% der TM	0,6	10,6	30,6	0,2	9,4	26,1	0,089	0,155	0,196
XF	g/kg TM	297	272	225	267	248	212	0,000	0,030	0,022
NDF	g/kg TM	550	513	447	504	475	421	0,030	0,122	0,429
XP/ME	g/MJ	11,69	12,01	12,49	12,53	12,66	13,04	0,152	0,334	0,940
Lebendmasse, Milchleistung und NEL-Bilanz										
Lebendmasse	kg	561	598	638	600	626	653	0,615	0,259	0,894
Milch	kg	12,8	15,3	19,0	16,4	18,5	22,6	0,916	0,283	0,008
ECM	kg	12,6	15,8	20,1	16,5	19,4	23,7	0,959	0,402	0,001
Fett	%	4,19	4,42	4,63	4,24	4,60	4,57	0,124	0,079	0,465
Protein	%	2,92	3,03	3,22	3,06	3,12	3,26	0,478	0,242	0,781
Laktose	%	4,84	4,74	4,79	4,79	4,75	4,79	0,505	0,762	0,880
NEL-Bilanz	MJ/d	-9,1	-9,4	-4,0	-3,9	-5,5	0,4	0,720	0,184	0,420

[1)] Einfluss von Grundfutterqualität und Kraftfutterniveau auf Leistung, Stoffwechsel und Wirtschaftlichkeit von Kühen der Rasse Fleckvieh und Holstein Friesian. Bericht 22. Tierzuchttagung BAL Gumpenstein, 9.-10. Mai 1995, 1-49 (GRUBER et al. 1995).

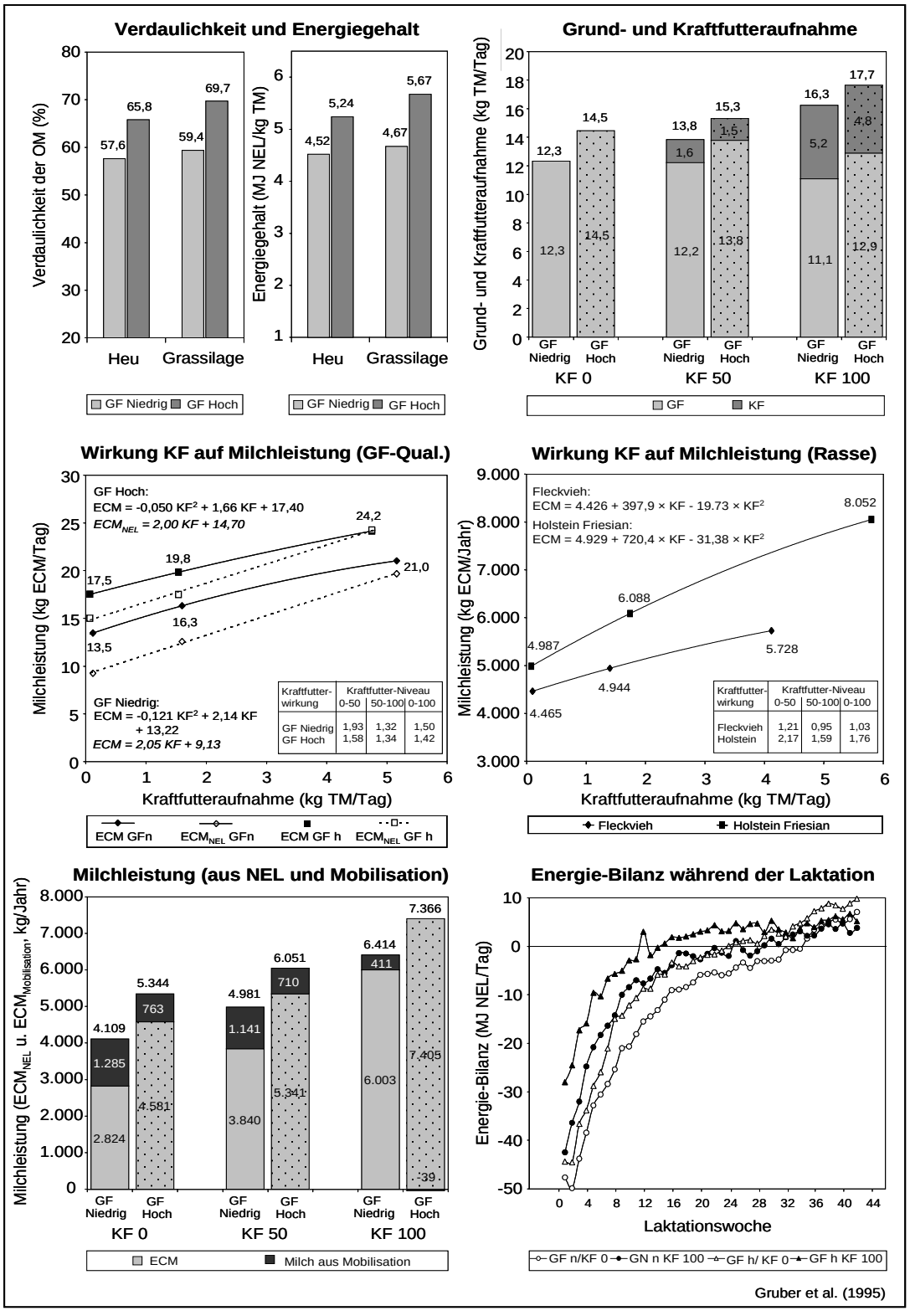


Abbildung 1: Ergebnisse zu Versuch 1 (Futterwert, Futteraufnahme, Grundfutterverdrängung, Kraftfutterwirkung, Mobilisation, Energiebilanz)

Tabelle 2a: Ergebnisse Versuch 2 (Haupteffekte) [1)]

Versuchsfaktor		Nutzungs-Frequenz			Kraftfutter-Niveau			P-Werte		
Faktorlevel		**N2**	**N3**	**N4**	**K0**	**KN**	**KK**	**N**	**K**	**N × K**
Futter- und Nährstoff-Aufnahme										
Grundfutter	kg TM	10,39	13,01	15,21	14,41	11,95	12,26	0,000	0,000	0,008
Kraftfutter	kg TM	3,40	3,11	2,84	0,00	5,13	4,21	0,002	0,000	0,000
Gesamtfutter	kg TM	13,88	16,20	18,12	14,51	17,15	16,54	0,000	0,000	0,000
NDF	g/kg LM	11,8	12,6	12,5	12,7	12,1	12,2	0,001	0,007	0,509
NEL	MJ	72,2	91,7	110,3	76,7	101,6	95,9	0,000	0,000	0,000
XP	g	1.620	2.091	2.763	1.954	2.304	2.216	0,000	0,000	0,000
nXP	g	1.673	2.096	2.525	1.795	2.309	2.189	0,000	0,000	0,000
Kriterien der Ration										
Kraftfutter	% der TM	22,4	18,1	15,1	0,0	30,2	25,5	0,000	0,000	0,000
XF	g/kg TM	272	255	227	291	226	237	0,000	0,000	0,000
NDF	g/kg TM	524	496	444	541	454	470	0,000	0,000	0,000
XP/ME	g/MJ	13,21	13,55	15,09	14,83	13,56	13,66	0,000	0,000	0,000
Lebendmasse, Milchleistung und NEL-Bilanz										
Lebendmasse	kg	609	636	646	609	647	635	0,000	0,000	0,823
Milch	kg	14,58	18,32	21,63	15,68	19,92	18,92	0,000	0,000	0,001
ECM	kg	14,78	18,59	22,17	15,81	20,41	19,32	0,000	0,000	0,000
Fett	%	4,25	4,20	4,26	4,22	4,26	4,23	0,637	0,775	0,011
Protein	%	3,19	3,24	3,35	3,17	3,32	3,28	0,000	0,000	0,056
Laktose	%	4,72	4,81	4,88	4,72	4,86	4,82	0,000	0,000	0,001
NEL-Bilanz	MJ/d	-12,1	-5,3	1,6	-11,4	-1,5	-3,9	0,000	0,000	0,000

Tabelle 2b: Ergebnisse Versuch 2 (Wechselwirkung Nutzung × Kraftfutterniveau) [1)]

Kraftfutter-Niveau		kein KF (K0)			KF nach Norm (KN)			KF konstant (KK)		
Nutzungs-Frequenz		**N2**	**N3**	**N4**	**N2**	**N3**	**N4**	**N2**	**N3**	**N4**
Futter- und Nährstoff-Aufnahme										
Grundfutter	kg TM	11,56	14,50	17,17	9,29	12,17	14,39	10,32	12,37	14,07
Kraftfutter	kg TM	0,00	0,00	0,00	6,52	4,92	3,96	3,63	4,37	4,63
Gesamtfutter	kg TM	11,70	14,63	17,19	15,90	17,15	18,41	14,04	16,81	18,76
NDF	g/kg LM	12,0	12,9	13,2	11,7	12,4	12,0	11,8	12,5	12,2
NEL	MJ	52,9	76,8	100,4	90,4	100,6	113,8	73,1	97,6	116,9
XP	g	1.297	1.877	2.690	1.911	2.225	2.776	1.652	2.172	2.823
nXP	g	1.268	1.788	2.329	2.054	2.282	2.590	1.697	2.217	2.655
Kriterien der Ration										
Kraftfutter	% der TM	0,0	0,0	0,0	41,1	28,4	21,1	25,7	25,9	24,8
XF	g/kg TM	328	294	253	227	233	218	262	239	210
NDF	g/kg TM	600	547	476	461	467	433	512	473	423
XP/ME	g/MJ	14,05	14,25	16,02	12,58	13,12	14,72	13,29	13,35	14,49
Lebendmasse, Milchleistung und NEL-Bilanz										
Lebendmasse	kg	583	621	623	631	646	664	614	641	651
Milch	kg	11,00	16,10	19,95	17,56	19,84	22,37	15,18	19,03	22,56
ECM	kg	11,00	16,03	20,41	18,22	19,98	23,02	15,12	19,76	23,09
Fett	%	4,23	4,14	4,28	4,42	4,10	4,27	4,11	4,37	4,23
Protein	%	3,13	3,08	3,30	3,28	3,34	3,35	3,16	3,30	3,39
Laktose	%	4,56	4,74	4,86	4,85	4,85	4,89	4,74	4,83	4,89
NEL-Bilanz	MJ/d	-17,2	-11,1	-1,7	-4,9	-0,9	1,7	-11,4	-3,0	5,4

[1)] Einfluss der Grünlandbewirtschaftung auf Ertrag, Futterwert, Milcherzeugung und Nährstoffausscheidung. Bericht 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung BAL Gumpenstein, 6.-8. Juni 2000, 41-88 (GRUBER et al. 2000).

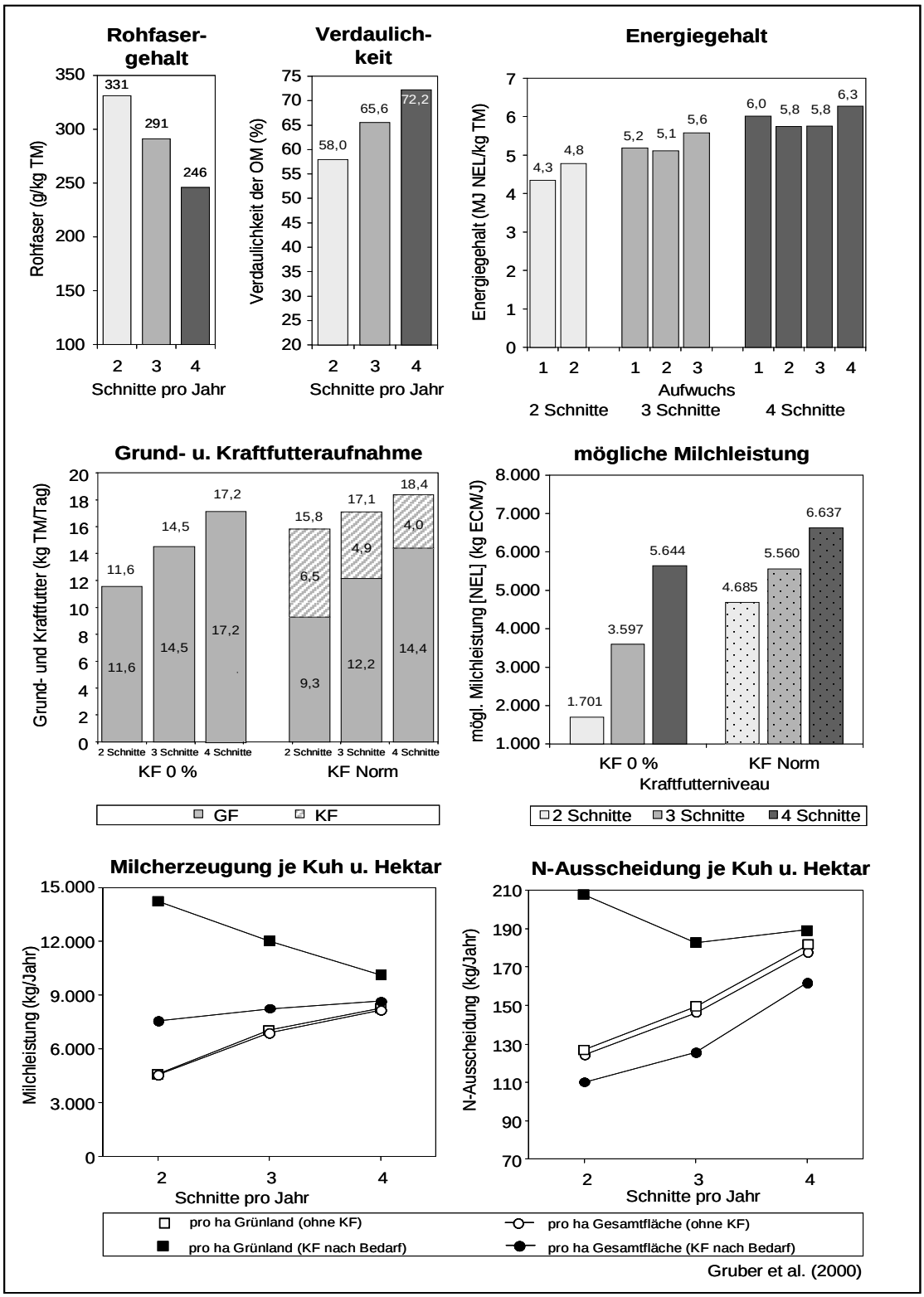


Abbildung 2: Ergebnisse zu Versuch 2 (Futterwert, Futteraufnahme, Milchleistung je Kuh, Milchleistung und N-Ausscheidung je Hektar)

Tabelle 3a: Ergebnisse Versuch 3 (Haupteffekte) [1)]

Versuchsfaktor		Aufwuchs			Versuchswoche							P-Werte		
Faktorlevel		**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**A**	**W**	**A × W**
Futter- und Nährstoff-Aufnahme														
Grundfutter	kg TM	12,21	12,23	12,72	12,86	12,84	12,81	12,44	12,60	11,87	11,29	0,000	0,000	0,000
Kraftfutter	kg TM	5,50	5,78	5,89	5,94	5,79	5,72	5,47	5,76	5,82	5,55	0,000	0,000	0,002
Gesamtfutter	kg TM	18,08	18,28	18,88	19,04	18,94	18,85	18,24	18,67	18,00	17,16	0,000	0,000	0,038
NDF	g/kg LM	13,0	13,1	13,5	13,3	13,4	13,4	13,5	13,5	13,0	12,2	0,000	0,000	0,019
NEL	MJ	115,6	115,4	121,3	127,4	125,1	121,5	116,0	117,1	111,3	103,7	0,000	0,000	0,000
XP	g	2698	2743	2960	3177	3089	2925	2740	2717	2507	2448	0,000	0,000	0,000
nXP	g	2509	2532	2664	2799	2742	2659	2535	2552	2417	2275	0,000	0,000	0,001
Kriterien der Ration														
Kraftfutter	% der TM	29,0	30,2	29,4	30,1	29,4	28,9	28,4	29,2	30,3	30,5	0,000	0,000	0,000
XF	g/kg TM	217	213	205	194	201	211	219	219	219	219	0,000	0,000	0,000
NDF	g/kg TM	465	457	452	441	447	454	472	465	466	461	0,000	0,000	0,000
XP/ME	g/MJ	14,22	14,46	14,95	15,35	15,13	14,71	14,39	14,09	13,71	14,45	0,000	0,000	0,000
Lebendmasse, Milchleistung und NEL-Bilanz														
Lebendmasse	kg	644	637	627	626	631	636	634	637	641	644	0,001	0,010	0,852
Milch	kg	22,2	22,2	23,1	25,0	24,7	24,0	22,6	21,7	20,4	19,2	0,000	0,000	0,000
ECM	kg	22,4	22,1	23,9	25,1	25,1	24,4	22,9	21,9	20,8	19,5	0,000	0,000	0,000
Fett	%	4,20	4,10	4,35	4,15	4,21	4,23	4,23	4,23	4,26	4,21	0,000	0,265	0,044
Protein	%	3,28	3,27	3,44	3,31	3,34	3,31	3,31	3,31	3,36	3,38	0,000	0,003	0,000
Laktose	%	4,70	4,73	4,70	4,73	4,75	4,72	4,72	4,69	4,69	4,68	0,034	0,007	0,539
NEL-Bilanz	MJ/d	1,9	4,2	5,3	7,8	5,4	3,9	3,6	7,5	5,4	7,8	0,376	0,000	0,036

[1)] Einfluss des Wachstumsstadiums von Dauerwiesenfutter auf Ertrag, Futterwert, Futteraufnahme und Leistung bei Milchkühen im Laufe einer ganzen Vegetationsperiode. 122. VDLUFA-Kongress Kiel, 21.-24. September 2010, Kongress-Band 2010, 633-671 (GRUBER et al. 2010).

Tabelle 3b: Ergebnisse Versuch 3 (Wechselwirkung Aufwuchs × Kraftfutterniveau) [1)]

Aufwuchs		1. Aufwuchs							2. Aufwuchs							3. Aufwuchs						
Versuchswoche		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Futter- und Nährstoff-Aufnahme																						
Grundfutter	kg TM	13,34	12,70	12,86	12,06	12,32	11,52	10,66	12,44	12,87	12,53	12,48	12,48	11,61	11,20	12,80	12,95	13,03	12,78	13,01	12,48	12,02
Kraftfutter	kg TM	5,45	5,61	5,39	5,37	5,66	5,63	5,40	6,03	5,68	5,83	5,74	5,76	5,84	5,57	6,34	6,09	5,93	5,30	5,86	5,98	5,69
Gesamtfutter	kg TM	19,04	18,67	18,63	17,84	18,38	17,55	16,45	18,69	18,83	18,65	18,50	18,51	17,73	17,05	19,37	19,32	19,26	18,39	19,13	18,73	17,98
NDF	g/kg LM	13,2	13,2	13,2	13,2	13,5	12,9	11,8	12,8	13,1	13,0	13,5	13,7	12,8	12,5	14,0	13,8	14,0	13,8	13,5	13,2	12,3
NEL	MJ	129,1	125,9	120,3	113,1	115,2	107,3	98,5	123,0	122,0	118,8	117,1	114,8	110,3	101,6	129,9	127,5	125,2	117,9	121,3	116,4	111,0
XP	g	3220	2988	2835	2609	2537	2364	2333	3150	3090	2866	2687	2640	2378	2388	3162	3188	3074	2923	2974	2778	2624
nXP	g	2818	2724	2616	2457	2478	2312	2154	2726	2696	2611	2554	2511	2385	2239	2851	2804	2749	2594	2667	2553	2432
Kriterien der Ration																						
Kraftfutter	% der TM	27,9	29,2	27,8	28,6	29,1	30,0	30,6	31,3	29,2	30,0	29,6	29,6	31,1	31,0	31,1	29,9	29,0	27,1	29,0	29,9	29,8
XF	g/kg TM	186	196	217	231	229	234	226	194	205	209	217	221	219	227	204	203	207	209	206	204	203
NDF	g/kg TM	437	449	460	481	476	478	470	435	443	446	467	472	468	471	449	448	456	469	448	451	443
XP/ME	g/MJ	15,33	14,56	14,34	14,00	13,37	13,42	14,55	15,70	15,44	14,72	13,94	13,98	13,13	14,31	15,01	15,40	15,07	15,22	14,91	14,59	14,47
Lebendmasse, Milchleistung und NEL-Bilanz																						
Lebendmasse	kg	632	637	648	646	647	647	649	632	634	636	637	637	641	639	615	622	624	620	628	634	643
Milch	kg	25,6	25,0	23,8	22,4	21,3	19,5	18,1	24,4	24,6	23,6	22,1	21,3	20,2	19,3	25,0	24,6	24,8	23,1	22,5	21,3	20,3
ECM	kg	25,9	25,0	24,1	22,9	21,4	19,7	18,1	23,9	25,0	23,6	21,9	20,9	20,2	19,1	25,6	25,4	25,5	23,9	23,5	22,5	21,2
Fett	%	4,21	4,10	4,23	4,31	4,20	4,21	4,14	3,97	4,19	4,14	4,08	4,07	4,13	4,10	4,27	4,35	4,31	4,31	4,41	4,45	4,39
Protein	%	3,28	3,31	3,31	3,25	3,23	3,28	3,29	3,28	3,33	3,27	3,24	3,25	3,28	3,28	3,38	3,38	3,35	3,44	3,45	3,52	3,57
Laktose	%	4,72	4,77	4,71	4,69	4,67	4,66	4,66	4,75	4,75	4,72	4,73	4,73	4,75	4,70	4,71	4,71	4,74	4,73	4,69	4,66	4,66
NEL-Bilanz	MJ/d	6,9	6,4	3,3	0,1	7,0	4,7	1,0	7,2	2,6	3,8	7,7	8,3	6,2	1,1	9,2	7,3	4,7	2,8	7,2	5,3	3,8

[1)] Einfluss des Wachstumsstadiums von Dauerwiesenfutter auf Ertrag, Futterwert, Futteraufnahme und Leistung bei Milchkühen im Laufe einer ganzen Vegetationsperiode. 122. VDLUFA-Kongress Kiel, 21.-24. September 2010, Kongress-Band 2010, 633-671 (GRUBER et al. 2010).

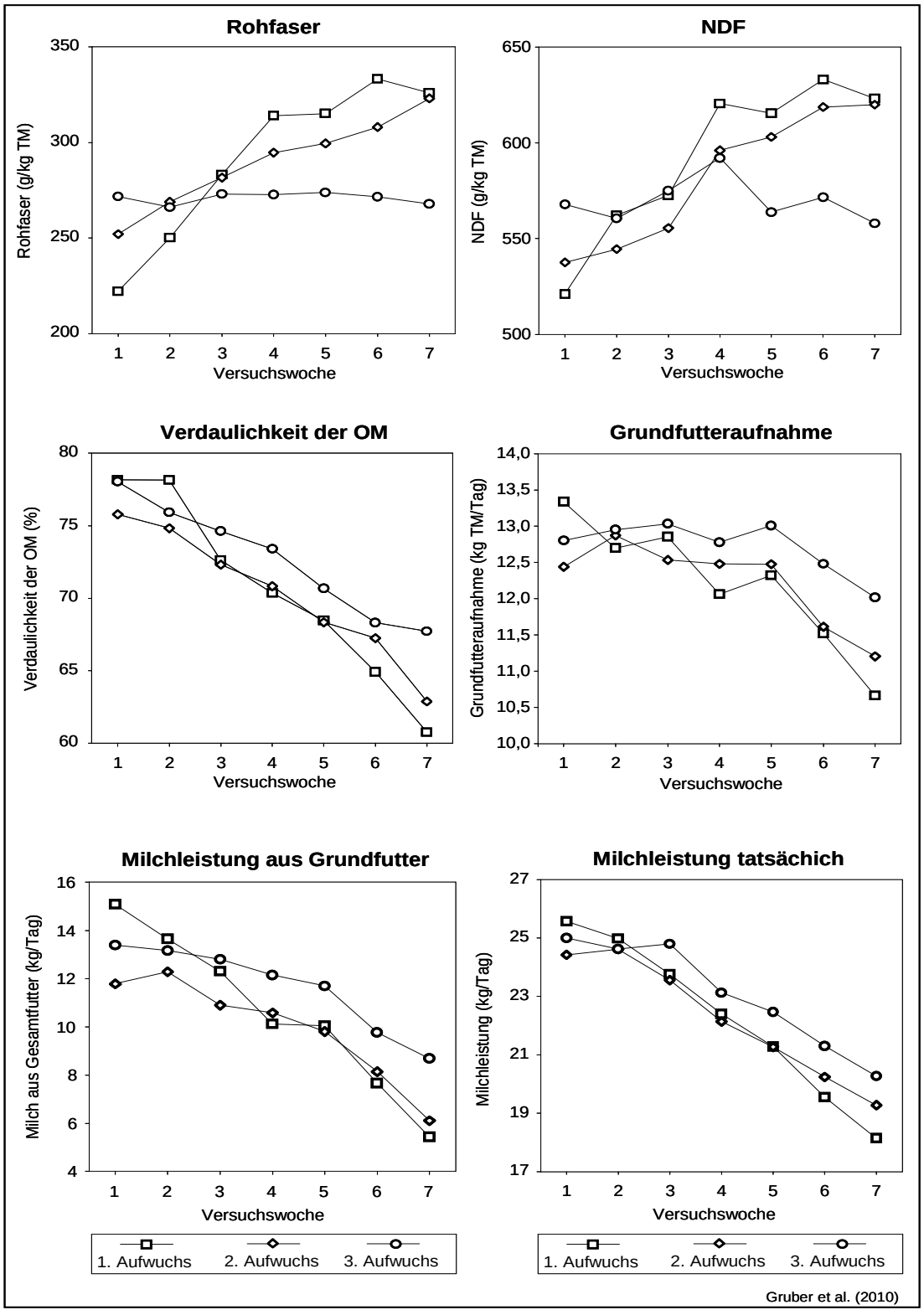


Abbildung 3: Ergebnisse zu Versuch 3 (Gehalt an Gerüstsubstanzen, Verdaulichkeit, Futteraufnahme, Milchleistung)

Autorenanschrift

Univ.-Doz. Dr. Leonhard Gruber
LFZ Raumberg-Gumpenstein
Institut für Nutztierforschung Gumpenstein
8952 Irdning , Österreich
email: leonhard.gruber@raumberg-gumpenstein.at

Echter Genuss

Sicher ist sicher!

www.ama.at

Reinheitsgarantie:

Bei Schinken, Speck und Wurst mit dem rot-weiß-roten AMA-Gütesiegel darf nur bestes heimisches Fleisch rein.

Fleisch- und Wurstwaren, die mit dem AMA-Gütesiegel ausgezeichnet sind, müssen die strengen Auflagen des Österreichischen Lebensmittel-Codex nochmals übertreffen. Dies wird genauestens durch unabhängige Experten kontrolliert. Nur so schmeckt's wirklich ausgezeichnet.
Sicher ist sicher.

Geprüfte Qualität
AMA GÜTESIEGEL
AUSTRIA

- ✓ **Ausgezeichnete QUALITÄT**
- ✓ **Nachvollziehbare HERKUNFT**
- ✓ **Unabhängige KONTROLLE**

Milchinhaltsstoffe und Nährstoffversorgung bayerischer Milchviehbetriebe

Dr. Christoph Härle[1], Prof. Dr. Albert Sundrum[2]

[1]Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Abteilung Versuchsbetriebe, Poing-Grub
[2]Universität Kassel, Fachgebiet Tierernährung und Tiergesundheit, Witzenhausen

Einleitung

Durch die forcierte Züchtung auf eine gesteigerte Milchleistung, die nicht mit einer entsprechenden Zunahme der Futteraufnahme verbunden ist, werden Ausmaß und Dauer der negativen Energiebilanz zu Beginn der Laktation deutlich verstärkt. Eine ausgeglichene Energiebilanz wird rechnerisch häufig erst nach dem 100. Laktationstag erreicht (VAN DEN TOP et al., 2005). Im vorangehenden Zeitraum manifestieren sich ca. 75% aller Erkrankungen bei Milchkühen (MULLIGAN u. DOHERTY, 2008). Die gesundheitlichen Risiken werden durch überkonditionierte Kühe während der Trockenstehphase zusätzlich erhöht (Loor et al., 2006). Angesichts begrenzter Zeitressourcen bieten Milchinhaltsstoffe, wie sie im Rahmen der Milchleistungsprüfung monatlich erfasst werden, kontinuierlich verfügbare Informationen, die für eine Überprüfung der Fütterung genutzt werden können (SIEBERT und PALLAUF, 2010). Die Informationen können vor allem bei der Aufdeckung von subklinischen Krankheitsverläufen und Risiken hilfreich sein und entsprechend Anwendung im Fütterungs-Controlling und in der tierärztlichen Bestandsbetreuung finden (DE KRUIF et al., 1998).

Anhand von Daten aus bayerischen Milchviehbetrieben soll nachfolgend aufgezeigt werden, welchen Informationsgehalt die Milchinhaltsstoffe für das Herdenmanagement bieten, wie sich die Situation auf bayerischen Milchviehherden anhand von Milchinhaltsstoffen darstellt und welche Rückschlüsse diesbezüglich für betriebliche Optimierungsstrategien im Herdenmanagement gezogen werden können.

Material und Methoden

Grundlage dieser Studie war die Analyse einer unterschiedlichen Anzahl von Milchviehbetrieben (Rasse Fleckvieh) über einen Zeitraum von drei Jahren (2003/04: 185 Betriebe; 2004/05: 320 Betriebe; 2005/06: 499 Betriebe). Weitere Details zu den Untersuchungen sind bei HÄRLE und SUNDRUM (2012) beschrieben. Die Daten stammten aus der Betriebszweigauswertung (BZA) von Arbeitskreisbetrieben und wurden von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in München (LfL) zur Verfügung gestellt. Schwerpunktmäßig wurden 83 Untersuchungsbetriebe ausgewertet, deren Daten in allen drei Wirtschaftsjahren zur Verfügung standen und damit einen Vergleich über drei Jahre ermöglichten.

Sowohl für die 83 Untersuchungsbetriebe als auch für alle Auswertungsbetriebe der drei Wirtschaftsjahre 2003/04 bis 2005/06 lagen die monatlichen Kontrollergebnisse aus der Milchleistungsprüfung (MLP) für jede einzelne Kuh vor. Die Daten wurden vom Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e. V. (LKV) bereitgestellt. Alle milchspezifischen Produktionsdaten werden auf der Basis energiekorrigierter Milch (ECM mit 4,0 % Fett und 3,4 % Eiweiß) angegeben, um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten.

Anhand der Milcheiweiß- und Milchharnstoffgehalte werden Rückschlüsse auf das Versorgungsniveau und auf die bedarfsgerechte Fütterung gezogen. Hierbei kommt die sogenannte 9-Felder-Tafel zur Anwendung (SPOHR und WIESNER, 1991).

Die Fett- und Eiweißgehalte der Milch geben Hinweise auf mögliche Risiken hinsichtlich des Auftretens von Ketosen beziehungsweise Azidosen. In Tab. 1 sind Referenzwerte für die Beurteilung des Fett-Eiweiß-Quotienten (FEQ-Wert) dargestellt, der zur Einschätzung von ernährungsbedingten Risiken herangezogen wird.

Tabelle 1: Beurteilung des Fett-Eiweiß-Quotienten (FEQ) (verändert nach RICHARDT, 2003; LFL, 2007)

FEQ-Wert	Interpretation
1,1 – 1,3 : 1	ausgeglichene Ration (Zielgröße)
> 1,5 : 1	zu Laktationsbeginn: hohe Fett-Gehalte (> 3,8 %) aufgrund Fettabbaus in Verbindung mit niedrigen Eiweiß-Gehalten (< 3,2 %) Hinweis auf ungenügende Energiedichte (Ketose-Gefährdung)
> 1,5 : 1	gesamte Laktation: strukturreiche, energiearme Fütterung
< 1,1 : 1	strukturarme, stärkereiche Fütterung; Abfall der Fett-Gehalte bei mittleren Eiweiß-Gehalten; Hinweis auf Stärke-Überversorgung und/oder Strukturmangel (Azidose-Gefährdung)

Die biostatistische Bearbeitung der gewonnenen Daten wurde mit dem Programm SPSS for Windows Release 15.0 (SPSS INC. 2006) durchgeführt. Für alle Berechnungen wurde als Signifikanzniveau eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 5\ \%$ ($p < 0,05$) und kleiner festgelegt.

Ergebnisse und Diskussion

Milchleistung und Milchinhaltsstoffe im Laktationsverlauf

Die durchschnittliche Milchleistung je Kuh und Tag ging kontinuierlich von über 32 kg ECM zu Laktationsbeginn auf knapp 20 kg ECM am 300. Laktationstag zurück. Die Entwicklung wird repräsentativ anhand des Wirtschaftsjahres 2004/05 in Abb. 1 veranschaulicht.

Der durchschnittliche Milchfettgehalt in den drei Untersuchungsjahren lag bei 4,23 % und der durchschnittliche Milcheiweißgehalt bei 3,63 %. Die Werte überstiegen somit um 0,6 % beziehungsweise 0,13 % den bayerischen Landesdurchschnitt (Lkv, 2004; Lkv, 2005; Lkv, 2006). Sowohl bei den Untersuchungsbetrieben als auch bei den Auswertungen des LKV war bei jährlich ansteigender Milchleistung ein Rückgang der Milcheiweißgehalte zu verzeichnen. Es liegt nahe zu vermuten, dass sich hierbei die genetisch bedingte negative Korrelation zwischen Milchleistung und Milcheiweißgehalt bemerkbar machte (Brade, 2004). Das Niveau der Milchleistung der analysierten Betriebe lag mit durchschnittlich 7.900 kg ECM um etwa 940 kg ECM über dem bayerischen Landesdurchschnitt. Die Grundfutterleistungen (kraftfutterbereinigte Milchleistung) fielen mit 2.519 kg ECM je Kuh u. Jahr im Mittel der Betriebe vergleichsweise gering aus.

Die Kühe starteten im 1. Laktationsmonat mit durchschnittlich 4,35 % Fett und 3,34 % Eiweiß in der Milch. Aufgrund einer negativen Energiebilanz zu Beginn der Laktation als Folge eines im Vergleich zum Energieinput über das Futter höheren Energieoutputs über die Milch, mobilisiert die Kuh

Körperreserven zur Energiegewinnung. Sie befindet sich dann in einer katabolen Stoffwechsellage, die das Risiko einer Ketose beinhaltet (SIEBERT und PALLAUF, 2010).

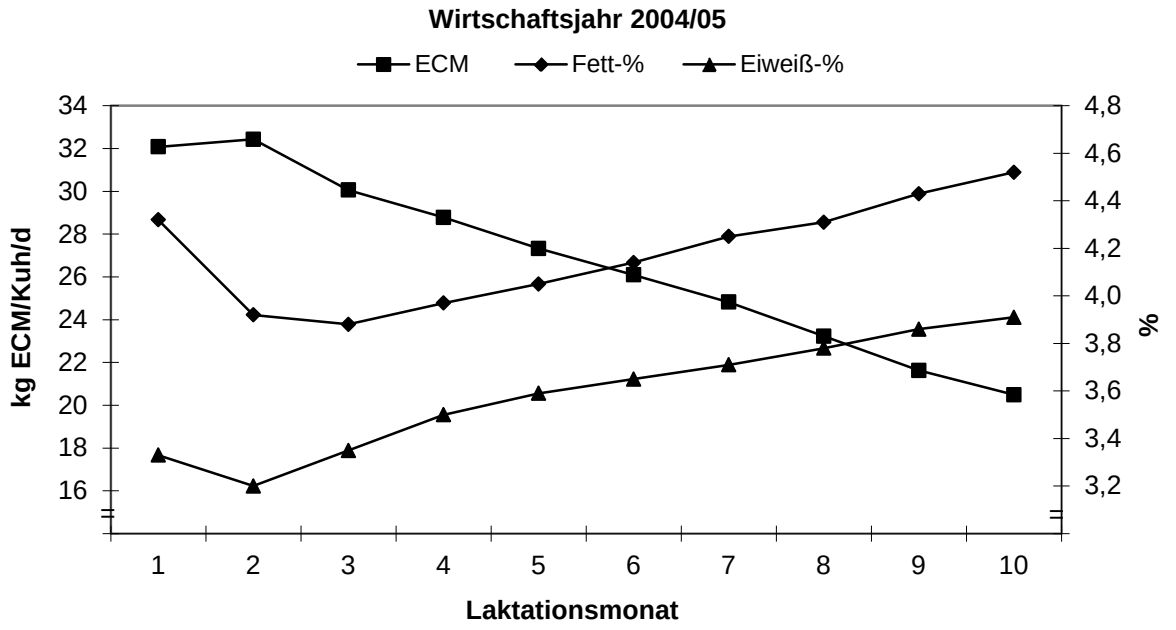


Abbildung 1: Durchschnittliche Milchleistung sowie Milchfett- und Milcheiweißgehalt der Kühe der Untersuchungsbetriebe im Laktationsverlauf 2004/05 (n = 3.585 Kühe)

Die Fett- und Eiweißgehalte gingen vom ersten zum zweiten Laktationsmonat deutlich zurück. Der Fettgehalt stieg bereits im dritten Laktationsmonat wieder an, beim Eiweißgehalt lag der Wendepunkt erst im vierten Laktationsmonat (siehe Abb. 1).

Der enorme Anstieg der Milchinhaltsstoffe vor allem ab dem achten Laktationsmonat bei stetig abnehmender Milchmenge kann als Hinweis auf eine Nährstoffüberversorgung angesehen werden. Somit waren neben zusätzlicher Kosten aufgrund überhöhter Kraftfuttergaben auch erhöhte Risiken für Beeinträchtigungen der Tiergesundheit zu erwarten, die sich wiederum negativ auf die Wirtschaftlichkeit der Milchproduktion auswirken können (FLACHOWSKY et al., 2002).

Fett-Eiweiß-Quotient

Aufgrund der Nivellierung zwischen hohen und niedrigen Werten kommt dem Herdenmittel keine relevante Aussagekraft zu. Eine deutliche Verbesserung der Aussagekraft ist bei einer Auswertung des prozentualen Anteiles von Einzeltieren in entsprechenden Befundkategorien gegeben. Deshalb wurden die Anteile der Kühe in den beiden kritischen Bereichen (FEQ < 1,1 sowie FEQ > 1,5) errechnet und ausgewiesen. Zu Laktationsbeginn waren die Anteile beider Gruppen mit etwa 20 % nahezu gleich. Damit befanden sich etwa 40 % der Kühe unmittelbar nach der Geburt in einer kritischen Versorgungslage. Der Anteil der Kühe mit einem FEQ größer 1,5 ging in den ersten Laktationsmonaten stark zurück und stagnierte ab dem fünften Monat bei etwa 1,7 %. Bereits im dritten Laktationsmonat hat der Großteil der Kühe den kritischen Bereich verlassen.

Der Anteil an Milchkühen, die dem Risiko einer azidotischen Stoffwechsellage ausgesetzt waren, war deutlich höher, als der Anteil der Kühe mit einem erhöhten Ketoserisiko. Gleichzeitig waren die Schwankungen bei dem Anteil der Tiere, mit einem FEQ < 1,1, deutlich größer. Vor allem in den heißen Sommermonaten stieg dieser Anteil deutlich an. Dies kann als ein Hinweis auf einen Mangel an strukturwirksamen Futterbestandteilen beziehungsweise ein Missverhältnis zwischen der Kraftfutter- und der Strukturversorgung gedeutet werden.

Milchharnstoffgehalt

Die einzelnen Kühe der Untersuchungsbetriebe wiesen im Mittel der monatlichen Milchkontrollen einen Milchharnstoffgehalt von 286 (± 73) ppm auf. Als Optimum (Zielbereich) für den Milchharnstoffgehalt gilt der Bereich zwischen 150 und 300 ppm (RICHARDT, 2003; LFL, 2007). Verglichen mit zurückliegenden Durchschnittswerten, veröffentlicht vom LKV-BAYERN (2006), fielen die Milchharnstoffwerte der Untersuchungsbetriebe mit 286 ppm überdurchschnittlich hoch aus. Es ist davon auszugehen, dass die primären Variationsursachen in den Nährstoffgehalten zwischen den einzelnen Silagen und insbesondere zwischen den einzelnen Grassilageschnitten begründet sind. Ein weiterer Erklärungsansatz ist ein vorliegendes Ungleichgewicht zwischen der Energie- und Proteinversorgung.

Im Falle der untersuchten Kühe konnte fast während der kompletten Laktation von einer sehr guten Versorgung bis zu einer Überversorgung beziehungsweise von einem „Luxuskonsum“ an Energie und Protein ausgegangen werden.

Kontrollschema auf Basis Milcheiweiß- und Milchharnstoffgehalt (9-Felder-Tafel)

In Abb.2 ist die Zugehörigkeit der Kühe zu den einzelnen Kategorien getrennt nach einem Milcheiweißgehalt größer 3,8 % beziehungsweise kleiner 3,2 % veranschaulicht.

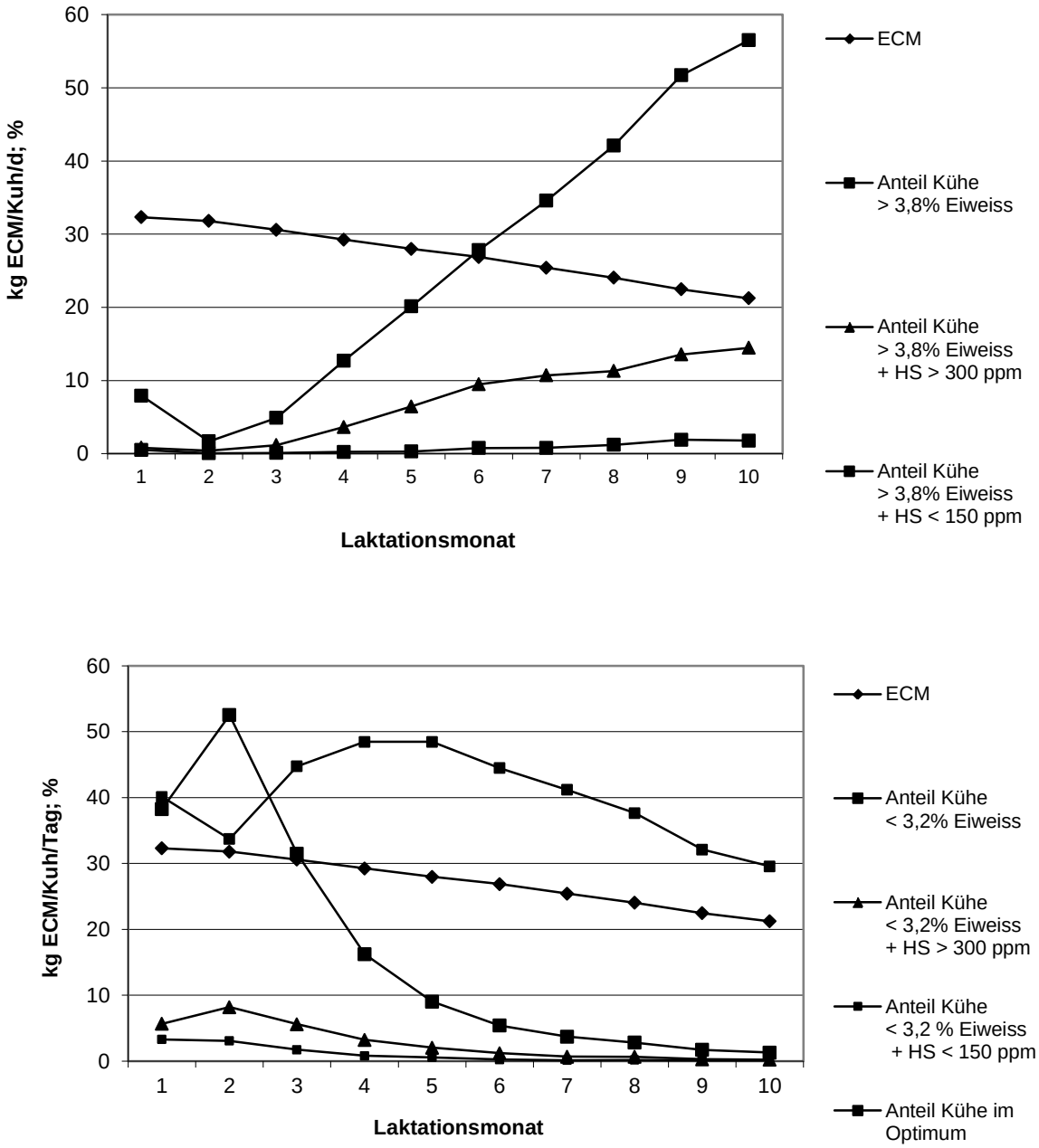


Abbildung 2: Milchleistung und Anteile der Kühe in den einzelnen Kategorien der 9-Felder-Tafel im Laktationsverlauf 2005/06 (n = 3.888 Kühe)

Die Anzahl der Kühe, die einen Harnstoffgehalt unter 150 ppm aufwiesen, war sehr gering. Bezüglich des Eiweißgehaltes fielen 46,2 % der Tiere zu Laktationsbeginn durch einen Wert außerhalb des Referenzbereiches auf. Dabei überwogen mit 38,2 % die Kühe, bei denen aufgrund ihres Milcheiweißgehaltes von unter 3,2 % der Verdacht eines Energiedefizits nahelag. Im weiteren Laktationsverlauf verringerte sich der Anteil der Kühe mit einem Energiedefizit deutlich. Niedrige

Eiweißgehalte als Indiz für eine Energiemangelversorgung treten überwiegend zu Laktationsbeginn auf (RICHARDT, 2003). Der steile Abfall der Kurve nach dem zweiten Laktationsmonat zeigt, dass mit zunehmendem Futteraufnahmevermögen und leicht rückläufiger Milchleistung der Großteil der Kühe diesen kritischen Bereich wieder verließ.

Die Anzahl der Milchkühe, deren Eiweißgehalt den Wert von 3,8 % überschritt, stieg ab dem 2.Laktationsmonat von 3 % Prozent kontinuierlich an und erreichte im 10. Laktationsmonat nahezu 60% (siehe Abb. 2). Bei den Kühen, deren Milcheiweißgehalt auf eine energetische Überversorgung hinwies, waren im Laktationsverlauf bei bis zu 16,3 % auch eine Proteinüberversorgung und bei bis zu 3,1 % eine Proteinunterversorgung zu vermuten. Die Proteinüberversorgung kann als „Luxuskonsum“ aufgrund falscher Rationszusammenstellung und/oder nicht bedarfsgerechter Versorgung mit Protein und/oder Energie gewertet werden.

Aus Abb. 2 ist ferner ersichtlich, dass eine Überversorgung mit Protein wesentlich seltener vorkam als eine Überversorgung mit Energie. Als mögliche Erklärung kann angeführt werden, dass die untersuchten Futterbaubetriebe überwiegend selbsterzeugtes Getreide als Energiekraftfutter einsetzten, jedoch die Eiweißkraftfuttermittel sparsamer zukauften. Zukauffutter werden aufgrund ihres Preises meist gezielter eingesetzt als selbsterzeugte Produktionsmittel, für die kein direkter Zahlungsstrom fließt.

Die Beurteilung der Milcheiweiß- und Milchharnstoffgehalte anhand der 9-Felder-Tafel ist ein einfaches Kontrollschema, das in der landwirtschaftlichen Praxis ohne nennenswerten Aufwand im Rahmen des Fütterungscontrollings Anwendung findet. Die Abschätzung der Energie- und Proteinversorgung mit Hilfe der 9-Felder-Tafel stößt gerade zu Laktationsbeginn aber auch an Grenzen (SEGGEWIß, 2004). Dies liegt vor allem in der Tatsache begründet, dass die Ergebnisse auf der Basis nur eines monatlichen Probentermins berechnet werden. Deshalb sollten weitere Kontroll-Parameter wie beispielsweise der Fett-Eiweißquotient (FEQ) Anwendung finden.

Der Zielbereich („Optimum“) der 9-Felder-Tafel wurde im Mittel des Laktationsverlaufes von 39 % der Kühe erreicht. Nur im zweiten Laktationsmonat nahm der Anteil Kühe im Optimum auf über die Hälfte zu. Gerade in den ersten Laktationsmonaten, in denen sich die Tiere erwartungsgemäß in einer defizitären Versorgungslage befinden, lagen die Werte der meisten Tiere im optimalen Bereich. Der Anteil Kühe im optimalen Bereich ging bereits im fünften Laktationsmonat auf unter 10 % zurück und lag im zehnten Laktationsmonat bei nur noch 1,3 %.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der Studie geben Hinweise darauf, dass ein erheblicher Anteil der Milchkühe von der optimalen Versorgungslage abwich. Die vielfältigen Variationsursachen erschweren die Interpretation der jeweiligen Milchinhaltsstoffe und bewirken eine gewisse Unschärfe. Gleichwohl bieten sie hinreichende Anhaltspunkte, um Milchkühe mit einem unzureichenden Anpassungs- und Regulationsvermögen sowie suboptimale Fütterungsbedingungen aufzuspüren. Die Identifizierung von Abweichungen gegenüber Referenzbereichen und einer guten fachlichen Praxis ist maßgeblich, um frühzeitig eine zielführende Behandlung der Tiere einzuleiten bzw. eine Rationsanpassung vorzunehmen.

Die Möglichkeiten und die Bereitschaft der Landwirte, Nährstoffimbalancen entgegenzuwirken, werden durch mitunter erhebliche zeitliche und finanzielle Mehraufwendungen begrenzt. Es wird allgemein davon ausgegangen, dass sich eine verbesserte Nährstoffanpassung betriebswirtschaftlich auszahlt. Allerdings mangelt es bislang an belastbaren Untersuchungen hinsichtlich der Kosten-Nutzen-Relation. Die Tatsache, dass trotz regelmäßig verfügbarer Informationen gravierende Fehlentwicklungen bei der Nährstoffversorgung auftreten, lässt den Schluss zu, dass dem Fütterungscontrolling noch zu wenig Beachtung geschenkt wird.

Literatur

BRADE, E., (2004): Möglichkeiten des Einsatzes von Kreuzungszuchtprogrammen zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit. Landeszuchtverband Sachen. SRV-Journal 2004, Meißen.

DE KRUIF, A., R. MANSFELD und M. HOEDEMAKER, (1998): Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.

FLACHOWSKY, G., P. LEBZIEN und U. MEYER, (2002): Vorteile und Grenzen hoher Milchleistungen aus der Sicht der Tierernährung. Züchtungskunde **74**, 85-103.

HÄRLE, C. und A. SUNDRUM (2012): Tiergesundheit auf betrieblicher Ebene. 2. Mitteilung: Nährstoffversorgung auf bayerischen Milchviehbetrieben. Züchtungskunde (eingereicht).

LFL (Landesanstalt für Landwirtschaft) (Hrsg.), (2007): Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Mastrinder, Schafe und Ziegen. LfL-Information, Freising-Weihenstephan.

LKV (Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e. V.) (Hrsg.), (2004): Leistungs- und Qualitätsprüfung in der Rinderzucht in Bayern 2004. Ergebnisse und Auswertungen. In http://lkv.bayern.de/akt/f_akt_jb.htm; Einsichtsdatum: 23. November 2007.

LKV (Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e. V.) (Hrsg.) (2005): Leistungs- und Qualitätsprüfung in der Rinderzucht in Bayern 2005. Ergebnisse und Auswertungen. In http://lkv.bayern.de/akt/f_akt_jb.htm; Einsichtsdatum: 23. November 2007.

LKV (Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e. V.) (Hrsg.), (2006): Leistungs- und Qualitätsprüfung in der Rinderzucht in Bayern 2006. Ergebnisse und Auswertungen. In http://lkv.bayern.de/akt/f_akt_jb.htm; Einsichtsdatum: 23. November 2007.

LOOR, J.J., H.M. DANN, N.A. GURETZKY, R.E. EVERTS, R. OLIVEIRA, C.A. GREEN, N.B. LITHERLAND, S.L. RODRIGUEZ-ZAS, H.A. LEWIN und J.K. DRACKLEY, (2006): Plane of nutrition perpartum alters hepatic gene expression and function in dairy cows as assessed by longitudinal transcript and metabolic profiling. Physiological Genomics **27**, 29-41.

MULLIGAN, F.J. und M.L. DOHERTY, (2008): Production diseases of the transition cow. Veterinary Journal **176**, 3-9.

RICHARDT, W., (2003): Milchinhaltsstoffe als Indikatoren für die Fütterung und Gesundheit von Milchkühen. Themen zur Tierernährung. Zusammenfassung der Vorträge des Fachgespräches über aktuelle Fragen zur Tierernährung, Agrarpolitik und Veredelungswirtschaft. Deutsche VILOMIX, Neuenkirchen-Vörden. S. 3-14.

SEGGEWIß, S., (2004): Überprüfung der Bedeutung von Milchinhaltsstoffen für die Beurteilung der Energie-, Protein- und Strukturversorgung von HF-Kühen. Aus der Klinik für Rinder der Tierärztlichen Hochschule Hannover und dem Institut für Tierernährung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig. Dissertation. Tierärztliche Hochschule, Hannover.

SIEBERT, F. und J. PALLAUF, (2010): Analyse von Ergebnissen der Milchleistungsprüfung in Hessen im Hinblick auf ein Ketoserisiko. Züchtungskunde, **82**, S. 112-122.

SPOHR M. und H.-U. WIESNER, H.-U. (1991): Kontrolle der Herdengesundheit und Milchproduktion mit Hilfe der erweiterten Milchleistungsprüfung. Milchpraxis **29**, S. 231-236.

VAN DEN TOP, A.M., A. VAN DEN TOL, H. JANSEN, M.J. GEELEN und A.C. BEYNEN, (2005): Fatty liver in dairy cows post partum is associated with decreased concentrations of plasma triacylglycerols and decreased activity of lipoprotein lipase in adipocytes. J. Dairy Res. **72**, 129-137.

Autorenanschrift

Dr. Christoph Härle
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Abteilung Versuchsbetriebe
Gutshof 3
85586 Poing-Grub, Deutschland
bc.haerle@gmx.net

Praxisversuch mit Pressschnitzelsilage in der Bullenmast

Petra Rauch[1], Hubert Schuster[1], Christine Potthast[2], Franz Xaver Bartlreier[3], Josef Zwickl[4]

[1]LfL, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub
[2]Südzucker AG, Mannheim/Ochsenfurt
[3]LKV Bayern, Rindermastring Landshut
[4]Fachzentrum Rindermast, AELF Erding

Einleitung

Pressschnitzel fallen als Nebenerzeugnis bei der Verarbeitung von Zuckerrüben an und werden auf den Betrieben überwiegend siliert verfüttert. Im Vergleich zu Getreide oder Maissilage sind in der Pressschnitzelsilage die Gehalte der leichtlöslichen Kohlenhydrate deutlich geringer (Tab.1). Die Energie der Pressschnitzel stammt aus den Zellwandbestandteilen (v.a. Pektine), die wie Stärke eine hohe Abbaubarkeit haben (ca. 85 %). Deren Abbau erfolgt jedoch wesentlich langsamer als Stärke z.B. in Maissilage oder Gerste. Damit erfolgt eine langsame Energiefreisetzung, wodurch der pH-Wert im Pansen stabiler bleibt. Die Strukturwirkung liegt zwischen Maissilage und Kraftfutter. Zum praktischen Einsatz in der Fresseraufzucht und Bullenmast führte das Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Grub von Oktober 2010 bis Juni 2012 zusammen mit einem praktischen Landwirt einen Versuch durch. Ziel der Untersuchung war die Prüfung der Einsatzmöglichkeiten und die Ableitung von Einsatzempfehlungen für die Praxis. Das Vorhaben wurde von der Südzucker AG Ochsenfurt gefördert. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programmpaket SAS.

Material und Methoden

Es wurden zwei hintereinander folgende Durchgänge mit jeweils 2 mal 21 Fleckviehkälbern durchgeführt. Die Kälber wurden mit einem Durchschnittsgewicht von ca. 96 kg im ersten und ca. 85 kg im zweiten Durchgang nach Gewicht, Fleischwert des Vaters und Alter gleichmäßig auf eine Gruppe mit Mais- plus Pressschnitzelsilage (Versuchsgruppe) und eine Gruppe mit Maissilage (Kontrollgruppe) verteilt. Die Aufstallung erfolgte in einem Warmstall mit Spaltenboden, Porenlüftung und Heizung. Die Fütterung der Fresser-Gruppen wurde von Hand durchgeführt, dabei wurde jede Mahlzeit eigens zugewogen. Die tägliche Futteraufnahme ließ sich dadurch nur als Mittelwert je Gruppe erfassen. Die Rationen beider Gruppen waren im Energie- und Proteingehalt gleich und auf das gewohnte betriebliche Niveau abgestimmt (Tab.2). Während der 8-wöchigen Tränkeperiode wurden Versuchs- und Kontrollgruppe einheitlich geführt (30 kg Milchaustauscher mit 50 % Magermilchpulveranteil). Ab der 8.Woche wurde bei der Versuchsgruppe zunehmend Pressschnitzel-Silage als teilweiser Ersatz von Getreide und Maissilage eingesetzt und bis zur 15. Woche langsam bis auf den Zielwert von ca. 20 % der TM gesteigert. Die Ration der Kontrollgruppe basierte nur auf Maissilage. Bei beiden Gruppen wurde die betriebseigene Kraftfuttermischung verwendet (Zusammensetzung 139 g Rohprotein mit 12,6 MJ ME je kg). Die Fresser wurden zu Versuchsbeginn, zum Abtränken, drei bzw. fünf Wochen nach dem Abtränken und vor dem Umstallen in den Bullenstall gewogen. Die Futterkomponenten wurden auf Inhaltsstoffe untersucht, die mittlere Futteraufnahme der Gruppen täglich bestimmt. Ab einem Gewicht von ca. 220 kg wurden die Fresser in den Maststall auf Spaltenboden überstellt und

dort bis zu einem Schlachtgewicht von ca. 750 kg gemästet. Auch hier wurden die Abteile im zweiten Durchgang gewechselt. Die Gruppenaufteilung von den Fressern wurde beibehalten. Die Futterzuteilung bei den Mastbullen erfolgte mit einem Futtermischwagen. Dadurch konnte auch hier die tägliche Futteraufnahme nur als Mittelwert je Gruppe erfasst werden. Die Mastrationen für beide Gruppen in beiden Durchgängen sind in der Tabelle 3 dargestellt Die Bullen wurden einmal während der Mast und am Mastende gewogen. Nach der Schlachtung wurden Schlachtgewicht, Handels- und Fettklasse erfasst.

Ergebnisse

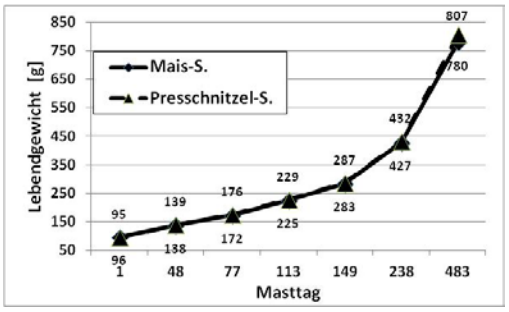


Abb. 1: Lebendgewicht 1. Durchgang

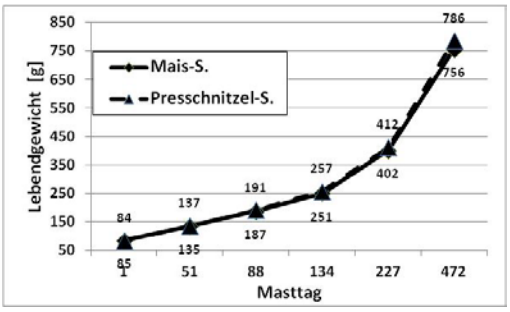


Abb. 2: Lebendgewicht 2. Durchgang

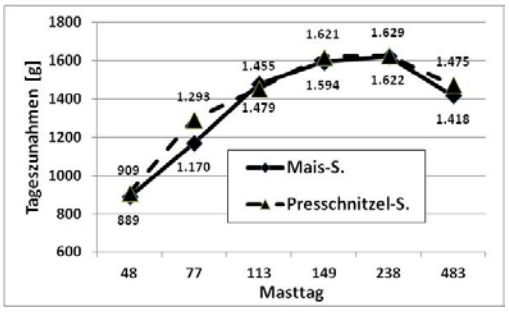


Abb. 3: Tageszunahme 1. Durchgang

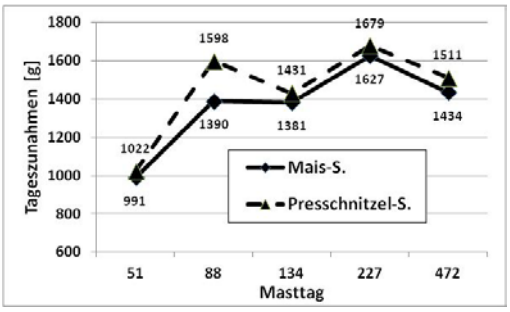


Abb. 4: Tageszunahmen 2. Durchgang

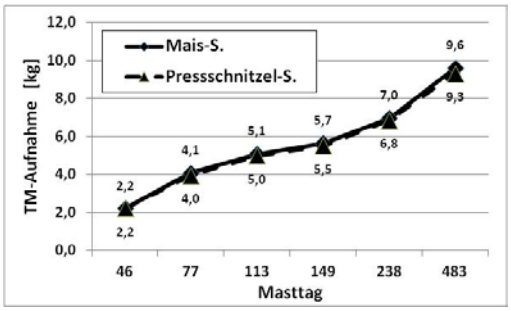


Abb. 5: TM-Aufnahme 1. Durchgang

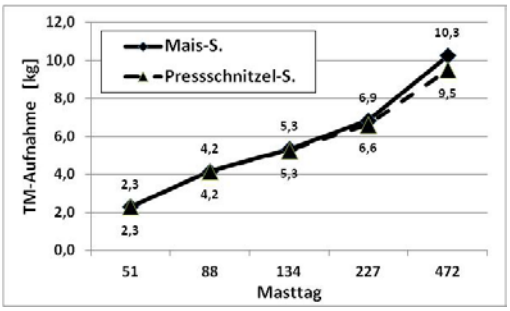


Abb. 6: TM-Aufnahme 2. Durchgang

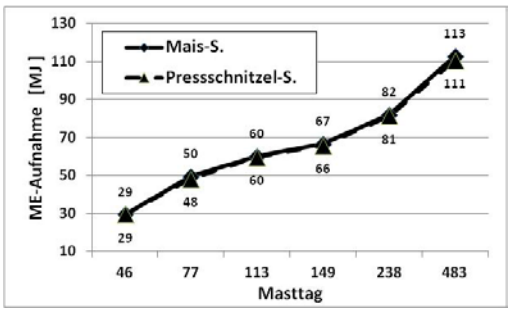


Abb. 7: ME-Aufnahme 1. Durchgang

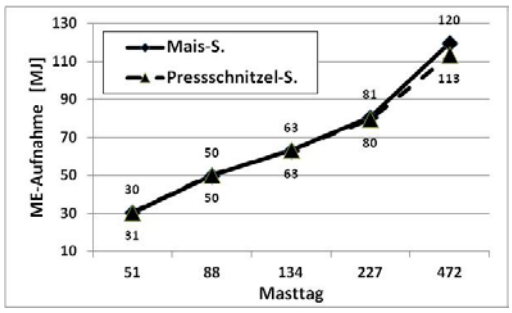


Abb. 8: ME-Aufnahme 2. Durchgang

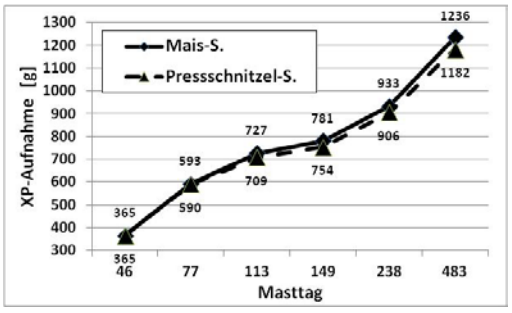


Abb. 9: XP-Aufnahme 1. Durchgang

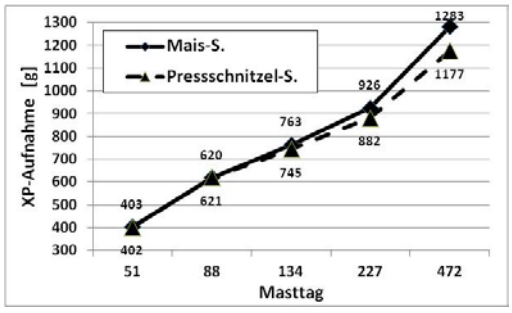


Abb. 10: XP-Aufnahme 2. Durchgang

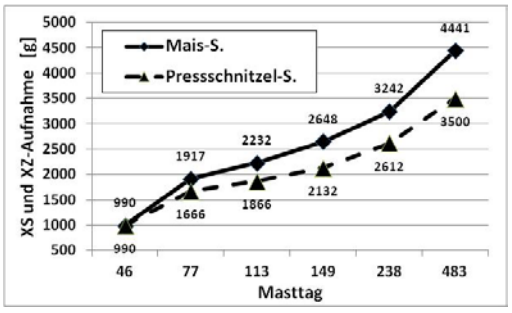


Abb. 11: Zucker/Stärke-Aufnahme 1. Durchgang

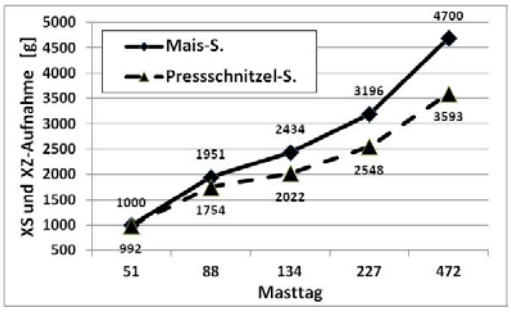


Abb. 12: Zucker/Stärke-Aufnahme 2. Durchgang

Weder bei den einzelnen Wiegedaten, noch bei den Schlachtdaten ergaben sich signifikante Unterschiede (Abb.1 - 4). Der Einbruch in den Tageszunahmen um den 144. Masttag im zweiten Durchgang wurde durch einen Wechsel der Maissilage verursacht. Sowohl bei den durchschnittlichen Netto-/Brutto-Zunahmen ab Kalb/Fresser, als auch bei den durchschnittlichen Schlachtgewichten lag die Versuchsgruppe im ersten und zweiten Durchgang geringfügig über der Kontrollgruppe (Tab 4). Handels- und Fettklassifizierung waren fast identisch. Die Handelsklassifizierung wurde im ersten Durchgang mit durchschnittlich 11,3 (entspricht U 0), im zweiten Durchgang mit 11,7 bzw. 12,0 (entspricht U +), die Fettklassifizierung im ersten und zweiten Durchgang mit ca. 8 (entspricht mittlerer Verfettung) angegeben. Die Aufnahme an Trockenmasse, Energie und Rohprotein war gleich bzw. lag bei der Versuchsgruppe im zweiten Durchgang gegen Mastende etwas unter der Kontrollgruppe. Die Kontrollgruppen hatten eine deutlich höhere Aufnahme an Zucker und Stärke.

Diskussion

Beide Durchgänge lagen mit durchschnittlichen Brutto-Tageszunahmen ab Kalb zwischen 1400 und 1500 g über dem durchschnittlichen Niveau von bayerischen Bullenmastbetrieben mit 1286 g ab Kalb bzw. 1306 g ab Fresser (LKV Bayern, 2011), was für optimale Mastbedingungen spricht. Die Kälber im

ersten und zweiten Durchgang waren bei Versuchsbeginn unterschiedlich schwer und wurden auch nicht zu denselben Zeitpunkten gewogen. Die Tageszunahmen und Gewichte zu den einzelnen Zeitpunkten können daher nicht zwischen den Durchgängen verglichen werden. Beide Durchgänge wurden dagegen fast zum selben Zeitpunkt (481. bzw. 482. Tag) geschlachtet, was einen Vergleich der Mast- und Schlachtdaten erlaubt: bei fast identischer Handels- und Fettklasse zeigten die Tiere der Versuchsgruppe im ersten Durchgang tendenziell etwas höhere Tageszunahmen. Die etwas geringere TM- und Nährstoff-Aufnahme der mit Pressschnitzel-Silage gefütterten Gruppe im zweiten Durchgang führten dagegen zu fast identischen Tageszunahmen. Beides deutet auf eine etwas bessere Verwertung der Nährstoffe bei der mit Pressschnitzel-Silage gefütterten Gruppe hin. Dies könnte in Zusammenhang mit dem deutlich geringeren Anteil an leicht löslichen Kohlehydraten bei der Ration der Versuchsgruppe stehen, der sich positiv auf Pansenmilieu und Verwertung der Nährstoffe ausgewirkt haben könnte. Zu einer ähnlichen Aussage gelangen sowohl Engelhard et al. (2007) bei Milchkühen, als auch Trautwein et al. (2012) bei Mastbullen. Letztere setzten zwischen 50 und 70 % Pressschnitzel-Silage in einem Gewichtsbereich zwischen 290 und 660 kg ein.

Schlussfolgerungen

Die Rindermast in Bayern basiert auf Maissilage. Flächenknappheit und Preisdruck, witterungsbedingten Ertragseinbußen, aber auch Krankheiten und Schädlinge (z.B. Westl. Maiswurzelbohrer) können jedoch Maissilage als Futtergrundlage verknappen. Generell ist Pressschnitzel-Silage als Saftfutter zunächst ein Ersatz für Getreide, Melasseschnitzel etc. und kann hierfür ein Einsparpotential bieten. Aufgrund der gegenüber Kraftfutter höheren Strukturwirkung kann sie aber auch neben Klee-/Grassilage als teilweiser Ersatz für Maissilage dienen. Pressschnitzel-Silage wird von Fressern und Mastbullen gern aufgenommen und zeigt gegenüber der Maissilage keine Nachteile in Futteraufnahme und Tageszunahme. In der Fresseraufzucht hat Pressschnitzel-Silage noch keinen nennenswerten Einfluss auf die Futterkosten, diese werden hauptsächlich vom Preis für Milchaustauscher und Kraftfutter bestimmt. Die Wirtschaftlichkeit in der Bullenmast hängt vom Preisverhältnis zu Silomais ab.

Literatur

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2012: Gruber Tabelle zur Fütterung in der Rindermast. 17. Auflage

Engelhard, T., H. Kluth, 2008: Fütterung von Rationen mit hohen Anteilen an Pressschnitzeln. Tagungsband zum Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweineernährung, Fulda 09. – 10.04.2008, 88-91

LKV Bayern, 2011: Fleischleistungsprüfung in Bayern 2011 - Ergebnisse und Auswertungen

Schuster, H., P. Rauch, J. Zwickl, F.X. Bartlreiher, 2011: Nicht nur auf Mais setzen. – Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt, 40, 36 – 37

Trautwein, J., C. Koch, C. Potthast, G. Dusel, 2012: Einsatz von Pressschnitzelsilage in der Mastrinderfütterung/Bullenmast. Tagungsband zum Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweineernährung, Fulda 14. – 15.03.2012, 86-89

Tabellen

Tabelle 1: Inhaltsstoffe der eingesetzten Mais- und Pressschnitzel-Silagen

[je kg TM]	Mais-Silage	Pressschnitzel-Silage
TM [g]	33,6	26,6
ME [MJ]	11,5	12,1
Rohprotein [g]	74	93
Rohfaser [g]	170	201
Stärke+Zucker [g]	402	17

Tabelle 2: Futterplan Fresser

Woche	MAT[1] [kg]	Starter [kg]		Soja HP [kg]		Mais-S. [kg]		PSS-Silage [kg]	Heu [kg]
		MS-Gr.	PS-Gr.	MS-Gr.	PS-Gr.	MS-Gr.	PS-Gr.	PS-Gr.	beide
1	0,7	0,1	0,1						0,2
2	0,8	0,4	0,4			0,1	0,1		0,2
3	0,8	0,7	0,7			0,4	0,4		0,2
4	0,8	0,9	0,9	0,2	0,2	0,5	0,5		0,2
5	0,35	1,3	1,3	0,3	0,3	0,9	0,9		0,2
6	0,35	1,6	1,6	0,35	0,35	1,5	1,5		0,2
7	0,3	2,1	2,1	0,4	0,35	2	2		0,2
8	0,3	2,2	2,2	0,4	0,4	2,7	1,8	1,0	0,2
9		2,2	2,2	0,5	0,4	3,5	2,6	1,3	0,2
10		2,2	2,2	0,5	0,5	5	3,5	1,8	0,2
11		2,1	2,2	0,5	0,5	5,6	4,0	2,4	0,2
12		2,1	2	0,6	0,6	6,5	4,4	2,8	0,2
13		1,9	2	0,7	0,6	7,5	4,7	3,2	0,2
14		1,8	2	0,8	0,7	8,2	5,0	3,5	0,2
15		1,8	2	0,8	0,7	8,7	5,6	3,8	0,2

[1] Milchaustauscher mit 50 % Magermilchpulver

Tabelle 3: Futterplan Mastbullen

	ca. 290 kg LG		ca. 440 kg LG		ca. 790 kg LG	
Zusammensetzung	**MS**	**PSS**	**MS**	**PSS**	**MS**	**PSS**
Mais-Silage	11,8	7,7	15,8	10,3	22,3	15,5
Pressschnitzel-Silage	-	4,7	-	6,3	-	9,5
Stroh	-	0,15	-	0,2	-	0,3
WW/KM (70/30)	1,5	1,6	1,7	1,8	2,5	2,8
Soja/Raps (50/50)	0,9	0,8	0,9	0,8	1,3	1,2
Mineralf.	0,06	0,03	0,07	0,04	0,11	0,06
Kalk	0,03	-	0,04	-	0,05	-

Inhaltsstoffe der TMR	**Maisgruppe**	**PSS-Gruppe**
• **TM [g/kg]**	• 415	• 387
• **ME [MJ/kg TM]**	• 11,8	• 11,9
• **Rohprotein [g/kg TM]**	• 131	• 129
• **Rohfaser [g/kg TM]**	• 131	• 144
• **Stärke+Zucker [g/kg TM]**	• 463	• 378

Tabelle 4: Ergebnisse Mast- und Schlachtleistungen

	Durchgang	**Mais-Silage**		**Pressschnitzel-Silage**	
		Mittelwert	**St.-Fehler**	**Mittelwert**	**St.-Fehler**
Brutto-Zunahme Kalb [g]	1	1422,4	33,7	1477,0	33,5
	2	1505,3	54,3	1510,6	60,7
Brutto-Zunahme Fresser [g]	1	1530,0	40,3	1584,2	40,1
	2	1575,9	65,0	1581,8	72,7
Schlachtgewicht [kg]	1	437,4	10,0	455,3	10,0
	2	425,5	7,5	444,7	7,7
Netto-Zunahme Kalb[2] [g]	1	801,7	21,1	838,8	21,0
	2	817,2	15,9	849,1	16,4
Netto-Zunahme Fresser[2] [g]	1	843,6	25,3	881,6	25,1
	2	861,8	18,7	890,6	19,2
Handelsklasse	1	11,3	0,4	11,3	0,4
	2	12,0	0,3	11,7	0,3
Fettklasse	1	8,1	0,3	8,2	0,3
	2	8,1	0,3	7,4	0,3

[2] Nettozunahme = (Schlachtgewicht (Mastende) – theoretisches Schlachtgewicht (Mastanfang)) x 1000/Futtertage; Berechnung nach Vorgaben des LKV Bayern

Autorenanschrift

Petra Rauch
LfL, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft
Prof.-Dürrwaechter-Platz 3
85586 Poing-Grub, Deutschland
Petra.Rauch@LfL.bayern.de

Ferkelaufzucht mit unterschiedlichem Vermahlungsgrad von Getreide

Laura Pitzner[2], Wolfgang Preißinger[1], Hermann Lindermayer[1], Günther Propstmeier[1]

[1]Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft Grub/Schwarzenau, Deutschland
[2]Universität Hohenheim, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Stuttgart, Deutschland

Einleitung

Bei der Futterherstellung für Ferkel stellt sich immer wieder die Frage nach der „idealen" Schrotfeinheit des Getreides. Eine eindeutige Aussage ist schwierig, es kommt auf die Rahmenbedingungen im Einzelbetrieb an. Egal ob fein oder gröber geschrotet werden soll, der Landwirt muss seine Mahl- und Mischanlage kennen und die für seine Tiere passende Mahlfeinheit gezielt herstellen. So wurden bei gröberer Futterstruktur bzw. bei einer weniger intensiven Vermahlung des Futters weniger Magenulcera (Wolf und Kamphues, 2007) in der drüsenlosen oberen Magenregion, eine Verminderung des Salmonellen-Druckes (Kamphues et al., 2007) sowie ein günstiger Einfluss auf die Kotbeschaffenheit (Warzecha, 2006) beobachtet. Grundsätzlich kann mit gröberem Futter gastroenteralen Erkrankungen vorgebeugt werden und damit der Antibiotikaeinsatz reduziert werden. Falsche Einstellungen und Abnutzungen der Mühlen führen immer zu einem unbefriedigenden Arbeitsergebnis. Zu grobe Schrotung bedeutet bei verringerter Verdaulichkeit der organischen Substanz erhöhte Nährstoffausscheidungen, Fehlversorgungen und Minderleistungen. Zu feine Schrotung führt zu hohen Staubverlusten, Futterverzehrsproblemen, Magenüberladungen bis hin zu Magengeschwüren. Weiterhin werden bei der Feineinstellung durch Überhitzungen während des Schrotens essentielle Nährstoffe und auch die pflanzeneigene Phytase zerstört bzw. zusätzlich deren Wirksamkeit beeinträchtigt. Nicht nur der Futteraufwand und die Futterkosten sind erhöht, es steigen auch der Kraftaufwand und die Energiekosten. Im Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum Schwarzenau wurden bereits Ferkelfutter bei unterschiedlicher Mühlendrehzahl und Sieblochung hergestellt und in Verdauungsversuchen (Lindermayer et al., 2009) und mittels Siebanalyse überprüft (Preißinger et al., 2009). Dabei wurden sehr hohe Verdaulichkeiten der organischen Substanz (86 %) auch bei großer Lochweite des Mühlensiebes (6 mm) und verminderter Drehzahl erzielt. Ein Fütterungsversuch bei Ferkeln mit grob oder fein vermahlenem Getreide stand noch aus.

Material und Methoden

Die Untersuchung wurde am Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum Schwarzenau durchgeführt und bestand aus einem Ferkelfütterungsversuch im Lebendmassebereich zwischen 10 und 35 kg. Für den Versuch wurden 192 Ferkel der Rasse Pi x (DL x DE) nach Lebendmasse, Abstammung und Geschlecht ausgewählt und gleichmäßig auf die folgenden zwei Gruppen aufgeteilt.

- Gruppe I: Feines Schrot, Ziel: ca. 50 % der Futterpartikel < 1 mm
- Gruppe II: Grobes Schrot, Ziel: ca. 35 % der Futterpartikel < 1 mm

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 10,1 kg. Pro Behandlungsgruppe wurden 2 Buchten mit weiblichen Tieren, 2 Buchten mit männlich kastratierten Tieren und 4 Buchten

gemischtgeschlechtlich aufgestallt. Die Fütterung erfolgte am Kurztrog 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.

Tabelle 1: Versuchsrationen und analysierte Inhaltswerte

Sieb, Drehzahl		**Gruppe I „fein“ 5 mm, 2960 U/min bei -12°C 3 mm, 2960 U/min bei +14°C**		**Gruppe II „grob“ 6 mm, 2960 U/min bei -12°C 5 mm, 2960 U/min bei +14°C**	
		FAF I	**FAF II**	**FAF I**	**FAF II**
Weizen	%	37	38	37	38
Gerste	%	36	37	36	37
Sojaöl	%	1	1	1	1
Sojaschrot 48	%	21	20	21	20
Fumarsäure	%	1	1	1	1
Mifu[1)]	%	4	3	4	3
Analysen	n	5	7	6	7
ME[3)]	MJ	13,37	13,43	13,63	13,64
Stärke	g	433	441	440	454
Zucker	g	29	30	29	30
Rohprotein	g	191	181	188	182
Lysin	g	12,3	11,5	12,2	11,6
Methionin	g	4,0	3,8	3,9	3,8
Threonin	g	8,1	7,5	8,0	7,6
Thryptophan	g	2,4	2,1	2,4	2,1
Rohfett	g	28	29	28	31
Rohfaser	g	32	33	30	32
Rohasche	g	48	42	47	42
Ca	g	7,2	6,5	7,2	6,4
P	g	4,6	4,2	4,5	4,2
Na	g	2,2	1,8	2,1	1,8
Cu	mg	145	126	146	120
Zn	mg	123	119	120	114
SBV[2)]	meq	716	661	708	667
VQ org. Subst.[3)]	%	88,5	89,2	88,7	88,6

1) Mifu (15,5 Ca/3,5 P/5 Na/ 10Lys/3 Met/3,5 Thr/0,4 Try/Phyt)-ohne Säuren/Pro-/Prebiotika
2) Säurebindungsvermögen pH 3
3) VQ aus Verdauungsversuchen mit 3 Tieren/Futter

Die Futteruntersuchen wurden im Labor der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Grub nach VDLUFA-Richtlinien durchgeführt. Nach Ende des Versuches wurden für jede Behandlungsgruppe Gülleproben gezogen und der Gülleanfall ermittelt. Die Analyse der Gülleproben wurde im Labor der Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen (AQU 1) in Freising nach VDLUFA-Richtlinien durchgeführt. Während des Versuchs wurde der Kot in den Buchten bonitiert. Dabei wurden folgende Noten vergeben: 1 für wässrig bis 4 für hart.

Die Rationen aus Weizen, Gerste, Sojaextraktionsschrot, Futteröl und Mineralfutter waren einfach aufgebaut und kamen sehr nahe an die Zielvorstellungen heran (siehe Tabelle 1). Die Versorgungsempfehlungen für schnellwüchsige Aufzuchtferkel (Gruber Tabelle, LfL 2011) wurden laut

Laboranalysen gut getroffen. Im Verdauungsversuch wurden für beide Schrotvarianten mit 89 % gleiche Verdaulichkeiten der organischen Substanz ermittelt. Damit lag man über den von der Tierernährung für Ferkel geforderten 82-84 %.

Die Verteilung der Partikelgrößen wurde mit einem Siebkasten ermittelt. Folgende Verteilungen wurden prozentual bzw. gewichtsanteilig bestimmt: >3mm, 3-2 mm, 2-1 mm und <1mm. Um die gewünschten Partikelgrößenverteilungen zu erreichen, wurden in Vorversuchen sowohl die Lochweiten der Siebe als auch die Umdrehungsgeschwindigkeit der Mühlenwerkzeuge variiert. Bei jeder Folgeschrotung wurde die Mahl- und Mischanlage neu eingestellt, da sich aufgrund der veränderten mittleren Außentemperaturen (-12 C° bis +10°C°) das physikalische Bruchverhalten der Getreidekörner von „Zerspringen“ auf „Zerquetschen“ verschoben hatte. So führte bei den sehr niedrigen Umgebungstemperaturen zu Versuchsbeginn ein Sieb mit einer Lochweite von 5 mm in Verbindung mit 2960 U/min zu den Zielvorgaben des feinen Schrotes (50 % <1 mm). Bei den höheren Temperaturen gegen Versuchsende erfüllte exakt diese Kombination die Zielvorgaben für das grobe Schrot (30-35 % <1 mm). Die weiteren für den Versuch vorgenommenen Einstellungen an der Mahlanlage können Tabelle 1 entnommen werden.

Ergebnisse und Diskussion

Die Partikelgrößenverteilung ist in Tabelle 2 zusammengefasst. Das Ziel, ein grobes Versuchsfutter (Gruppe II) mit deutlicher Korngrößenabweichung zum Standardfutter (Gruppe I) zu produzieren, wurde erreicht. Nach der einfachen und für Praxisanwendungen entwickelten Volumenanalyse mit dem Schüttelkasten fiel in der Gruppe I fast die Hälfte des Futters durch das 1-mm Sieb, in Gruppe II nur ein Drittel. Entsprechend dazu fiel die zweite Fraktion (1–2 mm) geringer (Gruppe I) bzw. höher (Gruppe II) aus. Die „Grobfraktionen“ (2 – 3 mm bzw. > 3 mm) waren annähernd gleich. Es wurde bei den wiederholten Messungen immer zwischen 180 und 190 g Versuchsfutter geschüttelt. Die Wiederholbarkeit der Messergebnisse war befriedigend.

Tabelle 2: Siebanalysen und Schrotfeinheit

		Gruppe I „fein“		Gruppe II „grob“					
		FAF I		FAF II		FAF I		FAF II	
Siebanalysen nach Volumen									
<1 mm	%	45		45		30		35	
1-2 mm	%	45		40		55		50	
2-3 mm	%	5		10		10		10	
> 3mm [2)]	%	5		5		5		5	
Siebanalysen, Schrotverteilung nach Gewicht									
<1 mm	g/%	85	47,5	85	44,6	66	35,4	60	33,3
1-2 mm	g/%	80	44,7	82	43,2	96	51,0	90	50,0
2-3 mm	g/%	11	6,0	20	10,4	22	11,9	25	13,9
>3mm	g/%	3	1,8	3	1,8	3	1,7	5	2,8
Summe	g/%	179	100	190	100	187	100	180	100

Alle Tiere starteten mit etwa dem gleichen Ausgangswicht (10,1 kg LM) in den Versuch und kamen nach 6 Wochen auf 37 kg Abschlussgewicht (siehe Tabelle 3). Somit wurden im Schnitt 652 g tägliche Zunahmen bei einem Futterverzehr von 1070 g/Tag, einem Futteraufwand von 1,64 kg/kg und einem Energieaufwand von 22,5 MJ ME/kg erreicht.

Tabelle 3: Aufzucht- und Mastleistungen (LSQ-Werte)

Gruppen		Gruppe I „fein“	Gruppe II „grob“	Sign.
Tierzahl	n	95	92	-
Ausfälle	n	1	4	
Gewichte				
Beginn	kg	10,0	10,1	n.s.
Ende	kg	36,6	37,0	0,281
Zuwachs				
Gesamt	kg	26,5	27,0	0,299
Zunahmen				
Anfang/Phase 1	g	506	492	0,261
Ende/Phase 2	g	796[a]	831[b]	0,010
Gesamt (10-37 kg LM)	g	647	658	0,299
Futterverzehr/Tag				
Anfang/Phase 1	g	722	693	0,256
Ende/Phase 2	g	1447	1443	0,856
Gesamt (10-37 kg LM)	g	1076	1059	0,414
Energieverzehr/Tag				
Anfang/Phase 1	MJ	9,6	9,2	0,319
Ende/Phase 2	MJ	20,0	19,9	0,847
Gesamt (10-31 kg LM)	MJ	14,8	14,6	0,473
Futteraufwand (kg Futter/kg Zuwachs)				
Anfang/Phase 1	kg	1,43	1,41	0,543
Ende/Phase 2	kg	1,82	1,74	0,066
Gesamt (10-31 kg LM)	kg	1,66	1,61	0,059
Futterverwertung (g Zunahmen/kg Futter)				
Anfang/Phase 1	g	700	710	0,511
Ende/Phase 2	g	551	577	0,075
Gesamt (10-31 kg LM)	g	602	621	0,067
Energieaufwand (MJ ME/kg Zuwachs)				
Anfang/Phase 1	MJ	19,0	18,8	0,710
Ende/Phase 2	MJ	25,1	24,0	0,064
Gesamt (10-31 kg LM)	MJ	22,8	22,2	0,072
Energieverwertung (g Zunahmen/MJ ME)				
Anfang/Phase 1	g	53	53	0,674
Ende/Phase 2	g	39,9	41,8	0,073
Gesamt (10-31 kg LM)	g	43,8	45,2	0,080
Futterkosten				
pro Ferkel	€	12,30	12,09	-
pro 1 kg Zuwachs	€	0,46	0,45	-

Die Gruppe II mit dem Grobschrot hatte im Trend etwas höhere Zunahmen, wobei folgendes Verlaufsbild auftrat. Junge Ferkel (Phase 1) kamen mit dem groben und oft auch einfacheren Futter nicht so gut zurecht. Danach aber kompensierten sie stark. Vom groben Futter wurde geringfügig weniger gefressen, deswegen waren bei etwas höherer Leistung der Futteraufwand bzw. der Energieaufwand in der Gruppe II niedriger bzw. die Futter- und Energieverwertung höher.

Die Kotbonitur (Abbildung 1) zeigte im Versuchsdurchschnitt einen geringfügig härteren Kot bei dem grob gemahlenen Futter (2,27 gegenüber 2,32). In der 1. Versuchswoche war mit 3,0 beim feinen Schrot und 2,6 beim groben Schrot ein Trend zu weniger Durchfall durch das gröbere Schroten zu erkennen. Gegen Durchfall wurden Einzeltiere bei feinem Schrot (Gruppe I = 100 %) öfter behandelt als bei grobem Schrot (Gruppe II= 88 %).

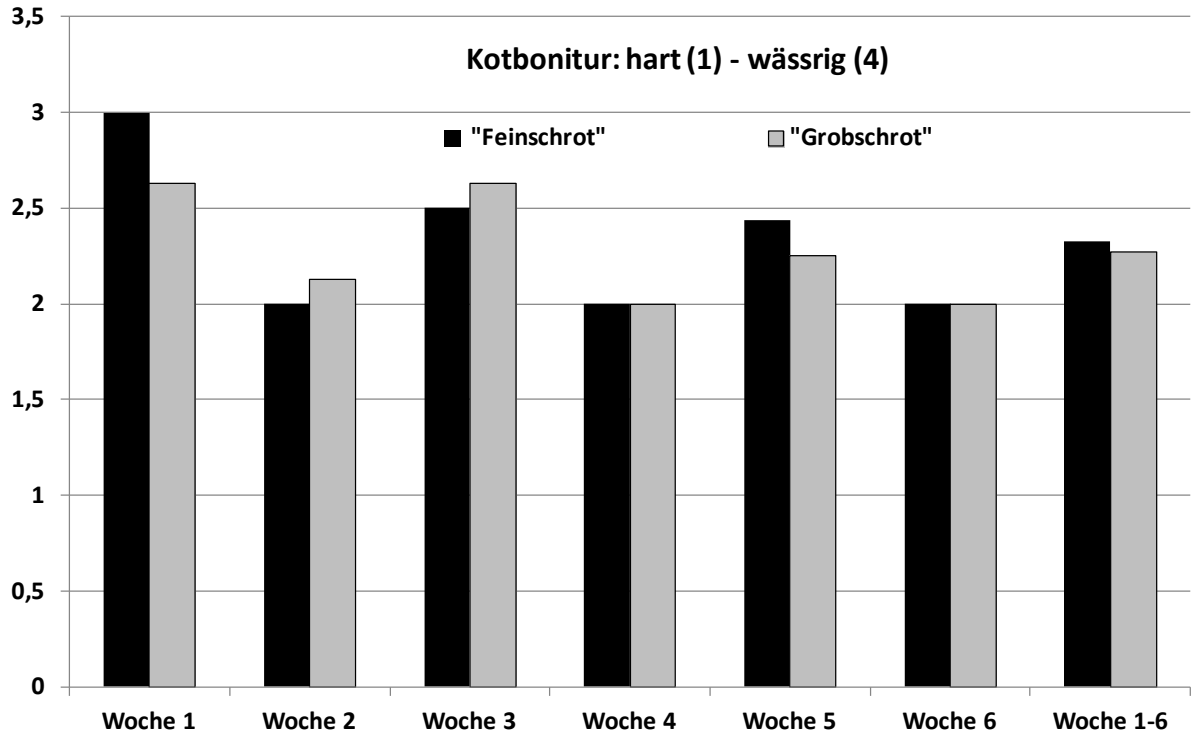


Abbildung1: Kotbonitierung (1 hart – 4 wässrig) in den einzelnen Versuchswochen und gesamt

Pro Ferkel fielen in beiden Gruppen 0,11 m^3 Gülle mit 6,9 bzw. 6,3 % T an. Standardisiert auf 5 % Trockenmasse errechnen sich 0,15 m^3 (feines Schrot) bzw. 0,14 m^3 (grobes Schrot). In Tabelle 4 sind die Ergebnisse pro Behandlung standardisiert auf einen T-Gehalt von 5 % zusammengestellt.

Tabelle 4: Güllemenge und Gülleinhaltstoffe je m^3 Gülle (2 Analysen, Angaben standardisiert auf 5 % T)

Gülleinhaltsstoffe		Gruppe I „fein“	Gruppe II „grob“
Gülle, gesamt	**m^3**	10,3	10,7
Gülle, Ferkel	**m^3**	0,11	0,11
Gülle, Ferkel bei 5 % T			
Trockenmasse	**%**	6,9	6,3
pH		6,7	6,8
Org. Substanz	**kg**	40,0	39,3
N-gesamt	**kg**	4,7	4,7
NH_4-N	**kg**	3,1	3,3
K_2O	**kg**	2,5	2,5
MgO	**kg**	1,1	1,2
CaO	**kg**	1,1	1,3
Na	**kg**	0,4	0,4
P_2O_5	**kg**	1,6	1,8
S	**kg**	0,4	0,3
Cu	**g**	40	40
Zn	**g**	70	75
Mn	**g**	25	27
Fe	**g**	59	63

Die Werte für Gesamt-N und NH_4-N, P_2O_5 K_2O und MgO lagen alle in dem Bereich, der in den Gruber Tabelle (LfL, 2011) angegeben ist. Mit durchschnittlich 803 mg/kg T aus beiden Analysen lagen die Kupfergehalte im mittleren bis oberen Bereich des bayer. Güllemonitorings (Müller, 2006). Anzuführen ist, dass hier ausschließlich Ferkelgülle analysiert wurde. Im Güllemonitoring wurden keine spezialisierten Ferkelaufzuchtbetriebe, sondern Zuchtbetriebe ausgewählt, bei denen noch Sauengülle anfällt. Beim Zink wurden im Mittel 1447 mg/kg T festgestellt. Laut dem bayer. Güllemonitierung übertrafen mit >1500 mg/kg T mehr als 40 % der Zuchtbetriebe diesen Wert.

Schlussfolgerungen

In einem Ferkelaufzuchtversuch auf sehr hohem Leistungsniveau wurde die Wirkung unterschiedlicher Vermahlungsgrade miteinander verglichen. Weder bei den Zunahmen noch beim Futteraufwand oder den Futterkosten waren die mit gröberem Schrot gefütterten Ferkel im Nachteil. Im Trend waren sie sogar besser. Der Kot war bei grobem Schrot im Versuchsmittel geringfügig härter. Zu Versuchsbeginn war jedoch ein Vorteil des groben Schrotes auf die Kotkonsistenz zu erkennen. In diesem Versuch hat sich folgende Futterstrukturschichtung im Siebkasten bewährt: 35 % <1 mm, 50 % 1–2 mm, 10 % 2–3 mm, 5 % >3 mm. Die letzte Fraktion >3 mm machte nach Wiegung letztendlich nur 2 % des Futters aus.

Die Einstellung der Schrotfeinheit ist keine einmalige Angelegenheit („Werkseinstellung“), sondern von ständiger Wichtigkeit und Dringlichkeit für den Futtermeister. „Die optimale Einstellung“ gibt es nicht, wichtige Stellgröße ist die Beobachtung der Darmgesundheit (Kotbeschaffenheit).

Literatur

Kamphues, J.; Papenbrock, S.; Visscher, C.; Offenberg, S.; Neu, M.; Verspohl, J.; Westfahl, C.; Häbich, A. (2007): Bedeutung von Futter und Fütterung für das Vorkommen von Salmonellen bei Schweinen Übers. Tierernähr g 35, 233 – 279

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

Lindermayer, H., Preißinger, W; Propstmeier, G.(2009): Zu fein ist auch nichts –Vermahlungsgrad des Futterschrotes kontrollieren und optimieren. Bayer. Landw. Wochenbl. 40, 30-31

Müller, C. (2006): Schwermetalle und Spurenelemente in Gülle, LfL-Schriftenreihe 12/2006, S. 29-36

Preißinger, W.; Lindermayer, H., Propstmeier, G.(2009): Schrotfeinheit – Vermahlungsgrad von Getreide. In: Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda 2009, Herausgeber: Verband der Landwirtschaftskammern, Bonn, 146 – 151

Warzecha, A.C. (2006): Untersuchungen zu Fütterungseinflüssen (Einsatz von Trockenschnitzeln bzw. Lignocellulose sowie unterschiedliche Vermahlungsgrade der Mischfutterkomponenten) auf die Kotbeschaffenheit und -zusammensetzung bei Sauen. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

Wolf, P.; Kamphues, J. (2007): Magenulcera bei Schweinen –Ursachen und Maßnahmen zur Vermeidung. Übers. Tierernähr g. 35, 161 -190

Autorenanschrift

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

VevoVitall®

Für eine sichere Aufzucht und schnelle Mast

VevoVitall®
Die zugelassene Benzoesäure von DSM

VevoVitall® bewirkt:
- Eine Absenkung des pH Wertes im Urin
- Verminderte Ammoniak Freisetzung
- Gezielte Verringerung von Keimen und Bakterien

VevoVitall® im Futter bedeutet:
- Verbesserte tägliche Zunahme
- Bessere Futterverwertung
- Gesündere Tiere
- Bessere Stallluft

DSM Nutritional Products
P.O. Box 2676
4002 Basel | Switzerland
www.dsmnutritionalproducts.com

HEALTH · NUTRITION · MATERIALS

DSM
BRIGHT SCIENCE. BRIGHTER LIVING.

Einfluss der Weidehaltung von Kühen auf die Fettsäuren-zusammensetzung der Milch unter besonderer Berücksichtigung von konventioneller und ökologischer Wirtschaftsweise

Gerhard Bellof [1], Patrick Ferber [1] , Julia Sehm [2], Eggert Schmidt [1]

[1]Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Fakultät Land- und Ernährungswirtschaft, D-85350 Freising
[2]Sehm Consulting, 85406 Zolling

Einleitung

Milch und Milchprodukte sind in der Ernährung der mitteleuropäischen Bevölkerung eine bedeutende Fettquelle. In den letzten Jahrzehnten stand das Milchfett aufgrund seiner hohen Anteile an gesättigten Fettsäuren in der Kritik. In den letzten Jahren wurden jedoch Studien veröffentlicht, die in der Zufuhr von Milchfett und weiteren Milchbestandteilen in der menschlichen Ernährung wesentliche Vorteile sehen (Pereira et al., 2002; Seidel et al., 2005). Milchprodukte, und hier vor allem Käse, sind eine wichtige Quelle für die alpha-Linolensäure (ALA), welche die mengenmäßig wichtigste Omega-3-Fettsäure in der Milch darstellt. Hauswirth et al. (2004) sprechen in diesem Zusammenhang sogar von einem „alpinen Paradoxon". Käse, der aus Alpmilch hergestellt wird, enthält besonders hohe Gehalte an Omega-3-Fettsäuren. Dies könnte, so die Autoren, ein Grund für die niedrige Rate von Herzerkrankungen im Alpenraum sein (Hauswirth et al., 2004).

Der Einfluss der Fütterung auf die Gehalte von ungesättigten Fettsäuren in Milch und Fleisch wurde in zahlreichen Untersuchungen belegt (French et al., 2000; Collomb et al., 2001; Scollan et al., 2001; Dannenberger et al., 2004; Flachowsky 2004). Bei einer maisbasierten Fütterung lagen die Gehalte an Omega-3-Fettsäuren bei 5,6 mg/g Milchfett und die Gehalte an konjugierten Linolsäuren (CLA) bei 5 mg/g Milchfett; bei einer überwiegend aus Frischgras bestehenden Ration dagegen bei 13,5 mg/g Milchfett und 15,9 mg/g Milchfett (Weiß et al., 2006). Ähnlich verhielten sich die CLA-Gehalte bei einem Versuch von Dhiman et al. (1999). In der Futterration von 54 Holsteinkühen stiegen die CLA-Gehalte linear mit steigendem Weideanteil an. Neben dem Weideanteil in der Futterration spielt auch die Wirtschaftsweise der Betriebe (ökologisch oder konventionell) eine Rolle. Baars et al. (2006) untersuchten die Wintermilch von fünf ökologisch und fünf konventionell wirtschaftenden Betrieben in den Niederlanden. Die CLA-Gehalte der biologischen Betriebe lagen um 18 %, die Gehalte an Omega-3-Fettsäuren um 54 % über denen der konventionellen Betriebe. Ehrlich (2007) untersuchte die Milch aus ökologisch intensiv/extensiv und konventionell intensiv/extensiv wirtschaftenden Betrieben. Der Omega-3-Fettsäuren-Gehalt in der Milch von Biobetrieben lag mit durchschnittlich 11,2 mg/g Milchfett über dem der konventionellen Betriebe mit 7,9 mg/g Fett. Allerdings lagen die Omega-3-Fettsäuren-Gehalte der Betriebe mit extensiver Fütterung unabhängig von der Bewirtschaftungsform ebenso über denen mit intensiver Fütterung.

In der vorliegenden Studie sollte untersucht werden, welchen Einfluss verschiedene Wirtschaftsweisen (ökologisch vs. konventionell) und Fütterungs-/Haltungssysteme (Weidegang vs. Stallfütterung mit Futterkonserven) auf die Zusammensetzung der Fettsäuren im Milchfett der Herdensammelmilch ausüben. Daneben war es das Ziel, die mögliche Auslobung von Milch bzw. Milchprodukten mit natürlich erhöhten Gehalten an Omega-3-Fettsäuren als „Functional Food" anhand der von der EU im Jahr 2010 vorgegebenen Richtwerte abzuschätzen.

Material und Methoden

Für die Erhebungen wurden insgesamt 27 bayerische Milchviehbetriebe (Regierungsbezirke Oberbayern und Schwaben) ausgewählt. Hierbei handelte es sich um Betriebe, die sich hinsichtlich der Kriterien Wirtschaftsweise (ökologisch vs. konventionell) sowie Fütterungs-/Haltungssystem (Weidehaltung vs. Sommerstallhaltung mit Futterkonserven) unterschieden. Es konnten drei Betriebsgruppen gebildet werden: ökologisch wirtschaftende Betriebe mit Weidehaltung (n=9), konventionelle Betriebe mit Weidehaltung (n=9) sowie konventionelle Betriebe mit ganzjähriger Stallfütterung mit Futterkonserven (n=9). Die wesentlichen Betriebs- und Standortdaten sind in der Tabelle 1 dokumentiert. Im Zeitraum April bis Oktober 2010 wurden die Herdensammelmilch sowie die jeweilige Fütterungssituation in diesen Betrieben insgesamt fünfmal erhoben. In Tabelle 2 ist die durchschnittliche Fütterungssituation in den Betrieben dargestellt. Zur besseren Veranschaulichung wurden hierbei die eingesetzten Futtermittel in Gruppen zusammengefasst. Bei „Grünfutter“ handelt es sich um den Weideaufwuchs und die Grünfütterung im Stall. In dem Begriff „Grünfutterkonserven“ sind Grassilage, Grascobs und Heu zusammengefasst. Die „Maiskonserven“ bilden Maissilage und Maiscobs. „Kraftfutter“ umfasst Getreide (inclusive Körnermais), Soja- und Rapsextraktionsschrot, sowie Milchleistungsfutter. Erwartungsgemäß setzten die ökologisch bewirtschafteten Betriebe den höchsten Grünfutter-Anteil in der Tagesration ein. Bei den konventionell wirtschaftenden Betrieben ohne Weidehaltung lag der Anteil der Graskomponenten (frisches und konserviertes Grünfutter) nur etwa halb so hoch wie bei den ökologischen Betrieben. Die Betriebe mit Sommerstallfütterung setzten deutlich erhöhte Kraftfutteranteile in den Rationen ein (Tabelle 2). Diese Fütterungsunterschiede spiegeln sich auch in den Herdendurchschnittsleistungen der drei Betriebsgruppen wider (Tabelle 1).

Tabelle 1: Standortbedingungen und produktionstechnische Kennzahlen für die untersuchten Milchviehbetriebe

Merkmal	Weide ökologisch n=9	Weide konventionell n=9	Futterkonserven konventionell n=9
Höhenlage (m NN)	750	560	500
Jahresniederschläge (mm)	1194	805	765
Bewirtschaftungsfläche (ha LF)	35	31	58
Grünlandanteil (% der LF)	97	66	37
Haltungssystem	Laufstall, Laufstall mit Auslauf	Anbindestall	Laufstall, Anbindestall
Rassen	Fleckvieh, Braunvieh, Schwarzbunt, Schwarzbunt x Rotbunt, Braunvieh x Jersey	Fleckvieh, Schwarzbunt, Rotbunt, Braunvieh, Fleckvieh x Montebéliard	Fleckvieh, Schwarzbunt, Fleckvieh x Rotbunt
durchschnittliche Kuhzahl	39	21	52
Tierbesatz (GVE/ha*)	1,1	1	0,8
Herdenleistung (kg Milch/Kuh)	5.575	6.340	7.620

*1 Milchkuh entspricht 1,2 GVE

Tabelle 2: Durchschnittliche Rationszusammensetzung in den untersuchten Milchviehbetrieben

Betriebsgruppe	Futterkomponenten (% in der TS) [1]				
	Grünfutter, frisch	Grünfutter-konserven	Maiskonserven	Biertreber	Kraftfutter
Weide ökologisch	84,3	10,8	0,0	0,0	4,9
Weide konventionell	63,6	11,2	12,1	1,9	11,2
Futterkonserven konventionell	0,0	44,8	34,3	1,9	19,0

[1] Grünfutter, frisch: Weideaufwuchs und Grünfütterung im Stall;
Grünfutterkonserven: Grassilage, Grascobs und Heu;
Maiskonserven: Maissilage und Maiscobs;
Kraftfutter: Getreide (incl. Körnermais), Soja- und Rapsextraktionsschrot, Milchleistungsfutter.

Bei jedem der fünf Probenahmetermine wurde von der Tankmilch des jeweiligen Betriebes eine Doppelprobe gezogen, sodass letztendlich 270 Milchproben zur Verfügung standen. Diese wurden im Labor der Bioanalytik Weihenstephan (Technische Universität München) tiefgefroren zwischengelagert. Die zweite Probe diente als Rückstellmuster. Es wurden somit 135 Milchproben aufbereitet, analysiert und ausgewertet.

Fettsäurenuntersuchungen

Die Bestimmung des Milchfettes sowie dessen Fettsäurenanalyse wurde im Labor der Bioanalytik Weihenstephan durchgeführt. Die Fettextraktion der Milch erfolgte nach der Methode von Bligh und Dyer (1959), modifiziert von Hallermayer (1976).

Das Fettsäuremuster wurde mit Hilfe eines Gaschromatographen und der TMSH-Methode, DGF-Einheitsmethoden C-VI 11e ermittelt. Die Auswertung der einzelnen Fettsäuren erfolgte über das Programm *Chromeleon*. Der Gaschromatograph (Autosampler 7683 (Hewlett Packard, USA)) wies folgende Parameter auf: Säule Varian cp select 7420, 100 m; Trägergas Wasserstoff; Einspritzmenge 1 µl; Injector Split 1:100; 250°C (Temperaturprogramm 100-250°C). Aus der relativen Peakfläche (PF) und dem spezifischen Umrechnungsfaktor (U) wurde der Anteil (A) der jeweiligen Fettsäure (in % im Milchfett) wie folgt errechnet:

$MW = PF * U$

$AW = \Sigma MW$

$A = MW * 100 / AW$

PF = relative Peakfläche aus Chromeleon

U = Umrechnungsfaktor

MW = multiplizierter Wert

AW = Summe aus multiplizierten Werten jeder Fettsäure der Milchprobe

A = Anteil der jeweiligen Fettsäure in Prozent im Milchfett der Milchprobe

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Fettsäuredaten erfolgte mittels des Programmes SAS mit der Prozedur GLM (SAS/STAT 1999). Folgende fixe Einflussfaktoren wurden in dem Auswertungsmodell berücksichtigt: Wirtschaftsweise (ökologisch vs. konventionell), Fütterungs-/Haltungssystem (Weidehaltung vs. Sommerstallhaltung mit Futterkonserven) sowie Monat der Probenahme. Die Signifikanzprüfung der Einflussfaktoren erfolgte mit dem F-Test.

Ergebnisse

Ausgewählte Fettsäuren der Herdensammelmilch sind in der Tabelle 3 dargestellt. Die Zusammensetzung der Fettsäuren im Milchfett wird durch die Weidehaltung der Milchkühe signifikant beeinflusst. Bei der Milch aus ökologischer Weidehaltung konnte ein signifikant höherer Gehalt an Omega-3-Fettsäuren im Vergleich zur konventionellen Weidehaltung gemessen werden, der wiederum signifikant erhöht zur konventionellen Sommerstallfütterung mit Futterkonserven war. Für die Omega-6-Fettsäuren ergab sich ein hierzu genau gegenläufiges Bild. Die ökologisch erzeugte Weidemilch wies signifikant höhere CLA-Gehalte auf als die konventionell erzeugte Weidemilch. Die auf der Basis von Futterkonserven erzeugte Milch lag im CLA-Gehalt jeweils signifikant niedriger (Tab. 3).

Tabelle 3: Ausgewählte Fettsäuren der Herdensammelmilch (LS-Mittelwerte und Standardfehler) in Abhängigkeit der Weidehaltung und Wirtschaftsweise

Fettsäuren [2]		Fütterung / Wirtschaftsweise			F-Wert	*P*
		Weide ökologisch n=9	Weide konventionell n=9	Futterkonserven konventionell n=9		
Omega-3	%	1,42 [a 1] (± 0,03)	0,96 [b] (± 0,03)	0,59 [c] (± 0,03)	197,8	<0,001
ALA	*%*	*1,167*[a] *(± 0,026)*	*0,758* [b] *(± 0,026)*	*0,458*[c] *(± 0,026)*	*190,4*	*<0,001*
EPA	*%*	*0,107* [a] *(± 0,003)*	*0,078* [b] *(± 0,003)*	*0,051*[c] *(± 0,003)*	*121,3*	*<0,001*
DHA	*%*	*0,015 (± 0,002)*	*0,018 (± 0,002)*	*0,013 (± 0,002)*	*1,1*	*0,332*
Omega-6	%	1,47 [a] (± 0,05)	1,76 [b] (± 0,05)	1,90 [b] (± 0,05)	22,3	<0,001
AA	*%*	*0,065*[a] *(± 0,002)*	*0,086*[b] *(± 0,002)*	*0,094* [c] *(± 0,002)*	*60,0*	*<0,001*
CLA	%	2,17 [a] (± 0,06)	1,37 [b] (± 0,06)	0,69 [c] (± 0,06)	134,3	<0,001

[1]Unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Unterklassen ($p \leq 0,05$)
[2]alpha-Linolensäure (ALA, C18:3), Eicosapentaensäure (EPA, C20:5), Docosahexaensäure (DHA, C22:6)
Arachidonsäure (AA, C20:4)
konjugierte Linolsäuren (CLA, C18:2 c9t11, C18:2 t10c12)

In der Abbildung 1 ist der jahreszeitliche Verlauf der Omega-3-Fettsäuren dargestellt. Die Fettsäurenzusammensetzung der Milch variierte im Verlauf des Jahres in Abhängigkeit von Beweidung und Bewirtschaftungsform. Für die Milch von ökologisch bzw. konventionell wirtschaftenden Betrieben (letztere ohne Weidehaltung) zeigte sich während des Beobachtungszeitraums ein annähernd gleich bleibendes Niveau hinsichtlich des Gehaltes an Omega-3-Fettsäuren. Beide Betriebstypen zeichnen sich aus durch eine weitgehend konstante Fütterung mit sehr hohen bzw. geringen Anteilen von Gras und Grasprodukten in der Ration aus. Für die Milch von konventionell bewirtschafteten Betrieben mit Weidehaltung konnte ein kontinuierlicher Anstieg der Omega-3-Fettsäuren (+ 23 %) während des Jahres beobachtet werden. Dieser jahreszeitliche Effekt ist möglicherweise auf ansteigende Rohfasergehalte im Gras der Weiden und auf eine reduzierte Kraftfutterergänzung aufgrund der verringerten Milchleistung der oftmals saisonal abkalbenden Herde zurückzuführen.

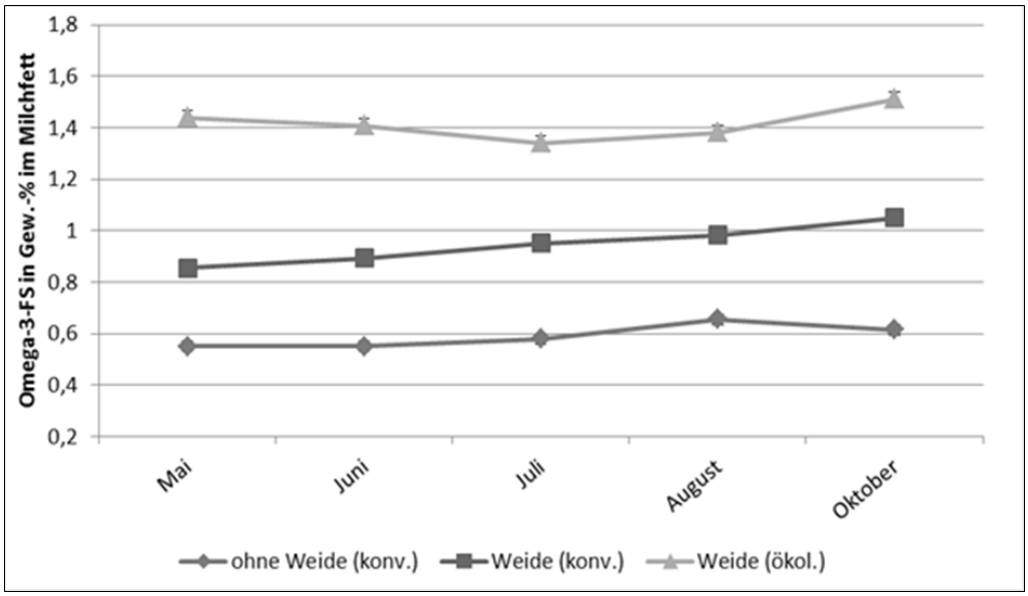


Abbildung 1: Jahreszeitlicher Verlauf der Omega-3-Fettsäuren in der Herdensammelmilch in Abhängigkeit der Weidehaltung und Wirtschaftsweise

Diskussion

Die Fettsäurenmuster in den Milchproben der eigenen Untersuchungen stehen in Einklang mit der Literatur (Ginzinger, 2011, Ehrlich, 2006, Vormann, 2009; Wehrmüller et al., 2008). In der vorliegenden Untersuchung konnte zudem eine Verdoppelung der konjugierten Linolsäuren durch die Frischgrasaufnahme erreicht werden. Diese Ergebnisse korrespondieren mit eigenen Untersuchungen in der Milchviehherde der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT) (Bellof und Schmidt 2011). Neben dem Effekt des frischen Grases kann auch die eingesetzte Kraftfuttermenge Einfluss haben. Weidehaltung dominiert in ökologisch wirtschaftenden Betrieben, ebenso wird weniger Kraftfutter eingesetzt. Koch und Schöne (2003) weisen darauf hin, dass Grünfutterrationen, besonders in Verbindung mit geringem Konzentrateinsatz, zu einer Erhöhung des CLA-Gehaltes der Milch führen. Das deckt sich mit der vorliegenden Arbeit.

Für eine ausgewogene Humanernährung ist ein enges Verhältnis von Omega-6 zu Omega-3 in einem Lebensmittel empfohlen (Simopoulos, 2008; Wijendran und Hayes, 2004; Linseisen et al., 2003). Die vorliegende Untersuchung zeigt deutliche Unterschiede zwischen den Fütterungsvarianten und

Wirtschaftsweisen. Im Durchschnitt der Beobachtungsperiode konnte für Betriebe ohne Weidehaltung ein n-6/n-3-Verhältnis von 3,2:1 ermittelt werden. Ein sehr enger Quotient (1,0:1) ergab sich bei ökologisch erzeugter Milch von auf der Weide gehaltenen Kühen, während für das Verhältnis von n-6/n-3 im Milchfett von konventionell gehaltenen Kühen mit Weidegang ein Verhältnis von 1,8:1 ermittelt wurde. Ähnliche Quotienten und Zusammenhänge wurden auch von Ehrlich (2006) beobachtet. Dieser Autor konnte feststellen, dass mit steigendem Grünfutteranteil in der Ration ein engeres Verhältnis dieser Omega-Fettsäuren einherging.

Wyss et al. (2010b) untersuchten den jahreszeitlichen Einfluss auf die Zusammensetzung der Fettsäuren in der Milch von Kühen mit Weidehaltung und Kraftfutterergänzung. Die Autoren beobachteten ebenfalls einen kontinuierlichen Anstieg der Omega-3-Fettsäuren und CLA im Verlauf des Jahres. Die von Wyss et al. (2010a) ermittelten Omega-3- und CLA-Gehaltswerte sind vergleichbar mit den in der vorliegenden Studie beobachteten Ergebnissen für ökologisch erzeugte Milch.

Die eigenen Ergebnisse belegen, dass die Weidehaltung von Milchkühen die Zusammensetzung des Milchfettes positiv beeinflusst. Die jahreszeitlichen Schwankungen sowie deutliche Differenzen zwischen den Gehaltswerten der Milch der einzelnen Milchviehbetriebe und Bewirtschaftungsformen deuten an, dass die untersuchten Weidebetriebe (konventionell) die Umstellung auf Weidehaltung vermutlich sehr langsam durchführten. Die eigenen Untersuchungen in der Milchviehherde der HSWT (Bellof und Schmidt 2011) zeigen jedoch, dass bei raschem Übergang von Winterfütterung auf Weidegang eine sehr zeitnahe Veränderung des Fettsäurenmusters eintritt.

Für die menschliche Ernährung sind die Omega-3-Fettsäuren Eicosapentaensäure (EPA), und Docosahexaensäure (DHA) physiologisch am bedeutsamsten. Die Empfehlungen für den Tagesbedarf für die genannten Fettsäuren werden in der Literatur sehr unterschiedlich und in weiten Spannen angegeben. So empfiehlt die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) für Erwachsene eine Tageszufuhr von 1300 mg EPA+DHA (D-A-CH, 2008). Dagegen empfehlen Simopoulos et al. (2000) für die genannte Gruppe 650 mg EPA+DHA. Die EFSA (2009) empfiehlt lediglich 250 mg EPA+DHA. Die eigenen Ergebnisse belegen jedoch den geringen Anteil dieser Fettsäuren an der Gesamtmenge der Omega-3-Fettsäuren. Wehrmüller et al. (2008) stellen ebenfalls fest, dass selbst weidebasiert erzeugte Milch nur kleine Mengen EPA und DHA enthält, die nicht wesentlich zur empfohlenen Tagesmenge beitragen. Der Sachverhalt kann an folgender Modellrechnung auf Basis der eigenen Untersuchungsergebnisse näher aufgezeigt werden. Bei einer unterstellten Konvertierungsrate von ALA zu EPA von 10 %, zuzüglich der in der Milch vorhandenen EPA+DHA-Gehalte ergeben sich für die ökologisch erzeugte Weidemilch 0,25 g/100 g Milchfett, entsprechend 0,1 g/kg Milch bei einem Fettgehalt von 3,8 %. Unter den Bedingungen konventionell erzeugter Milch ohne Weidehaltung lassen sich lediglich 0,11 g/100 g Milchfett bzw. 0,04 g/kg Milch (3,8 % Fett) kalkulieren. Bei einem unterstellten Tagesbedarf von 1,3 g EPA+DHA trägt ein Liter ökologisch erzeugte Weide-Vollmilch lediglich 7 % zur Deckung dieses Bedarfes bei. Legt man den von der EFSA (2009) empfohlenen Tagesbedarf von 0,25 g zugrunde, liegt die Bedarfsdeckung bei 38 %, unter Berücksichtigung der oben genannten Konvertierungsrate.

Für die Vermarktung von Milch bzw. Milchprodukten mit natürlich erhöhten Gehalten an Omega-3-Fettsäuren sind die von der EU im Jahr 2010 vorgegebenen Richtwerte entscheidend (EFSA, 2010):

- Die Angabe, ein Lebensmittel sei eine „Quelle von Omega-3-Fettsäuren" ist nur zulässig, wenn das Produkt mindestens 0,3 g ALA pro 100 g und pro 100 kcal oder zusammengenommen mindestens 40 mg EPA und DHA pro 100 g und pro 100 kcal enthält.

- Die Angabe, ein Lebensmittel habe einen „hohen Gehalt an Omega-3-Fettsäuren“ ist nur zulässig, wenn das Produkt mindestens 0,6 g ALA pro 100 g und pro 100 kcal oder zusammengenommen mindestens 80 mg EPA und DHA pro 100 g und pro 100 kcal enthält.

Damit ergeben sich für die Vermarktung entsprechender Milchprodukte klare Restriktionen. Die oben genannte ökologisch erzeugte Weidemilch liefert nur 4,6 mg EPA+DHA pro 100 g Vollmilch, dies entspricht ca. 12 % der gesetzlich geforderten Gehalte. Auch für Milchprodukte mit einem höheren Fettgehalt ist eine Auslobung nicht möglich. Eine aus ökologischer Weidemilch hergestellte Butter liefert zwar 100 mg EPA+DHA pro 100 g Butter, bezogen auf den Energiegehalt jedoch nur 13,3 mg pro 100 kcal Butter, entsprechend 33 % der gesetzlichen Forderungen.

Schlussfolgerungen

Aus den vorliegenden Untersuchungen und Kalkulationen kann festgehalten werden, dass sich für Weidemilch zwar erhöhte Gehalte an Omega-3-Fettsäuren und CLA ergeben; diese reichen aber nicht aus, um einen nennenswerten Beitrag zur täglichen Versorgung des Menschen zu liefern. Die einschlägigen EU-Vorgaben geben Marketingstrategien mit dem Aspekt „Functional Food“ für solche Milchprodukte zudem klare Restriktionen vor.

Literatur

Baars, T., Adriaanse, R. Huber, M. Wohlers, J., 2006: Milchqualität und menschliche Gesundheit. Lebendige Erde. **6**/2005.

Bellof, G., Schmidt, E., 2011: Erzeugung und Vermarktung von Milch und Milchprodukten mit erhöhten Gehalten an Omega-3-Fettsäuren und konjugierten Linolsäuren (Functional Food) unter besonderer Beachtung des Bewirtschaftungs-systems Vollweide („Weidemilch als Functional Food“). Schlussbericht, BMBF-Projekt . Förderkennzeichen: 17 29X 07. TIB Hannover.

Bligh E.G, Dyer, W.J., 1959: A rapid method for total lipid extraction and purification. Can. Jour. Biochem. Phys.,Vol. 37, 911-917.

Collomb M., Bütikofer U., Sieber R., Bosset J.O., Jeangros B., 2001: Conjugated linolic acid and trans fatty acid composition of cows milk fat produced in lowlands and highlands. J. Dairy Res. **68**: 519-523.

D-A-CH, 2008: Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr, Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährungsforschung, Schweizerische Vereinigung für Ernährung:, Umschau Braus GmbH, Verlagsgesellschaft, Frankfurt am Main.

Dannenberger D., Nürnberg, G. Scollan, N. Schabbel, W., Steinhart, H., Ender, K., Nürnberg, K.J., 2004: Effect of diet on the deposition of n-3 fatty acids, conjugated linoleic and C18:1 trans fatty acid isomers in muscle lipids of German Holstein bulls. Agric. Food Chem. **52**: 6607-6615.

DGE, Deutsche Gesellschaft für Ernährung, 2000: Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Umschau Braus GmbH, Verlagsgesellschaft, Frankfurt am Main.

Dhiman, T. R., Anand, G. R. , Satter, L.D., Pariza, M.W., 1999. Conjugated Linoleic Acid content of milk from cows fed different diets. J. Dairy Sci. **82**:2146-2156.

EFSA, 2009: Scientific Opinion of the Panel on Dietetic products, Nutrition and Allergies on a request from European Commission related to labelling reference intake values for n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids. EFSA Journal (2009) 1176, 1-11, http://www.efsa.europa.eu/fr/efsajournal/doc/1176.pdf.

EFSA, 2010: Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to conjugated linoleic acid (CLA) isomers and contribution to the maintenance or achievement of a normal body weight (ID 686, 726, 1516, 1518, 2892, 3165), increase in lean body mass (ID 498, 731), increase in insulin sensitivity (ID 1517), protection of DNA, proteins and lipids from oxidative damage (ID 564, 1937), and contribution to immune defences by stimulation of production of protective antibodies in response to vaccination (ID 687, 1519) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006, EFSA Journal 2010;8(10):1794 [26 pp.]. doi:10.2903/j.efsa.2010.1794.

Ehrlich, M.E., 2007: Fettsäurenzusammensetzung (CLA, Omega-3-Fettsäuren) und Isotopensignatur (C) der Milch ökologischer und konventioneller Betriebe und Molkereien. Diplomarbeit, Ökologische Agrarwissenschaften, Fachgebiet Landnutzung und regionale Agrarpolitik der Universität Kassel Witzenhausen.

Flachowsky G., 2004: Beiträge der Tierernährung zur Nährstoffökonomie bei der Milcherzeugung mit gesunden Kühen. Züchtungskunde **76**: 432-448.

French P., Stanton, C., Lawless, F., O`Riordan, E.G., Monahan, F.J., Caffrey, P.J., 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. J. Anim. Science **78**, 2849-2855.

Ginzinger W., 2011: Fettsäurespektrum von Heumilch und Heumilchprodukten mit Schwerpunkt CLA und Omega-3-FS. Bundesanstalt für Alpenländische Milchwirtschaft in Rotholz, http://www.agroscope.admin.ch/data/publikationen/pub_WehrmllerK_2008_16955.pdf.

Hallermayer R., 1976: Eine Schnellmethode zur Bestimmung des Fettgehaltes in Lebensmitteln. Deutsche Lebensmittelrundschau, **10**, 356-359.

Hauswirth C.B., Scheeder M.R.L., Beer J.H., 2004: High omage-3 fatty acid content in alpine cheese the basis for an alpine paradox. Circulation 6/13: 103-107.

Koch, A., Schöne, F., 2003: Konjugierte Linolsäuren (CLA) im Milchfett und Ihre Anreicherung über die Fütterung eine Bestandsaufnahme. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Naumburger Str. 98, 07743 Jena, http://www.tll.de/ainfo/pdf/lino0103.pdf.

Linseisen J., Schulze, M.B., Saadatian-Elahi, M. Kroke, A., Miller, A.B., Boeing H., 2003: Quantity and quality of dietary fat, carbohydrates, and fiber intake in the German EPIC cohorts. Ann. Nutr. Metab. **47**: 37-46.

Pereira M.A., Jacobs D.R., van Horn L., Slattery, M.L., Kartashov A.I., Ludwig D.S., 2002: Dairy consumption, obesity and the insulin resistance syndrome in young adults: The CARDIA study. JAMA 287 2081-2089.

SAS/STAT, 1999: The SAS system for Windows Ed 8.01 Cary, NC.

Scollan , N.D., Choi, N.J., Kurt, E., Fisher, A.V., Enser, M., Wood, J.D., 2001: Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. Brit. J. Nutr. **85**: 115-124.

Seidel C., Deufel T., Jahreis G., 2005: Effects of Fat-Modified dairy products on blood lipids in humans in comparison with other fats. Nutr. Metab. **49**: 42-48.

Simopoulos, A., 2008: The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. Experimental Biology and Medicine. **233**(6), 674-88. Epub 2008 Apr 11.

Simopoulos A.P., Leaf, A., Salem, N., 2000: Workshop statement on the essentiality of and recommended dietary intakes for Omega-6 and Omega-3 fatty acids. Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids. **63**(3):119-121.

Vormann M., 2009: Neues Verfahren erleichtert Bio-Nachweis. Landwirtschaftskammer NRW (http://www.oekolandbau.nrw.de/fachinfo/tierhaltung/milchkuehe/milchguete/bionachweis_mv2009.php).

Wehrmüller K., Schmid, A. Walther, B., 2008: Omega-3-Fettsäuren genau betrachtet. Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, 3003 Bern-Liebefeld http://www.agroscope. admin.ch/data/publikationen/pub_WehrmllerK_2008_16955.pdf.

Weiß, D., Kienberger, H. Eichinger, H.M., 2006: Fettsäuremuster der Milch in Abhängigkeit praxisüblicher Fütterungsstrategien. Vortrag beim Interdisziplinären Symposium „Omega 3 Weidemilch – Chancen und Möglichkeiten für Milch- und Rindfleischerzeugnisse vom Grünland". 14.3.2006. Kempten.

Wijendran V., Hayes, K.C., 2004: Dietary n-6 and n-3 fatty acid balance and cardiovascular health. Annu. Rev. Nutr. **24**: 597-615.

Wyss U., Collomb, M., Frey, H.J., Hofstetter, P., 2010a: Jahresverlauf der Fettsäuren in der Milch bei Weide- oder Stallfütterung. ETH-Schriftenreihe zur Tierernährung. **33**, 2010, 176-179.

Wyss, U., Münger, A. Collomb, M., 2010b: Profils en acides gras du lait pendant la saison de pâture. Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Produire de la viande au pâturage, Journée d'information du 5 février 2010, Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, CH-1725 Posieux http://www.agroscope.admin.ch/data/publikationen/1267089766_Wyss_Prod-viande-pat_ACW_Profils_10_Poster.pdf.

Diese Studie wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (Programm FHprofUnt) finanziell unterstützt (Förderkennzeichen: 17 29X 07).

Autorenanschrift

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

Vergleichende Untersuchungen zum Nährstoffgehalt und Futterwert von Aufwüchsen der Kurzrasenweide und der Umtriebsweide

Peter Weindl, Christoph Luderschmid und Gerhard Bellof

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

Einleitung

Die Weidehaltung von Rindern hat im süddeutschen Raum in den vergangenen Jahren wieder an Bedeutung gewonnen. Der zunehmende Wunsch der Verbraucher nach Lebensmitteln aus tiergerechter Haltung sowie die Einführung neuer, flächen- bzw. arbeitseffizienterer Weidesysteme haben hierzu ihren Beitrag geleistet. Die Qualität des Futterangebotes, das den Tieren dabei zur Umsetzung in tierische Leistungen zur Verfügung steht, kann sich dabei allerdings deutlich voneinander unterscheiden. Neben dem Standort, der Bestandszusammensetzung und der Düngung stellen das Weidesystem und damit die Intensität der Beweidung die wesentlichen Einflussfaktoren dar. Als bedeutendste Weidesysteme im süddeutschen Raum sind die intensive Standweide (Kurzrasenweide) sowie die Umtriebsweide herauszustellen.

In den nachfolgend dargestellten Untersuchungen sollten Aufwuchsproben von einer etablierten Kurzrasenweide mit denen einer semiintensiven Umtriebsweide verglichen werden. Hierbei wurde überprüft, ob sich die Aufwüchse dieser Weidesysteme hinsichtlich Nährstoffgehalt, Proteinlöslichkeit und energetischem Futterwert unterscheiden.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden auf zwei Weidestandorten des Lehr- und Versuchsbetriebes der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf in Zurnhausen durchgeführt (Tabelle 1). Die Kurzrasenweide (10,8 ha) wurde bis zum Jahr 2010 mit Milchkühen beweidet. Die im Jahr 2011 erstmals als Umtriebsweide genutzte Dauergrünlandfläche umfasst acht Koppeln mit durchschnittlich 1,49 ha Größe (gesamt 11,9 ha). Beide Weidesysteme wurden im Jahr 2011 mit Ochsen beweidet (durchschnittlicher Tierbesatz: Kurzrasenweide: 2,9 GV/ha; Umtriebsweide: 2,4 GV/ha).

Tabelle 1: Standortcharakteristika der Versuchsweiden

Merkmal	Kurzrasenweide	Umtriebsweide
Exposition	Tertiäres Hügelland, leichter Südhang	Tallage im Ampermoos, teilweise mit Waldschatten
Höhenlage	ca. 490 m	ca. 430 m
Bodenart	schluffiger Lehm	humoser, schluffiger Lehm
pH-Wert	6,4	5,9
Wiesentyp	Hauptbestandsbildner: Deutsches Weidelgras, Wiesenrispe und Weißklee	Feuchte Wiesenfuchsschwanzwiese mit bisher 4 Schnittnutzungen
Weidenutzung	seit 2006	seit 2011
N-Düngung	170 kg N/ha (verteilt auf 5 Gaben)	130 kg N/ha (verteilt auf 4 Gaben)

Datenerhebung

Als Hilfsmittel zur Weideführung wurde auf der Kurzrasenweide wöchentlich die Aufwuchshöhe mit Hilfe eines sogenannten Rising-Platemeter erfasst.

Zusätzlich wurden wöchentlich Proben für die Inhaltsstoffbestimmungen des Weideaufwuchses genommen. Diese sollten die Qualität des Aufwuchses widerspiegeln, der aktuell durch die Ochsen aufgenommen wurde. Deshalb orientierte sich die Auswahl der 25 bis 30 Probenahmestellen an dem Verbiss des Grases. Zur Gewinnung der Proben wurde das Weidegras per Hand abgerissen, um dem Fressverhalten (Bisstiefe) der Tiere Rechnung zu tragen. Die Proben wurden anschließend 24 Stunden im Trockenschrank bei 65 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Es wurde nicht jede Einzelprobe untersucht. Stattdessen wurden nach einem festen System Mischproben aus vergleichbaren Zeiträumen erstellt und analysiert. Die Einteilung der Zeiträume hat sich dabei an den seit dem 20. April alle 14 Tage erfolgten Ertragszuwachsmessungen auf der Kurzrasenweide orientiert. Die im 7-Tage-Rhythmus genommenen Proben der Inhaltsstoffe auf der Kurzrasenweide fielen somit alle zwei Wochen mit der Ertragszuwachsmessung zusammen. Eine Mischprobe der Weidegrasinhaltsstoffe sollte immer diesen Zeitraum von zwei Wochen abbilden.

Für die Erstellung der Mischproben auf der Umtriebsweide bildeten ebenfalls die zweiwöchigen Ertragszuwachsmessungen der Kurzrasenweide das zeitliche Raster. Alle bei Weideauftrieben gewonnenen Inhaltsstoffproben, während dieser zwei Wochen, wurden anteilig in einer Mischprobe vereint.

Die nasschemische Analyse der Grasproben wurde im Labor der Landwirtschaftlichen Kommunikations- und Servicegesellschaft mbH (D-09577 Lichtenwalde) durchgeführt. Hierbei wurden die Parameter ‚Proteinlöslichkeit' und ‚Hohenheimer Futterwerttest' mittels der NIRS-Methode erfasst. Die Kalkulation der ME-Gehalte erfolgte mit der von der GfE (2008) vorgeschlagenen Schätzformel.

Ergebnisse

Der Verlauf der Aufwuchshöhen auf der Kurzrasenweide des LuV Zurnhausen in der Weidesaison 2011 ist in der Abbildung 1 dargestellt. Die Aufwuchshöhen bewegten sich in einer Bandbreite von 8 bis 4 cm. Der anzustrebende Bereich von 7 bis 5 cm Aufwuchshöhe wurde über weite Abschnitte des Weidejahres erreicht.

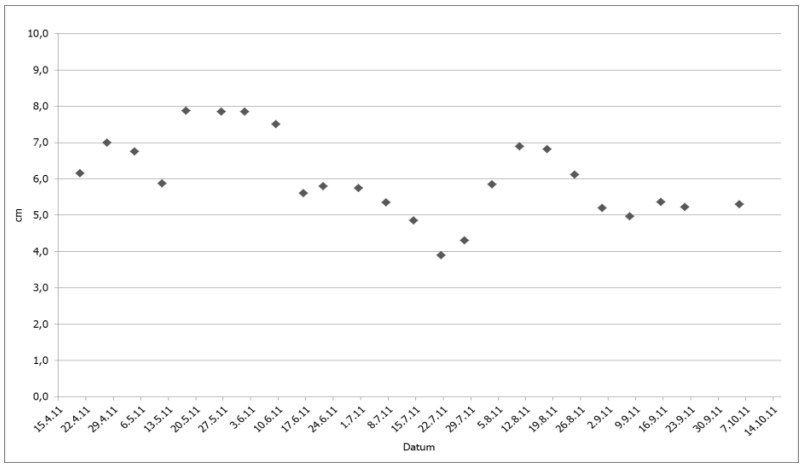


Abbildung 1: Verlauf der Aufwuchshöhen auf der Kurzrasenweide des LuV Zurnhausen in der Weidesaison 2011

Die Gehalte an wertbestimmenden Inhaltsstoffen, die Proteinlöslichkeit sowie die Schätzung des energetischen Futterwertes von Weideaufwüchsen im Verlauf des Weidejahres 2011 sind für die Kurzrasenweide in der Tabelle 2 und für die Umtriebsweide in der Tabelle 3 aufgeführt.

Der durchschnittliche XP-Gehalt lag im Aufwuchs der Kurzrasenweide bei 220 g/kg TS, während er im Aufwuchs der Umtriebsweide nur 172 g/kg TS erreichte. Bei den XF-Gehalten zeigten sich im Aufwuchs der Umtriebsweide im Jahresverlauf höhere Werte als in dem der Kurzrasenweide (239 g/kg TS vs. 200 g/kg TS). Die ADF-Gehalte bestätigen diesen Trend.

Tabelle 2: Gehalt an wertbestimmenden Inhaltsstoffen und Schätzung des energetischen Futterwertes von Weideaufwuchs der Kurzrasenweide im Jahresverlauf 2011 (Beweidung durch Ochsen)

Kalenderwoche	XA	XP	XF	XL	Zucker	NDF_{org}	ADF_{org}	ADL	HFT	Protein-löslichkeit	Energie nach GfE (2008)
				g/kg TS					ml/200mg	% von XP	MJ ME_W
19/20	88	186	176	38	176	396	195	51	51,9	37,3	11,6
21/22	96	220	201	38	118	470	235	78	48,0	37,3	11,1
23/24	89	186	241	34	102	482	266	93	45,8	38,6	10,4
25/26	101	205	213	41	105	450	246	74	46,6	35,0	10,8
27/28	108	210	206	40	90	443	251	71	45,6	34,6	10,7
29/30	115	218	182	35	110	405	218	70	46,8	35,3	11,0
31/32	119	254	194	41	71	444	222	77	42,5	33,3	10,9
33/34	109	242	211	43	58	457	241	28	44,0	35,8	10,9
35/36	107	212	215	40	67	488	254	37	43,6	38,7	10,5
37/38	138	232	187	34	65	435	231	27	43,4	37,7	10,6
39/40	116	225	189	38	65	458	220	31	42,0	25,7	10,7
41/42	109	252	185	37	128	412	203	23	49,0	41,2	11,5
Mittelwerte	108	220	200	38	96	445	232	55	45,8	35,9	10,9

Tabelle: 3: Gehalt an wertbestimmenden Inhaltsstoffen und Schätzung des energetischen Futterwertes von Weideaufwuchs der Umtriebsweide im Jahresverlauf 2011 (Beweidung durch Ochsen)

Kalenderwoche	XA	XP	XF	XL	Zucker	NDF_{org}	ADF_{org}	ADL	HFT	Protein-löslichkeit	Energie nach GfE (2008)
				g/kg TS					ml/200mg	% von XP	MJ ME_W
19/20	52	135	215	34	157	488	255	35	47,5	42,3	10,5
21/22	63	150	264	27	111	537	318	28	45,2	42,6	9,7
23/24	74	191	228	21	96	524	267	43	41,4	41,1	9,9
25/26	75	173	245	38	108	494	282	37	44,4	41,3	10,2
27/28	76	143	247	20	128	514	274	33	44,5	48,7	9,8
29/30	85	170	258	32	87	547	334	35	40,4	48,7	9,3
31/32	82	150	263	21	89	546	302	39	42,7	47,0	9,5
33/34	85	205	227	38	97	489	265	29	46,0	39,5	10,6
35/36	78	193	246	38	74	525	269	27	43,1	47,1	10,3
37/38	106	183	218	33	58	477	252	33	43,1	36,1	10,2
39/40	87	205	230	34	87	503	257	32	43,2	43,9	10,4
41/42	75	168	224	33	153	484	257	22	47,6	40,6	10,6
Mittelwerte	78	172	239	31	104	511	278	33	44,1	43,3	10,1

Die Energiegehalte des Weidegrases unterschieden sich zwischen Kurzrasen- und Umtriebsweide deutlich. Mit Werten von 0,5 bis 1,7 MJ ME/kg TS fiel die Differenz zwischen den Systemen bedeutsam aus. Am stärksten unterschieden sich die Energiegehalte des Weideaufwuchses im Frühjahr und am Ende des Hochsommers. Die absoluten Gehalte der Kurzrasenweide von maximal 11,9 MJ ME/kg TS

Ende April lagen auf einem sehr hohen Niveau. Durchschnittlich wurden 10,9 MJ ME/kg TS erreicht. Gleichzeitig sind aber große Schwankungen (Δ 1,2 MJ ME/kg TS) innerhalb der Kurzrasen- bzw. Umtriebsweide zu erkennen.

Die Gehalte an wertbestimmenden Inhaltsstoffen, die Proteinlöslichkeit sowie die Schätzung des energetischen Futterwertes von Aufwüchsen der Kurzrasenweide im Verlauf des Weidejahres 2010 sind in der Tabelle 4 aufgeführt. Im Vergleich zum Weidejahr 2011 auf der gleichen Fläche lagen die durchschnittlichen XP- und ME-Gehalte auf nahezu gleichem Niveau.

Tabelle 4: Gehalt an wertbestimmenden Inhaltsstoffen und Schätzung des energetischen Futterwertes von Weideaufwuchs der Kurzrasenweide im Jahresverlauf 2010 (Beweidung durch Milchkühe)

Kalenderwoche	XA	XP	XF	XL	Zucker	HFT	Protein-löslichkeit	Energie nach GfE (2008)
		g/kg TS				ml/200mg	% von XP	MJ ME_W
17/18	90	228	174	26	156	52,4	25,0	11,8
19/20	92	247	214	31	98	50,1	37,4	11,3
21/22	108	228	215	27	99	49,2	n. a.	11,0
23/24	115	212	242	30	90	46,9	n. a.	10,7
25/26	116	215	241	31	76	45,1	n. a.	10,6
27/28	98	237	221	27	65	44,4	32,9	10,8
29/30	114	227	237	33	71	41,6	32,8	10,4
31/32	95	266	244	37	48	41,3	36,3	10,7
33/34	104	225	272	37	28	37,1	29,5	9,8
35/36	102	225	248	33	72	42,7	34,7	10,4
37/38	99	240	259	35	46	39,1	35,1	10,2
Mittelwerte	103	232	233	32	77	44,5	33,0	10,7

Diskussion

Der große Vorteil der Kurzrasenweide liegt in der konstanteren Qualität des Aufwuchses gegenüber der Umtriebsweide. Schneider und Bellof (2009) ermittelten für den 1. Aufwuchs und die Folgeaufwüchse einer Kurzrasenweide für Milchkühe Energiegehalte von 10,8 MJ ME/kg TS (6,6 MJ NEL/kg TS) bzw. 10,3 MJ ME/kg TS (6,2 MJ NEL/kg TS). Diese Werte wurden im Zeitraum Mai bis Juli 2008 erhoben. Starz et al. (2010) verglichen die Schnittnutzung mit einer Kurzrasenweide. Der dreijährige Durchschnitt der Energiegehalte im Aufwuchs lagen bei Schnittnutzung und Kurzrasenweide nahezu auf gleichem Niveau (6,5 MJ NEL/kg TS). Für die Planung der Sommerfütterung kann nach Thomet und Hadorn (1996) mit einem durchschnittlichen Wert von 6,5 MJ NEL/kg TS gerechnet werden. Diese Werte konnten auch in der vorliegenden Untersuchung bestätigt werden. Für die Rohproteingehalte von Kurzrasenweidegras werden in der Literatur sehr weite Angaben gemacht. Starz et al. (2010) wiesen unter ostalpinen Bedingungen in ihrem Vergleich von Kurzrasenweide und Schnittnutzung sehr hohe XP-Gehalte im Aufwuchs nach. Sie lagen nach Angaben der Autoren während der Vegetationsperiode im Durchschnitt immer über 20 % der Trockenmasse. Diese hohen Gehalte wurden einem hohen Leguminosenanteil (18 %) der Versuchsfläche zugeschrieben. Auch Thomet und Hadorn (1996) beobachteten unter schweizerischen Bedingungen auf weißkleereichen Teilflächen Werte im Bereich von 240 - 270 g XP/kg TS. Auf den übrigen Flächen erreichten sie im Verlauf der Weideperiode Werte zwischen 170 und 200 g Rohprotein pro Kilogramm TS. Der von Schneider und Bellof (2009) untersuchte Aufwuchs von der Kurzrasenweide wies mit 205 g Rohprotein pro kg TS und 235 g Rohfaser pro kg TS ähnliche Werte auf wie ein Grasbestand aus dem 1. Aufwuchs im Stadium „volles Ähren-/Rispenschieben“ (207 g Rohprotein, 231 g Rohfaser (DLG 1997)).

Chassot und Troxler (2006) hielten auf einer Schweizer Alp auf 1126 m Höhe Mastochsen (Limousin x Fleckvieh) im Umtriebsweidesystem mit drei Koppeln. Die ermittelten Energiegehalte lagen bei 4,5 bis

6,0 MJ NEL/kg TS und die Rohproteingehalte zwischen 106 und 186 g/kg TS. Münger (2002) stellte bei intensiver Umtriebsweide für Milchkühe im Gegensatz zu unseren Erhebungen keine wesentlichen Gehaltsunterschiede zwischen Umtriebs- und Kurzrasenweide bezüglich der Hauptnährstoffe fest. Er gibt aber zu bedenken, dass der Rohfasergehalt bei Kurzrasenweidegras meist geringer ist. Die Nährstoffgehalte im Gras von Umtriebsweiden sind stark vom Standort und der Intensität der Bewirtschaftung abhängig. Nach Häusler et al. (2006) sind die Futterqualitäten bei der Umtriebsweide daher auch größeren Schwankungen im Jahresverlauf unterworfen. Rieder et al. (2000) erzielten auf extensiven Umtriebsweiden für Ochsen je nach Jahr und Aufwuchs Rohproteingehalte zwischen 8,7 und 24 % in der TS. Die entsprechenden Energiegehalte lagen im Bereich von 4,1 bis 6,7 MJ NEL/kg TS.

Die Proteinlöslichkeit im Aufwuchs der Kurzrasenweide lag mit durchschnittlich 35,9 % deutlich niedriger als im Aufwuchs der Umtriebsweide (43,3 %). Dies deutet daraufhin, dass der Anteil an pansenbeständigem Protein im „Kurzgras“ vergleichsweise hoch liegt. Dies bestätigen Ergebnisse von Mayr et al. (2012), die für Kurzgras UDP-Anteile von 30 % ermittelten.

Schlussfolgerungen

Trotz oder gerade wegen der erhöhten Ansprüche an das Management kann mit der Kurzrasenweide an geeigneten Standorten ein qualitativ sehr hochwertiges Weidefutter bereitgestellt werden. Dies zeigen sowohl die eigenen Untersuchungen als auch Vergleichsdaten aus der Literatur. Die Futterqualität des Aufwuchses von der Umtriebsweide bleibt meist unter dem Niveau von Kurzgras.

Literatur

Chassot, A., Troxler, J., 2006: Extensive Ochsenmast mit Alpung, Agrarforschung, 13. Jahrgang, 9/2006, 374-379.

DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer, 1997: 7. Auflage, DLG-Verlag.

GfE, Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, 2008: Neue Gleichungen zur Schätzung der Umsetzbaren Energie für Wiederkäuer von Gras- und Maisprodukten. Proc. Soc. Nutr. Physiol. **17** (2008), 191-198

Häusler, J., Velik, M., Steinwidder, A., Gasteiner, J., Resch, R., Eingang, D., 2006: Systemvergleich Kurzrasenweide – Koppelweide, Endbericht des LFZ Raumberg-Gumpenstein.

Mayr C., Weindl, P., Metwally, A., Zeller, F., Bellof, G., 2012: Bewertung des Aufwuchses von der Kurzrasenweide („Kurzgras“) mit der In situ-Technik und dem Cornell Net Carbohydrate and Protein System. 124. VDLUFA-Kongress vom 18.-21.09.2012 in Passau, Tagungsband in Vorbereitung.

Münger, A., 2002: Umtriebs- oder Kurzrasenweide für Milchkühe, rapaktuell, Hrsg. Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere, 5/2002, CH-1725 Posieux .

Rieder, J.B., König, H., Rieß, F., Walser, M., 2000: Reduzierung der Rindfleischerzeugung durch Umstellung von Acker- auf extensive Grünlandnutzung und ihre Auswirkung auf den Naturhaushalt, Forschungsvorhaben des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Freising.

Schneider, S., Bellof, G., 2009: Energetischer Futterwert von Grünaufwuchs für die Rinderfütterung von der Kurzrasenweide, 9-13 in: Vollweidehaltung – Umsetzung in der Praxis mit begleitender Beratung, Tagungsband der Internationalen Weidetagung 2009, Hrsg. LfL Bayern, Freising.

Starz, W., Steinwidder, A., Pfister, R., Rohrer, H., 2010: Ergebnisse zur Kurzrasenweidehaltung im Vergleich zur Schnittnutzung, 5-15 in: Weidehaltung im alpinen Raum, Fachtagung für Biologische Landwirtschaft am 10. November 2010, Hrsg. Lfz Raumberg Gumpenstein.

Thomet, P., Hadorn, M., 1996: Futterangebot und Milchproduktion auf Kurzrasenweiden, Agrarforschung, 3. Jahrgang, 10/1996, 505-508.

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 (Weihenstephan). Deutschland
gerhard.bellof@hswt.de

Alles für die Landwirtschaft – aus einer Hand.

Agrar

BayWa

BayWa – Ihr Futtermittel-Vollsortimenter.

Um Ihren Betrieb profitabel in die Zukunft zu führen, sind Gesundheit und Leistung Ihrer Nutztiere die Grundvoraussetzungen. Genauso werden Ihre Hobby- und Heimtiere nur langfristig Freude machen, wenn sie gesund und vital sind. Hier spielt die Fütterung eine herausragende Rolle – denn viele Krankheiten und Leistungseinbrüche werden durch eine falsche Fütterung verursacht.

Stellen Sie deshalb hohe Anforderungen an die Fütterung Ihrer Tiere:

- Sichere Einzel-, Allein- oder Ergänzungsfuttermittel
- Zertifizierte Sonderanforderungen wie Bio oder NON-GMO – wir sichern Ihre Wahlfreiheit
- Praktische Lieferung jeder Menge und verschiedenster Gebinde
- Gesunde und leistungsgerechte Rationsgestaltung durch Fütterungsexperten
- Kompetente Ansprechpartner in Ihrer Nähe

Das tun wir, um Ihre Anforderungen zu erfüllen:

- Regionale Fütterungsspezialisten stehen Ihnen mit ihrem Wissen zur Verfügung
- Durch das starke BayWa Netzwerk stehen Ihnen Experten aus allen Bereichen der Nutztierhaltung wie Fütterung, Technik, Haltung, Futterbau etc. zur Seite, um mit Ihnen gemeinsam Ihre Produktionsprozesse ganzheitlich zu optimieren
- Unsere für Sie ausgewählten Qualitätslieferanten versorgen Sie 365 Tage im Jahr mit sicheren Futtermitteln entsprechend Ihres Bedarfs

futtermittel@baywa.de · www.baywa.de · Kostenfreie Hotline: 0800 902 902 0 · BayWa AG, Arabellastraße 4, 81925 München

Einfluss einer Ration aus 100% ökologisch erzeugten Futterkomponenten auf die Produktmerkmale von Broilern

Karin Buxbaum*[1,2], Alexander Buxbaum[1,2], Werner Zollitsch[1], Christiane Mair[2]

[1]Institut für Nutztierwissenschaften, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Universität für Bodenkultur Wien
[2]Institut für Tierernährung, Tierische Lebensmittel und Ernährungsphysiologie, Interuniversitäres Department für Agrarbiotechnologie, Universität für Bodenkultur Wien

Einleitung

Bislang durften in der ökologischen Geflügelfütterung konventionelle Eiweißfuttermittel (v.a. Maiskleber, Kartoffeleiweiß) bis zu einem Anteil von 5% eingesetzt werden. Bei der laut EU-Öko-Verordnung (EG) Nr. 889/2007 bzw. 505/2012 gesetzlich vorgesehenen Umstellung auf eine 100% Öko-Fütterung muss mit 01. Jänner 2015 zukünftig auf den Einsatz dieser Eiweißträger verzichtet werden. Um den Bedarf der Tiere an essentiellen Aminosäuren weiterhin decken zu können, wird die Fähigkeit von Broilern, eine Absenkung des Energiegehaltes in der Ration durch eine erhöhte Futteraufnahme zu kompensieren, genutzt. Somit kann bei einem konstant gehaltenen Energie- zu Aminosäurenverhältnis eine ausreichende Rohprotein- und Aminosäurenversorgung gewährleistet werden (BELLOF und SCHMIDT, 2005). Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit möglichen Effekten der Umstellung auf eine 100% Öko-Fütterung, die diesem Konzept folgt, auf Merkmale der Produktqualität bei Broilern.

Material und Methoden

Unter Feldbedingungen wurden eine bisher praxisübliche Ration mit einem Anteil konventioneller Komponenten von 5% und eine Ration, die ausschließlich aus Futtermitteln ökologischer Erzeugung bestand, verglichen. Dazu wurde ein Fütterungsversuch in zwei Durchgängen mit je 400 Eintagsküken des Genotyps JA-R57 (langsam wachsende Hybridherkunft aus Öko-Elterntierherde) durchgeführt. Die Tiere wurden in zwei Versuchsgruppen mit je zwei Boxen á 100 Tiere eingeteilt und nach den Richtlinien der EU-Öko-Verordnung auf einem Ökobetrieb in Grafenstein, Kärnten gehalten. Zum Einsatz kamen eine handelsübliche Standardration (95% Öko-Komponenten) und eine praxisnahe "100% Öko-Ration" (Tabelle 1). Unter Konstanthaltung des Energie- zu Aminosäurenverhältnisses wurde bei der 100% Starter-Öko-Ration der Energiegehalt auf ein Niveau von 90% der Standardration reduziert. Die Mastdauer von insgesamt acht Wochen teilte sich in eine Starter- (1.-4. Woche, 12,0 bzw. 11,0 MJ ME/kg, 23,2% bzw. 22,5% XP) und eine Endmastphase (5.-8. Woche, 12,2 bzw. 12,2 MJ ME/kg, 21,6% bzw. 22,0% XP) auf. Futter und Wasser standen den Tieren während der gesamten Mastdauer ad libitum zur Verfügung.

Futteraufnahme und Lebendgewicht wurden wöchentlich boxenweise erhoben und der Futteraufwand errechnet. Die Versuchstiere wurden mit einem Durchschnittsgewicht von 2441 g bzw. 2500 g geschlachtet. Von 80 repräsentativ ausgewählten Tieren wurden relevante Merkmale der Schlachtkörper- und der Fleischbeschaffenheit erhoben.

Tabelle 1: Zusammensetzung der Versuchsrationen

		Starter 95%	Starter 100%	Mast 95%	Mast 100%
Maiskleber	%	8,20	-	3,00	-
Kartoffeleiweiß	%	1,50	-	-	-
Öko Erbsen	%	-	5,00	-	-
Öko Sojabohne, getoastet	%	10,00	-	16,00	13,00
Öko Sojabohnenkuchen, hitzebehandelt	%	19,00	36,50	19,00	23,00
Öko Grasgrünmehl	%	-	7,00	4,10	1,25
Öko Sonnenblumenkuchen	%	3,00	12,00	4,30	10,00
Öko Weizen	%	25,00	20,00	25,00	25,00
Öko Mais	%	23,00	14,80	18,75	20,00
Öko Roggen	%	5,00	-	6,00	4,00
Öko Weizenkleie	%	1,38	1,58	-	-
Mineral-, Wirkstoffergänzung	%	3,93	3,13	3,85	3,75
Umsetzbare Energie	MJ/kg	12,00	10,98	12,24	12,17
Methionin+ Cystein	%	0,79	0,72	0,69	0,66
Lysin	%	1,02	1,17	1,04	1,07

Die physikalischen Kriterien pH-Wert nach 24h, Pigmentierung (L* a* b* nach dem CIE Messsystem mittels Minolta Chroma Meter), Wasserhaltekapazität (WHC), Grillverlust, Merkmale der Texturprofilanalyse und Scherkraft nach Warner-Bratzler wurden am Brustfleisch erhoben. Die Farbmessung erfolgte zusätzlich an der dem Brustfleisch anhaftenden Haut. Die Wasserhaltekapazität wurde durch Zentrifugieren (4 min bei 1500x*g*) von 1g Brustfleisch in einem Reaktionsgefäß ermittelt. Anschließend wurde das Gewicht vor und nach der Trocknung bei 70°C für 24h erhoben (NAKAMURA und KATOH, 1985).

Chemische Analysen

Die Gehalte an Trockenmasse, Rohasche, Rohprotein und Rohfett wurden am Oberschenkel mit Haut nach Standardmethoden (NAUMANN und BASSLER, 2012) ermittelt.

Statistische Auswertung

Die Daten wurden mit SAS 9.1 mittels einfaktorieller ANOVA (proc GLM) ausgewertet. Die Ergebnisse wurden als LS-Means und dem gepoolten Standard Error of Means (SEM) dargestellt. Das Signifikanzniveau wurde mit 0,05 angenommen.

Ergebnisse

Bei der Futteraufnahme pro Tier und Tag und dem Futteraufwand pro kg Zuwachs ergaben sich keine signifikanten Unterschiede (Tabelle 2) zwischen den Versuchsgruppen. Jedoch konnte in der 100%-Öko Gruppe eine tendenziell höhere Futteraufnahme ($p<0,10$) beobachtet werden.

Tabelle 2: Futteraufnahme, Futteraufwand und Schlachtausbeute der Versuchsgruppen

	95% Öko	100% Öko	SEM	P-Werte
Futteraufnahme (g/d)	95,1	100,4	3,25	0,06
Futteraufwand	2,33	2,41	0,08	0,37
Ausschlachtung[1] (%)	63,3	63,6	0,2	0,46

[1] (Ausschlachtung = Grillfertige Ware / Lebendgewicht x 100)

Bei den relevanten Merkmalen der Schlachtkörper- und der Fleischbeschaffenheit konnte kein statistisch gesicherter Fütterungseinfluss beobachtet werden (Daten nicht gezeigt). Bei den physikalischen Kriterien (Tabelle 3) wiesen sowohl die Brusthaut als auch das Brustfleisch bei der 100% Öko-Gruppe einen geringeren Gelbton-Anteil (b*, $p<0,05$) auf. Dabei war der Gelbton-Anteil der Brusthaut um 19% und der des Brustfleisches um 33,2% niedriger als jener der 95% Gruppe. Die Wasserhaltekapazität betrug durchschnittlich 68,4% bei einem durchschnittlichen Grillverlust von 10,5%, ohne Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen. Auch die rheologischen Merkmale des Brustfleisches wurden durch die Fütterung nicht beeinflusst (Daten nicht gezeigt).

Tabelle 3: Ergebnisse für Pigmentierung (L* a* b*), Wasserhaltekapazität (WHC) und Grillverlust

	95% Öko	100% Öko	SEM	P-Werte
L* Haut	74,83	74,97	0,19	0,69
a* Haut	7,24	6,76	0,17	0,14
b* Haut	19,08	15,45	0,29	<0,0001
L* Fleisch	57,95	58,01	0,21	0,89
a* Fleisch	-1,77	-1,83	0,05	0,52
b* Fleisch	5,61	3,75	0,16	<0,0001
WHC (%)	68,50	68,30	0,12	0,41
Grillverlust (%)	10,56	10,36	0,15	0,49

Die Fütterung zeigte ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf die Rohnährstoffgehalte des Oberschenkels ($p<0,05$, Tabelle 4): Der Rohproteingehalt der 100% Öko-Gruppe lag mit 18,4% um 4% höher als jener der 95% Öko-Gruppe mit 17,7%. Auch der Rohaschegehalt war in der 100% Gruppe um 2,7% höher. Der Trockenmassegehalt mit 32,4% wies dagegen einen niedrigeren Wert gegenüber der 95% Öko-Ration mit 33,9% auf. Der Rohfettgehalt der 100% Öko-Gruppe lag ebenfalls um 13% niedriger.

Tabelle 4: Rohnährstoffgehalte des Oberschenkels mit Haut (%)

	95% Öko	100% Öko	SEM	P-Werte
Trockenmasse	33,90	32,41	0,27	0,0027
Rohasche	0,93	0,96	0,005	0,0047
Rohprotein	17,73	18,44	0,10	<0,0001
Rohfett	15,60	13,57	0,34	0,0009

Diskussion

Im Vergleich zu den Beobachtungen von Bellof und Schmidt (2005), die eine 100% Öko-Gruppe mit einer 90% Öko-Gruppe verglichen, lagen die Futteraufnahme und der Futteraufwand im vorliegenden Versuch bei beiden Versuchsgruppen höher. Die Tiere der 100% Öko-Gruppe konnten bei Bellof und Schmidt (2005) den geringeren ME-Gehalt der Ration ebenfalls durch eine erhöhte Futteraufnahme kompensieren.

Im Gegensatz zu der vorliegenden Studie, in der kein statistisch beschreibbarer Fütterungseinfluss bei den relevanten Merkmalen der Schlachtkörper- und der Fleischbeschaffenheit beobachtet werden konnte, zeigten die Ergebnisse der Kontrollgruppe von Bellof und Schmidt (2005) gegenüber den 100% Gruppen eine Überlegenheit in der Mehrzahl der Schlachtkörpermerkmale.

In der Studie von Castellini et al. (2002), in der Effekte der ökologischen im Vergleich zur konventionellen Haltungsweise auf die Schlachtkörper- und Fleischbeschaffenheit von Broilern untersucht wurden, konnten bei der 80% Öko-Ration mit Freigeländezugang vergleichbare Ergebnisse beim Gelbton-Anteil des Brustfleisches wie bei der 95% Gruppe der vorliegenden Studie beobachtet werden. Laut Castellini et al. (2002) reduziert ein niedriger pH-Wert die Fähigkeit des Myoglobins grünes Licht selektiv zu absorbieren und lässt dadurch das Broilerfleisch in einem höheren Gelbton-Anteil erscheinen. Dieser Zusammenhang konnte jedoch bei der 100% Öko-Gruppe in der aktuellen Untersuchung nicht beobachtet werden, da diese bei gleichem pH-Wert (Daten nicht gezeigt) einen signifikant niedrigeren Gelbton-Anteil des Brustfleisches aufwies. Diese Unterschiede in der Pigmentierung könnten daher auf den Verzicht von Maiskleber, welcher reich an natürlichen Farbstoffen (Carotinoiden) ist, zurückzuführen sein. In einer Studie von Smith et al. (2002) wurde der Einfluss unterschiedlicher Futterkomponenten (Mais, Hirse und Weizen) auf die Pigmentierung des Brustfleisches untersucht. Dabei konnten bei der maislastigen Ration signifikant erhöhte Werte beim Gelbton-Anteil des Brustfleisches beobachtet werden. Dies lässt auf einen Mehranteil an Pigmenten in der Maiskomponente schließen.

Wie in der 100% Öko-Gruppe zeigten auch bei Castellini et al. (2002) die Ergebnisse der Rohnährstoff-Analysen im Schenkelfleisch von organisch gefütterten Broilern signifikant niedrigere Rohfettgehalte bei numerisch höheren Rohproteingehalten. Ähnliche Erkenntnisse, den Rohproteingehalt betreffend, beobachteten auch Olsson et al. (2003) im Fleisch von ökologisch gehaltenen Schweinen.

Schlussfolgerung

Aus der vorliegenden Untersuchung und Literaturbefunden kann gefolgert werden, dass eine Ration aus 100% ökologisch erzeugten Futterkomponenten vor allem Auswirkungen auf die Pigmentierung und Nährstoffzusammensetzung im Fleisch von Broilern ergibt. Unter Berücksichtigung eines konstanten Energie- zu Aminosäurenverhältnis können vergleichbare Resultate in den Merkmalen der Schlachtkörper- und Fleischbeschaffenheit erzielt werden.

Danksagung

Die Autoren danken der Wech Geflügel GmbH für die finanzielle Unterstützung und „Unser Lagerhaus" Warenhandelsgesellschaft m.b.H. für die Kooperation.

Literatur

BELLOF G. und SCHMIDT E. (2005): Eine ökologische Hühnermast mit „100% Öko-Futter“ ist möglich. 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau – Ende der Nische. 01.03.2005-04.03.2005, 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel.

CASTELLINI C., MUGNANI C. und DAL BOSCO A. (2002): Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. Meat Science 60, 219-225.

NAKAMURA M., und KATOH K. (1985): Influence of thawing method on several properties of rabbit meat. Bulletin of Ishikawa Prefecture College of Agriculture, 11, 45-49.

NAUMANN C. und BASSLER R. (2012): Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt, Deutschland.

KIM D., CHO S., KIM J., SEONG P., LEE J., JO C. und LIM D. (2009): Comparison of the quality of the chicken breasts from organically and conventionally reared chickens. Korean J. Food Science Animal Recourse 29, 409-414.

OLSSON V., ANDERRON K., HANSSON I. und LUNDSTRÖM A. (2003): Differences in meat quality between organically and conventionally produced pigs. Meat Science 64, 287-297.

Smith D., Lyon C. und Lyon B. (2002): The Effect of Age, Dietary Carbohydrate Source, and Feed Withdrawal on Broiler Breast Fillet Color. Poultry Science 81, 1584-1588.

Autorenanschrift

Karin Buxbaum
Institut für Nutztierwissenschaften
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Universität für Bodenkultur Wien
Gregor-Mendel-Straße 33
1180 Wien, Österreich

Institut für Tierernährung
Tierische Lebensmittel und Ernährungsphysiologie
Interuniversitäres Department für Agrarbiotechnologie
Universität für Bodenkultur Wien
Muthgasse 11
1190 Wien, Österreich
buxbaum_04@gmx.at

Gewinnung von Futterprotein aus Grünlandbiomasse durch Säurefällung aus Presssaft

Christina Nadler, Wilhelm Windisch

Lehrstuhl für Tierernährung, Technische Universität München

Einleitung

Mit der weltweit stark ansteigenden Nachfrage nach Lebensmitteln tierischer Herkunft nimmt auch der Bedarf an hochwertigen Futtermitteln, insbesondere an Futterprotein zur Versorgung der Nutztiere zu. In der Bundesrepublik Deutschland werden derzeit jährlich etwa 3,9 Mio. t Rohprotein verfüttert – erzeugt werden in Deutschland jedoch gerade einmal 1,5 Mio. t. Der verbleibende Rest in Höhe von etwa 2,4 Mio. t Rohprotein stellt die so genannte Eiweißlücke dar, die zu 95 Prozent durch den Import von Sojaprodukten aus Argentinien, Brasilien und den USA geschlossen wird [1]. Diese unbefriedigende Situation wird in Politik und Öffentlichkeit derzeit stark diskutiert.

Die Eiweißlücke und die Anstrengungen zu ihrer Behebung sind jedoch nicht neu. Bereits in den 1940er Jahren erkannte man das Potential von grünem Blattmaterial als Proteinlieferant zur Schließung möglicher Versorgungslücken in der menschlichen Ernährung. Durch Auspressen von Blattmaterial und Extraktion des darin enthaltenen Eiweißes kann das so genannte Leaf Protein Concentrate (LPC) gewonnen werden [2]. Zahlreiche Studien belegen das günstige Aminosäuremuster des LPC, das dem Sojaprotein in der biologischen Wertigkeit überlegen ist. Lediglich der Gehalt an Methionin ist im Blattproteinkonzentrat gegenüber tierischen Produkten leicht reduziert. Das Aminosäuremuster ist dabei relativ unabhängig von der Pflanzenart, der Düngungsstufe und der Reife der verwendeten Blattmasse [3, 4]. So wurde vor allem in den 1970er bis 90er Jahren auch die Eignung tropischer und aquatischer Pflanzen sowie pflanzlicher Nebenprodukte zur Herstellung von Blattproteinkonzentraten mit vielversprechenden Ergebnissen getestet [5, 6, 7]. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich die Präsenz antinutritiver Inhaltsstoffe limitierend auf den Einsatz des Blattproteinkonzentrats auswirken kann [3].

In jüngerer Zeit werden verstärkt ganzheitliche Rohstoffnutzungskonzepte verfolgt, die die Integration der Gewinnung von Blattproteinkonzentraten in biomassebasierte Produktionsprozesse anstreben, wie etwa die Erzeugung von Bioethanol [3]. Auch die Food and Agricultural Organisation (FAO) weist in ihrem *Animal Feed Resouces Information System* auf das LPC als mögliches Futtermittel für Geflügel, Schweine und Kälber hin, das einen Anteil von bis zu 30 Prozent am Gesamtproteingehalt der Ration ausmachen kann. Ferner wird flüssiger Grassaft von der FAO als mögliches Futtermittel beschrieben, welches direkt an Schweine verfüttert werden kann und den Ersatz von drei Vierteln des Sojamehls in der Schweineration ermöglicht [8].

Vor diesem Hintergrund soll die vorliegende Arbeit die Erforschung des Nutzungspotentials von Proteinkonzentrat aus der Blattmasse von Grünland wieder aufgreifen und die Grundlagen für dessen Einsatz als Proteinquelle für monogastrische Nutztiere legen.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden auf sechs Grünlandstandorten im Landkreis Freising zu jeweils drei Schnittzeitpunkten durchgeführt. Unter den Standorten befanden sich drei gräserbetonte Standorte, zwei leguminosenbetonte Standorte (Dauergrünland) sowie ein Rotkleestandort (Ackerkultur). Die

Erntezeitpunkte fanden im Abstand von ca. zwei Wochen im Zeitraum von Anfang Mai bis Anfang Juni 2012 statt (Vegetationsstadien: Ende Rispenschieben, Anfang Blüte, Ende Blüte). Alle Standorte wurden ökologisch bewirtschaftet. Die gräser- und leguminosenbetonten Standorte wurden sehr extensiv bewirtschaftet, da sie Teil eines Dauerversuchs der Technischen Universität München zu vollständig geschlossenen Nährstoffkreisläufen waren und somit keine mineralische P- und K-Ergänzungsdüngung erfolgte. Der Rotkleestandort wurde im Vorjahr angesät.

Von jedem Standort wurde zu jedem Schnittzeitpunkt etwa 12 kg frisches Material von Hand in der für landwirtschaftliche Maschinen üblichen Höhe geschnitten und anschließend am Lehrstuhl für Tierernährung der Technischen Universität München weiterverarbeitet. Die Hälfte des Materials wurde sofort ausgepresst, die andere Hälfte bei 4°C kühl gelagert und am folgenden Tag gepresst.

Zur Gewinnung des Presssafts wurde das Erntegut zunächst für etwa 5 Minuten in einem Cutter zerkleinert und anschließend mit einer mechanischen Stempelpresse mit einem Fassungsvermögen von ca. 1,5 Litern ausgepresst. Der Presssaft wurde gesiebt und zusammen mit dem Presskuchen bis zur Weiterverarbeitung bei -20°C tiefgefroren gelagert.

Die Gewinnung des Proteins aus dem aufgetauten Presssaft erfolgte durch Säurefällung mittels Propionsäure. Durch Zugabe von 140 ml einer 100 prozentigen Propionsäure auf einen Liter Presssaft wurden pH-Werte zwischen 3,6 und 3,8 eingestellt. Vorversuche ergaben, dass ein höheres Säurevolumen keine deutliche Steigerung des gewinnbaren Koagulats erbringen konnte. Nach einer Reaktionszeit von zehn Minuten wurden die Proben durch ein Weißband-Filterpapier filtriert. Das bei der Filtration gewonnene Fällungsprodukt wurde nach der Filtration gefriergetrocknet.

Von allen anfallenden Haupt- und Nebenprodukten (Ausgangsmaterial, Presskuchen, Presssaft, Fällungsprodukt) wurden die Trockenmasse- und Rohproteingehalte jeweils doppelt bestimmt. Die Trockenmassegehalte wurde gravimetrisch nach Gefriertrocknung über eine Dauer von 36 Stunden bestimmt.

Ergebnisse

Tabelle 1 charakterisiert die wichtigsten Prozessprodukte anhand ihrer Trockenmasse- und Rohproteingehalte und stellt den Abpressgrad dar, der das Verhältnis von gewonnener Menge Saft bezogen auf die eingesetzte Menge an Ausgangsmaterial ausdrückt.

Die mittleren Gehalte und Streuungsbreiten an Trockenmasse und Rohprotein des Grünguts lagen in den für das verwendete Pflanzenmaterial typischen Bereichen. Der mittlere Abpressgrad lag bei Gras im Bereich um 45 %, bei Rotklee mit knapp 60 % jedoch deutlich darüber, was mit dem relativ niedrigen T-Gehalt von Rotklee korrespondiert. Die mittleren Gehalte an Rohprotein im Presssaft betrugen etwa 13 % für Gras und 21 % für Rotklee. Auch im Rohproteingehalt des Fällungsrückstands war der Rotklee den Dauergrünlandstandorten deutlich überlegen (43 % vs. 33 % bzw. 29 %).

Tabelle 1: Abpressgrad sowie T- und XP-Gehalt von Ausgangsmaterial, Presssaft und Fällungsprodukt

Alle Daten	Mittelwert	s_x	x_{min}	Median	x_{max}
T-Gehalt Ausgangsmaterial (%)	20,5	4,3	13,1	20,6	27,1
XP-Gehalt Ausgangsmaterial (% in T)	14,1	3,5	8,5	14,0	20,1
Abpressgrad (%)	47,3	6,1	40,3	45,2	60,5
T-Gehalt Presssaft (%)	8,7	1,1	7,0	8,8	10,6
XP-Gehalt Presssaft (% in T)	14,3	5,5	3,6	14,2	23,1
XP-Gehalt Fällungsprodukt (% in T)	33,6	8,9	16,5	33,3	45,1
Dauergrünland, grasbetont	Mittelwert	s_x	x_{min}	Median	x_{max}
T-Gehalt Ausgangsmaterial (%)	21,6	4,3	15,6	21,0	27,1
XP-Gehalt Ausgangsmaterial (% in T)	12,8	3,9	8,5	11,4	18,9
Abpressgrad (%)	46,3	3,0	42,0	45,5	50,0
T-Gehalt Presssaft (%)	8,8	1,3	7,3	9,2	10,6
XP-Gehalt Presssaft (% in T)	12,8	6,2	3,6	12,8	23,0
XP-Gehalt Fällungsprodukt (% in T)	33,5	10,2	16,5	39,8	44,8
Dauergrünland, leguminosenbetont	Mittelwert	s_x	x_{min}	Median	x_{max}
T-Gehalt Ausgangsmaterial (%)	21,8	2,6	18,6	21,8	25,5
XP-Gehalt Ausgangsmaterial (% in T)	13,7	0,8	12,4	13,9	14,7
Abpressgrad (%)	43,1	2,3	40,3	43,3	45,8
T-Gehalt Presssaft (%)	9,1	0,8	7,9	9,3	9,9
XP-Gehalt Presssaft (% in T)	13,2	2,8	9,5	13,9	16,5
XP-Gehalt Fällungsprodukt (% in T)	29,1	5,0	20,4	30,8	33,7
Ackerkultur Rotklee	Mittelwert	s_x	x_{min}	Median	x_{max}
T-Gehalt Ausgangsmaterial (%)	14,5	1,8	13,1	13,8	16,5
XP-Gehalt Ausgangsmaterial (% in T)	18,7	1,6	16,9	18,9	20,1
Abpressgrad (%)	58,8	1,3	57,9	58,2	0,00
T-Gehalt Presssaft (%)	7,8	0,7	7,0	7,9	8,3
XP-Gehalt Presssaft (% in T)	20,9	1,3	19,4	21,4	22,0
XP-Gehalt Fällungsprodukt (% in T)	43,0	2,9	39,6	44,3	45,1

T = Trockenmasse; XP = Rohprotein; s_x = Standardabweichung; x_{min} = Minimum; x_{max} = Maximum

Abbildung 1 zeigt die Aufteilung der Mengen an Rohprotein in 1 kg Trockenmasse des Ausgangsmaterials im Zuge der Verarbeitung zu Presskuchen, Fällungsprodukt und Filtrat. Die Darstellung differenziert darüber hinaus auch noch die drei Schnittzeitpunkte innerhalb der drei Kategorien von Grüngut. Die Gesamtmenge an Rohprotein im Ausgangsmaterial betrug im Mittel 128 (gräserbetont), 136 (leguminosenbetont) und 187 g/kg T (Rotklee). Der Großteil dieses Rohproteins verblieb im Presskuchen (im Mittel 98, 107 bzw. 116 g/kg Ausgangsmaterial-T). Vom Rohprotein des Presssafts (im Mittel 30, 29 bzw. 71 g/kg Ausgangsmaterial-T) konnte im Mittel 20, 18 bzw. 54 g/kg Ausgangsmaterial-T durch Säurezugabe in das Fällungsprodukt überführt werden. In Bezug auf den Schnittzeitpunkt wiesen die grasbetonten Standorte einen starken Rückgang des Gesamtgehalts an Rohprotein auf etwa die Hälfte des Ausgangswertes auf. Dieser Rückgang war bei leguminosenbetontem Material deutlich schwächer ausgeprägt und kehrte sich bei Rotklee in eine Steigerung um. Die höchsten Gesamtmengen an Rohprotein im Ausgangsmaterial und im Fällungsprodukt bzw. Filtrat lieferte der dritte Schnitt von Rotklee mit 201, 64 bzw. 18 g je kg trockenem Ausgangsmaterial.

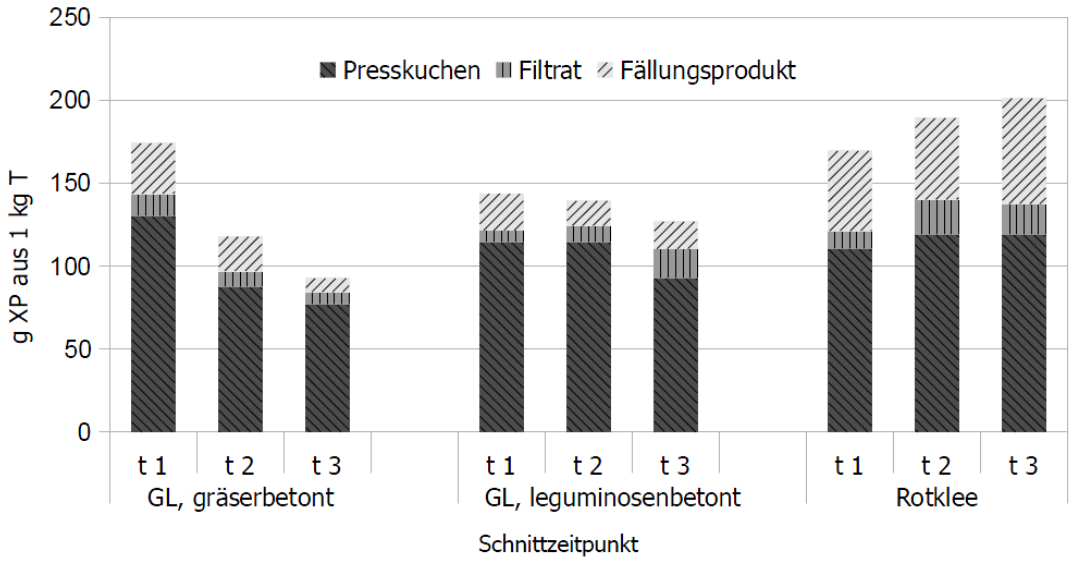


Abbildung 1: Aufteilung des Rohproteins aus 1 kg Trockenmasse des Ausgangsmaterial auf Presskuchen, Filtrat und Fällungsprodukt; (GL = Grünland; t1, 2, 3 = Schnittzeitpunkt 1, 2 bzw.3)

Tabelle 2 zeigt die Ausbeute des Rohproteins im Fällungsprodukt, die dieses in Relation zum Rohproteingehalt des Ausgangsmaterials stellt. Während gräser- und leguminosenbetonte Standorte eine Ausbeute von etwa 13 bis 14 % aufwiesen, lag der Rotklee mit 29 % deutlich darüber.

Tabelle 2: XP-Ausbeute (in %; Menge an XP im Fällungsprodukt bezogen auf die Menge an XP im Ausgangsmaterial).

	MW	s_x	x_{min}	x_{50}	x_{max}
Dauergrünland, grasbetont	14,16	4,96	7,47	15,10	21,62
Dauergrünland, leguminosenbetont	13,12	2,25	10,71	13,03	16,36
Ackerkultur Rotklee	28,74	2,89	25,98	28,49	31,75

Diskussion

Die in dieser Untersuchung betrachteten gräserbetonten Standorte zeichneten sich untereinander durch eine inhomogenere botanische Zusammensetzung gegenüber den leguminosenbetonten Standorten aus. Die Betrachtung der Proteingehalte und -ausbeuten der gräser- und leguminosenbetonte Standorte zu einem Schnittzeitpunkt zeigte eine höhere Streuung innerhalb der gräserbetonten Standorte, welche dem Einfluss der botanischen Zusammensetzung zuzuschreiben ist. Diese Einflussgröße ist im Vergleich zum Einfluss des Schnittzeitpunktes zwar als untergeordnet zu betrachten, kann jedoch für die Beurteilung der Standorteignung zur LPC-Herstellung nicht ignoriert werden.

Tabelle 3 zeigt eine Schätzung des Ertragspotentials von Grünland zur Gewinnung von Proteinextrakten aus Blattmaterial. Hierbei wurden durchschnittliche Hektarerträge von 68 dt T/ha·a für Dauergrünland und 72 dt T/ha·a für den Anbau von Rotklee auf Ackerland unterstellt [9] und mit der in der vorliegenden Untersuchung beobachteten Proteinausbeute verrechnet. Demnach liefern gräser- bzw. leguminosenbetonte Standorte pro Hektar und Jahr im Mittel etwa 130 kg Eiweiß durch die Extraktion des Presssaft-Proteins. Im Vergleich dazu liegt die Ausbeute beim Rotklee mit etwa 390 kg XP/ha·a weit darüber. Während die Proteinausbeute bei den gräser- und leguminosenbetonten Standorten mit fortschreitendem Schnittzeitpunkt sinkt, würde der Rotklee zum letzten Schnittzeitpunkt sogar die höchsten Proteinerträge bringen (über 450 kg XP/ha·a).

Tabelle 3: Rohproteinbilanz pro Hektar und Jahr [kg XP/ha·a] (angenommene Hektarerträge: Dauergrünland 68 dt; Rotklee 72 dt).

	Ausgangsmaterial [kg XP/ha·a]	Presskuchen [kg XP/ha·a]	Fällungsprodukt [kg XP/ha·a]	Filtrat [kg XP/ha·a]
Dauergrünland, grasbetont	871	667	135	69
Dauergrünland, leguminosenbetont	928	731	122	76
Ackerkultur Rotklee	1343	837	386	120

Im Vergleich mit der Proteinausbeute aus Grünland liefert der Anbau von Soja deutlich mehr Futterprotein. Unterstellt man südamerikanische Produktionsbedingungen (Körnerertrag von 26 dt/ha·a, Ölgehalt von 20 %, Rohproteingehalt von 54 % im Extraktionsschrot; [10, 11]), so ist mit einem Proteinertrag von etwa 1100 kg XP pro Hektar und Jahr zu rechnen [11]. Allerdings ist zu beachten, dass der Anbau von Soja im Gegensatz zu Grünland durch die höheren Standortanforderungen des Soja limitiert ist. Darüber hinaus ist Grünland mehrere Jahre oder gar auf unbegrenzte Dauer nutzbar, so dass der Proteinertrag aus Grünland langfristig durchaus in der Nähe des Sojaanbaus angesiedelt werden kann.

In Anbetracht der Einfachheit der in diesem Experiment angewandten Mittel, lässt eine technologische Weiterentwicklung des Herstellungsprozesses Steigerungsmöglichkeiten in der Proteinausbeute vermuten. Hierbei müssen auch die Auswirkungen des Herstellungsverfahrens auf die Verdaulichkeit, Lagerfähigkeit und den Gehalt an antinutritiven Stoffen berücksichtigt werden.

Auch die „Nebenprodukte“ der Pressung und Eiweißextraktion aus Grüngut beinhalten Nutzungspotentiale: Der Presskuchen mit seinem Restproteingehalt eignet sich nach wie vor als Wiederkäuerfutter; auch die Nutzung des Presskuchens als regenerative Kohlenstoffquelle ist denkbar. So wird z. B. die Kombination der Proteinkonzentratherstellung mit der Bioethanolgewinnung diskutiert [3].

Die Beurteilung des Blattproteinkonzentrats sollte neben ökonomischen auch unter ökologischen Gesichtspunkten erfolgen. So ermöglicht die Gewinnung von Proteinkonzentraten aus Grünlandbiomasse die heimische Produktion von Proteinfuttermitteln ohne zusätzlichen Flächenverbrauch und Grünlandumbruch für Anbau anderer eiweißreicher Ackerfrüchte. Darüber hinaus wäre die Gewinnung von Blattkonzentrat aus Grünlandbiomasse wegen ihrer Einfachheit und ökologischen Verträglichkeit speziell für den ökologischen Landbau interessant. Auch Rotklee bietet mit seinen hohen Proteinerträgen für den ökologischen aber auch den konventionellen Landbau Einsatzmöglichkeiten als Fruchtfolgeglied auf dem Acker.

Literatur

[1] Stockinger, B.; Schätzl, R. (ohne Jahresangabe): Strategien zur Erhöhung des Anteils von heimischen Eiweißfuttermitteln in der Nutztierfütterung. Institut für Ländliche Strukturentwicklung, Betriebswirtschaft und Agrarinformatik. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. München.

[2] Pirie, N. W. (1966): Leaf Protein as a Human Food. In: Science 152, 3730, 1701-1705.

[3] Chiesa, S.; Gnansounou, E. (2011): Protein extraction from biomass in a bioethanol refinery – Possible dietary applications: Use as animal feed and potential extension to human consumption. In: Bioresource Technology 102 (2011) 427-436.

[4] Gerloff, E. D.; Lima, I. H.; Stahmann, M. A. (1965): Amino Acid Composition of Leaf Protein Concentrate. In: Journal of Agricultural and Food Chemistry, Vol. 13, No. 2, 139-143.

[5] Carlsson, R.; Hanczakowski, P. (1989): Waste Green Parts of Plants as a Raw Material for Leaf Protein Concentrate Production. In: Biological Wastes, 28 (1989) 83-90.

[6] Nagy, S.; Telek, L.; Hall, N. T.; Berry, R. E. (1978): Potential Food Uses for Protein from Tropical and Subtropical Plant Leaves. In: Journal of Agricultural and Food Chemistry, Vol. 26, No. 5, 1016-1028.

[7] Denwaji, A. (1993): Amino Acid Composition of Leaf Proteins extracted from Some Aquatic Weeds. In: Journal of Agricultural and Food Chemistry, Vol. 41, No. 8, 1232-1236.

[8] FAO: http://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/AFRIS/Data/465.HTM; zuletzt aufgerufen am 03.09.2012.

[9] Statistisches Bundesamt (2012): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Wachstum und Ernte – Feldfrüchte. Fachserie 3 Reihe 3.2.1, Wiesbaden.

[10] FAOSTAT: http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD; zuletzt aufgerufen am 31.08.2012.

[11] Seiler, M. (2006): Evaluierung der technischen und wirtschaftlichen Umsetzbarkeit eines neuartigen Verfahrenskonzeptes zur Herstellung von Proteinprodukten aus Sojabohnen. Dissertationsschrift. Technische Universität Berlin. URL: http://opus.kobv.de/tuberlin/volltexte/2006/1446/; zuletzt aufgerufen am 03.09.2012.

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 reduce environmental impact with these innovative feed solutions.

Used alone, or in combination, these reliable, thermostable enzyme products are customized to increase profitability for pig and poultry producers.

Learn more at www.animalnutrition.dupont.com
or email info.animalnutrition@dupont.com

Phyzyme® XP TPT

Axtra®

Avizyme®

Danisco Xylanase

Porzyme®

Copyright © 2012 DuPont or its affiliates. All rights reserved. The DuPont Oval Logo, DuPont™ and all products denoted with TM or ® are registered trademarks or trademarks of DuPont or its affiliates.

Danisco Animal Nutrition

Die Optimierung von Milchviehrationen auf Aminosäuren verringert die Stickstoffausscheidung und verbessert die Stickstoffeffizienz

Winfried Heimbeck, Claudia Parys

Evonik Industries AG, Hanau

Einleitung

Proteinfuttermittel sind knapp, die Preise befinden sich auf Rekordhöhe. Trotzdem wird bei hoch leistenden Milchkühen in der Ration häufig Rohprotein (RP) vorgehalten, da positive Effekte auf die Leistung zu sehen sind. Diese Effekte resultieren aus der Tatsache, dass durch den Überschuss an Rohprotein auch der Bedarf an der erstlimitierenden Aminosäure gedeckt werden kann. Das überschüssige Rohprotein aus dem Futter kann im Pansen nicht genutzt werden und gelangt als Ammoniak ins Blut. In der Leber muss es energieaufwändig zu Harnstoff umgewandelt werden, der dann über Milch und Urin ausgeschieden wird. Stickstoffausscheidungen sind aber die bedeutendste Quelle des klimaschädlichen Lachgases.

Ein geringerer Rohproteingehalt im Futter verringert die Futterkosten und die renale Harnstoffausscheidung (Broderick et al. 2003). Dies ist außerdem einer der effektivsten Wege, die Ammoniakemission aus tierischen Exkrementen zu senken (Ndegwa et al. 2008, Hristov et al. 2011). In vielen Fällen kann der Rohproteingehalt einer Ration ohne Verringerung der Leistung um 0,5-1,5 %-Punkte abgesenkt werden (Chase at al. 2012). Eine ausreichende Versorgung mit Aminosäuren muss dafür sicher gestellt sein. Auch hohe Milchleistungen (>40 kg/d) können mit 16 % RP gehalten werden, wenn die Ration auf Aminosäuren optimiert ist (Broderick et al. 2008, 2009).

Grundlage für die optimale Versorgung mit Aminosäuren ist die maximale Synthese von mikrobiellem Protein im Pansen. Dieses Maximum wird durch eine ausreichende Versorgung mit fermentierbaren Kohlenhydraten sowie pansenabbaubarem Protein erreicht. Dabei ist auf eine ausreichende Menge an Struktur zu achten. Nach den Vormägen hat die Milchkuh ebenso wie monogastrische Tiere einen Bedarf an Aminosäuren. Die am Dünndarm anflutenden Aminosäuren stammen aus dem mikrobiellen und dem pansenstabilen Protein (UDP), dazu kommt das endogene Protein im Darm. Die Aminosäurenzusammensetzung des am Dünndarm nutzbaren Rohproteins (nXP) schwankt in Abhängigkeit der Aminosäurengehalte der verwendeten Futtermittel sowie deren UDP-Anteil, ist aber nicht unbedingt auf den Bedarf abgestimmt.

Üblicherweise werden die Aminosäurengehalte nur in Futtermitteln bestimmt, die in der Geflügel- und Schweineernährung zum Einsatz kommen, und in Tabellen publiziert (NRC 2001, Evonik 2010). Eine Aminosäurendatenbank der üblichen Futtermittel für Wiederkäuer, insbesondere auch von Grundfutter, ist ebenfalls vorhanden (Evonik 2010). In Kombination mit den UDP-Werten sind damit die wichtigsten Parameter abgedeckt, um den Anteil der am Dünndarm zur Verfügung stehenden Aminosäuren zu schätzen, der aus dem Futter stammt.

Der Ansatz

Ausgehend von der vorhandenen Ration, die eine bekannte Leistung ermöglicht, werden mit Hilfe eines Rationsbewertungsprogramms (AminoCow®) deren Mengen an metabolisierbaren Aminosäuren berechnet. Ausreichend strukturierte Rohfaser (NDF aus Grundfutter), fermentierbare Kohlenhydrate

und pansenabbaubares Protein müssen sichergestellt sein. Anschließend wird die Zufuhr an metabolisierbaren Aminosäuren mit dem geschätzten Bedarf verglichen. Durch gezielte Änderungen der Rationszusammensetzung einschließlich der Verabreichung von pansenstabilen Aminosäuren kann die Versorgung der Milchkühe mit metabolisierbaren Aminosäuren optimiert werden.

Wie eine Ration auf Aminosäuren optimiert werden kann, wird beispielhaft an nachfolgender Ration aufgezeigt. Als Grundlage werden folgende Parameter angenommen:

650 kg Gewicht, 35 kg Milch, 4,25 % Fett, 3,45 % Rohprotein, 23,5 kg TM-Aufnahme

Ration:	24,0 kg	Grassilage
	18,7 kg	Maissilage
	1,0 kg	Trockenschnitzel
	2,5 kg	Triticale
	7,8 kg	Mischfutter
	0,15 kg	Mineralfutter

Die Versorgung mit Aminosäuren auf der Basis metabolisierbarer Aminosäuren ist in Abbildung 1 dargestellt. Mit den vorhandenen 18,1 % RP wird der Aminosäurenbedarf komplett gedeckt. Die meisten Aminosäuren werden jedoch im Überschuss bereitgestellt.

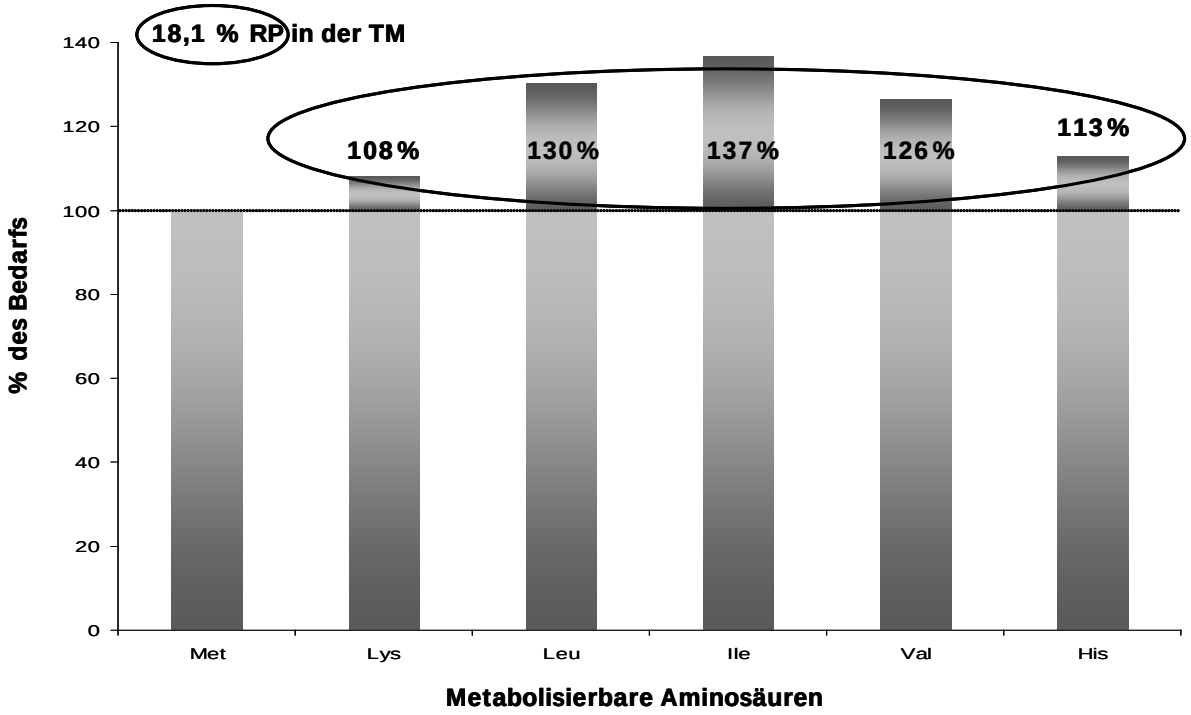


Abbildung 1: Aminosäurenversorgung aus der Beispielration

Wie weit diese Überschüsse an Aminosäuren durch Absenkung des Rohproteins auf 16,6 % verringert werden können, ist durch die Versorgung mit der zweitlimitierenden Aminosäure vorgegeben. In Abbildung 2 wird die Versorgung nach Anpassung der entsprechenden Rationskomponenten gezeigt.

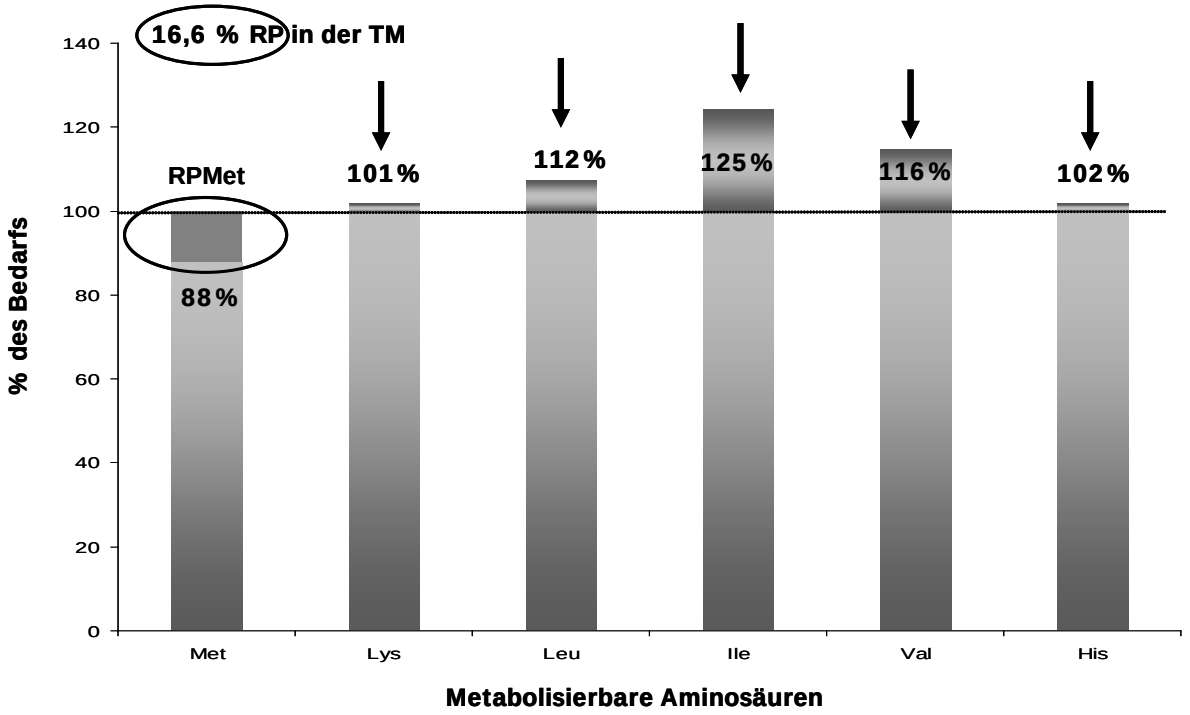


Abbildung 2: Aminosäurenversorgung nach Absenkung des Proteingehaltes und Optimierung auf Aminosäuren

In dieser Ration wurden 1,2 kg Mischfutter herausgenommen und je 0,6 kg Trockenschnitzel und Triticale hinzugefügt, um das Volumen und die Energie zu ersetzen. Daraus resultiert ein Rückgang des Rohproteingehaltes in der Ration von 18,1 auf 16,6 %. Pansenstabiles Methionin (RPMet, 7,2 g) wurde durch Einmischen in das Mineralfutter bereitgestellt, um den Methioninbedarf zu decken. Bei allen Aminosäuren wurde der Überschuss reduziert. Somit muss weniger Ammoniak entgiftet und weniger N ausgeschieden werden. Die Reduzierung des Rohproteingehaltes resultiert in geringeren Rationskosten, die üblicherweise im Bereich von 0,05-0,20 € pro Kuh und Tag liegen.

Ration:	24,0 kg	Grassilage	Optimiert:	24,0 kg	Grassilage
	18,7 kg	Maissilage		18,7 kg	Maissilage
	1,0 kg	Trockenschnitzel		1,6 kg	Trockenschnitzel
	2,5 kg	Triticale		3,1 kg	Triticale
	7,8 kg	Mischfutter		6,6 kg	Mischfutter
	0,15 kg	Mineralfutter		0,15 kg	Mineralfutter mit RPMet

Mit einer Rationsgestaltung auf Basis metabolisierbarer Aminosäuren lässt sich der Rohproteingehalt im Futter senken. Hierdurch entsteht in der Ration Platz, der für andere wichtige Nährstoffe genutzt werden kann. Die aus dem niedrigeren Rohproteingehalt resultierende geringere Ammoniakbildung entlastet die Leber. Die N-Ausscheidungen werden reduziert und die N-Effizienz dem entsprechend erhöht. Gleichzeitig verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der Milchproduktion, vor allem, wenn sich die Preise für Futterprotein auf Rekordhöhe befinden.

Die N-Effizienz kann um >20 % verbessert werden

Ein Versuch am US Dairy Forage Research Center in Madison (WI) konnte das Potenzial zur Verbesserung der Milch-Stickstoff-Effizienz um mehr als 20 % durch reduzierte Proteingehalte und Aminosäurenbalancierung zeigen (Broderick et al. 2008). Die Milch-N-Effizienz zeigt an, welcher Anteil des gefütterten Rohproteins in die Milch gelangt.

Das Grundfutter der Versuchsrationen bestand aus Luzerne- und Maissilage (21 bzw. 28 % der TM). Als Getreidekomponente wurde Feuchtmais eingesetzt, die Proteinquellen waren Sojabohnen und Sojaextraktionsschrot (SES). Sojaschalen (5,8 %) wurden zur Vermeidung exzessiver Stärkeaufnahmen in allen Behandlungen gefüttert. Der Versuch mit 24 Kühen bestand aus 4 Behandlungen (18,6 % RP, 17,3 % RP, 16,1 % RP, 14,8 % RP). In der höchsten Rohproteinstufe wurde kein Methionin supplementiert. In den drei anderen Rationen wurde der Rohproteingehalt durch Austausch von SES gegen Feuchtmais gesenkt. Die Methioninversorgung wurde durch die Verabreichung von pansengeschütztem Methionin sichergestellt.

Mit sinkendem Rohproteingehalt in der Ration (Tabelle 1) wurde der Stickstoff effizienter genutzt, was das Ergebnis der geringeren N-Aufnahme, der höheren Milchleistung und des höheren Milchproteinertrags bei den Rationen mit 17,3 und 16,1 % RP war. Mit 14,8 % RP konnte die Leistung nicht gehalten werden. In dieser Ration waren neben Methionin weitere Aminosäuren defizient. In den beiden Behandlungen mit 17,3 und 16,1 % RP waren die Mengen ausgeschiedenen Stickstoffs als Harnstoff deutlich verringert. Stickstoff ist in dieser Form eine bedeutende Quelle des klimaschädlichen Lachgases.

Die Schritte von 18,6 % RP zu 17,3 % oder 16,1 % verbesserten die Effizienz, N für die Milchproduktion zu nutzen, um 14 bzw. 21 %. Dadurch verringerte sich die Menge N, die als Harnstoff über den Urin verloren geht, um 28 bzw. 44 %.

Tabelle 1: Veränderung der N-Nutzung durch Ersetzen von SES mit Feuchtmais und RPMet

RP %	**18,6**	**17,3**	**16,1**	**14,8**		
RPMet g/d	**0**	**8**	**17**	**25**	**SEM**	**P > F**
Milchharnstoff-N (mg/dL)	14,5[a]	11,8[b]	9,5[c]	7,9[d]	0,4	< 0,01
Milch-N/N-Aufn., %	26,2[c]	29,9[b]	31,7[b]	34,0[a]	0,9	< 0,01
Exkretion, g/d						
Urin-Harnstoff-N	205[a]	148[b]	115[c]	80[d]	6	< 0,01
Gesamt Urin-N	260[a]	207[b]	188[c]	150[d]	8	< 0,01
Fäkaler N	250	246	259	237	9	0,20
Gesamt-Gülle-N	510[a]	453[b]	447[b]	387[c]	13	< 0,01
Geschätzte N-Bilanz	28	25	14	-7	9	0,01

Die Ergebnisse dieses Versuchs zeigen, dass pansengeschütztes Methionin (RPMet) zusammen mit Feuchtmais Teile des Rohproteins ersetzen kann, das von Proteinträgern wie SES kommt. Mit der Supplementierung von RPMet war es möglich, den Rohproteingehalt ohne Rückgang der Milchmenge und der Inhaltsstoffe von 18,6 % auf 16,1 % zu senken. Das Absenken auf 14,8 % RP hingegen führte zum Rückgang der Milchleistung und zur Mobilisierung von Körperreserven.

Die Aminosäurenoptimierung von Milchviehrationen stellt einen brauchbaren Ansatz für die Herausforderungen einer nachhaltigen und ökonomischen Milchproduktion dar.

Literatur

Broderick GA (2003): Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. J Dairy Sci 86: 1370-1381

Broderick GA, Stevenson MJ, Patton RA, Lobos NE, Olmos Colmenero JJ (2008): Effect of supplementing rumen-protected methionine on production and nitrogen excretion in lactating dairy cows. J Dairy Sci 91: 1092-1102

Broderick GA, Stevenson MJ, Patton RA (2009): Effect of dietary protein concentration and degradability on response to rumen-protected methionine in lactating dairy cows. J Dairy Sci 92: 2719-2728

Chase LE, Higgs RJ, Van Amburgh ME (2012): Feeding low crude protein rations to dairy cows – What have we learned? Proc. 23rd Florida Ruminant Nutrition Symposium, Gainesville, Florida: 32-42

Evonik Degussa GmbH (2010): AminoDat 4.0 – Amino Acid Composition of Feedstuffs. Evonik Industries, Hanau, Germany.

Hristov AN, Hanigan M, Cole A, Todd R, McAllister TA, Ndegwa PM, Rotz A (2011): Ammonia emissions from dairy farms and beef feedlots: A review. Can J Anim Sci 91: 1-35

Ndegwa PM, Hristov AN, Arogo J, Sheffield RE (2008): A review of ammonia emission mitigation techniques for concentrated animal feeding operations. Biosystems Eng 100: 453-469

NRC (2001): Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th revised edition. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.

Autorenanschrift

Claudia Parys
Evonik Industries AG
Rodenbacher Chaussee 4
63457 Hanau, Deutschland
claudia.parys@.com

A fresh perspective on our masterpieces.

AMINO*Lab*®
AMINO*NIR*®
AMINO*Sys*®
AMINO*Cow*®
AMINO*NEC*®
AMINO*Q*®
AMINO*Dat*®

MetAMINO®
Biolys®
ThreAMINO®
TrypAMINO®
mepron®

Evonik provides you with all four essential amino acids for animal nutrition: **MetAMINO®** (DL-methionine), **Biolys®** (L-lysine), **ThreAMINO®** (L-threonine), **TrypAMINO®** (L-tryptophan)

But just as importantly, our range of AMINO TOOLS provides you with everything you need to maximize efficiency.

feed-additives@evonik.com
www.evonik.com/feed-additives

Evonik. Power to create.

EVONIK INDUSTRIES

Wassermangel - unterschiedlicher Wasserdurchfluss an den Nippeltränken

Wolfgang Preißinger, Hermann Lindermayer, Günther Propstmeier

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

Einleitung

Bei eingeschränkter und suboptimaler Wasserversorgung reduzieren die Ferkel sehr schnell und nachhaltig die Futteraufnahme. Dies ist der Fall bei zu wenig Durchfluss, zu wenig Tränkestellen oder ungeeigneten bzw. falsch installierten Tränken. Auch zu kaltes, geschmacksbeeinträchtigtes oder verschmutztes bzw. verkeimtes Wasser kann dafür ursächlich sein. In der Praxis werden diese kleinen „Wasserprobleme“ oft nicht erkannt und so jahrelang Leistungseinbußen in Kauf genommen. Deswegen sollte dieses Thema in der Ferkelaufzucht versuchsmäßig aufgegriffen werden, und zwar innerhalb eines engen Versorgungskorridors und nicht als leicht erkennbarer „Katastrophenfall“.

In einem Fütterungsversuch erhielten zwei Futtergruppen das gleiche Ferkelfutter zur freien Aufnahme über eine Spotmix-Fütterungsanlage (Kraftfutter zu Wasser ca. 1:2) in den Kurztrog mit Sensor. Das Futter war von breiförmiger bis flüssiger Konsistenz, somit war eine Grundversorgung mit Wasser durchgängig mit dem Futter gegeben. Die Wasserverknappung erfolgte lediglich über den Nachlauf an den Nippeltränken in der Bucht.

Folgende Versuchsfragen sollten beantwortet werden:

- Welche Leistungen (Futteraufnahme, Zunahmen, Futteraufwand, Tiergesundheit) werden bei suboptimaler Wasserversorgung in der Ferkelfütterung erzielt?
- Welche Güllemengen/-inhaltsstoffe fallen bei suboptimaler Wasserversorgung an?

Material und Methoden

Die Untersuchung wurde am Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum Schwarzenau durchgeführt und bestand aus einem Ferkelfütterungsversuch im Lebendmassebereich zwischen 10 und 30 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: „Normaler“ Wassernachlauf, Einstellwert 1,0 l/min
- Gruppe II: „Reduzierter Wassernachlauf, Einstellwert 0,5 l/min

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 10,2 kg. Pro Behandlungsgruppe wurden 2 Buchten mit weiblichen Tieren, 2 Buchten mit männlich kastratierten Tieren und 4 Buchten gemischtgeschlechtlich aufgestallt. Die Fütterung erfolgte am Kurztrog 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) wurden in der Versuchsmahl- und Mischanlage Schwarzenau hergestellt. Die Futteruntersuchen wurden im Labor der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Grub nach VDLUFA-Richtlinien durchgeführt. Nach Ende des Versuches wurden für jede Behandlungsgruppe Gülleproben gezogen und der Gülleanfall ermittelt. Die Gülle wurde im Labor der

Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen (AQU 1) in Freising nach VDLUFA-Richtlinien analysiert.

Die Rationen aus Weizen, Gerste, Sojaextraktionsschrot, Futteröl und Mineralfutter waren einfach aufgebaut und kamen sehr nahe an die Zielvorstellungen heran. Sie sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Versuchsrationen und analysierte Inhaltswerte

		Ferkelaufzuchtfutter I	Ferkelaufzuchtfutter II
Weizen	%	37	38
Gerste	%	37	38
Futteröl	%	1	1
Soja 48	%	21	20
Min. Futter		4	3
ME[2)]	MJ	13,01	13,11
Rohprotein	g	192	185
Lys	g	12,2	11,7
Met	g	3,9	3,2
Thr	g	8,1	7,6
Trp	g	2,4	2,2
Stärke	g	410	418
Rohfett	g	33	34
Rohfaser	g	37	35
Ca	g	7,6	6,3
P	g	4,7	4,6
pH		6,6	6,7

Ergebnisse und Diskussion

Alle Tiere starteten mit dem gleichen Ausgangswicht (10,2 kg LM) in den Testlauf und kamen über 30 kg Verkaufsgewicht (siehe Tabelle 2). Es wurden im Schnitt 526 g tägliche Zunahmen, ein Futteraufwand von knapp unter 1,7 kg und ein Energieaufwand von ca. 22 MJ ME je kg Zuwachs erreicht. Die Futterverwertung lag bei ca. 600 g tägliche Zunahmen pro kg Futter bzw. die Energieverwertung bei 46 g tägliche Zunahmen pro MJ ME. Es lag insgesamt ein sehr hohes Leistungsniveau vor.

Schon der geringere Wassernachlauf (0,5 statt 1,0 l Nachlauf/min) in der Gruppe II führte zu 0,2 l bzw. ca. 35 % weniger Zusatzwasseraufnahme bzw. -verbrauch pro Ferkel und Tag und hatte negative Folgen für die Leistung. Die täglichen Zunahmen (Gruppe I 538 g, Gruppe II 513 g) gingen signifikant um 25 g/Tag zurück. Besonders in der zweiten Aufzuchthälfte bzw. bei den älteren Tieren war der Wassermangel leistungshemmend. Der Futterverzehr bzw. -verbrauch der Testgruppe ging bei limitiertem Wassernachlauf um 62 g/Tag zurück. Der Rückgang im Energieverzehr lag bei 0,8 MJ ME/Tag. Bezüglich Futteraufwand und Futterverwertung waren keine Unterschiede zu erkennen.
Bei dem Versuch handelte es sich um einen „Herbstlauf“ (Okt./Nov. 2011) ohne Hitzestress und trotzdem wirkte die scheinbare unbedeutende Wasserreduzierung sehr negativ. Die mittlere Außentemperatur während des Versuches lag bei 5°C, die Quecksilbersäule stieg dabei auf max. 19°C.

Tabelle 2: Aufzuchtleistungen (LSQ-Werte) und Tränkewasserverbrauch über Nippeltränken

Gruppen		**Gruppe I (1,0 l/min)**	**Gruppe II (0,5 l/min)**	**Sign.**
Tierzahl	n	96	95	-
Gewichte				
Beginn	kg	10,2	10,2	n.s.
Ende	kg	32,8	31,7	0,047
Zuwachs				
Gesamt	kg	22,6	21,5	0,044
Zunahmen				
Anfang/Phase 1	g	351	334	n.s.
Ende/Phase 2	g	723	693	0,067
Gesamt (10-31 kg LM)	g	538	513	0,037
Futterverzehr/Tag				
Anfang/Phase 1	g	589	546	0,156
Ende/Phase 2	g	1227	1146	0,168
Gesamt (10-31 kg LM)	g	908	846	0,137
Energieverzehr/Tag				
Anfang/Phase 1	MJ	7,7	7,1	0,156
Ende/Phase 2	MJ	16,1	15,0	0,168
Gesamt (10-31 kg LM)	MJ	11,9	11,1	0,137
Futteraufwand (kg Futter/kg Zuwachs)				
Anfang/Phase 1	kg	1,68	1,64	n.s.
Ende/Phase 2	kg	1,70	1,66	n.s.
Gesamt (10-31 kg LM)	kg	1,69	1,65	n.s.
Futterverwertung (g Zunahmen/kg Futter)				
Anfang/Phase 1	g	597	611	n.s.
Ende/Phase 2	g	589	604	n.s.
Gesamt (10-31 kg LM)	g	592	606	n.s.
Energieaufwand (MJ ME/kg Zuwachs)				
Anfang/Phase 1	MJ	21,9	21,3	n.s.
Ende/Phase 2	MJ	22,3	21,8	n.s.
Gesamt (10-31 kg LM)	MJ	22,1	21,6	n.s.
Energieverwertung (g Zunahmen/MJ ME)				
Anfang/Phase 1	g	46	47	n.s.
Ende/Phase 2	g	45	46	n.s.
Gesamt (10-31 kg LM)	g	45	46	n.s.
Tränkwasserverbrauch – nur aus den Tränkenippeln				
gesamt	m³	2,57	1,66	-
pro Ferkel	l	26,78	17,33	-
pro Ferkel und Tag	l	0,56	0,36	-

Die Gülleproben beider Gruppen wurden jeweils vor und nach dem Waschen des Abteiles gezogen. Für das Waschen errechnete sich ein Wasserbedarf von durchschnittlich 37 l pro Ferkel. Bei 1,0 l Wassernachlauf pro Minute fielen 0,13 m^3 Gülle mit 5,3 % T je Ferkel an. Die „Wassermangelgruppe“ hatte einen Gülleanfall von 0,11 m^3/Ferkel allerdings mit 6,1 % T. Standardisiert auf 5 % Trockenmasse errechnen sich im Schnitt pro Ferkel 0,15 m^3 (gute Wasserversorgung) bzw. 0,13 m^3 Gülle (verhaltene Wasserversorgung).

In Tabelle 3 sind die Ergebnisse pro Behandlung standardisiert auf einen T-Gehalt von 5 % zusammengestellt. Die Analysenergebnisse für Güllen, die vor dem Waschen des Abteiles gezogen

wurden, unterscheiden sich für beide Behandlungsgruppen nur wenig. Die Werte für Gesamt-N und NH_4-N, P_2O_5 K_2O stimmten mit den Angaben der Gruber Tabelle (LfL, 2011) gut überein, die für MgO lagen geringfügig höher. Wurden die Gülleproben nach dem Waschen des Abteiles gezogen, so wurden insbesondere bei Kupfer, Zink und Eisen etwas höhere Werte in der Gülle gefunden. Futterstäube auf und Abrieb an den Aufstallungen könnten dafür ursächlich sein.

Tabelle 3: Güllemenge und Gülleinhaltstoffe je m^3 Gülle (2 Analysen, Angaben standardisiert auf 5 % T)

		Vor dem Abteilwaschen		Nach dem Abteilwaschen	
		Gruppe I 1,0 l/min	Gruppe II 0,5 l/min	Gruppe I 1,0 l/min	Gruppe II 0,5 l/min
Gülle/Ferkel	m^3	0,13	0,11	0,17	0,15
	%	100	85	100	86
Trockenmasse	%	5,3	6,1	4,3	3,2
pH		7,4	7,5	7,5	7,5
Org. Substanz	kg	37,6	37,1	37,0	36,6
N-gesamt	kg	4,7	4,8	5,1	6,2
NH_4-N	kg	3,6	3,5	3,8	4,5
K_2O	kg	2,9	3,0	4,6	3,9
MgO	kg	1,6	1,6	1,6	1,7
CaO	kg	1,7	1,7	1,6	1,4
Na	kg	0,4	0,5	0,8	0,6
P_2O_5	kg	2,7	2,6	2,4	2,6
S	kg	0,3	0,3	0,3	0,3
Cu	g	48	54	79	62
Zn	g	42	44	61	52
Mn	g	37	39	41	37
Fe	g	87	92	117	102

Mit durchschnittlich 1215 mg/kg T aus allen 4 Analysen lagen die Kupfergehalte im oberen Bereich des bayer. Güllemonitorings. Anzuführen ist, dass hier ausschließlich Ferkelgülle analysiert wurde. Im Güllemonitoring (Müller, 2006) wurden keine spezialisierten Ferkelaufzuchtbetriebe, sondern Zuchtbetriebe ausgewählt, bei denen noch Sauengülle anfällt. Beim Zink wurden im Mittel knapp 1000 mg/kg T festgestellt. Laut dem bayer. Güllemonitierung übertrafen mit >1500 mg/kg T mehr als 40 % der Zuchtbetriebe diesen Wert.

Schlussfolgerungen

Die wichtigsten Ergebnisse mit den relativen Abweichungen von wasserreduzierter Testgruppe (Gruppe 2, rechte Säule) zur Kontrollgruppe (Gruppe 1) sind in Abbildung 1 dargestellt.

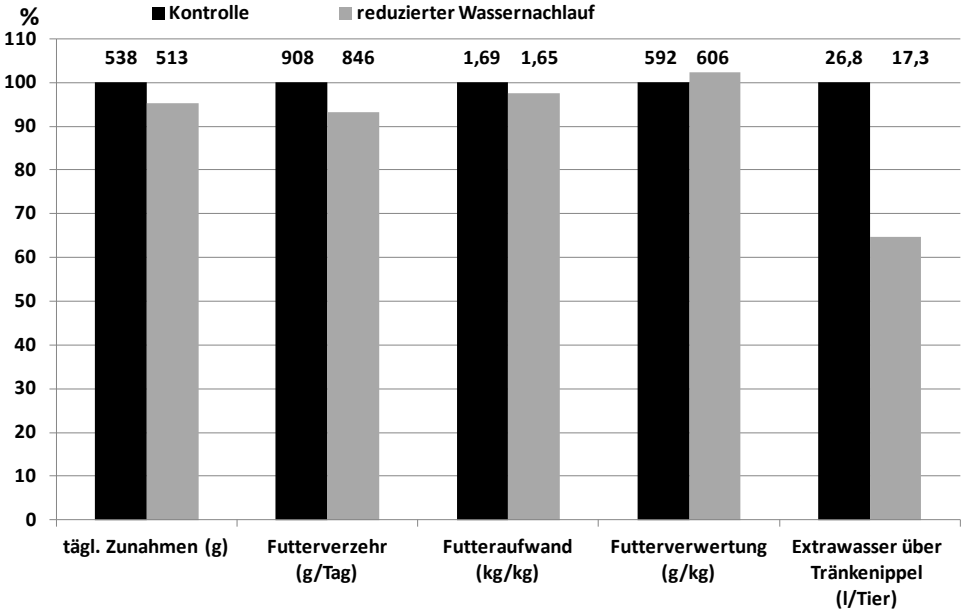


Abbildung 1: Relative Leistungen (Kontrolle, Gruppe 1=100) - Tägliche Zunahmen, Futterverzehr, Futteraufwand, Futterverwertung, Extrawasser aus Tränkenippel

Bei reduziertem Wassernachlauf lagen Futterverzehr und tägliche Zunahmen deutlich niedriger. Ältere bzw. schwerere Ferkel in der zweiten Aufzuchtphase reagieren mit stärkerem Futterverzehrs- bzw. Leistungsabfall als jüngere Tiere. Futteraufwand und die Futterverwertung wurden nur wenig beeinflusst. Der Extrawasserverbrauch der Ferkel bei reduziertem Nachlauf war deutlich vermindert.
Der Gülleanfall war bei reduziertem Nachlauf um 13 % geringer, gerichtete Verschiebungen bei den Gülleinhaltsstoffen waren nicht erkennbar.
Die Sicherstellung und Optimierung der Wasserversorgung der Schweine ist eine ständige und vorrangige Aufgabe für den Betriebsleiter!

Literatur

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

Müller, C. (2006): Schwermetalle und Spurenelemente in Gülle, LfL-Schriftenreihe 12/2006, S. 29-36

Autorenanschrift

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

IMPFUNG GEGEN EBERGERUCH:

INNOVATIVE LÖSUNG FÜR EIN ALTES PROBLEM

ZULASSUNGS-ERWEITERUNG

Zuverlässige Kontrolle von

- **Ebergeruch UND Eberverhalten**
- **Umfangreiche Praxiserfahrungen**
- **Verbesserte Futterverwertung bei hohen Magerfleischanteilen**

Pfizer Tiergesundheit

Pfizer GmbH – Tiergesundheit
Linkstraße 10 · 10785 Berlin
www.pfizer-tiergesundheit.de

Effect of different dosages of a combination of organic acid blend, cinnamaldehyde and a permeabilising substance on the growth performance of weaning pigs

Nataliya Roth[1], Renata Urbaityte[1], Walter Nies[2], Wolfgang Markert[3]

[1]Biomin Holding GmbH, 3130 Herzogenburg, Austria
[2]BIOMIN Deutschland GmbH, 73430 Aalen, Germany
[3]BIOMIN Phytogenics, 37627 Stadtoldendorf, Germany

Introduction

Antibiotic growth promoters (AGP), used in pig production for many years, have led to the development of antibiotic resistance in human pathogens (Swann, 1969). Antibiotic resistant genes can be transferred from animals to humans. (Greco, 2001). Therefore AGP have been banned in animal production within the European Union since 2006. Natural growth promoters in pig production have become more accepted as an alternative to AGP. Acidifiers and phytochemicals, amongst others are used as natural growth promoters. Compared with antibiotics that inhibit the growth of all bacteria (Cromwell, 1990), acidifiers and phytochemicals are more selective in their activity. Acidifiers and phytochemicals reduce harmful bacteria and promote beneficial microflora, resulting in improved growth performance (Hellweg et al., 2006; Manzanilla al., 2004).

Acidifiers are used to lower the stomach pH, as higher stomach pH at weaning is connected to digestive problems (Easter, 1988). Mroz (2000) noted the reduction in gastric pH activates pepsinogen and other zymogens and brings the pH of the stomach closer to the optimum for pepsin activity.

Phytochemicals are plant chemicals that have protective and disease preventive properties. Cynnamaldehyde (CA) is a phytochemical (Michiels et al., 2007) and has antimicrobial effects. CA binds to the filamentation temperature sensitive protein-Z (FtsZ), which plays an important role in cell division, and perturbs the formation of the Z-ring thus inhibiting the process of cell division (Domadia et al., 2007). The strong antibacterial effect of cynnamaldehyde on bacteria at low inclusion levels was demonstrated by Michiels et al., 2007.

The outer membrane of Gram-negative bacteria acts as a barrier preventing antimicrobials from entering the cell and destroying its vital functions (Canovas et al., 2005). This outer membrane can be disturbed by permeabilizing substances (PS), which make the bacterial cell more susceptible to antimicrobials (Alakomi, 2007). The combination of organic acids and CA might be enhanced as they penetrate the bacterial cell more easily.

A combination of acids (formic, propionic and acetic), phytochemical CA and PS Biomin Per4rizer® (Biomin Holding GmbH, Austria) has showed synergistic effects on the inhibition of bacterial growth in vitro as well as improved growth performance in weaning pigs (Riemensperger et al., unpublished data). The aim of this trial was to find the efficacy of the combination of acidifier, phytochemical and PS in the form of combined natural growth promoter Biotronic® Top3 (combined NGP) at three different levels (0.1%, 0.15% and 0.2%) on weaning pig performance. The influence of three different dosages on the economic benefit of the product was evaluated.

Material and Methods

A trial was carried out at a commercial farm in Germany, using 600 Pic x Pi weaning pigs. All groups received a common basal diet (Table 1). Pigs were weaned at 28 days of age and assigned to four treatments. The control group diet contained no feed additives, whereas the diet of the trial groups was supplemented with the combined NGP at inclusion rates of 1.0, 1.5 or 2.0 kg/t feed.

The duration of the trial was 71 days. The feed intake (FI) of the pigs was recorded at the beginning and the end of the trial. The weight of the pigs was recorded at day 28, 56 and 71. Average daily gain (ADG), feed conversion ratio (FCR) and Return on Investment (ROI) were calculated. Mortality and clinical symptoms of diarrhea or other medical incidences were observed daily.

Table 1: Composition of the diet, %

Ingredients	**Starter 28-56 d**	**Grower 56-71 d**
Wheat expended	15.30	5.00
Barley	15.00	15.00
Soybean	14.00	-
Corn	8.00	10.00
Barley expended	7.70	2.50
Whey powder	6.60	-
Wheat	5.70	43.10
Corn expended	5.20	2.50
Premix*	4.36	2.35
Wheat middlings	3.50	-
Soy protein concentrate	2.50	-
Corn crumbs expended	2.40	-
Soyextract meal	2.20	16.50
Molasses	1.5	-
Hydrolysed animal protein	1.40	-
Soy oil	1.3	0.70
Potato protein	0.8	-
Mono dicalcium phosphate	0.75	0.75
Coconut oil	0.46	-
Saccharose	0.40	-
Sodium chloride	0.35	0.50
Chicory	0.20	-
Palm kernel oil	0.17	-
Calcium carbonate	0.15	1.10
Sodium butyrate	0.06	-
Total	100.00	100.00
ME/kg, MJ	14.00	13.4
	Formulated nutrients, %	
Crude protein	17.00	17.50
Crude fat	6.40	2.80
Crude fiber	4.00	4.00
Crude ash	4.90	4.70
Methionine	0.45	0.36
Lysine	1.40	1.20
Ca	0.65	0.75
P	0.55	0.55
Na	0.25	0.20

*Contents per kg diet: Vit. A 15000 I.E.; Vit. D3 2000 I.E.; Vit. E 100 mg; Iron 150 mg; Iodine 2 mg; Cobalt 0.5 mg; Copper 150 mg; Manganese 50 mg; Zinc 110 mg; Selenium 0.4 mg.

All data generated out of the growth trial were subjected to statistical analysis by means of ANOVA (SPSS® statistics 17.0). As significant differences were found in the initial weight, it was included in the statistical model so that possible influences on other variables could be balanced out.

Results and Discussion

The results of the present trial showed that dietary supplementation of CA at inclusion levels of 0.1%, 0.15% and 0.2% enhanced the pigs' growth performance (BW and EPEF). An overview of the performance data is given in Table 2.

Table 2:- Growth performance of pigs

	Control group	Combined NGP 1kg/t	Combined NGP 1.5kg/t	Combined NGP 2kg/t	s.e.	P-value
No. of animals	150	149	150	148		
Initial weight d28, kg	8.0[a]	8.4[b]	8.3[ab]	8.3[ab]	0.05	<0.05
Intermediate weight d56, kg	17.2[a]	18.4[b]	18.7[b]	18.9[b]	0.14	<0.001
Final weight d71, kg	26.9[a]	28.1[b]	28.3[b]	28.3[b]	0.21	<0.05
ADG 1, g	328[a]	357[b]	371[b]	379[b]	3.59	<0.001
ADG 2, g	647	646	640	629	5.53	>0.1
ADG total, g	439	458	465	465	3.94	<0.1
Feed intake/day, g	762[a]	804[b]	816[c]	818[c]	2.55	<0.001
FCR	1.74	1.76	1.75	1.76	0.005	>0.1

a,b Means with different superscripts differ significantly

The initial weight of the pigs in the control group was lower (P<0.05) compared with the initial weight of pigs fed the diet supplemented with 1.0 kg combined NGP (8.0 vs. 8.4 kg). The initial weight of the pigs fed the diets supplemented with 1.5 and 2.0 kg combined NGP did not differ significantly (P>0.05; 8.3 kg) from the other treatments, but was between the initial weight of pigs fed the control diet and the diet supplemented with 1.0 kg combined NGP. As significant differences were found in the initial weight, it was included in the statistical model so that possible influences on other variables could be balanced out. All groups fed combined NGP had significantly higher final weights compared with the control group and the final weights increased with each dosage increase of the combined NGP. The same results were also seen for the intermediate weight.

The ADG from day 28 to 56 was improved in pigs fed the diets supplemented with combined NGP compared with the control group. Differences of ADG in between the groups supplemented with combined NGP from day 56 to 71 were not significant. However, pigs fed the diets supplemented with 1.5 and 2.0 kg combined NGP had similar ADG from day 56 to 71 and this was numerically higher compared with pigs fed the diet supplemented with 1.0 kg combined NGP. ADG for the overall experimental period was not significantly different. Pigs fed the diets supplemented with 1.0 and 2.0 kg combined NGP had a similar daily gain which was lower compared with pigs fed the diet supplemented with 1.5 kg combined NGP.

Average daily feed intake differed significantly between the groups. FI was significantly higher in the group fed the diet supplemented with 1.0 kg combined NGP compared with the control group. FI of the groups fed the diets supplemented with 1.5 and 2.0 kg combined NGP was significantly different compared with the control group and the group fed the diet supplemented with 1.0 kg combined NGP.

Figures for the financial calculation (Table 3) are based on local prices from Germany at the time of the experiment and may vary depending on country and time.

Table 3: Financial calculation

	Control group	**Combined NGP 1 kg/t**	Δ	**Combined NGP 1.5 kg/t**	Δ	**Combined NGP 2 kg/t**	Δ
Number	150	149		150		148	
Final weight ,kg/pig	26.9	28.1		28.3		28.3	
Total FI, kg/pig	32.76	34.59		35.07		35.16	
Total sales weight, kg	4035.0	4186.9		4245.0		4188.4	
Total FI, kg	4913.9	5153.8		5260.2		5203.0	
Meat price, €/kg	1.6425	1.6425		1.6425		1.6425	
Feed Price	0.269	0.269		0.269		0.269	
Meat sales, €	6627.49	6876.98	+249.49	6972.41	+344.92	6879.45	+254.75
Feed costs, €	1321.84	1386.37	+64.53	1414.99	+93.16	1399.61	+77.77
Feed additive cost, €	-	25.25		38.66		50.99	
Net gain, €	5305.65	5465.36	+159.71	5489.05	+183.40	5428.85	+123.20
ROI		6.3		4.7		2.4	

The trial group supplemented with the combined NGP at 1.0 kg per ton had a total gain of 159.71 €, while the groups supplemented with the combined NGP at 1.5 and 2.0 kg per ton had a total gain of 183.40 and 123.20 €, respectively. The cost of combined NGP was 25.25, 38.66 and 50.99 € in the groups supplemented with 1.0, 1.5 and 2.0 kg combined NGP per ton of feed. This resulted in a Return on Investment (ROI) of 6.3, 4.7 and 2.4 € when using the combined NGP at 1.0, 1.5 and 2.0 kg per ton of feed, respectively.

It is well know that organic acids improve growth performance and modulate the intestinal microbiota of pigs (Piva et al., 2002; Walsh et al., 2007). The level of performance improvement increases with the increased dosage of the acidifier (Metzler et al., 2007), which corresponds with the results of the current trial. Using acid combinations instead of single acids may be more beneficial due to a broader spectrum of activity (Namkung et al., 2003).

Combining organic acids with other naturally derived substances are beneficial in comparison to the use of the substance alone (Steiner, 2006). Combining organic acids with plant derivatives may be beneficial due to the effect on different parts of the gastro-intestinal tract. Organic acids would exert their activity in feed and the upper gastro-intestinal tract and plant derivatives more in the distal part of the intestinal tract (Langhout, 2000).

The mode of action of PS regarding the damage to the outer membrane of Gram-negative bacteria is described by Alacomi (2001). PS weaken the outer membrane of Gram-negative bacteria, which makes the bacteria more susceptible to hydrophobic antimicrobials. No literature could be found on the economic benefit of different dosages of acidifiers and their combinations with other substances in comparison with the level of improvement in a pig´s performance.

Conclusion

Pigs fed the diet supplemented with 1.5 kg combined NGP had the highest final body weight and ADG compared with other groups. Looking at performance improvement, it can be concluded that the supplementation with the combined NGP at a level of 1.5 kg per ton of feed was most beneficial. However, from a financial point of view, the supplementation with combined NGP at a level 1.0 kg per ton of feed with a ROI of 6.3:1 was the most beneficial in the current experiment.

References

Alakomi H.L. Weakening of the Gram-negative bacterial outer membrane. 2001. PhD, Helsinki, Norway.

Canovas M., Torroglosa T., Iborra J.L. Permeabilization of *Escherichia coli* cells in the biotransformation of trimethylammonium compounds into L-carnitine. 2005. Enzyme and Microbial Technology 37, P. 300-308.

Cromwell G.L. Antimicrobial agents. Swine Nutrition. 1990 (Ed. Miller D.E. Ullrey and LewisA.J.) Butterworth-Heiemann, Boston, USA. P.297-313.

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.

Easter R.A., Kirchgessner M. and Roth. F.X. Acidification of diets for pigs. 1988. (Ed. by Haresign W. and Cole D.J.A. Resent advances in animal Nutrition. Butterworths, London. UK. P.61-72.

Greko C. Safety aspects on non-use of antimicrobials as growth promoters. 2001. (Ed. Piva A., Bach Knudsen K.E., Lindberg J.E.). Gut environment of pigs Nottingham University Press, Nottingham. P.19-230.

Hellweg P., Tats D., Männer K., Vahjen W. and J. Zentek. Impact of potasium diformate on gut flora of weaned piglets. 2006. Proceedings of the Society of Nutritional Physiology 15: 63.

Langhout P. New additives for broiler chickens. 2000. Feed Mix Special: Alternatives to antibiotics. P.24-27.

Manzanilla, E. G., J. F. Pérez, M. Martín, C. Kamel, F. Baucells, and J. Gasa. 2004. Effect of plant extracts and formic acid on the intestinal equilibrium of early-weaned pigs. Journal of Anim. Science 82:3210–3218.

Metzler B. and Mosenthin R. Effect of organic acids on growth performance and nutrient digestibilities in pigs. 2007. (Ed. Lückstädt C.). Nottingham University Press, Nottingham. P.43.

Michiels J., Missotten J., Fremaut D., De Smet S., Dierick N. *In vitro* dose-repsonse of carvacrol, thymol, eugenol and *trans*-cinnamaldehyde and interaction of combinations for the antimicrobial activity against the pig gut flora. 2007. Livestock Science 109, P.157-160.

Mroz, Z. Supplementary organic acids and their interactive effects with microbial phytase in diets for pigs and poultry. 2000. Proceedings Annual Conference Phytase in Animal Nutrition, Lublin, Poland. P.1.

Namkung H., Li M., Yu H., Cottrill M., Gong J., de Lange C.F.M. Impact of feeding blends of organic acid or herbal extracts on growth performance, gut microflora and digestive function in newly weaned pigs. 2003. Proceedings of the 9th International Symposium on Digestive Physiology in Pigs, vol. 2, P.93–95.

Piva A., Casadei G., Biagi G. An organic acid blend can moderate swine intestinal fermentation and reduce microbial proteolysis. 2002. Canadian Journal of Animal Science 82, P.527-537.

Riemensperger A., Bachinger D., Schaumberger S., Urbaityte R., and S. Pasteiner. The effect of an organic acid blend, cinnamaldehyde and a permeabilising substance on the inhibition of bacterial growth *in vitro* and growth performance of weaning pigs. Paper submitted.

Steiner, T. The potential benefits of Natural Growth Promoters. 2006. Far Easten Agriculture January/February:18:20

Swann M.M. Report of Joint Committee on the Use of Antibiotics in Animal Husbandry and Veterinary Medicine. 1969. HMSO, London.

Walsh M.C., Sholly D.M., Hinson R.B., Saddoris K.L., Sutton A.L., Radcliffe J.S., Odgaard R., Murphy J., Richert B.T. Effects of water and diet acidification with and without antibiotics on weanling pig growth and microbial shedding. 2007. Journal of Animal Science, 85, 1799-1808.

Corresponding author

Nataliya Roth
Biomin Holding GmbH
Industriestrasse 21
3130 Herzogenburg, Österreich

BIOMIN Forschung & Entwicklung

Intensive Forschung, wissenschaftliches Know How und die Anwendung innovativer Produkttechnologien machen BIOMIN zum Anbieter zukunftsorientierter Lösungsansätze in der Tierernährung.

Das BIOMIN Portfolio:

- Mykotoxin Risiko Management (Mycofix®)
- Phytogene Stoffe (Digestarom®)
- Säuremischungen
- Probiotika
- Konservierung
- Diätetische Ergänzungsfuttermittel
- Premixe
- Spezialitäten für Biogas

BIOMIN Deutschland GmbH
Röntgenstr. 27-29, 73431 Aalen, office.aalen@biomin.net
www.biomin.net

Naturally ahead

Biomin®

Einfluss einer Kombination von Milchsäurebakterien auf den Umfang der Proteolyse in Grassilagen unterschiedlichen Ausgangsmaterials

Ewald Kramer[1*], Patricia Leberl[2], Christine Kalzendorf[3]

[1]ISF GmbH, Pinneberg
[2]La. für landwirtschaftliche Chemie, Universität Hohenheim
[3]Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenburg

Einleitung

Im Verlauf der Silierung finden in größerem Umfang Ab- und Umbauprozesse des pflanzlichen Proteins statt (Proteolyse). Der Umfang der Proteolyse ist neben pflanzen-internen Faktoren auch von pflanzen-externen Faktoren abhängig (Hoedtke et al., 2010). Hier kommt einer möglichst kurzen Feldliegephase sowie einer schnellen und dauerhaften pH-Absenkung während des Silierprozesses eine entscheidende Bedeutung zu, um die Aktivität von pflanzlichen Proteasen und proteolytisch aktiven Mikroorganismen wie Clostridien und Enterobakterien möglichst gering zu halten.

Material und Methoden

Als Versuchsvarianten des Dauergrünlands mit dem Hauptbestandbildner Deutsches Weidelgras wurden drei unterschiedlliche TM-Stufen (20-30 %; 30-40 %; 40-50 %) sowie zwei Düngevarianten (I) je ha 25 m^3 Gülle + 100 kg Kalkammonsalpeter (KAS) und II) je ha 25 m^3 Gülle + 250 kg KAS) in den Laborsilagen angelegt. Dabei wurde jeweils eine Variante mit und ohne Zusatz der Milchsäurebakterienkombins in dreifacher Wiederholung durchgeführt.

Neben der Rohnährstoffanalyse mittels Nahinfrarotspektroskopie erfolgte die Bestimmung der flüchtigen Fettsäuren über HPLC. Des Weiteren wurden der NH_3-N-Gehalt der Grassilagen nach VO (EG) 152/2009 III E bestimmt sowie eine Rohproteinfraktionierung nach Licitra et al. (1996) durchgeführt. Tab. 1 gibt einen Überblick über die einzelnen Proteinfraktionen nach der Methode Licitra et al. (1996) sowie über die sich hieraus ableitenden Konsequenzen für die Abbaubarkeit des Proteins beim Wiederkäuer.

Tabelle 1: Chemische Fraktionierung des Rohproteins von Futtermitteln für Wiederkäuer (nach Licitra et al. 1996)

Fraktion	Verfügbarkeit	Rohprotein-Fraktion
A	Im Pansen sofort abbaubar zu NH_3	NPN (Harnstoff, Peptide, NH_3)
B1	Im Pansen schnell abbaubar zu NH_3	Reinprotein
B2	Im Pansen potenziell vollständig abbaubar	Reinprotein
B3	Im Pansen langsam, nicht unbedingt vollst. abbaubar	Zellwandgebundenes Reinprotein
C	Im Pansen und Dünndarm nicht verfügbar	An Lignin, Tannin oder Maillard-Produkte gebundenes Protein

Ergebnisse und Diskussion

Über alle TM-Stufen und Düngevarianten war ein deutlicher Effekt der Milchsäurebakterienkombination zu beobachten - dokumentiert durch eine mittlere Anzahl an DLG-Punkten für Gärqualität von 99,5 von 100 möglichen Punkten gegenüber durchschnittlich 71,3 Punkten bei der unbehandelten Variante.

Tabelle 2: DLG-Noten für Gärqualität für die verschiedenen Versuchsvarianten

		DLG-Note	
Düngevariante	TM-Bereich	Kontrolle	Behandlung
I	20-30	37	100
	30-40	50	100
	40-50	90	100
II	20-30	67	97
	30-40	94	100
	40-50	90	100
Mittelwert		71,3	99,5

Hinsichtlich der NH_3-N-Gehalte und der einzelnen Proteinfraktionen zeigten sich eindeutige Unterschiede zwischen den Varianten mit und ohne Zusatz des Siliermittels.

Abb. 1 zeigt die Proteinfraktionen sowie NH_3-N bei Kontrolle und Behandlung für TM-Stufe 30-40 % sowie Düngestufe I. Bis auf eine Ausnahme im TM-Bereich von 20-30 % der Düngestufe II wurde bei den behandelten Grassilagen eine signifikante Reduzierung ($p < 0,05$) der Fraktion A (unmittelbar im Pansen abbaubare NPN-Verbindungen) sowie eine Erhöhung ($p < 0,05$) des im Pansen potentiell vollständig, aber mit Verzögerung abbaubaren Reinproteins in Fraktion B2 erzielt.

Die Ergebnisse in dieser Studie lassen den Schluss zu, dass das pflanzliche Protein beim Einsatz einer gezielten Milchsäurebakterienkombination in wesentlich geringerem Umfang ab- und umgebaut wird. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass beim Einsatz der speziellen Milchsäurebakterien-Kombinationen der pH-Wert in den ersten Tagen der Silierung wesentlich schneller und im weiteren Silierverlauf auch tiefer gegenüber einer unbehandelten Variante abgesenkt wird. Außerdem ist anzunehmen, dass die proteinabbauenden Gärschädlinge infolge der Konkurrenzstärke der selektierten Milchsäurebakterien zurückgedrängt werden können.

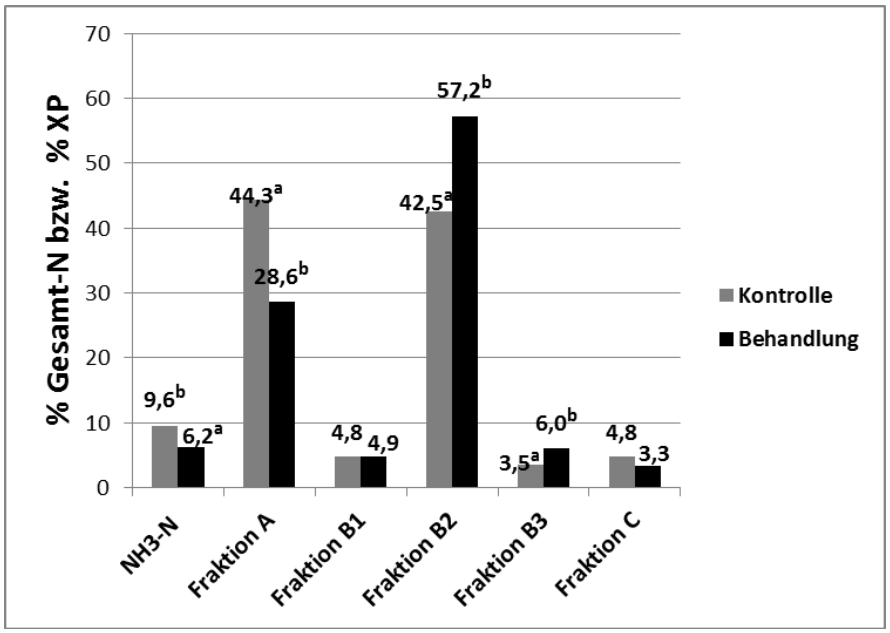


Abbildung 1: Proteinfraktionen und NH_3-N bei Kontrolle und Behandlung im TM-Bereich von 30-40 % und in der Düngestufe I (unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede)

Eine Verschiebung in den Proteinfraktionen einer Grassilage von A in Richtung B2 resultiert für die Milchkuh in einer geringeren RNB-Bilanz und dadurch einer geringeren Leberbelastung, da die Mengen an sofort im Pansen verfügbarem NPN-Stickstoff in reduziertem Umfang via Leber zu Harnstoff entgiftet werden müssen. Dies gilt umso mehr, je größer der Anteil der Grassilage in der Ration ist. Dazu kommt, dass eine Silage mit einem hohen Anteil des Rohproteins in Fraktion A und entsprechend einer geringen Menge an Reinprotein vermutlich auch erhöhte Gehalte an biogenen Aminen in der Silage aufweist, was grundsätzlich im Hinblick auf eine gesundheitliche Beeinträchtigung des tierischen Organismus kritisch gesehen wird (Hoedtke et al., 2011; Richardt, 2011; Theermann et al., 2011).

Weiterhin ist davon auszugehen, dass die Lieferung an nXP aus der Grassilage unter der Annahme einer geringeren Proteolyse zunimmt, wodurch in der Rationsgestaltung Proteinfuttermittel wie z.B. Soja- oder Rapsextraktionsschrot einzusparen wären. Abschließend bleibt festzustellen, dass weiterer Forschungsbedarf besteht, um die aufgestellten Thesen zu verifizieren.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse in dieser Untersuchung weisen darauf hin, dass das pflanzliche Protein beim Einsatz einer gezielten Milchsäurebakterienkombination in wesentlich geringerem Umfang ab- und umgebaut wird. Für eine Bestätigung der Ergebnisse sind weitere Untersuchungen ebenso erforderlich wie die Etablierung einer Standard-Analysemethode zur besseren Beschreibung der Proteinqualität einer Silage.

Literatur

Hoedtke, S., Gabel, M., Zeyner, A., 2010: Der Proteinabbau im Futter während der Silierung und Veränderungen in der Zusammensetzung der Rohproteinfraktion. Übers. Tierernähr. 38, 157-179.

Licitra, G., Hernandez, T.M., Van Soest, P.J., 1996: Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. Anim. Feed. Sci. Technol. 57, 347-358.

Richardt, W., 2011: Untersuchungen zur Veränderung der Proteinqualität während der Silierung von Grassilagen unter Berücksichtigung biogener Amine. VDLUFA-Kongress 123. Kurzfassung der Referate, V 035.

Theermann, S., Gresner, N., Eicken, K., Scholz, H., Bollwein, H., Hoeltershinken, M., 2011: In vitro studies on the effect of grass silage containing low true protein on γ-Aminobutyric Acid (GABA) in bovine fluid. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 20, 128.

Autorenanschrift

Ewald Kramer
ISF GmbH
An der Mühlenau 4
25421 Pinneberg, Deutschland
ewald.kramer@is-forschung.de

Gesundheit und Leistung von Anfang an

Ihr Spezialist für Tierernährung,
Futterhygiene und
biologische Siliermittel.

www.schaumann.de

SCHAUMANN
– Erfolg im Stall

A phytogenic feed additive positively affects animal production and ileal microflora

Anne-Kathrin Blässe[1], Elisabeth Holl[1], Uwe Mohr[2] and Leonhard Durst[3]

[1]Dr. Eckel GmbH, Niederzissen, Germany
[2]Agricultural school Triesdorf, Weidenbach, Germany
[3]Faculty of Agriculture, University of Applied Science Weihenstephan-Triesdorf, Weidenbach, Germany

Introduction

Product safety, sustainability, and animal welfare are the main topics in animal production today. A steadily growing population combined with scarce resources necessitates an ever improving efficiency in feed and food production to satisfy the demand. Today, farming is more intensive and technologically advanced than ever before. Concerns about excessive antibiotic application and development of antimicrobial resistance led to a ban of all antibiotic growth promoters in the European Union in 2006 and an increasing interest in minimizing antibiotic treatment of animal diseases. In pig and poultry nutrition, the focus is shifting more and more to natural products able to improve production parameters but at the same time preserving the environment.

In pig production, diseases like necrotic enteritis cause serious problems for instance in piglet rearing because of the high morbidity and mortality. Here, *Clostridium perfringens* is one of the major pathogens that contributes to enteric diseases (Blobel and Schließer, 1995; Songer, 1996). Infections are dependent on stress and an increased risk of infection caused by today's intensive animal production. In piglets, the *Cl. perfringens* infection is the second most common cause of diarrhea and loss present in this age group (Rösch and Springer, 2009).

Consumer awareness and the need for natural and sustainable solutions to the challenges arising from intensive animal production have led to a widespread search for alternative feed additives. Plant extracts, herbs and spices have been used in traditional human medicine and are well known for their pharmacological effects. Therefore, we developed the phytogenic feed additive Anta®Phyt MO which is a premix based on plant extracts, essential oils, herbs and spices. The efficacy of Anta®Phyt MO was tested *in vitro* and *in vivo*.

Materials & Methods

In vivo: A feeding trial was conducted at the Agricultural school Triesdorf, Germany, for 26 days with 387 piglets (German Landrace x German Large White). Piglets were equally allocated into two groups depending on sex and weight. The initial mean body weight was 8.2 kg. The positive control was fed a commercially available natural feed additive, the treatment group received Anta®Phyt MO at a dosage of 250 g per ton of feed. The diet was fed *ad libitum* and was based on barley and wheat (Table 1).

Table 1: Composition of diet fed to piglets.

	Diet	
	Pos. control	Anta®Phyt MO
Barley [%]	45.0	45.0
Wheat [%]	18.7	18.7
Complementary feedingstuffs* [%]	30.0	30.0
Choco Power [%]	5.0	5.0
Rapeseed oil [%]	1.0	1.0
Blend of acid [%]	0.3	0.3
Energy ME; [MJ/kg]	13.9	13.9
Crude protein [%]	16.0	16.4
Crude fibre [%]	3.8	3.7
Lysine [%]	1.36	1.32

*Soybeans (processed), waffle mix, maize (processed), wheat middlings, soy protein concentrate, powdered sweet whey, linseed (processed), potato protein, calcium carbonate, mono calcium phosphate, wheat (processed), barley (processed), sodium chloride, calcium magnesium phosphate.

In vitro: A screening study was conducted, where Anta®Phyt MO was tested against *Clostridium perfringens* compared to a negative and a positive control (Monensin, 500 µg/ml). Concentrations of active ingredients of Anta®Phyt MO were 4, 12, and 40 µg/ml. Inoculum for the simulation was fresh authentic ileal digesta from chickens raised on a commercial production farm. Fresh ileal digesta was spiked with active *Cl. perfringens* (Type A). Fermentation was continued for 10 hours at 38 °C under anaerobic conditions. The abundance of *Cl. perfringens* was analysed by quantitative real-time PCR (qPCR) using gene specific primers to determine numbers of gene copies. Each treatment was run in five replicates. Two-tailed Student's t-test was used to compare average levels of Anta®Phyt MO and Monensin treatment to negative control, respectively. Probability values of 0.05 were considered significant.

Results

In vivo, Anta®Phyt MO increased daily weight gain and final weight of piglets by 1.5 % and 1.9 %, respectively (Fig. 1). Feed conversion was decreased by 6.8 % compared to the positive control. The mortality rate in the Anta®Phyt MO group was reduced from 2.1 % to 0 %. In addition, it was observed that the feed intake after weaning was better when fed Anta®Phyt MO.

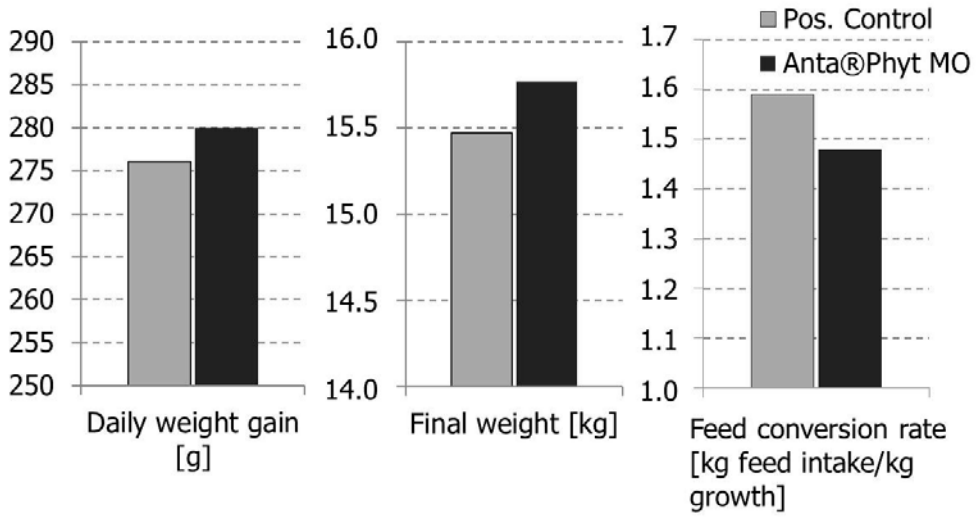


Figure 1: Effect of Anta®Phyt MO on piglet performance in comparison to a positive control. Dosage of Anta®Phyt MO was 250 g per ton of feed.

In vitro, performing quantitative real-time PCR, the abundance of *Cl. perfringens* as numbers of gene copies was quantified. Active components of Anta®Phyt MO showed a dose dependent response and, at a dosage of 40 µg/ml, showed a significant reduction of *Cl. perfringens* compared to the negative control (Figure 2). At this dosage, Anta®Phyt MO inhibited *Cl. perfringens* in the same way as 50 µg/ml of the ionophore Monensin.

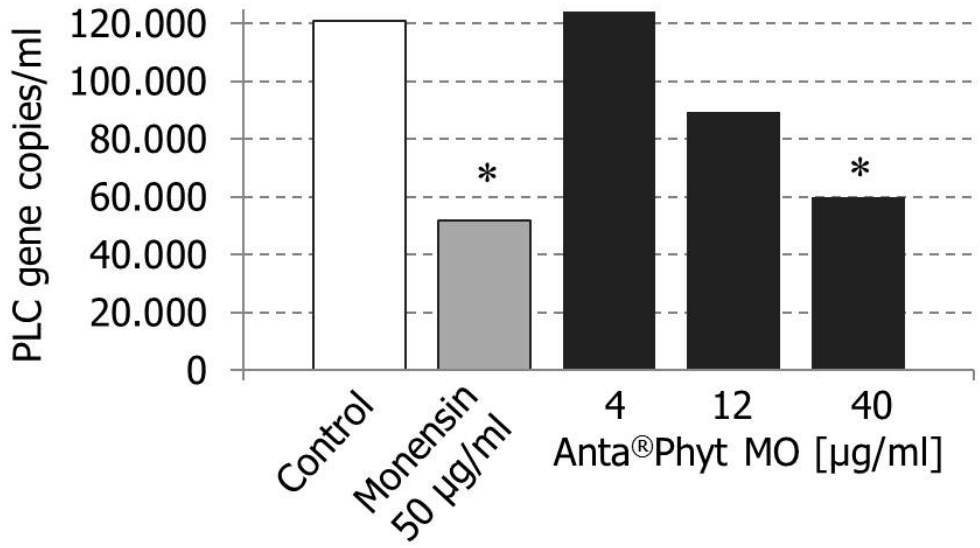


Figure 2: Inhibitory effect of active components of Anta®Phyt MO on gene copies of *Cl. perfringens* as determined by real-time PCR. Fresh authentic ileal digesta from chickens spiked with active *Cl. perfringens* were used. * $p<0.05$.

Discussion

Rearing piglets is a very sensitive area in pig production. Especially the feeding of weaned piglets is challenging. Frequently, digestive diseases occur in the weaning phase, which lead to decreased animal performance and an extended rearing period. The natural feed additive Anta®Phyt MO showed a positive effect on piglet performance by increasing daily weight gain and final weight. Feeding Anta®Phyt MO, piglets were more efficient in converting feed as represented by a decreased feed conversion rate.

In addition, active ingredients of Anta®Phyt MO showed anti-bacterial effects against *Cl. perfringens in vitro*. *Cl. perfringens* are Gram-positive, anaerobic, spore-forming bacteria that cause necrotizing enterocolitis in piglets (Songer, 1996). Diarrhea, villi lesions, and mortality are the consequences, which can lead to low weaning weights, preweaning mortality, and economic impact on swine production. To prevent Clostridial infections, prophylactic or therapeutic antibiotic treatments are commonly used. Most interesting, 40 µg/ml Anta®Phyt MO showed the same inhibitory effect to *Cl. perfringens* as 50 µg/ml of the antibiotic Monensin. The feeding of piglets with Anta®Phyt MO may therefore be used to reduce antibiotic treatment in pig production. It can be expected that the anti-bacterial effect of Anta®Phyt MO *in vitro* would positively affect the microbiota in the gut of piglets *in vivo*. This, in turn, may improve nutrition uptake and may explain the improved body weight and feed conversion in piglets fed Anta®Phyt MO.

Conclusions

In conclusion, Anta®Phyt MO is a natural feed additive that improves animal production and positively influences the ileal microflora. Anta®Phyt MO showed Monensin-like effects on microbiota and is therefore a natural alternative in advanced animal nutrition.

References

Blobel H and T Schließer (1995). Handbuch der bakteriellen Infektionen bei Tieren. Gustav Fischer Verlag Jena, Band II/4, 2. Auflage.

Rösch H and S Springer (2009). Clostridium perfringens-Infektionen beim Saugferkel. Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, Nutztiere – Journal Club.

Songer J G (1996). Clostridial enteric diseases of domestic animals. Clin. Microbiol. Rev. 9:216-234.

Corresponding author

Anne-Kathrin Blässe
Dr. Eckel GmbH
Product Management and Development
Im Stiefelfeld 10
56651 Niederzissen, Germany
Phone +49 (0) 2636 9749 20
a.blaesse@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
A

Anta®Phyt BLT
B L T

Anta®Phyt MO
MO

Anta®Phyt RU
RU

EuroTier Hannover: 13.-16.11.2012
Besuchen Sie uns: Halle 16, Stand D20

Dr. Eckel GmbH, Postfach 20, D-56649 Niederzissen
Telefon +49 2636 9749-0, www.dr-eckel.de

Anta®Phyt
Eurotier 2012

DR. ECKEL
creative solutions

An encapsulated blend of cinnamaldehyde, eugenol and capsicum oleoresin limits the risk of metabolic diseases in transition dairy ruminants

S. Cavini[1], S. Calsamiglia[1], A. Bouattour[1], A. Ferret[1], C. Oguey[2]

[1]UAB, Barcelona, Spain
[2]PANCOSMA, Geneva, Switzerland

Introduction

In dairy ruminant, the transition period is commonly defined as the interval going from 3 weeks before to 3 weeks after parturition (Grummer et al. 2010). Before birth, the space taken by the calf within the abdomen limits the volume available for the rumen. As a consequence, the cow progressively reduces its dry matter intake until calving (French et al., 2006). After parturition, the cow progressively increases its ingestion. During this period, the requirements of the cow dramatically increase (NRC, 2001). Therefore the amount of energy ingested by the cow is not sufficient to cover its needs, which results in a negative energy balance after parturition (Reist et al. 2003). As a consequence, the dairy ruminant mobilizes energy stored as fat in its body reserves. The transition period is often associated with an increased occurrence of metabolic diseases such as fatty liver and ketosis (Ingvartsen, 2006). The first one is due to the accumulation of triglycerides in the liver, while the second one is characterized by high concentrations of ketone bodies associated to low levels of glucose in blood. In addition to the higher prevalence of diseases, the metabolic changes occurring during the transition period are closely linked to the fertility of the cow. Among the parameters studied, a low concentration of plasma NEFA, an increased body weight or body condition score and a high ratio of plasma glucose to BHB were reported to improve fertility in dairy ruminants (Westwood et al. 2002). In some countries, this performance parameter is sometimes neglected, though it was demonstrated that it decreased over the last 20 years (Gonzalez-Recio et al. 2004). So the costs related to fertility have also increased. To illustrate, Gonzàlez-Recio et al. (2004) showed that any increase of one unit in the number of inseminations per service period reduces profitability by $ 67.32 per year and per cow. All these concerns are related to the same challenge of available energy from the diet. Therefore any solution promoting dietary energy can be a highly interesting alternative for this period.

Previous research demonstrated that a standardized blend of cinnamaldehyde and eugenol increased energy extraction in the rumen through a higher propionate proportion and a reduced acetate level (Cardozo et al., 2006). As a result, this combination of phytonutrients was shown thanks to meta analytical tools to positively increase milk production with no deleterious effect on milk composition in mid lactating cows (unpublished data). In parallel, capsicum oleoresin exhibited a meal fractionating effect in ruminants fed high concentrate diets, which resulted in an increased DM intake and a limitation of the variation of rumen pH. Based on these data, a trial was designed to evaluate the effect of a standardized blend of cinnamaldehyde, eugenol and capsicum oleoresin on performance and metabolic status of goats carrying twins during the transition period. These animals were used as they are considered as a good model of the physiology of dairy cows during this phase.

Experimental procedure

Three weeks before kidding, a total of 24 Murciano-Granadina goats carrying twins were randomly housed into 4 pens until 3 weeks after parturition. The pens were allocated to two dietary treatments (N = 2). Due to publication constraints, the replication unit was the pen, which explains the limited statistical power. The first treatment consisted in a negative control with no supplementation added to their diet. The second group received the same regimen supplemented with 225 mg/hd/d of a standardized blend of cinnamaldehyde, eugenol and capsicum oleoresin (XT, XTRACT® 7065, Pancosma).

Goats had *ad libitum* access to water and were offered 2.5 kg of 60% forage diet per animal, twice a day. Nutrient composition was designed to meet or exceed nutrient recommendations for milk production of 3.5 $kg.day^{-1}$ (NRC, 2001). Before the beginning of the trial, goats were fed the same unsupplemented diet. They were controlled from 2 weeks before until 2 weeks after kidding. Dry matter intake, and milk yield were evaluated daily, and milk composition was determined every week. Blood was collected -15, -7, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 5, 7 and 15 days around parturition and non esterified fatty acids (NEFA), β-hydroxy butyrate (BHB) and glucose were measured. Data were analyzed using the MIXED procedure with REPEATED VALUES of SAS. The results of each outcome the first day of sampling were taken as covariables in the model.

Results

The results showed that XT did not affect the quantity of milk produced and dry matter intake, as shown in the table. However, goats fed XT exhibited greater milk fat and milk protein compared to un-supplemented animals.

Table 1: effect of the treatments on milking performance of goats

PARAMETER	**CONTROL**	**XT**	***P*-VALUE**
Dry matter intake (g/day)	1674	1703	0.960
Milk yield (mL/day)	1929	1931	0.974
Fat (%)	5.84	6.48	<0.001
Protein (%)	3.69	3.86	0.008
Lactose (%)	4.80	4.74	0.355

XT increased final body weight of goats by 3.1% compared to the control diet, as shown in figure 1.

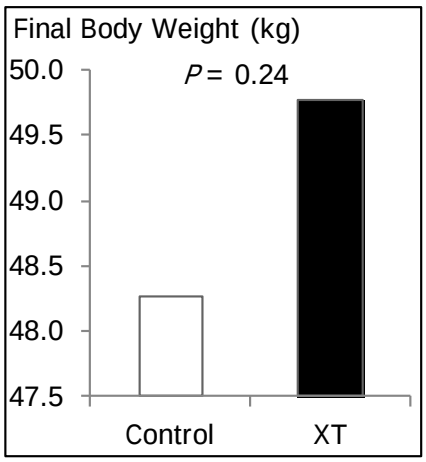


Figure 1: effect of the treatments on final body weight

Plasma NEFA were decreased by XT before kidding (figure 2). This confirms that body reserves mobilization is reduced thanks to the supplementation. In addition, XT reduced plasma BHB during the whole transition period (mean -16.6%, $P < 0.05$) and increased glucose levels in blood before kidding (+6.8%, $P = 0.084$).

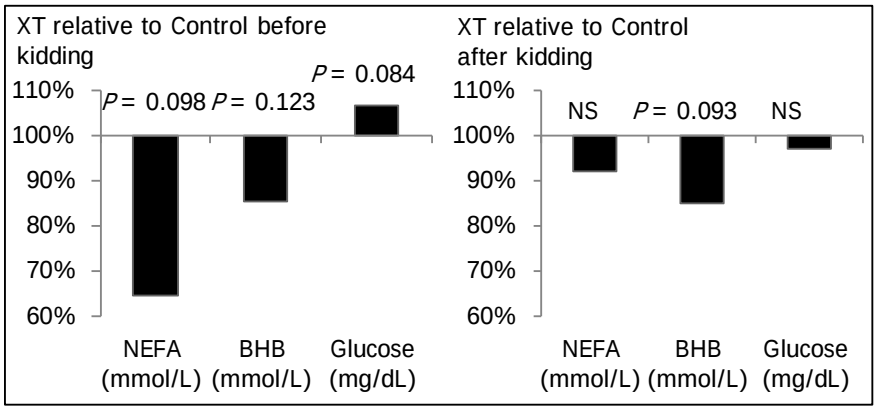


Figure 2: effect of XT compared to the control on blood parameters before and after kidding

Discussion

In the present trial, XT did not affect dry matter intake and milk yield, but strongly affected milk composition. This is in contradiction with the literature available (Cardozo et al., 2006; Calsamiglia et al. 2007, Rodriguez et al., 2008, Bravo et Doane, 2008). The hypothesis could be that the effect of XT on performance depends on the number of days in milk. During the first part of lactation, milk composition is more affected, while XT improves milk production on the second part of lactation.

In addition, these results suggest that XT reduced body fat mobilization, but this effect is not mediated by an increase of nutrient intake as dry matter intake was not affected. This is most probably due to the beneficial impact of XT on energy extraction (Cardozo et al. 2006). As a consequence, liver activity is reduced, minimizing therefore the risk of fatty liver and ketosis.

Finally, fertility is affected by body weight, plasma NEFA and the ratio of plasma glucose to BHB during the transition period. As XT had a beneficial effect on all these parameters around parturition, it should therefore improve fertility of dairy ruminants.

Therefore XT reduced body reserves mobilization, limiting therefore the risk of ketosis and fatty liver in transition dairy ruminants.

References

Calsamiglia, S., M. Busquet, P. W. Cardozo, L. Castillejos, A. Ferret, and I. Fandiño. The use of Essential Oils in Ruminants as Modifiers of Rumen Microbial Fermentation. [2007 Pennsylvania State Dairy Cattle Nutrition Workshop], 87-100. 2007. Pennsylvania, Grantville, PA. 13-11-2007.

Cardozo P, Calsamiglia S, Ferret A, and Kamel C. 2006. Effects of alfalfa extract, anise, capsicum, and a mixture of cinnamaldehyde and eugenol on ruminal fermentation and protein degradation in beef heifers fed a high-concentrate diet. Journal of Animal Science 84[10], 2801-2808.

French, P. D. Dry Matter Intake and Blood Parameters of Nonlactating Holstein and Jersey Cows in Late Gestation. Journal of Dairy Science 89[3], 1057-1061. 2006.

Gonzàlez-Recio, O., M. A. Pérez-Cabal, and R. Alenda. Economic Value of Female Fertility and its Relationship with Profit in Spanish Dairy Cattle. Journal of Dairy Science 87[9], 3053-3061. 2004.

Grummer, R. R., M. C. Wiltbank, P. M. Fricke, R. D. Watters, and N. Silva-del-Rio. 2010. Management of Dry and Transition Cows to Improve Energy Balance and Reproduction. The Journal of Reproduction and Development 56:S22-S28.

Ingvartsen K.L. 2006. Feeding- and management-related diseases in the transition cow: Physiological adaptations around calving and strategies to reduce feeding-related diseases. Animal Feed Science and Technology 126:175-213

National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.

Reist, M., D. Erdin, D. von Euw, K. Tschuemperlin, H. Leuenberger, C. Delavaud, Y. Chilliard, H. M. Hammon, N. Kuenzi, and J. W. Blum. Concentrate Feeding Strategy in Lactating Dairy Cows: Metabolic and Endocrine Changes with Emphasis on Leptin1,2. Journal of Dairy Science 86[5], 1690-1706. 2003.

Rodriguez-Prado, M., S. Calsamiglia, A. Ferret, J. Zwieten, L. Gonzalez, and D. Bravo. Effects of cinnamaldehyde-eugenol and capsicum on rumen fermentation and feeding behavior in beef heifers fed a high concentrate diet. Journal of Animal Science 86[E2], 588. 2008.

Westwood, C. T., I. J. Lean, and J. K. Garvin. Factors Influencing Fertility of Holstein Dairy Cows: A Multivariate Description. Journal of Dairy Science 85[12], 3225-3237. 2002.

Corresponding author

Sara Cavini
Departament de Ciència Animal i dels Aliments
Universitat Autonòma de Barcelona
Facultat de Veterinària
08193 Bellaterra (Barcelona), Spain
sara.cavini@uab.cat

SUCRAM®

GUT proven effects

Pancosma just makes sense

TakTik X-IN

GUT proven effects

Pancosma just makes sense

XTRACT®

GUT proven effects

Pancosma just makes sense

B-TRAXIM®

Pancosma just makes sense

CarboVet®

Pancosma just makes sense

PanAcid

Pancosma just makes sense

TEK

Pancosma just makes sense

INNOVATING SOLUTIONS FOR ANIMAL NUTRITION

www.pancosma.com

Pancosma
just makes sense

Supplementation of a high intensity sweetener especially impacts performance of light weaning piglet

B. Viel

Pancosma, Geneva, Switzerland

Introduction

The whole piglet growth has been shown to be impacted by their weanling weight, with higher performances for the heaviest animals. Mahan and Lepine (1991) adapting diet formulation according to weaning weight tried to alleviate these performance differences. However, their experiment did not lead to similar growth pattern. Feed intake, intestinal maturity and health status are the most crucial factors influencing pig growth. A high intensity sweetener (SUC, SUCRAM®, Pancosma) was initially used to improve feed palatability and demonstrated not only a higher feed intake but also increased gut development, leading to higher weight gain. The recently studied mode of action of the product has shown that this sweetener was detected by the enteroendocrine cells. It induced a release of GLP-2 and improved glucose up-take (Moran, A.W. *et al.*, 2010). These can explain the results previously observed on gut development. To improve performance of animals with poor intestinal condition, which are generally the lightest ones (Pluske *et al.,* 2003), using SUC can be a way. The hypothesis to evaluate was that SUC could be more beneficial for piglets with a lower weaning weight than for heavier ones due to its action at the gut level. In order to investigate whether SUC act differently on animal performance depending on their initial weaning weights, a trial has been conducted.

Experimental procedure

The experiment was done with 192 animals. Pigs were weaned at the age of 21 days and were then blocked by weight and sex and allocated to pens of 8 animals. They were assigned to a 2x2 factorial arranged design. The first factor was the weight of the piglets with half of the pens allocated with piglets considered as “light” while the other half pens received animals considered as “heavy” (with initial body weight of 4.9 and 6.7 kg respectively). The same feed was offered to all pigs but was supplemented with SUC at 0 or 150 g/t (second factor). Treatment abbreviations are detailed in Table 1. These experimental treatments were given *ad libitum* for 21 days.

Table 1 Treatments design and abbreviations of the treatments

		SUC dosage		
		0 g/t	150 g/t	
Piglet weaning weight	4.9 kg	CON L	TRT L	LIGHT
	6.7 kg	CON H	TRT H	HEAVY
		CON	TRT	

Average daily feed intake from day 0 to 21(ADFI), average daily gain (ADG), feed conversion ratio (FCR) and final body weight were statistically analyzed by the General Linear Model.

Results

Supplementation with SUC significantly improved the measured performance parameters (Figure 1). TRT increased average daily feed intake when compared to CON, (370 g/d *vs.* 347 g/d, respectively) and average daily gain (327 g/d *vs.* CON: 306 g/d).

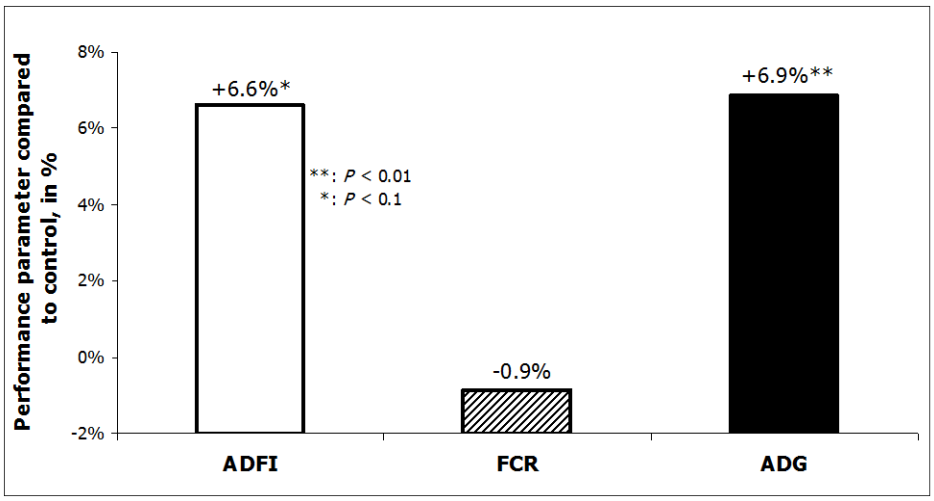


Figure 1 Overall piglet performance parameter fed TRT compared to CON (Day 0- 21).

In HEAVY animal, SUC did not impact animal performance (Figure 2).

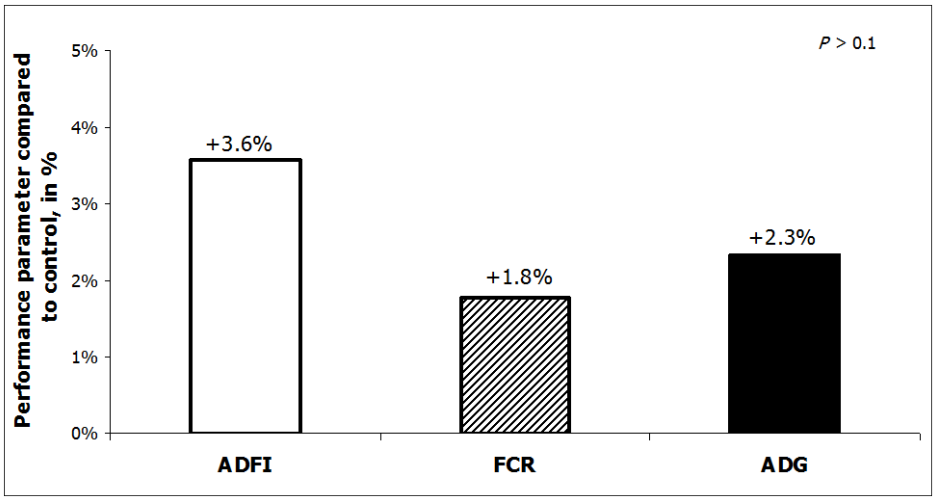


Figure 2 HEAVY piglets performance parameter fed SUC compared to CON H (Day 0- 21).

Light piglets fed SUC had a higher average daily feed intake than animal fed CON (respectively: 336 g/d vs. 304 g/d). SUC also increased body weight gain (CON L: 269 g/d, vs. TRT L: 304 g/d) (Figure 3).

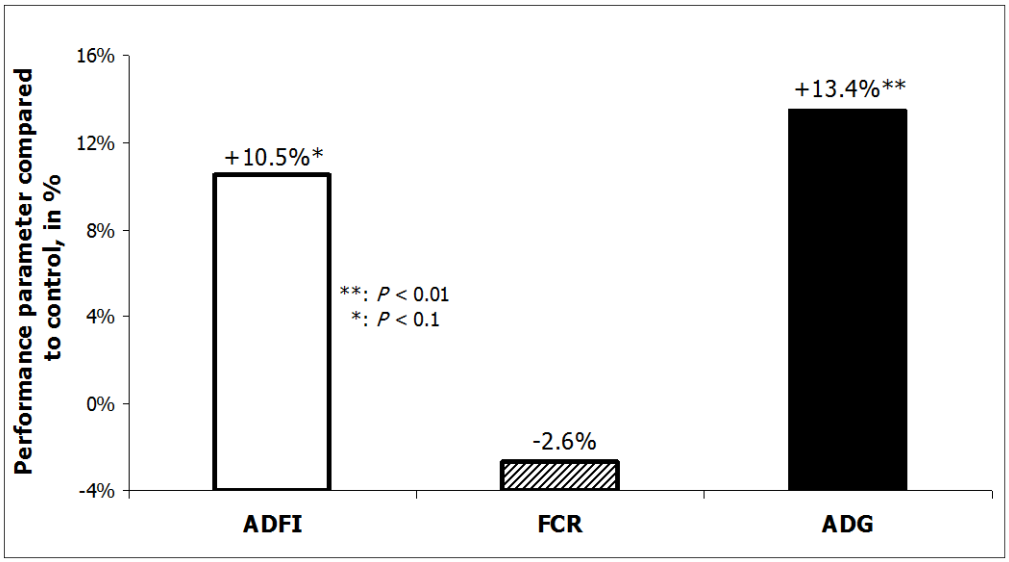


Figure 3 LIGHT piglets performance parameter fed SUC compared to CON L (Day 0- 21).

Animal supplemented with SUC had a more homogeneous body weight gain and final body weight than the overall piglet weight categories and within each of these categories.

Table 4 Variation coefficient of final body weight and average daily gain (Day 0-21).

		CON	TRT
Final body weight	Overall piglets	20%	16%
	Light piglets	13%	12%
	Heavy piglets	13%	10%
Average daily gain	Overall piglets	25%	18%
	Light piglets	21%	16%
	Heavy piglets	20%	16%

Discussion

Feed supplementation with SUC improved feed intake and increased body weight gain of weaning piglets. However, the effect of the sweetener seemed different depending on weaning weight. For light animals the main effect was observed on feed intake and body weight gain while for heavy ones no effect was seen.

The higher glucose absorption might explain the beneficial effect of SUC on light animal. Indeed, the additional glucose up-take is especially valuable while weaning piglets have a reduced digestive and absorptive capacity (Hampson, 1983) but its use might depend on pig requirement.

For lighter piglets having the smallest digestive organs (Pluske *et al.,* 2003) and feed intake, their subsequent energy uptake is limited. The additional glucose up-take is consequently highly valuable and could be dedicated to gut health and development because these animals preferentially maintain

their gut tissues (Ebner *et al.*, 1994). As a consequence of the improved gut condition, feed intake might also be encouraged which is also considered as a way to improve gut health (Dong and Pluske, 2007). Combination of the higher intake and enhanced intestinal condition might lead to the improvement of weight gain observed.

For heavier animals feed intake and intestinal development are not such concerns as for lighter ones. That is why the effect of the higher glucose uptake can be more difficult to observe. Though, it could have been expected to be used not only for animal maintenance but also for its growth resulting in a higher body weight gain and optimized feed utilization.

Addition of the sweetener also improved body weight gain homogeneity and body weight of each weight category and more importantly of the overall flock. Paredes *et al.,* 2012, have recently reported that weight homogeneity of the flock especially six week after weaning will permit to influence the efficiency of use of the grower and finisher facilities, and provide an extra value for the fattening farms. The use of this high intensity sweetener could be considered regarding this concern.

SUC improves weaning animal performance especially through a higher feed intake. This is consistent with the knowledge that feed intake is a key factor at weaning. In addition, the improvement of gut condition and glucose uptake can be beneficial to all animal weight categories. It seems nevertheless to be more effective for the lightest piglets and could consequently contribute to an improved flock homogeneity.

References

Dong, G.Z. and Pluske, J.R., 2007. The low feed intake in newly-weaned pigs: problems and possible solutions. Asian-Austrian Journal of Animal Science. Vol. 20, No. 3 :440 – 452. March.

Ebner, S., P. Schoknecht, P.J. Reeds, D.G Burrin, 1994. Gowth and metabolism of gastrointestinal and skeletal muscle tissues in protein-malnourished neonatal pigs. American Journal of Physiology 266, R1736-R1743.

Hampson, D.J., 1986. Post-weaning changes in the piglet small intestine in relation to growth-checks and diarrhoea. PhD thesis, University of Bristol

Mahan, D.C. and A.J. Lepine, 1991. Effect of pig weaning weight and associated nursery feeding programs on subsequent performance to 105 kilograms body weight. Journal of Animal Science: 69: 1370-1378

Moran, A.W., M.A. Al-Rammahi, D.K. Arora, D.J. Batchelor, E.A. Coulter, K. Daly, C. Ionescu, D. Bravo, S.P. Shirazy-Beechey, 2010. Expression of Na^+/glucose co-transporter 1 (SGLT1) is enhanced by supplementation of the diet of weaning piglets with artificial sweeteners. British Journal of Nutrition.

Paredes, S.P., A.J. Jansman, M.W. Verstegen, A. Awati, W. Buist, L.A. Den Hartog, H.M. Van Hees, N. Quiniou, W.H. Hendriks, W.J. Gerrits, 2012. Analysis of factors to predict piglet body weight at the end of the nursery phase1. Journal of Animal Science.May.

Pluske J.R., D.J. Kerton, P.D. Cranwell, R.G. Campbell, B.P. Mullan, R.H. King, G.N. Power, S.G. Pierzynowski, B.Westrom, C.Rippe, O. Peulen and F.R. Dunshea, 2003. Age, sex and weight at weaning influence the physiological and gastrointestinal development of weanling pigs. Australian Journal of Agricultural Research, 54, 515-527.

Corresponieng author

Bastien Viel
Pancosma S.A.
Voie-des-Traz 6
1218 Le Grand-Saconnex (Geneva), Switzerland
bastien.viel@pancosma.ch

Reduction of greenhouse gas emissions from piglets and fattening pigs fed phytogenic feed additives

Stefan J. Hörtenhuber[1,2], Miriam Goerke[3], Martin Veit[3]

[1]Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) Austria
[2]University of Natural Resources and Life Sciences Vienna, Department of Sustainable Agricultural Systems
[3]Delacon Biotechnik GmbH, Steyregg, Austria

Introduction

Mitigation of greenhouse gas (GHG) emissions from livestock production may be achieved by various options. Reduction strategies are related to four gases: carbon dioxide (CO_2), mainly from use of fossil energy and soil-related emissions, methane (CH_4), mainly from manure management systems (MMS), but also from enteric fermentation, dinitrous oxide (N_2O) from soils and MMS as well as ammonia (NH_3, related to indirect N_2O emissions). These reduction strategies include increased performance, changes in diets and adaptions for housing systems and MMS.

Delacon Biotechnik GmbH develops and produces feed additives for livestock (pigs, poultry and cattle), which improve performance and reduce negative effects on environment. Delacon has conducted various feeding experiments to determine the effects of Fresta® *F* (FF) and Fresta® *F Plus* (FF+) on the performance of pigs. FF was applied to diets for weaned piglets (250 g per ton of feed), FF+ was used for growing/finishing pigs' diets (150 g per ton of feed).

The goal of this study is to account for the carbon footprint (life cycle GHG emissions) of the production of the phytogenic feed additives from cradle to farm gate and its application in livestock systems, including effects on ammonia emissions.

Material and Method

The carbon footprint assessment was carried out following the guidelines of PAS 2050 (BSI, 2011) and its recommendations concerning product carbon footprints, which are built on IPCC (2007) as well as the guidelines ISO-14040 (ISO, 2006a) and ISO-14044 (ISO, 2006b). Total emissions were calculated by adding the emissions of methane (CH_4), dinitrous oxide (N_2O) and carbon dioxide (CO_2) as CO_2-equivalents (CO_2-eq). The conversion factors used to calculate the global warming potential were 25 kg CO_2-eq per kg methane and 298 kg CO_2-eq per kg nitrous oxide (100-year horizon; IPCC, 2007).

Life cycle GHG emissions were calculated with the software tools *Sima Pro* (v 7.3; PRé Consultants, 2008) and *MS-Excel*, using the databases *Ecoinvent* (v 2.2; Ecoinvent, 2010) and data from the software and database *GEMIS (v 4.7;* Öko-Institut, 2011*)*. Methods and emission factors for calculation of emitted NH_3 and GHG from livestock husbandry, i.e. housing and manure management systems, are based on IPCC (2006) and the Austrian National Inventory Report described in Anderl et al. (2011). The latter refer to IPCC (1997) and IPCC (2006) in terms of GHG emission factors and algorithms.

System boundaries were defined to include the most important processes leading to GHG emissions, i.e. from the supply of external inputs to emissions from the metabolism of livestock (CH_4 from enteric fermentation and manure, direct and indirect N_2O emissions from manure management systems).

Emissions from external inputs (e.g. electric energy or fuels) were considered for production of FF and FF+, for production of feedstuffs in the basal diet as well as for inputs into the farming systems, e.g. with electric energy. Besides energy and fuel-related GHG, indirect and direct emissions from soil were accounted for emissions from production of feedstuffs according to Hörtenhuber et al. (2011). In accordance with PAS 2050 (BSI, 2011), GHG emissions from capital goods ('infrastructure', i.e. livestock houses, factory buildings or machinery) were excluded from the calculation.

The concept of allocation, i.e. partitioning of emissions according to main products and by-products, was not applied for calculation of life cycle GHG emissions from the production of FF and FF+, as no by-products were assumed from processed raw materials. Following a cautious approach (i.e. not to underestimate the product's GHG emissions), all emissions from raw materials were accounted for the main products FF and FF+. However, physical allocation was introduced by the emission values used for feedstuffs as co-products from energy production (e.g. for rapeseed cake as a co-product of rapeseed oil; Hörtenhuber et al., 2011), where caloric allocation was preferred over economic allocation for constant proportions which do not fluctuate with market prices or between regions or nations.

Functional units for calculation of the life cycle GHG emissions are: (a) '1 kg of Fresta® F (FF)' and '1 kg of Fresta® F *Plus* (FF+)' as well as (b) 'kg of fattening pig live-weight at farm-gate' produced with and without FF/FF+ supplementation. All outcomes include overall emissions concerning production, transports between the stages, packaging materials, etc.

GHG emissions from feedstuffs and carrier substances in FF and FF+, such as wheat for bran, are taken from Hörtenhuber et al. (2011) or calculated based on the method described in that publication. Some data on emissions for specific synthetic and processed natural carrier substances, i.e. silicic acid and modified starch, respectively, are based on Hörtenhuber et al. (2011), GEMIS and databases in SimaPro (mainly Ecoinvent-data). The same information sources were used for calculation of GHG emissions from production of active substances in FF and FF+ (e.g. essential oils from caraway and lemon or saponins). GHG emissions from milling (for powder) and steam distilling (for oil) were calculated based on data from GEMIS. All emission factors per kg of feedstuff (see Table 2) contain effects of a first transportation step, e.g. from South America to Steyregg, Austria as calculated and described for soybeans in Hörtenhuber et al. (2011) or from Spain or Tunisia calculated from Ecoinvent-data.

Additionally, GHG emission outcomes presented in chapter 'Results' per kg of FF and FF+ consist of further effects: packaging materials and a second as well as a third transportation step from the factory (Steyregg, Austria) to a feed mill and to a farm (assumed with each 200 kilometres of lorry transportation); the respective emission factors were derived from Ecoinvent-data. Information for emissions from milling, mixing and pelleting in the feed mills was derived from GEMIS and Ecoinvent.

Direct emissions from production processes (e.g. mixing, packaging or electric forklifts) for the feed additives FF and FF+ at Delacon in Steyregg, Austria, were calculated by the company's total demand on energy (kWh of electricity and m^3 of natural gas) per year. These emissions were allocated to the overall amount of feed additives produced per year. Related emission factors are derived from GEMIS (v 4.7) and Ecoinvent for the average of Austrian natural gas (per m^3) and the Austrian electricity mix (per kWh), respectively.

GHG emissions from the use phase of the additive feed in livestock systems also include consumption of other production inputs than feed, e.g. electric energy for lighting, for automatic feeding systems, cleaning and for aeration as well as natural gas for heating. Demand on energy was calculated based on a process in GEMIS (v 4.7). For weaned piglets and fattening pigs fed FF and FF+, respectively, less time is needed to gain 1 kg of live weight. Hence, energy demand was reduced by the proportion of improved performance (see chapters 'Results' and 'Discussion'). Emissions from production of straw

were derived from Hörtenhuber et al. (2011) and transport of litter material was included into calculation of life cycle GHG emissions following Ecoinvent.

Data on diets, performances and nitrogen excretion were taken from Bach and McCartney (2010; meta-analysis for EU/EFSA-registration of FF for weaned piglets) and Zentner et al. (2012), who analysed a feeding experiment with FF+ for fattening/finishing pigs, including measurements on NH_3 emissions. Table 1 summarises the data which was taken or derived from this source and which is included in the calculation procedures.

Table 1: Data on diets, performances and nitrogen excretion used for calculation of life cycle greenhouse gas emissions.

	Control (weaned piglets)	FF (weaned piglets)	Control (fattening pigs)	FF+ (fattening pigs)
Mortality (%)	5.9%	4.3%	3.2%	2.3%
Feed conversion ratio (FCR; kg kg^{-1} weight gain)	1.54 / 1.48[a]	1.35 / 1.48[a]	2.52	2.48
Start weight (kg)	7.6	7.6	37.9	39.0
Final weight (kg)	23.32	24.17	96.2	102.3
Weight gain (kg)	15.7	16.6	58.3	63.3
Nitrogen excretion (g N per kg weight gain)	-- [b]	-- [b]	39.0	37.8

[a] Divided into a pre-starter and a starter phase.
[b] No data in Bach and McCartney (2010); hence, no variance but default values (Anderl et al., 2011) integrated in calculation of life cycle GHG emissions.

Table 2 describes the composition of a typical basal diet used in fattening pig production systems (control group), which was equal but supplemented with 150 ppm (0.015%) of FF+ in the experimental group. Similarly, a typical diet for weaned piglets was taken from reports of the respective feeding trials and introduced to calculation of life cycle GHG emissions, including a 250 ppm supplementation with FF in the experimental group.

Table 2: Feedstuffs, their proportions and emission factors from best cases to worst cases (kg CO_2-eq kg^{-1} feedstuff) for fattening pigs' basal diet as an example.

		Emission factor (kg CO_2-eq kg^{-1} feed)	
Feedstuffs	Proportion in diet (%)	Best case[a]	Worst case[b]
Wheat	35.4%	0.243	0.377
Maize (corn)	17.7%	0.186	0.331
Barley	17.1%	0.259	0.349
Extracted soybean meal	11.1%	1.609	4.191
Extracted rapeseed meal	5.9%	0.763	0.891
Others[c]	12.7%	0.219	3.685
Sum	*100.0%*	*0.530*	*0.914*

[a] Home-grown feedstuff, mostly from organic production; certified beans for extracted soybean meal.
[b] Bought-in feedstuff, mostly conventional production, non-certified beans for extracted soybean meal.
[c] Amino acids and premix (4.6%), wheat bran (3.0%), molasses (2.0%), carbonic feed lime (1.3%), plant oil (1.0%), salt (0.5%), FF+ (0.015%) and mono-calcium-phosphate (0.1%).

Besides emissions from usage of energy, agricultural life cycle GHGs are mainly related to biogenic emissions of methane (CH_4) and nitrous oxide (N_2O). These emissions result from enteric fermentation (flatulence; CH_4) and from manure (both CH_4 and N_2O) as well as from indirect emissions of N_2O with gaseous losses of ammonia, NH_3, and to a much lesser extent with losses of nitric oxides, NO_X. Biogenic emissions were derived from IPCC (2006) and the Austrian National Inventory Report described in Anderl et al. (2011).

Results

The calculated CO_2-equivalents per kg FF and FF+ are about 2.1 and 3.7 kg, respectively. The inclusion of FF and FF+ in piglets and fattening pigs' feed (250 and 150 ppm, respectively) does not increase the feed production-related GHG emissions per ton of feed significantly. Emissions from the basal diet were found to be the most important drivers on life cycle GHG emission (carbon footprint results) for fattening pigs (see Table 2). Feedstuffs' highest part of emission is connected with the supply of solvent-extracted soybean meal, which is in Austria assumed to be mainly imported from (Latin) America (see Hörtenhuber et al., 2011).

It was found that total life cycle GHG emissions per kg fattening pig (live weight) could be reduced by 2 to 3 % (see Table 3), depending on the origin and production methods for feedstuffs and raw materials, if the basal diets for pigs were supplemented with FF and FF+. This reduction is achieved by (1) improved digestibility and hence a higher animal performance (better feed conversion ratio) as well as less emitting protein in the manure and (2) by saponins, which directly inhibit NH_3 emission (Weber et al., 2012; Zentner et al., 2012).

Table 3: Life cycle GHG emissions' results per kg of fattening pig live weight at the farm gate (all results in kg CO_2-eq kg^{-1} pig live weight).

Processes with GHG emission	Best case[a]		Worst case[a]	
	Control	FF / FF+	Control	FF / FF+
Feedstuffs (including FF and FF+ plus in the experimental group)	1.319	1.299	2.290	2.253
Feedstuffs' transports to & from mills and energy demand in feed mills	0.132	0.130	0.132	0.130
Energy related emissions from livestock systems	0.303	0.298	0.303	0.298
Production and transports of straw	0.014	0.014	0.018	0.018
CH_4 from enteric fermentation	0.083	0.078	0.083	0.078
CH_4 from manure management systems	0.036	0.033	0.036	0.033
Direct N_2O from manure management systems	0.004	0.004	0.004	0.004
Indirect N_2O from manure management systems	0.067	0.051	0.067	0.051
Sum	**1.958**	**1.908**	**2.933**	**2.866**
Advantages		**-2.6 %**		**-2.3 %**

[a] Concerning origin and production methods for feedstuffs and raw materials.

Discussion

As a consequence of a high content of active substances in FF and FF+, which are delivered by specific (parts of) plants with relatively high GHG emissions from cultivation, processing, packaging or transportation, emission results per kg of FF and FF+ seem relatively high. However, due to very low proportions of FF and FF+ mixed into overall diets (250 and 150 ppm, respectively), overall GHG emissions per kg of pig live-weight at the farm-gate (before slaughtering) are hardly influenced (less than 0.1 %). Contrarily, the reduced NH_3 emissions and improved performance from pigs which were fed FF/FF+ diets considerably reduces their carbon footprint.

Taking into account that the use of the feed additives FF and FF+ does not demand for major changes in supply chains or cost-intensive investments, the reduction of 2 to 3 % of GHG emissions is remarkable. Furthermore, it is possible to combine the feed additives' effect with other mitigation options (e.g. adaptations in MMS). The improved feed conversion and lower mortality (see Table 1) also result in economic benefits.

Higher reduction potential was only found for two mitigation options: (a) if manure is digested in biogas plant with the concomitant use of energy and heat and a good practice with little losses of gases relevant to climate (especially during storage); (b) if conventional solvent-extracted soybean meal from Latin America was used previously and is replaced by a certified one or by (regionally grown) alternative feedstuffs rich in protein.

For direct comparison of GHG emissions between different studies, it is of utmost importance that similar methods and system boundaries have been used during calculation. However, concerning the results' order of magnitude, this study shows comparable outcomes within ranges for kg CO_2-eq per kg of fattening pig live-weight given in the literature (e.g. Wiegmann et al., 2005: 1.77 to 1.95 kg CO_2-eq per kg live-weight; LCA Food Database, 2012: 2.25 kg CO_2-eq per kg live-weight on average).

Conclusions

In addition to improved performances as well as economical profits and reduced negative effects on environment by ammonia and odour emissions, diets supplemented with the phytogenic feed additives Fresta® *F* (FF) and Fresta® *F Plus* (FF+) were found to show a reduced carbon footprint, i.e. reduced life cycle greenhouse gas emissions from cradle to farm gate per kg live-weight of fattening pigs. Consequently, phytogenic feed additives are identified as an important tool to cope with current problems in livestock production.

Literature

Anderl, M., Freudenschuß, A. , et al., 2011. Austria's National Inventory Report 2011. Submission under UNFCC and under the Kyoto Protocol. Vienna, Austria.

Bach, A., McCartney, E., 2010. Statistical meta-analysis of data from 5 EU efficacy studies conducted with FRESTA® F at 250 mg/kg feed in weaned piglets. Final Report.

BSI (British Standardisation Institute), 2011. Publicly Available Specification PAS 2050 – Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. http://www.bsigroup.com/upload/Standards%20&%20Publications/Energy/PAS2050.pdf. ISBN 978 0 580 71382 8.

Ecoinvent Centre, 2010. Ecoinvent data v 2.2. Dübendorf, Switzerland.

Hörtenhuber, S., Lindenthal, T., Zollitsch, W., 2011. Reduction of greenhouse gas emissions from feed supply chains by utilizing regionally produced protein sources - the case of Austrian dairy production. Journal of the Science of Food and Agriculture 91, 1118-1127.

IPCC (International Panel on Climate Change), 1997. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html.

IPCC, 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html.

IPCC, 2007. Climate Change 2007. IPCC Fourth Assessment Report. The Physical Science Basis. https://www.ipcc-wg1.unibe.ch/publications/wg1-ar4/wg1-ar4.html.

ISO, 2006a. International Standard: Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. Second edition 2006-07-01.

ISO, 2006b. International Standard. Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines. First edition 2006-07-01.

LCA Food Database. 2012. Online: www.lcafood.dk

PRé Consultants, 2011. SimaPro, Life Cycle Assessment software package. Version 7.3. Amersfoort, The Netherlands.

Öko-Institut (Institut für angewandte Ökologie e.V.), 2011. GEMIS (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme), Version 4.7. Darmstadt/Freiburg/Berlin, Germany. http://www.gemis.de/

Wiegmann, K., Eberle, U., Fritsche, U., Hünecke, K., 2005. Umweltauswirkungen von Ernährung – Stoffstromanalysen und Szenarien. Ernährungswende-Diskussionspapier Nr. 7 (inkl. der Datendokumentation). Darmstadt/Hamburg, www.ernährungswende.de

Zentner, E., Mösenbacher-Molterer, I., Huber, G., Finotti, E., Gasteiner, J., Bachler, C., Mayer, M., Brettschuh, S., Rudorfer, B., Schauer, A., Kitzer, R., Kaufmann, J., Steiner, B., 2011. Investigation of a feed additive regarding emission reduction and performance with consideration of the IEP (IPPC) guideline. Final report. AREC Raumberg-Gumpenstein, Austria.

Corresponding author

Dr. Stefan Josef Hörtenhuber
Forschungsinstitut für biologischen Landbau Österreich, FiBL (Research Institute of Organic Agriculture Austria)
Seidengasse 33-35/13
1070 Wien, Österreich
stefan.hoertenhuber@fibl.org

University of Natural Resources and Life Sciences Vienna
Department of Sustainable Agricultural Systems, Division of Livestock Sciences
Gregor-Mendel-Str. 33
1180 Wien, Österreich
stefan.hoertenhuber@boku.ac.at

Miriam Goerke
Delacon Biotechnik GmbH,
Weissenwolffstr. 14
4221 Steyregg, Österreich
miriam.goerke@delacon.com

Martin Veit
Delacon Biotechnik GmbH,
Weissenwolffstr. 14
4221 Steyregg, Österreich
martin.veit@delacon.com

FRESTA® F

Safe Effective Proven

First and only EU approved phytogenic zootechnical additive

www.delacon.com

DELACON

Phytogenic Feed Additives

Impact of essential oils on ammonia and odor emissions of growing-finishing pigs

Eduard Zentner[1], Tobias Steiner[2], Wolfgang Markert[3]

[1]Agricultural Research and Education Centre Raumberg-Gumpenstein, Irdning, Austria
[2]BIOMIN Holding GmbH, Austria, tobias.steiner@biomin.net
[3]BIOMIN Deutschland GmbH, Stadtoldendorf, Germany

Introduction

Ammonia is a concern in swine production because it negatively affects animal health and welfare. Furthermore, ammonia and odor emissions from swine units in general are undesired by people living close to farms. Essential oils (EO) were shown to improve protein digestibility in pigs (Zitterl-Eglseer et al., 2008), hence have potential to improve the utilization of dietary protein and amino acids. Aim of this study was to determine the effects of feed supplementation with matrix-encapsulated EO on aerial ammonia and odor emissions and growth performance in growing-finishing pigs.

Materials & Methods

32 pigs (♀ German Edelschwein × Landrace; ♂ Piétrain) were housed in 2 identical rooms (16 pigs/room) with controlled climate conditions. Pigs were assigned to 2 groups based on BW and sex (50% males and females): (1) Control vs. (2) EO supplementation (Biomin® P.E.P. MGE, grower: 150 g/t; finisher: 100 g/t). Pigs were fed *ad libitum* a diet based on corn, barley and soybean meal. Feed was changed from 'grower' to 'finisher' ration at an average BW of 75 kg. Temperature and humidity were recorded continuously by means of a combined sensor. Aerial gas concentrations were measured every 10 min using 2 electronic multi-gas detectors. Measurements of odor concentrations were carried out using an olfactometer on 4 days. All samples were evaluated by 2 teams with 4 test persons each. Results are indicated as OU/m³ (odor units).

Results and Discussion

Dietary supplementation with EO resulted in a 24.4% reduction in ammonia emissions. The average ammonia concentrations were 23.1 and 17.5 ppm in the Control and EO group, respectively. The highest values (36 ppm) were measured in Control group.

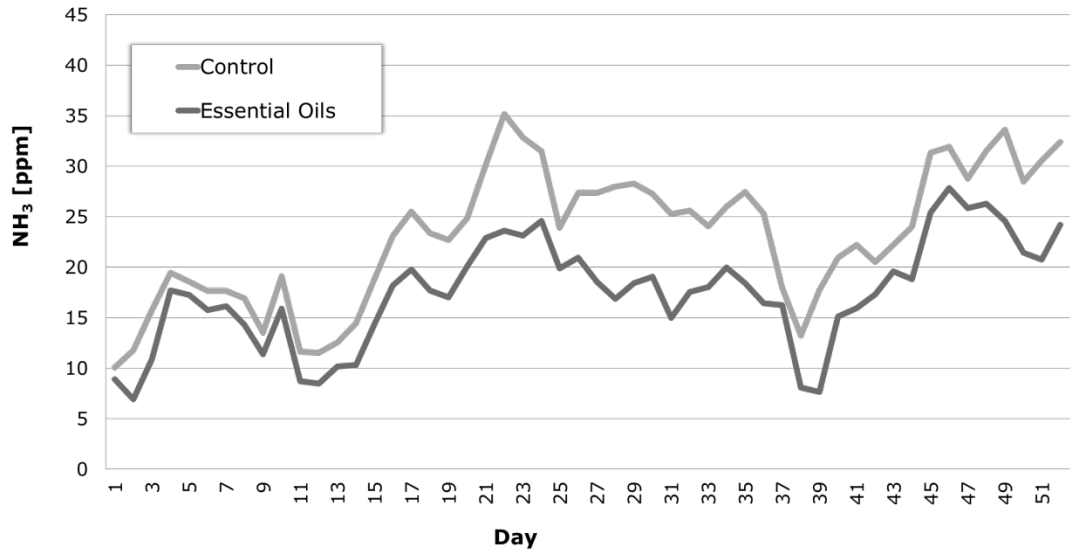


Figure 1: Ammonia concentrations in the barn air of pigs fed Control diets or diets supplemented with essential oils (daily means)

Odor emissions were decreased by EO supplementation by on average 29% (2882 vs. 4083 OU/m^3) with differences reaching 38% in single cases. In general, the values determined in the present trial, ranging between 2400 and 5300 OU/m^3, are in a range commonly observed in practice.

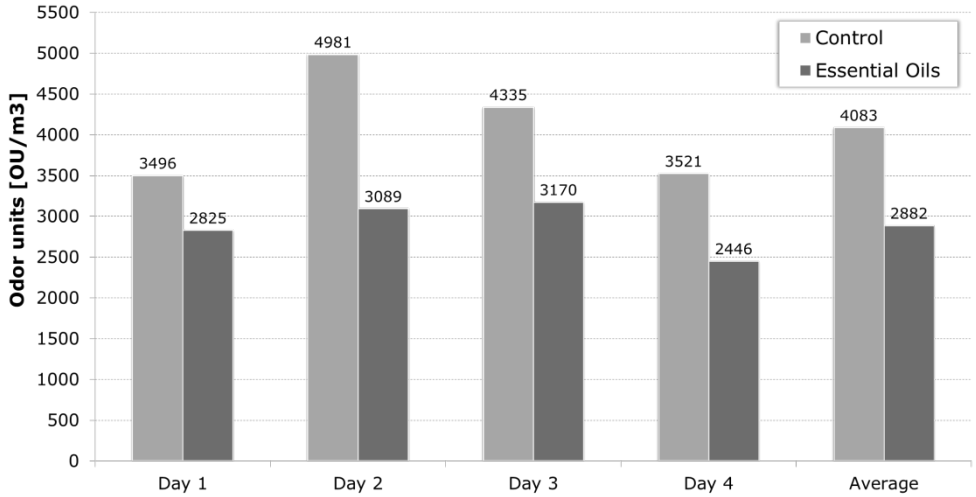


Figure 2: Odor units in the barn air of pigs fed Control diets or diets supplemented with essential oils measured on four days

Average daily gain was 3.4% higher in the EO group (1068 vs. 1033 g) and FCR was 4.3% lower (2.46 vs. 2.57).

Table 2: Effect of essential oil supplementation on growth performance

	Control group	EO group
Duration (days)	56	56
Total weight gain (kg)	867.7	897.4
Average daily gain (g/t)	1033	1068
Feed consumption (kg)	2231.2	2208.4
Feed intake (kg/days)	2.66	2.63
FCR (as-fed basis)	2.57	2.46

The mode of action of EO is versatile, including a antimicrobial, anti-inflammatory and antioxidant effects, finally resulting in an improvement in digestibility (Windisch et al., 2008). Maenner et al. (2001) reported an increase in apparent ileal protein digestibility (+10%) and amino acids when piglets were fed EOs. An improvement in digestibility indicates improved amino acid utilization, hence may result in lower excretion levels of nitrogenous compounds.

Conclusions

EO supplementation has potential to reduce emissions of ammonia and odor in growing-finishing pigs. Furthermore, EOs had a positive effect on growth performance and feed efficiency.

Literature

Maenner K, Vahjen w., Simon O. (2011) Studies on the effects of essential-oil-based feed additives on performance, ileal nutrient digestibility, and selected bacterial groups in the gastrointestinal tract of piglets. J. Anim. Sci. 89, 89:2106–2112.

Windisch W., Schedle K., Plitzner C., Kroismayr A., 2008. Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. J. Anim. Sci. 86:E140–E148.

Zitterl-Eglseer K., Wetscherek W., Stoni A., Kroismayr A., Windisch W. (2008) Bioavailability of essential oils of a phytobiotic feed additive and impact of performance and nutrient digestibility in weaned piglets. Die Bodenkultur 59 (1–4), 121–129.

Corresponding author

Tobias Steiner
BIOMIN Holding GmbH
Industriestrasse 21
3130 Herzogenburg, Österreich
tobias.steiner@biomin.net

Einfluss von Avilamycin und ätherischen Ölen auf die mRNA Expression von Schlüsselgenen verschiedener Stoffwechselwege im Ileum von Ferkeln

Marzell Buffler, Christiane Becker, Wilhelm Windisch

Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Lehrstuhl für Tierernährung, Technische Universität München, München, Deutschland

Einleitung

Mit dem Entzug der Zulassung für die verbliebenen vier Antibiotika als Futterzusatzstoffe innerhalb der EU im Jahr 2006 stieg die Nachfrage nach alternativen Leistungsförderern in der Nutztierhaltung stark an. Neben den bekannten und auch teilweise kritisch bewerteten Zusatzstoffen wie Enzymen, sowie Pro- und Präbiotika, stehen verstärkt auch phytogene Produkte im Fokus. Dabei handelt es sich um Pflanzen oder Pflanzenbestandteile, die sowohl in getrocknetem und gemahlenem Zustand, als auch in extrahierter Form (z.B. ätherische Öle) Anwendung finden. Neben den antimikrobiellen Effekten der Kräuterextrakte auf die intestinale Mikroflora, werden derzeit auch direkte Wirkungen auf Immunantwort, oxidativen Stress, Proliferation und Nährstoffaufnahme untersucht.

Ziel dieser Studie war es, die Expression von Schlüsselgenen verschiedener Stoffwechselwege im Darm von Absetzferkeln nach der Behandlung mit Antibiotikum und Kräuterextrakten zu quantifizieren.

In einem Fütterungsversuch wurden 120 Absetzferkel mit drei verschiedenen Rationen behandelt. Eine Gruppe erhielt als Negativkontrolle keine leistungsfördernden Futterzusätze, eine weitere als Positivkontrolle den antibiotischen Leistungsförderer Avilamycin und eine dritte Gruppe Kräuterextrakte. In dieser Untersuchung wurde die Expression von Schlüsselgenen im Bereich von Immunantwort, Apoptose, oxidativer Abwehr, Mucus-Synthese, Zellverbindungen und Lipidmetabolismus im Intestinaltrakt mittels quantitativer real-time PCR gemessen und zwischen den verschiedenen Behandlungen (Kräuterextrakte, Antibiotikum) verglichen.

Material und Methoden

120 Absetzferkel (Kreuzungszucht Deutsches Edelschwein x Pietrain, Alter: 28 Tage, 8,2 ± 2,3 kg Absetzgewicht) wurden in Abhängigkeit von Wurf, Geschlecht und Anfangsgewicht in 40 Gruppen mit jeweils 3 Tieren aufgeteilt. Je 1 Tier einer Gruppe erhielt eine der drei Behandlungen: (1) Futtermittel ohne Futterzusatzstoffe (Negativkontrolle/Co), (2) Antibiotikum (Avilamycin/AB) als Futterzusatz, (3) Gemisch aus ätherischen Ölen (Oregano, Anis, Zitrusschalen/EO). Die Ferkel wurden entsprechend ihrer Futterzusammensetzung in drei Gruppen aufgestallt, welche wiederum in jeweils drei Gruppen mit 10, 15 und 15 Tieren unterteilt waren. Während des Versuches erfolgte eine dreiphasige Fütterung mit Prestarter (Tag 1-7), Aufzuchtfutter I (Tag 8-22) und Aufzuchtfutter II (Tag 23-50). Haltungs- und Umweltbedingungen waren für alle drei Behandlungen identisch. Futter und Wasser standen den Tieren *ad libitum* zur Verfügung.

Als Gemisch aus ätherischen Ölen wurde das pflanzliche Produkt Biomin P.E.P. 1000 (Biomin, Herzogenburg, Österreich) verwendet, das als Futterzusatzstoff durch EC zugelassen ist (Reg. Nr. 1831/2003). Es beinhaltet Ölextrakte aus *Oreganum vulgare, Pimpinella anisatum* und *Citrus sinensis,* sowie pulverförmigen Chicoree als Trägersubstrat. 1 kg Produkt enthält 2% ätherische Öle.

Hauptinhaltsstoffe sind zyklische Monoterpene wie das Hydrocarbon Limonen, sowie die phenolischen Monoterpene Anethol, Thymol und Carvacrol. In der Gesamtration wurden vom Zusatzstoff 2 g/kg Prestarter und Aufzuchtfutter I, sowie 1 g/kg Aufzuchtfutter II eingesetzt.

Für die Behandlung mit Antibiotikum wurde Maxus100, mit 10 % Avilamycin (Tetracyclin) (Elanco Animal Health LTD, Greenfield, USA) verwendet. Für die Dauer des Versuchs war Maxus100 durch EC zugelassen. Jeweils 0,4 g des Produkts wurden pro kg Prestarter, Aufzuchtfutter I und II appliziert. Weitere Angaben zu Material und Methoden sind bei Kroismayr et al. (2008) beschrieben.

Probenentnahme und Aufbereitung

Jeweils 12 Tiere (6 Weibliche, 6 Kastrate) einer Fütterungsgruppe, deren Gewicht in etwa dem Median ihrer Behandlungsgruppe entsprach, wurden am Tag 22 euthanasiert. Innerhalb von 20 Minuten *post mortem* wurden jeweils 200 mg Gewebe aus dem Ileum entnommen. Die Proben wurden unmittelbar nach der Entnahme in flüssigem Stickstoff konserviert und bei -80°C gelagert.

Die Extraktion der RNA aus dem Ileumgewebe der 12 geschlachteten Tiere erfolgte mit dem miRNeasy Mini Kit (Qiagen, Hilden, Deutschland) gemäß den Empfehlungen des Herstellers.

Im Anschluss an die Extraktion wurden die Proben einer Qualitätskontrolle nach den MIQE Richtlinien unterzogen. Die RNA-Konzentration wurde dazu photometrisch bei 260 nm bestimmt. Für die Beurteilung der Reinheit wurden anhand der optischen Dichten die Absorptionsverhältnisse für OD_{260}/OD_{280} und OD_{260}/OD_{230} ermittelt. Zur Bestimmung der RNA-Integrität wurde die extrahierte RNA in einer automatisierten Gelelektrophorese mit dem Experion Automated Electrophoresis System (Biorad Laboratories, München, Deutschland) unter Verwendung des Experion RNAStdSens Analysis Kit (Biorad) aufgetrennt. Die RNA Integrität wurde anhand des numerischen RNA Quality Indexes (RQI) bewertet.

Real–time two step qRT-PCR

Die Reverse Transkription der RNA in cDNA erfolgte im Doppenlansatz mit dem iScript Reverse Transcription Supermix for RT-PCR (Biorad). Als Mastermix wurden auf Eis pro Probe 4 µl 5x iScript reverse transcription supermix mit 11 µl nuclease-freiem H_2O versetzt. Mit dem epMotion 5075 LH Pipettierroboter (Eppendorf) wurden je 15 µl Mastermix in eine 96well Platte pipettiert und 500 ng RNA Probe zugegeben. Die cDNA Synthese wurde in Duplikaten durchgeführt. Die Platte wurde in den Realplex ep gradient S Mastercycler (Eppendorf) gegeben und das entsprechende Temperaturprotokoll gestartet: Priming (5 Minuten, 25°C), Reverse Transkription (30 min, 42°C), RT Inaktivierung (5 min, 95°C), hold (4°C). Im Anschluss wurden die Proben mit 60 µl Nuklease-freiem Wasser auf ein Endvolumen von 80 µl verdünnt.

Die qPCR wurde mit dem SensiFast SYBR, No-ROX Kit (Bioline, Luckenwalde, Deutschland) durchgeführt. Die verwendeten Primersysteme wurden mit Primer3 (http://frodo.wi.mit.edu/) designt und von Eurofins MWG Operon (Ebersberg, Deutschland) synthetisiert. Der Mastermix wurde auf Eis folgendermaßen vorbereitet: 7,5 µl SYBR Mix, 0,8 µl Primer forward, 0,8 µl Primer reverse; 4,4 µl Nuklease-freies Wasser. Je 13,5 µl Mastermix und 1,5 µl cDNA wurden mit dem Pipettierroboter epMotion5075 LH (Eppendorf) in eine 96well Platte verteilt. Die quantitative real-time PCR wurde mit dem Realplex ep gradient S Mastercycler (Eppendorf) nach folgendem Temperaturprotokoll durchgeführt: Initialisierung (5 Minuten, 95°C), im Anschluss 40 Zyklen: Denaturierung (5 Sekunden, 95°C), Annealing (10 Sekunden, 53,5-63°C), Elongation (8 Sekunden, 72°C) mit anschließender Schmelzkurvenanalyse.

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte mit der ΔΔCq-Methode (Livak und Schmittgen, 2008). Passende Referenzgene aus allen untersuchten Genen wurden mittels den GeNorm und Normfinder

Algorithmen aus der Gen-EX v.5.0.2.8 Software (Multi D Analyses, Götheborg, Schweden) Actin β, Histon 3 und Ubiquitin ermittelt. Die Daten konnten nach dem ΔΔCq-Modell mit folgenden Formeln normalisiert und mit der Kontrollgruppe verglichen werden.

$\Delta Cq = Cq_{(Zielgen)} - Cq_{(Referenzgenindex)}$

$\Delta\Delta Cq = \Delta Cq_{(Behandlungsgruppe)} - \text{Mittelwert } \Delta Cq_{(Kontrollgruppe)}$

Die Veränderungen der Genexpression wurden mit dem Student'schen t-Test aus den ΔΔCq berechnet. Dabei wurde ein Signifikanzniveau von 5% angenommen. Die x-fache Regulation wird ausgedrückt durch $2^{-\Delta\Delta Cq}$, wobei ein Wert von 1 keine Veränderung in der Expression beschreibt.

Die untersuchten Marker sind Schlüsselpunkte folgender Funktionsbereiche: Transkriptionsfaktor: Nuclear factor 'kappa-light-chain-enhancer' of activated B-cells (NFκB); Proinflammatorische Faktoren: Interleukin 1 beta (IL-1β), Interleukin 5 (IL-5), Interleukin 6 (IL-6), Interleukin 8 (IL-8), Tumor Nekrose Faktor alpha (TNFα); oxidative Abwehr: Glutathionperoxidase 1(GPX1), Glutathionperoxidase 2 (GPX2), Mangan Superoxiddismutase (MNSOD), NADPH Dehydrogenase Chinon 1 (NQO1), Peroxiredoxin 5 (PRDX5), Thioredoxin (Trx); Apoptotische Faktoren: B-Cell Lymphoma extra large (Bcl-XL), B-Cell Lymphoma 2 (Bcl-2), Caspase 3 (Casp3); Glucose/Lipidhomöostase: Farnesoid X-aktivierter Rezeptor (FXR) ; Lipidmetabolismus: Adipose Triglycerid Lipase (ATGL); Mucus Synthese: Mucin 2 (Muc2); Tight junctions: Occludin (OCLN), Zonula Occludens 1 (ZO-1); Referenzgene: Actin beta (Actβ), Histon 3 (H3), Ubiquitin (UBQ).

Ergebnisse und Diskussion

Eine statistisch signifikant veränderte Genexpression ($p<0,05$) konnte bei 6 von 23 untersuchten Genen nachgewiesen werden (Tabelle 1).

Tabelle 1: x-fache Regulation der untersuchten Gene bei Behandlung ohne Futterzusatz (Co), mit Avilamycin (AB) und ätherischen Ölen (EO). Signifikante Ergebnisse sind fettgedruckt dargestellt.

Gen	AB vs Co		EO vs Co		EO vs AB	
	x-fach	p-value	x-fach	p-value	x-fach	p-value
GPX1	0,61	0,08	1,28	0,88	**2,04**	**0,03***
NFκB	**0,78**	**0,02***	0,9	0,48	1,16	0,34
OCLN	1,96	0,24	1,06	0,13	**0,76**	**0,03***
TNFα	**0,65**	**0,04***	1,09	0,48	1,77	0,37
Trx	1,35	0,09	0,96	0,26	**0,77**	**0,03***
ZO-1	0,89	0,12	**0,8**	**0,02***	0,96	0,43

* signifikante Veränderung gegenüber Kontrolle ($p < 0,05$)

NFκB und TNFα sind wichtige Schlüsselgene in der Auslösung und Regulation inflammatorischer und apoptotischer Prozesse. Beide wiesen eine Down-Regulation in der Avilamycinbehandlung gegenüber der Kontrolle auf. Die Gruppe mit Kräuterextraktbehandlung zeigte bei diesen Genen keine Veränderung gegenüber der Negativkontrolle. Auch im Vergleich Kräuterextrakte versus Antibiotikum (Positivkontrolle) konnte keine signifikante Regulation der Genexpression festgestellt werden.

ZO-1 hat signalgebende Funktion bei der Ausbildung von Zellverbindungen und somit bei der Kontrolle der intestinalen Epithelpermeabilität. Es war bei der Behandlung mit Kräuterextrakten signifikant gegenüber der Negativkontrolle herunter reguliert. Vergleichend zur Positivkontrolle war keine Veränderung zu erkennen. Die Behandlung mit Avilamycin hat gegenüber der negativen Kontrollgruppe keinen signifikanten Einfluss auf ZO-1.

Bei GPX1 und Trx, die zentrale Stellungen in den wichtigen Glutathion- und Thioredoxin-Redox-Systemen zur oxidativen Abwehr der Zellen einnehmen, zeigten sich weder für die Behandlung mit Avilamycin, noch mit Kräuterextrakten signifikante Unterschiede in der mRNA Expression gegenüber der Negativkontrolle. Auch für OCLN, das mit seinen extrazellulären Strukturen die selektiv permeable Verbindung zwischen den Enterozyten ausbildet, war keine veränderte Genexpression bei den Behandlungen zu erkennen. Allerdings konnten für alle drei Gene Unterschiede zwischen Kräuterbehandlung und Avilamycin festgestellt werden. GPX1 war bei den Kräuterextrakten gegenüber der Antibiotikagruppe hochreguliert. Betrachtet man den Einfluss von Avilamycin auf GPX1 war zwar keine signifikante Down-Regulation gegenüber der Kontrolle, jedoch ein Trend in diese Richtung zu erkennen ($p<0,1$). Bei den ätherischen Ölen war hingegen eine unveränderte Expression zu vermerken. OCLN dagegen zeigte eine verminderte Genexpression bei der Gruppe der Kräuterextrakte im Vergleich zur Positivkontrolle. Gegenüber der Negativkontrolle konnten für beide Behandlungen keine Effekte erkannt werden. Im Vergleich zur Negativkontrolle tendierte für Trx die Behandlung mit Avilamycin zu einer erhöhten Expression ($p<0,1$). Durch die entgegengesetzten Wirkungen der Behandlungen ergab sich eine signifikant veränderte Genexpression zwischen Kräuterextrakten versus Avilamycin. Die Trx Expression war bei den ätherischen Ölen gegenüber der Positivkontrolle reduziert.

NFκB ist als Transkriptionsfaktor ein wichtiges Instrument zur Feinregulierung der Expression vieler Gene, speziell im Bereich von Infektionen, Inflammation, Apoptose und Stressreaktionen (Karin et al., 2009). Er reguliert dabei die Expression von pro- und anti-inflammatorischen Cytokinen wie IL-6 und apoptotischen Faktoren (z.B. TNFα) (Baldwin, 1996). Die Ergebnisse aus dem Versuch zeigen, dass die Expression von NFκB durch die Behandlung mit Avilamycin signifikant gesenkt wurde. Dies entspricht den Untersuchungen von Kroismayr et al. (2008), der den gleichen Effekt bei der Behandlung durch Avilamycin darstellen konnte. Dieser ist wohl auf die veränderte intestinale Mikroflora zurück zu führen, wodurch eine reduzierte Aktivierung von NFκB durch Cytokine erfolgt, was möglicherweise auf eine verringerte inflammatorische Aktivität in diesem Gewebe schließen lässt. Bei den Kräuterextrakten war in dieser Studie jedoch keine messbare Regulation der Genexpression zu erkennen, obwohl durch die Behandlung durchaus eine phänotypische Veränderung der Darmflora erzielt werden konnte (Kroismayr et al., 2008).

TNFα dient als Mediator im Immunsystem und induziert ein breites Spektrum zellulärer Antworten, wie die Stimulation der Inflammation und Apoptose, sowie deren Hemmung. Die veränderte Morphologie des intestinalen Epithels (Kroismayr et al., 2008) bedingt durch eine Regulation der apoptotischen und proliferativen Prozesse in Verbindung mit einem reduzierten Infektionsdruck durch die Mikroflora, rückt TNFα ins Zentrum der hier untersuchten Vorgänge. Die Down-Regulation der Expression in der Avilamycin-Gruppe unterstützt die Hypothese einer verringerten inflammatorischen Reaktion in den behandelten Tieren (Kroismayr et al., 2008). Auch hier konnte jedoch keine signifikante Veränderung der Expression durch ätherische Öle gezeigt werden.

Betrachtet man die verringerte Expression dieser beiden Gene in Bezug auf ihre immunologische Funktion, kann von einer verringerten Aktivität der Immunabwehr im Ileum nach behandlung ausgegangen werden. Dies lässt sich auf die antimikrobielle Wirkung von Avilamycin zurückführen. Warum dieser Effekt durch ätherische Öle in dieser Studie nicht nachgewiesen werden konnte bleibt unklar, insbesondere da Kroismayr (2008) signifikante Veränderungen in identischen Gewebeproben zeigen konnte. Da das Ausgangsmaterial jedoch keine hervorragende Qualität aufwies, war mit einer Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit in der Messmethode und infolgedessen mit großen Streuungen in den Ergebnissen zu rechnen.

Die GPX-Familie, deren Mitglieder in verschiedenen Zellkompartimenten lokalisiert sind, katalysiert die Reduktion von Wasserstoffperoxid (H_2O_2) (Toppo et al., 2009). Im intestinalen Epithel sind GPX1 und GPX2 die wichtigsten H_2O_2 reduzierenden Enzyme. Aufgrund der Bedeutung dieser beiden Isozyme auf den Redox-Status des Glutathion-Systems ist ihre Expression ein guter Indikator für oxidativen Stress im intestinalen Gewebe (Wingler et al., 1999). GPX1 ist weder bei der Behandlung mit Avilamycin noch mit ätherischen Ölen signifikant verändert. Allerdings zeigt sich beim Antibiotikum ein Trend zur Downregulation, während bei den Kräuterextrakten die Expression gegenüber der Negativkontrolle erhöht ist. Im Vergleich der ätherischen Öle zur Positivkontrolle ergibt sich eine signifikante Veränderung. Diese Beobachtungen deuten darauf hin, dass die antimikrobielle Wirkung von Antibiotika den oxidativen Stress auf die Epithelzellen des Ileums reduziert (Circu et al., 2011). Ein Anstieg des oxidativen Stress durch den Abbau von Xenobiotika, wie er in der Leber gezeigt werden konnte (Becker et al., 2012), ist in diesem Gewebe nicht zu erkennen. Die fehlende Wirkung bei den ätherischen Ölen korreliert mit den Ergebnissen von TNFα und NFκB. Es ist zu vermuten, dass die Zusammensetzung der Mikroflora einen wesentlichen Einfluss auf die Auslösung einer Immunantwort und von oxidativem Stress besitzt.

Das Trx-abhängige Redox-System ist ein weiteres wichtiges Instrument der oxidativen Abwehr (Hansen et al., 2006). Die vermehrte Expression von Trx im Intestinaltrakt (v.a. in der Mucosa, Zellen der Lamina propria) lässt auf eine lokal wichtige Funktion für die antioxidative Abwehr und Redox-Regulation schließen (Godoy et al., 2011). Dort spielt es neben der antioxidativen Wirkung eine Rolle bei der Immunantwort, z.B. durch Regulation von β-Defensin 1 (Schroeder et al., 2011). Während sich die Expression bei den ätherischen Ölen unverändert gegenüber der Kontrollgruppe zeigt, ist für Avilamycin ein Trend zur Upregulation sowie ein signifikanter Unterschied zwischen den Kräuterextrakten und der Positivkontrolle zu erkennen. Unerwartet ist diese erhöhte Expression beim Antibiotikum, da Trx bei der oxidativen Abwehr in enger Verbindung zum Glutathion-System steht und die Expression entgegen GPX1 läuft (Hansen et al., 2006). Trx spielt außerdem eine Rolle bei der Induktion der Immunabwehr, die wie gezeigt werden konnte, bei Avilamycin reduziert ist (Schroeder et al., 2011). Weitere Untersuchungen müssen diesen Zusammenhang klären.

Das Intestinum dient neben der Nährstoffabsorption auch als Barriere, um den Organismus vor potentiellen Pathogenen und Antigenen zu schützen. Diese wird unter anderem durch Zellverbindungen („Tight Junctions“) gebildet, die den parazellulären Raum selektiv versiegeln (Farquhar et al., 1963). Wichtige Komponenten der Tight Junctions sind Occludin (OCLN) und Zonula occludens 1 (ZO-1). ZO-1 ist als einziges Gen bei den Kräuterextrakten signifikant gegenüber der Negativkontrolle reguliert. Die verminderte Expression lässt sich durch die veränderte Mikroflora begründen. Da ZO-1 wesentlich an der Ausbildung einer physikalischen Barriere beteiligt ist, kann davon ausgegangen werden, dass diese durch verringerten Infektionsdruck nur reduziert ausgebildet werden muss. Der gleiche Trend ist, wenn auch nicht signifikant, bei Avilamycin zu erkennen, was die Vermutung einer erhöhten Epithelpermeabilität stützt. Signifikante Unterschiede gibt es auch bei OCLN zwischen ätherischen Ölen und Antibiotikum. Hier ist eine deutliche Downregulation zu erkennen, während keine Veränderung gegenüber der Negativkontrolle feststellbar ist. Die tendenzielle Erhöhung der Expression in beiden Behandlungen steht im Gegensatz zu ZO-1. Dieses Ergebnis ist unerwartet, da ZO-1 für die Bildung und Formation von Tight Junctions durch OCLN signalgebende Funktion besitzt.

Schlussfolgerungen

Insgesamt konnte gezeigt werden, dass die Veränderungen der Expression der untersuchten Gene alle auf die modifizierte Mikroflora, bedingt durch die antimikrobiellen Effekte von Avilamycin und ätherischen Ölen zurück zu führen sind. Dies zeigt sich vor allem durch die Down-Regulation inflammatorischer Faktoren nach Behandlung mit Avilamycin, sowie die reduzierte Ausbildung der Tight Junctions. Unabhängig davon konnten keine direkten Effekte der Behandlungen mit ätherischen

Ölen, z.B. die Auslösung oxidativen Stresses, auf die Genexpression festgestellt werden. Somit ist für das Ileumgewebe in dieser Studie keine Wirkung zu erkennen.

Literatur

Baldwin, A.S., Jr., 1996. The nf-kappa b and i kappa b proteins: New discoveries and insights. Annu Rev Immunol 14, 649-83.

Becker, C., Donaubauer, S., Windisch, W., 2012. Effect of the former antibiotic feed additive Avilamycin or essential oils on the expression of genens related to oxidative stress and detoxification in liver of piglets. In: Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (ed), Proc. Soc. Nutr. Physiol. (21), Göttingen, 20.-22.03.2012. Frankfurt: DLG-Verlags-GmbH, p. 128.

Circu, M.L., Aw, T.Y., 2011. Redox biology of the intestine. Free Radic Res 45 (11-12), 1245-66.

Farquhar, M.G., Palade, G.E., 1963. Junctional complexes in various epithelia. J Cell Biol 17, 375-412.

Godoy, J.R., Funke, M., Ackermann, W., Haunhorst, P., Oesteritz, S., Capani, F., Elsasser, H.P., Lillig, C.H., 2011. Redox atlas of the mouse. Immunohistochemical detection of glutaredoxin-, peroxiredoxin-, and thioredoxin-family proteins in various tissues of the laboratory mouse. Biochim Biophys Acta 1810 (1), 2-92.

Hansen, J.M., Go, Y.M., Jones, D.P., 2006. Nuclear and mitochondrial compartmentation of oxidative stress and redox signaling. Annu Rev Pharmacol Toxicol 46, 215-34.

Kroismayr, A., Sehm, J., Pfaffl, M.W., Schedle, K., Plitzner, C., Windisch, W., 2008. Effects of avilamycin and essential oils on mRNA expression of apoptotic and inflammatory markers and gut morphology of piglets. Czech Journal of Animal Science 53, 377-387.

Kroismayr, A., Schedle, K., Sehm, J., Pfaffl, M.W., Plitzner, C., Foissy, H., Ettle, T., Mayer, H., Schreiner, M., Windisch, W., 2008. Effects of antimicrobial feed additives on gut microbiology and blood parameters of weaned piglets. Die Bodenkultur 59, 111-120.

Schroeder, B.O., Wu, Z., Nuding, S., Groscurth, S., Marcinowski, M., Beisner, J., Buchner, J., Schaller, M., Stange, E.F., Wehkamp, J., 2011. Reduction of disulphide bonds unmasks potent antimicrobial activity of human beta-defensin 1. Nature 469 (7330), 419-23.

Toppo, S., Flohe, L., Ursini, F., Vanin, S., Maiorino, M., 2009. Catalytic mechanisms and specificities of glutathione peroxidases: Variations of a basic scheme. Biochim Biophys Acta 1790 (11), 1486-500.

Wingler, K., Brigelius-Flohe, R., 1999. Gastrointestinal glutathione peroxidase. Biofactors 10 (2-3), 245-9.

Autorenanschrift

Dr. Christiane Becker
Lehrstuhl für Tierernährung,
WZW Weihenstephan, TU München
Liesel-Beckmann-Straße 6
85354 Freising (Weihenstephan), Deutschland
christiane.becker@wzw.tum.de

Influence on ileal digestibility in growing pigs by supplementation of the diets with endo-1,4-β-xylanase and endo-1,4-β-glucanase

Peter Ader[1], Dieter Feuerstein[1], Ulrich Eidelsburger[2]

[1] BASF SE, Lampertheim, Germany
[2] BASF ChemTrade GmbH

Introduction

As more and more industries in addition to human and animal nutrition compete for food and feed plant materials, the prices for corn, cereals and soybeans have increased over the past few years, with this trend expected to continue over the mid-term. Non-Starch-Polysaccharide (NSP) hydrolyzing enzymes are considered to be a promising tool to get as much nutritive value from feed as possible and thereby have a positive impact on feed costs. The aim of the present study was to investigate whether the supplementation of cereal based (wheat, barley, rye) pig diets with an endo-1,4-ß-xylanase and endo-1,4-ß-glucanase containing enzyme preparation has an impact on ileal and total tract digestibility of nutrients (crude protein, crude fat, crude fiber, N-free extract, ADF, NDF, energy) in growing pigs.

Materials and Methods

Animals and housing

The trial was conducted with 6 canulated hybrid growing barrows per treatment in two replicates (12 animals / treatment), with an initial live weight of 40.2 ±5.2 kg. Before starting the trial the animals were fitted with PVTC-canula. The surgical operations were performed in accordance with Van Leeuwen et al. (1991). Before the surgical operation, during the regeneration period and during the adaptation period of the trial the animals were kept in individual pens, while in the collection phase of the trial they were kept in metabolic cages designed for growing pigs. The room temperature and relative humidity was regulated in accordance with the requirements of growing pigs.

Diet and treatments, feeding of animals

Basal diets were formulated on a wheat-barley-rye-soybean basis as detailed in table 1. The experiments were performed with 2 dietary treatments:

Treatment 1: Basal diet, negative control

Treatment 2: Basal diet plus enzyme preparation (100 g/t)

Treatment 2 was supplemented at a level of 560 TXU/kg endo-1,4-ß-xylanase and 250 TGU/kg endo-1,4-ß-glucanase (Natugrain® TS, BASF SE, Germany). The coarse meal diets were given to the experimental animals twice daily, in rations of the energy maintenance requirement (450 KJ MEs/ $kg^{0.75}$/d) x 2.6. Water was available *ad libitum* via automatic drinkers.

Experimental procedure

The experiment consisted of a 9 days adaptation, 5 days faeces and 3 day long (3x12 hours) digesta collection period. The daily rations of the animals were weighed with gram precision. The volume of feed eventually not consumed was also weighed with gram precision. Faeces produced were collected two times daily (digesta continually), weighed with gram precision and stored at -18°C until further processing. At the end of the trial the entire quantity of faeces and digesta was homogenized and 30 % of the total quantity was carefully lyophilized, ground and prepared for laboratory analysis. Live weight of the animals was recorded at the start and the end of the adaptation and the collection period.

Laboratory analysis

The nutrient content (dry matter, gross energy, crude protein, crude fat, crude fiber, ADF, NDF, crude ash) of feed, digesta and faeces samples (plus calcium and phosphorus content of feed samples) were determined in accordance with the provisions of AOAC (1989). The endo-1,4-ß-xylanase and endo-1,4-ß-glucanase activity of the feed samples was determined at BASF SE (Ludwigshafen, Germany). The experimental data were evaluated by means of ANOVA (SAS, 2004). Significant differences were tested by the LSD Test (SAS, 2004).

Table 1: Composition and calculated nutrient content of the basal diets (g/kg)

Ingredients		**Nutrient content**	
Wheat	400.0	Dry matter	886,9
Barley	92.2	MEs* (MJ/kg)	13.2
Rye	180.0	Crude protein	169,2
Wheat bran	60.0	Crude fat	17,9
Soybean meal (extracted)	122.0	Crude fiber	66,9
Sunflower meal (extracted)	55.0	Crude ash	63,8
Soybean hulls	60.0	N-free extract	569,1
Limestone	11.2	NDF	188,1
MCP	4.2	ADF	86,1
Salt	5.0	Lysine*	9.5
Lysine-HCl	3.2	M+C*	6.4
Dl-methionine	0.9	Threonine*	6.8
L-threonine	1.3	Tryptophan*	2.0
Premix	5.0	Ca	6.3
Total	**1000.0**	P	5.7

* calculated value

Results and discussion

The analyzed enzyme activities of the experimental diets were on average rather close to the intended values (108% of the intended value for glucanase and 108% of the intended value for xylanase).

The results of the digestibility studies are summarized in table 2. The ileal digestibility of nutrients was improved when the diet was supplemented by the enzyme product (560 TXU/kg and 250 TGU/kg), and this improvement was significant for all of the nutrients (P≤0.05). When expressed in percentage, the rate of improvement was 2.2% for crude protein, 2.1% for crude fat, 3.4% for crude fiber, 1,2% for N-free extract, 3.0% for NDF and 3.2% for ADF, respectively. The digestibility of dietary energy (GE) increased by 1.9% (P≤0.05). The improvement of individual nutrients resulted in a total improvement of 1.6% of the dietary dry matter content (P≤0.05).

Table 2: Effect of xylanase and ß-glucanase supplementation on the digestibility of nutrients in growing pigs

Parameters	**TREATMENTS***			
	I		**II**	
	x	**sd**	**x**	**sd**
ILEAL DIGESTIBILITY (%)				
Dry matter	63.9 [a]	0.6	65.5 [b]	0.6
Crude protein	68.2 [a]	1.8	70.4 [b]	1.7
Crude fat	43.4 [a]	2.1	45.5 [b]	2.5
Crude fiber	21.4 [a]	1.4	24.8 [b]	1.8
N-free extract	66.7 [a]	1.6	67.9 [b]	1.1
NDF	32.2 [a]	2.3	35.2 [b]	3.0
ADF	14.6 [a]	2.0	17.8 [b]	1.5
Energy	62.5 [a]	1.0	64.4 [b]	1.0
TOTAL-TRACT DIGESTIBILITY (%)				
Dry matter	82.0[a]	0.4	82.9 [b]	0.8
Crude protein	79.5 [a]	1.6	80.9 [b]	1.6
Crude fat	29.1 [a]	1.4	36.0 [b]	2.9
Crude fiber	48.9 [a]	2.5	50.1 [a]	2.4
N-free extract	88.1 [a]	0.7	88.7 [b]	0.6
NDF	56.2 [a]	2.1	59.3 [b]	1.4
ADF	42.9 [a]	2.0	46.3 [b]	2.7
Energy	79.8 [a]	0.5	80.7 [b]	0.9

* I: basal diet, negative control II: basal diet with 100 g/t Natugrain® TS (560 TXU/kg and 250 TGU/kg)

[a,b] P≤0,05

The improvement of digestibility and the higher rate of nutrient absorption are likely to be attributed to the altered viscosity of the digesta and to the lengthening of the transit time. It should be noted, however, that besides the properties of the enzyme product, the rate of improvement in digestibility is also very much subject to the NSP level and NSP composition of the basal diet.

The total tract digestibility of the nutrients (table 2) showed a development similar to that for ileal digestibility, i.e. with the exception of crude fiber, the tested enzyme product significantly improved total tract digestibility for all nutrients ($P \leq 0.05$). The rate of increase was 1.4% for crude protein, 6.9% for crude fat, 0.6% for N-free extract, 3.1% for NDF and 3.4% for ADF, respectively. The digestibility of energy (GE) increased by 0.9%. With the same enzyme product, Winkler et al. (2011) reported significantly improved total tract digestibility of organic matter, crude protein and gross energy in grower pigs.

Conclusion

The supplementation of a cereal diet with the endo-1,4-ß-xylanase and endo-1,4-ß-glucanase containing enzyme formulation resulted in significantly improved ileal digestibility for all investigated nutrients. On average, based on present data, a higher nutritive value in diets for growing pigs can be expected after inclusion of the tested enzyme formulation.

Literature

AOAC (1989). Association of Official Analytical Chemists, 1989. Official Methods of Analysis. 3rd edition AOAC, Washington, DC.

SAS (2004). Statistical Analysis System Institute. SAS. User's Guide: Statistics Cary, NC. USA.

VAN LEEUWEN, P., VAN KLEEF, D.J., VAN KEMPEN, D.J.M., HUISMAN, J., VERSTEGEN, M.W.A. (1991). The post valve T-caecum cannulation technique in pigs applicated to determine the digestibility of amino acid in maize, groundnut and sunflower meal. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. Volume 65: 183-193.

WINKLER, A., TRAUTWEIN, J., BAUER, J., FEUERSTEIN, D., ADER, P., LINDNER, P. AND DUSEL, G. (2011). Einfluss von NSP-hydrolysierenden Enzymen auf die zootechnischen Leistungen und Verdaulichkeitsparameter beim Schwein in der Vor- und Endmast nach Verabreichung getreidereicher Futtermischungen. In: Mair C., Kraft M., Wetscherek C., Schedle K., Tagungsband - 10. BOKU-Symposium TIERERNÄHRUNG - Gesunde Tierernährung - Qualität vom Futtermittel bis zum Nahrungsmittel, Vienna, April 28, 2011: 178-181.

Corresponding author

Dr. med. vet. Peter Ader
Global Marketing Animal Nutrition
BASF SE, G-ENL/MT, F31
68623 Lampertheim, Deutschland
peter.ader@basf.com

Natugrain® *TS*

Entscheiden Sie sich für die wirtschaftliche Lösung.

Natugrain®-Produkte erhöhen die Verwertung von Nicht-Stärke-Polysacchariden und vermindern deren antinutritive Effekte. Dadurch kann mit weniger Futtermitteleinsatz mehr Leistungsfähigkeit erzielt werden.

Für Schweine und Geflügel.

natugrain® *TS*

DAS FLEXIBLE NSP-ENZYM

BASF Nutrition – the healthy decision.

BASF
The Chemical Company

www.nutrition.basf.com | e-mail: nutrition@basf.com

Natugrain® *TS* ist eine eingetragene Marke der BASF Gruppe, Deutschland.

Application of rumen protected L-Carnitine in dairy cows during transition and high lactation period

Heiko Scholz[1], Elke von Heimendahl[2], Frank Menn[2]

[1]Hochschule Anhalt, Bernburg; [2]Lohmann Animal Health GmbH, Cuxhaven

Abstract

262 dairy cows were fed either 0 or 10g of a rumen protected carnitine product (containing 20% carnitine) per cow and day supplemented via TMR. Milk yield and ingredients were monitored in all cows. For the examination of blood parameters, 55 cows per group were selected. Carnipass supplementation significantly decreased blood NEFA concentration one week a.p. and there was a trend for decreased NEFA one week p.p. and 5 weeks p.p.. GLDH in blood was significantly reduced one week a.p. and remained on a lower level throughout the trial in cows fed carnitine. Cholesterol level in blood was significantly decreased one week p.p. in heifers supplemented with carnitine. Cows in the supplemented group had also lower insemination index and improved conception rate. Carnitine supplementation led to an improved metabolic status of dairy cows during transition and high lactation period and increased fertility. Carnitine, in particular in a rumen protected variation can reduce the metabolic load of dairy cows during the critical period of transition and high lactation.

Introduction

The primary goal of milk production is a further increase in milk yield while at the same time maintaining animal health. The transition and high lactation period is a very critical phase for dairy cows. Energy requirements for milk production in early lactation of dairy cows exceed the available energy from feed intake resulting in a more or less severe negative energy balance (NEB), which the cow tries to compensate by fat-mobilization from adipose tissue. Excessive mobilization of fatty acids can exceed the liver's capacity for degradation and results in elevated formation of ketone bodies and accumulation non esterified fatty acids (NEFA) in the liver where they are converted to triglycerides and stored. About 50% of the dairy cows within the first 4 weeks p.p. suffer from the so called fatty liver syndrome (Bobe et al., 2004; Jurritsma et al., 2003). An impaired liver function favors the development of other postpartum disorders like ketosis, metritis, displaced abomasum and immune suppression as well as a poor reproductive performance.

L-carnitine serves as a Co-factor for activated fatty acids and therefore has direct impact on fat-metabolism (Drackley et al., 1991a,b; Owen et al., 2001). In addition, carnitine acts as a buffer for acetyl-residues originating from fat-mobilization, thereby reducing ketone body formation (Harmeyer & Schlumbohm, 1997). The altered ratio of acetyl-CoA:CoA as a result of this buffer function further improves ß-oxidation and also stimulates carbohydrate metaboslism (Rebouche & Seim, 1998).

As approximately 80% of dietary carnitine is degraded by rumen microbes (LaCount et al., 1996) supplemented carnitine should be protected to pass the rumen unspoiled.

The aim of this study was to show the impact of a rumen protected L-carnitine supplementation on performance and metabolic parameters during the transition and high lactation period.

Material and Methods

262 dairy cows (Holstein-Frisian) were allotted to two treatments according to lactation number and milk yield. Animals in the carnitine group were marked by ear tags.

Cows were fed a TMR as presented in Table 1 and 2. Diets were formulated to meet the nutrient requirements of dairy cows according to GfE guidelines (GfE 2001).

In the carnitine group (CP), cows were fed 10g of a rumen protected carnitine product (Carnipass, Lohmann Animal Health, containing 20% carnitine) per cow and day whereas the animals in the control group (C) received 10 g of barley groat instead. Carnitine supplementation was given individually. All cows were kept in a free stall under the same conditions.

Milk yield was determined at 3 subsequent monthly milk controls (MC) after starting carnitine supplementation from all 262 cows. At the same time, milk samples were taken and examined for somatic cell count, milk fat, milk protein and urea. Blood samples were taken from 110 cows out of the group of 262 cows 1 week a.p., 1 week p.p., 5 weeks p.p. and 9 weeks p.p (BS 1-4) and analyzed for NEFA, BHB, Cholesterol, GLDH and Bilirubin. Only cows with 3 complete milk and 4 blood samples were included in statistical evaluation.

Data were analyzed by SPSS, Version 20 using one-way randomized block analysis of variance and Kolmogorow-Smirnow-Test, $P \leq 0.05$.

Table 1: Composition of the transition and fresh cow diet (% and kg/day)

Grass silage	37,3 % (12,0 kg)	21,2 % (13,3 kg)
Corn silage	43,5 % (14,0 kg)	41,1 % (25,8 kg)
Hay	3,1 % (1,0 kg)	1,0 % (600 g)
Straw	3,9 % (1,3 kg)	0,6 % (350 g)
Concentrate 18/4*		0,4 % (250 g)
Sugar beet pellets		1,8 % (1,1 kg)
Protein concentrate**	1,2 % (400 g)	3,9 % (2,4 kg)
UDP concentrate***	6,2 % (2,0 kg)	4,6 % (2,9 kg)
Barley groats	2,3 % (750 g)	2,8 % (1,8 kg)
Mineral feed	2,3 % (750 g)	0,3 % (200 g)
Protected fat		0,3 % (200 g)
Salt	0,1 % (40 g)	0,1 % (50 g)

* 18% crude protein, energy level 4 (7.4 MJ NEL)
**7,5 MJ NEL, 22.0% crude protein, 195g usable crude protein, 4g RNB
***7.2 MJ NEL, 40%CP, 3% crude fat, 8.5 %crude fiber, 260g usable crude protein, 22g RNB

Table 2: Analyzed nutrient content of the transition and fresh cow diet

	Transition	Fresh melking cows
NEL (MJ)	6,0	6,6
DM (g/kg)	452	443
Crude protein (g/kg)	135	158
Crude fiber(g/kg)	218	192
Ether extract (g/kg)	27	31
Sugar(g/kg)	24	34
Starch (g/kg)	199	200
Sugar + starch (g/kg)	223	234
Crude ash (g/kg)	78	78
Usable crude protein (nXP, g/kg)	138	152
Ruminal N-balance	-0,4	1,0
Calcium (g/kg)	5,9 ± 0,3	7,7 ± 2,0
Phosphorous (g/kg)	3,6 ± 0,4	4,5 ± 0,6
Sodium (g/kg)	2,9 ± 2,0	3,2 ± 0,9
Magnesium (g/kg)	2,3 ± 0,2	3,0 ± 0,5
Potassium (g/kg)	16,4 ± 1,3	14,4 ± 1,8
Chlorine (g/kg)	6,6 ± 3,7	6,9 ± 1,2
Sulfur (g/kg)	1,8 ± 0,1	2,2 ± 0,3
DCAB (meq/kg)	248 ± 52	183 ± 40

Results and discussion

249 of the 262 cows completed the trial, 131 for the control and 118 for the carnitine group. Blood parameters were investigated in 89 cows (51 control and 38 in carnitine group). The exclusion of animals from the trial was not treatment related and mainly due to inappropriate calving date of heifers which reduced the period of carnitine supplementation significantly.

Carnitin supplementation did only insignificantly increase milk yield (Table 3). As a result of slightly decreased fat but increased protein percentage in carnitine supplemented cows, fat/protein ratio was a significantly reduced in the carnitine group. Reduced fat percentage in the milk and lower fat/ protein ratio indicate reduced fat mobilization probably as a result of improved fat metabolism and thereby reduced NEB by carnitine.

Somatic cell counts at first and second milk control after calving tended to be lower in the carnitine group than in the control group. Even though differences in this trial were not significant, it is known that a negative energy balance and subclinical ketosis have an influence on udder health (Leslie et al., 2000; Suryasathaporn et al, 2000).

Table 3: Influence on carnitine supplementation on milk yield, ingredients and somatic cell count

	MC 1		MC 2		MC 3	
	C	CP	C	CP	C	CP
Milk yield	34.7	35.7	37.5	38.7	35.8	35.9
Milk fat , %	4.23	4.09	3.83	3.75	4.02	3.92
Milk protein, %	3.23	3.22	3.05	3.10	3.25 [a]	3.31 [b]
Fat/protein ratio	1.3	1.3	1.3 [a]	1.2 [b]	1.3 [a]	1.2[b]
Somatic cells/ml	471000	374000	298 000	220000	278000	282 000

[a,b] Means within a row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

Carnitine supplementation tended to decrease blood NEFA concentration during the whole trial period. (Table 4). In multiparous cows the difference was significant one week a.p (0.37 in control versus 0.29 in the carnitine group). There was no significant influence on BHB. However, there was a trend for decrease BHB concentrations in week 5 and 9 p.p.. Even though there was no influence of carnitine supplementation on cholesterol levels in blood when all cows were considered, Cholesterol was significantly decreased one week p.p. in heifers supplemented with carnitine (2.7 versus 2.1mmol/l). These findings are confirmed by other authors, when carnitine supplementation in dose levels similar to the one in this study were used (Carlson et al., 2007) or given intravenously (Erfle et al., 1971). Carlson et al. (2007) were also able to prove that carnitine supplementation significantly reduced the total lipid and the triglyceride content in the liver while simultaneously increasing glycogen concentration.

GLDH in blood was significantly reduced one week a.p. and remained on a lower level throughout the trial in cows fed carnitine. According to Kraft & Dürr (2005) an increase in GLDH is an indicator for increased liver load which is the case in lipomobilization related fatty liver (Rehage 1996). Values for bilirubin were significantly different in week 5 p.p.. Increased bilirubin concentrations are always observed in relation to fatty liver syndrome and NEB (Kraft & Dürr, 2005; Rehage 1996). Lower levels of NEFA in carnitine supplemented group and therefore reduced liver loads are likely to be the cause for the lower GLDH activity and blood bilirubin concentration in this group.

Table 4: Influence on carnitine supplementation on blood parameters

	BS 1		BS 2		BS 3		BS 4	
	C	CP	C	CP	C	CP	C	CP
NEFA, mmol/l	0.37	0.31	0.60	0.51	0.37	0.3	0.28	0.25
BHB, µmol/l	663	668	731	739	659	575	802	737
Cholesterol, mmol/l	2.5	2.3	2.3	2.1	4.2	3.9	5.1	4.8
GLDH, nkat/l	293 [a]	177 [b]	381	290	514	413	422	397
Bilirubin, µmol/l	3.5	3.4	4.4	4.3	3.4 [a]	2.6 [b]	5.1	4.8

[a,b] Means within a row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

Carnitine supplementation also influenced fertility parameters in the cows. Whereas there was no difference in days from calving to first insemination, there was a trend for a lower insemination index

in the carnitine group (1.9) than in the control group (2.3). The conception rate was significantly improved in the carnitine supplemented group (86%) as compared to the control (70%).

Health and fertility of dairy cows are strongly related to NEB (Jorritsma et al. 2003). Fertility is mainly influenced by alterations in the IGF system during the period of NEB (Llewellyn et al., 2007). It is supposed that the impact of carnitine on fat and carbohydrate metabolism helped to reduce the period of strong NEB in this trial as indicated by less fat immobilization. In addition, carnitine might have had a direct impact on the IGF system as has been shown for other species (Waylan et al., 2005)

In conclusion, carnitine supplementation tended to increase milk yield during the first 2 month after calving improved the metabolic situation and in consequence also led to increased fertility in dairy cows. Carnitine, in particular in a rumen protected form can reduce the metabolic load of dairy cows during the critical period of transition and high lactation.

Literature

Bobe G., J.W. Young, D.C. Beitz, 2004. Pathology, Etiology, Prevention and Treatment of fatty liver in dairy cows. J.Dairy Sci. 87:3105-3124

Carlson, D.B., J.W. McFadden, A.D'Angelo, J.C. Woodworth, J.K. Drackley., 2007. Dietary L-carnitine affects periparturient nutrient metabolism and lactation in multiparous cows.J.Dairy Sci. 90:3422-3441

Drackley, J. K., D. C. Beitz, and J. W. Young. 1991a. Regulation of in vitro palmitate oxidation in liver from dairy cows during early lactation. J. Dairy Sci. 74:1884–1892

Drackley, J. K., D. C. Beitz, and J. W. Young. 1991b. Regulation of in vitro metabolism of palmitate by carnitine and propionate in liver from dairy cows. J. Dairy Sci. 74:3014–3024.

Erfle, J.D., L.J. Fisher, F.Sauer, 1971. Effect of infusion of carnitine and glucose on blood glucose, ketones and free fatty acids of ketotic cows. J. Dairy Sci. 54 (5):673-679

GfE 2001, Empfehlungen zur Energie und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder, DLG-Verlag , Frankfurt am Main

Harmeyer , J. and C. Schlumbohm, 1997. Die physiologische Bedeutung von L-Carnitin und Effekte von Carnitinzulagen bei Haustieren. In: R. Schubert, G. Flachowsky, R. Bitsch and G. Jahreis (Eds.) Vitamine und Zusatzstoffen in der Ernährung von Mensch und Tier. **6**. Symposium Jena, Thüringen, 42–61

Jurritsma, R., T.Wensing, T.A.M. Kruip, P.L.A. Vos, J.P.T.M. Noordhuisen, 2003. Metabolic changes in early lactation and impaired reproductive performance in dairy cows. Vet. Res. 34:11-26

Kraft, W. and Dürr, U.M., 2005. Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin, 6. Auflage 2005

Llewellyn, S., R. Fitzpatrick, D.A. Kenny, J.J. Murphy, R.J. Scaramuzzi, and D.C. Wathes, 2007. Effect of negative energy balance on the insulin-like growth factor system in pre-recruitment ovarian follicles of post partum dairy cows. Reproduction (133): 627-639

LaCount, D.W., L.D.Ruppert, and J.K. Drackley, 1996. Ruminal degradation and dose response of dairy cows to dietary L-carnitine. J. Dairy Sci. 79:260-269

Leslie, K.E., T.F. Duffield, Y.H.Schukken, S.J. LeBlanc, 2000. The influence of negative energy balance on udder health. National Mastitis Council Regional Meeting Proceedings, NMC publications, 25-33

Owen. K.Q., H.Ji, C.V. Maxwell, J.L.Nelssen, R.D. Goodband, M.D.Tokach, G.C.Tremblay, and S.I. Koo., 2001. Dietary L-carnitine supresses mitochondrial branched chain keto acid dehydrogenase activity and enhance protein accretion and carcass characteristics of swine. J. Anim. Sci. 79:3104-3112

Rebouche, C.J., and H Seim, 1998. Carnitine metabolism and its regulation in microorganisms and mammals. Annu.Rev.Nutr. 18:39-61

Rehage, J., 1996. Untersuchungen zur Leberfunktion von Milchkühen mit Leberverfettung am Modell von Patienten mit linksseitiger Labmagenverlagerung. Tierärztl. Hochschule Hannover, Habil. thesis

Suryasathaporn, W., C.Heuer, E.N. Noordhuizen-Stassen, Y.H. Schukken, 2000. Hyperketonemia and the impairment of udder defense: a review , Vet. Res. 31:397-412

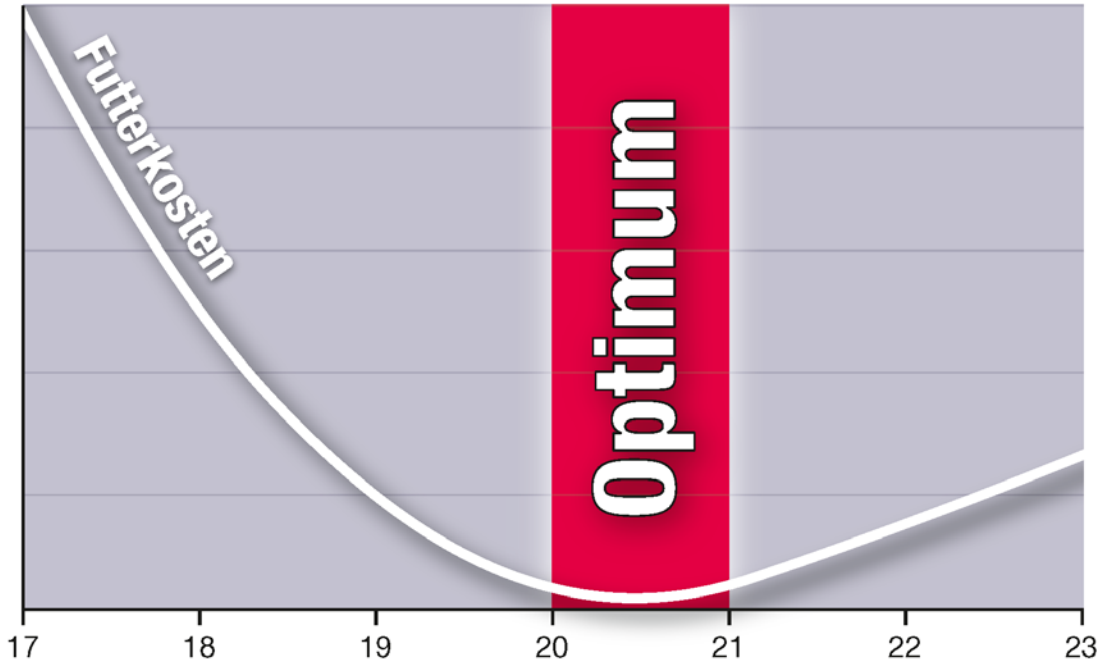
Waylan, A.T., J.P. Kayser, D.P.Gnad, J.J. Hggns, J.D. Starkey, E.K. Sissom, J.C. Woodworth and B.J.Johnson, 2005. Effects of L-carnitine on fetal growth and the IGF system in pigs. J. Anim. Sci 83:1824-1831

Corresponding author

Dr. Elke von Heimendahl
Lohmann Animal Health GmbH
Heinz-Lohmann-Str. 4
27472 Cuxhaven, Deutschland
elke.von.heimendahl@lohmann.de

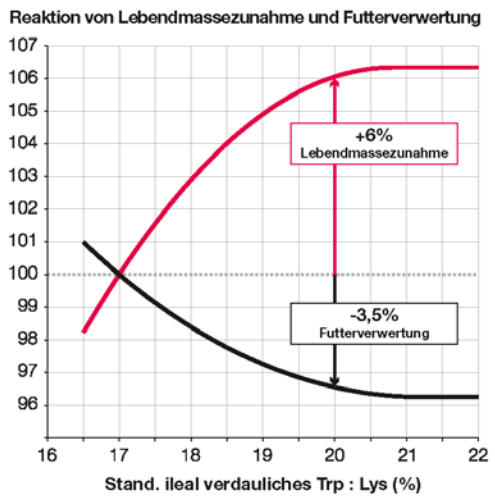
Die Optimierung des Tryptophangehaltes im Futter für Mastschweine

verbessert die Futterkosten



Kalkulation der ökonomisch optimalen stand. ileal verdaulichen **Tryptophan:Lysin** Relation (%) im Mastfutter

- Ajinomoto Eurolysine S.A.S. ermittelte kürzlich eine bedarfsdeckende stand. ileal verdauliche Trp:Lys Relation von 20% bei Mastschweinen (>25 kg).
- Die rechte Abbildung zeigt deutlich, dass bei einer nichtbedarfsdeckenden Fütterung sowohl das Wachstum als auch die Futterverwertung negativ beeinflusst werden. Daraus resultiert eine schlechtere Wirtschaftlichkeit.
- Die Berücksichtigung von L-Tryptophan bei der Futteroptimierung ermöglicht eine größere Flexibilität bei der Auswahl von Futtermitteln um die nutritiven Anforderungen zu erfüllen.



Freier Zugang für mehr Informationen unter:
www.ajinomoto-eurolysine.com

AJINOMOTO.
AJINOMOTO ANIMAL NUTRITION
AJINOMOTO EUROLYSINE S.A.S.

Kontakt: **LOHMANN ANIMAL HEALTH GmbH**
Heinz-Lohmann-Straße 4 – 27472 Cuxhaven
Tel: 04721 747 182 – Fax: 04721 747 124
trading@lohmann.de – www.lohmann.de

Effekte hoher Zulagen modifizierter E. Coli Phytase auf die Leistungen bei der Mastpute

Petra Philipps[1], Michael Bedford[1], Imke Kühn[2], Tiago Dos Santos[1], Rob A.H.M. Ten Doeschate[1], Benjamin Schröder[2]

[1]AB Vista, Marlborough
[2]AB Vista, Darmstadt
[2]Pulte GmbH & Co. KG, Rimsting

Einleitung

Traditionell werden mikrobielle Phytasen Futtermitteln für monogastrische Nutztiere zugesetzt, um den Einsatz inorganischer Phosphate zu reduzieren. Damit lassen sich in erheblichen Mass Kosten und Phosphorausscheidungen reduzieren (Bedford 2012). Fokus der Forschung war bisher hauptsächlich auf der Freisetzung von Phytat-P aus pflanzlichen Futtermitteln und nicht auf die Effekte des Phytaseeinsatzes auf den Abbau von Phytat, dem in verschiedenen Arbeiten anti-nutritive Effekte bei verschiedenen Spezies zugeschrieben werden. In Versuchen mit Mastputen wurden die Effekte hoher Zulagen einer modifizierten *E. Coli* Phytase (EC 3.1.3.26) sowie einer Weiterentwicklung dieser Phytase auf die Leistungen bei der Mastpute untersucht, sowohl bei deutlicher Reduktion des Gehaltes an NPP (Non-Phytat-P) als auch bei marginal limitierenden Gehalten an NPP.

Material und Methoden

Versuch 1: In einem Putenversuch über 16 Wochen (Bedford 2012) (6x10 männl. BUT 5 Eintagsküken/Behandlung, 4-phas. Fütterung 0-4, 4-8, 8-12, 12-16 Wochen) wurden eine positive Kontrolle (PK) und eine negative Kontrolle (NK) unter Reduktion von P (Tabelle 1) formuliert. NK wurde eine modifizierte *E Coli* 6-Phytase, Quantum® (XT) (QXT), mit 50, 250, 1200, 6000 und 30000 U/kg zugelegt sowie eine *P. Lycii* -Phytase mit 1200 U/kg. Gewicht, Zuwachs und Futterverwertung (FV) wurden ermittelt. Der Versuch umfasste eine Periode mit quantitativer Sammlung der Excreta.

Versuch 2: In einem Putenversuch übr 84 Tage (Bedford et al. 2011) (10x25 BUT 8 Eintagsküken pro Behandlung, 3-phasige Fütterung Tag 0-28, 29-56, 57-84) wurden je eine PK und eine NK unter marginaler Reduktion von P und Ca (Tabelle 3) formuliert. NK wurde Quantum® (XT) (QXT), mit 250, 500, 1000, 2000 U/kg zugelegt. Gewicht, Zuwachs und FV wurden ermittelt.

Versuch 3: In einem Putenversuch über 13 Wochen (Francesch und Kühn 2012) (12x25 weibliche BUT 9 Eintagsküken/Behandlung, 3-phasige Fütterung 0-4, 5-8, 9-13 Wochen) wurden eine positive Kontrolle (PK) und eine negative Kontrolle (NK) unter Reduktion von P, Ca und Na (Tabelle 5) formuliert. Dem NK Futter wurde eine weiterentwickelte neuartige *E Coli* 6-Phytase, Quantum® Blue, mit jeweils 500 und 1000 U/kg zugelegt. Gewicht, Zuwachs und Futterverwertung wurden am Ende der jeweiligen Versuchsabschnitte ermittelt.

Ergebnisse

Versuch 1 (Tabelle 2) Zulage von Phytase bei limitierter Versorgung mit P verbesserte den Zuwachs signifikant zur negativen Kontrolle. 1200 U/kg der modifizierten *E. Coli* Phytase lagen auf dem Niveau der positiven Kontrolle. Die Futteraufnahme war bei den Tieren der negativen Kontrolle gegenüber der positiven Kontrolle signifikant reduziert. Mit Zulage von 250 U/kg der E. Coli Phytase wurde das Niveau der positiven Kontrolle erreicht. Bei limitierender P-Zufuhr stieg die Verfügbarkeit von P und Ca mit Zulage von Phytase für P/Ca von 37,1%/15.3% in der NK auf 69%/42.8% in der Behandlung mit Zulage von 6000 U/kg E. Coli Phytase. Die Zulage von 1200 U/kg der *P. Lycii*-Phytase resultierte in vergleichbarem Effekt auf die P-Verfügbarkeit wie 250 U/kg der *E. Coli*-Phytase. Die Verfügbarkeit von P in der positiven Kontrolle war gegenüber den anderen Behandlungen signifikant reduziert, was auf eine über den Bedarf hinausgehende Zulage an P schliessen lässt.

Versuch 2 (Tabelle 4) Im vorliegenden Versuch verbesserte die Zulage von 500 U/kg mit der modifizierten E. Coli Phytase signifikant die Leistung der Tiere auf das Niveau der positiven Kontrolle sowohl für Hähne als auch Hennen. Darüberhinaus resultierte die Zulage von 1000 U/kg Phytase in signifikant verbesserten Zuwachs bei den Hennen (+243 g/d) und die Zulage von 2000 U/kg bei den Hähnen (+301) als auch bei den Hennen (+318 g/d) im Vergleich zur positiven Kontrolle.

Versuch 3 (Tabelle 6) Im vorliegenden Versuch wurden eine Weiterentwicklung der modifizierten *E. Coli*-Phytase getestet. Über die gesamte Versuchsperiode (Tag 0-86) wurden beim täglichen Zuwachs zwischen den Tieren der NK (80,7 g/d) und der PK (82,6 g/d) keine signifikanten Unterschiede beobachtet, während die Zulage mit der Phytase das Wachstum der Tiere signifikant aber nicht dosisabhängig verbesserte (84,7 g/d, $p<0,05$). Die Futteraufnahme war zwischen NK (169 g/d) und PK (175 g/d) sowie den Behandlungen mit gestaffelter Phytasezulage (179 und 176 g/d) signifikant erhöht. Für die einzelnen Versuchsabschnitte wurden ähnliche Effekte beobachtet. Für den den Abschnitt zwischen Tag 29 und 56 war der tägliche Zuwachs in NK (97 g/d) signifikant niedriger als in PK (101 g/d). Phytasezulage verbesserte den Zuwachs im Vergleich zu NK, wobei die Zulage von 1000 U/kg mit 104 g/d signifikant besser war als PK. Die Zulage von 1000 U/kg resultierte in einer Verbesserung der FV (1,64 g/g) im Vergleich zu allen anderen Behandlungen inklusive PK.

Diskussion

Literaturdaten deuten daraufhin, dass verbesserte Mastleistungen (Ferkeln und Broiler) bei hohen Phytasezulagen als Resultat weitergehender Phytathydrolyse über den reinen Effekt der Phosphorfreisetzung nach Erfüllung des Bedarfs für eine optimale Mastleistung hinaus betrachtet werden können (Cowieson et al. 2011). Es werden verschiedene Hypothesen über den Mechanismus diskutiert (Bedford 2012), wie z.B. dass eine höhere P-Freisetzung zu einem verbesserten Verhältnis von Ca zu verügbarem P führen kann, was im Putenbereich einen positiven Effekt auf die Säure-Basen-Bilanz und somit auf reduzierte Problematik mit feuchter Einstreu haben könnte. Die zweite Hypothese basiert auf einer weitgehenden Zerstörung verbleibender Phytatmoleküle durch hohe Phyatsezulage. Phytat ist die Hauptform des P in Pflanzen (Myo-Inositol Phosphat, IP6). In den letzten Jahren wird in der Literatur zusätzlich über antinutritive Effekte von Phytat beim Monogastrier (Bedford 2006, Cowieson et al. 2009) berichtet in Bezug auf endogene N-Verluste sowie auf Verfügbarkeit anderer Nähr- und Mikronährstoffe wie Spurenelemente (Harland und Morris 1995), Protein (Cowieson und Cowieson 2011), Aminosäuren (Cowieson und Ravindran 2007, Cowieson et al. 2004) und die Verwertung von Energie. Diese antinutritven Effekte durch die Bildung unlöslicher Komplexe und durch höhere endogene Verluste können haupsächlich den Phytatmolekülen IP6 und IP5 zugeschrieben werden. Luttrell konnte bereits 1993 nachweisen, dass die Entfernung zweier Phosphate aus dem Phytat-Molekül von IP6 zu IP4 die Menge von Calcium, das an Phyat gebunden war um ca. 70% reduzierte.

Die Ergebnisse dieser vorliegenden Arbeiten zeigen, dass sich mit den vorliegenden weiterentwickelten *E. Coli* Phytasen der 2./3. Generation unter Beibehaltung eines hohen Leistungsniveaus effektiv Phosphor im Futter einsparen lässt. Bei marginaler Limitation der Phosphorzufuhr und Zulagen mit einer üblichen Dosierung der Phytase (500 U/kg) wurde das Niveau der positiven Kontrolle erreicht und bei Zulagen mit Phytase darüberhinaus (≥1000 U/kg) wurden signifikante Effekte auf die Wachstumsleistungen bei der Mastpute beobachtet im Vergleich zur positiven Kontrolle. Erste Feldversuche bestätigen diese Ergebnisse in der Praxis (Bedford 2012).

Schlussfolgerungen

Anhand erster Versuchsergebnisse zur Zulage hoher Dosierungen (≥1000 U/kg) modifizierter *E. Coli* 6-Phytase bei der Mastpute konnten positive Effekte auf die Wachsumsleistung nachgewiesen werden, die z.T. auf signifikant höherem Niveau lagen als das der positiven Kontrolle. Verschiedene Hypothesen werden diskutiert, ob der Effekt mehr durch einen weitergehenden Abbau der Phytatmoleküle als durch zusätzliche Freisetzung von Phosphor hervorgerufen werden könnte. Phytasen variieren in Substratspezifität und Abbauraten, dies ist bei der Interpretation von Literaturdaten zu beachten. Weitergehende Studien sind notwendig, um konkrete Empfehlungen für Fütterungsstrategien abzuleiten.

Literatur

Bedford M.R. (2006): Phytate as an antinutrient – problems in quantification of the nutrient value of phytase, Syngenta Animal Nutrition, Inc.'s Technical Symposium, Multi-State. Poultry Feeding and Nutrition Conference, Indianapolis, Indiana, USA, May 23-25, p. 25-36

Bedford, M. (2012): The potential for extraordinary performance of turkeys through use of high dosages of phytase. Proceedings of the 25th Technical Turkey Conference, Shrigley, UK

Bedford M., Wyatt C., Knox A. and Santos T. (2011) Turkey performance between 0 and 84 days when fed diets supplemented with high doses of phytase. Proccedings of the International Poultry Science Forum, Atlanta, GA

Cowieson A.J., Bedford M.R., Selle, P.H. and Ravindran V. (2009): Phytate and microbial phytase; implications for endogenous losses and nutrient availability. World Poultry Science Journal, 65, 401-418

Cowieson A.J., Acamovic, T. and Bedford M.R. (2004): The effect of phytase and phytic acid on the endogenous loss from broiler chickens. British Poultry Science, 45: 101-108

Cowieson A.J., Bedford M.R., Selle, P.H. and Ravindran V. (2009): Phytate and microbial phytase; implications for endogenous losses and nutrient availability. World Poultry Science Journal, 65, 401-418

Cowieson A.J. and Ravindran V. (2007): Effect of phytic acid and microbial phytase on the flow and amino acid composition of endogenous protein at the terminal ileum of the growing broiler chicken. British Journal of Nutrition, 98: 745-752

Cowieson A.J. and Cowieson N.P. (2011): Phytate and the thermodynamics of water. Australian Poultry Symposium, p. 11

Francesch M. and Kühn I. (2012): Efficiency of a thermotolerant phytase on turkey performance International Poultry Science Forum, Atlanta, GA

Harland, B.F. and Morris, E.R. (1995): Phytate – a good or bad food component? Nutrition Research, 15: 733-754

Luttrell B.M. (1993): The biological relevance of the binding of calcium ions by inositol phosphates. The Journal of Biological Chemistry 268: 1521-1524

Tabellen

Tabelle 1: Futterzusammensetzung der Basisfutter im Versuch 1

Futter	Starter (0-4 W)		Grower (4-8 W)		Finisher 1 (8-12 W)		Finisher 2 (12-16 W)	
Behandlung	PC	NC	PC	NC	PC	NC	PC	NC
Inhaltsstoffe (%)								
Mais	20,2	21,1	30,1	31,0	40,0	40,0	45,8	45,6
Weizen	20,0	20,0	20,0	20,0	21,4	22,3	20,0	20,0
Fischmehl	0,63	0,51	---	---	---	---	---	---
Rapsextraktionsschrot	5,0	5,0	3,24	3,13	---	---	---	---
Sojaextraktionsschrot	45,0	45,0	40,0	40,0	32,9	32,7	28,2	28,1
Soyaöl	4,46	4,18	2,68	2,35	2,17	1,95	2,94	2,69
DL-Methionin	0,11	0,11	0,08	0,08	0,09	0,09	0,4	0,4
Lysin HCL	0,03	0,03	0,12	0,12	0,18	0,18	---	---
Futterkalk	0,97	1,75	1,13	1,91	1,05	1,05	0,89	1,51
DCP	2,73	1,47	1,82	0,55	1,47	1,47	1,36	0,36
Rest	0.87	0.85	0.83	0.86	0.74	0.26	0.41	1.34
Nährstoffe								
ME (MJ/kg)	17,0	17,0	17,0	17,0	16,7	16,5	12,5	12,6
Rohprotein (%)	28,6	27,4	25,3	24,6	22,8	23,7	19,3	19,2
Calcium (%)	1,27	1,39	1,10	1,01	0,96	0,86	0,87	0,78
Total P (%)	0,94	0,72	0,71	0,51	0,62	0,46	0,56	0,40
Phytat-P(%)	0,28	0,28	0,29	0,27	0,29	0,26	0,20	0,20

Tabelle 2: Ergebnisse Versuch 1

Behandlung	Zuwachs (kg)	FA (g/d)	Korr. FV (g/g)	Verfügbarkeit (%)	
				Phosphor	Calcium
PK	13,18^{a}	295,6^{ab}	2,642	24,7^{d}	19,0^{b}
NK	10,80^{c}	256,9^{d}	2,740	37,1^{c}	15,3^{b}
NK + 50 U/kg QUANTUM® XT	11,38^{c}	260,0^{cd}	2,641	35,5^{c}	18,5^{b}
NK + 250 U/kg QUANTUM® XT	12,43^{b}	285,6^{bc}	2,654	44,0^{c}	19,5^{b}
NK + 1200 U/kg QUANTUM® XT	13,22^{a}	317,4^{a}	2,826	56,4^{b}	26,2^{b}
NK + 6000 U/kg QUANTUM® XT	12,66^{ab}	290,1^{ab}	2,617	69,0^{a}	42,8^{a}
NK + 30000 U/kg QUANTUM® XT	12,60^{ab}	294,3^{ab}	2,709	60,5^{ab}	38,5^{a}
NK + 1200 U/kg *P. Lycii* Phytase	12,55^{ab}	277,3^{bc}	2,571	43,0^{c}	25,0^{b}

^{abcd} P<0,05

Tabelle 3: Futterzusammensetzung der Basisfutter im Versuch 2

Futter	Starter (0-4 W)		Grower (4-8 W)		Finisher (8-12W)	
Behandlung	PC	NC	PC	NC	PC	NC
Inhaltsstoffe (%)						
Weizen	48,92	50,54	53,73	54.89	61.35	62.47
Fischmehl	4,82	4,59				
Sojaextraktionsschrot	40,00	40,00	39,54	39.29	31.56	31.32
Öl	2,36	1,89	2,68	2.35	3.46	3.14
NaCl	0,25	0,25	0,25	0.25	0.30	0.30
Futterkalk	1,20	1,37	1,17	1.42	1.09	1.31
DCP	1,81	0,72	1,80	0.97	1.37	0.59
Rest	0,64	0,64	0,83	0.83	0.87	0.87
Nährstoffe						
Rohprotein (%)	2,00	28,00	25,00	25.00	22.00	22.00
AME,(MJl/kg)	12,1	12,1	12,1	12,1	12,6	12,6
Calcium (%)	1,20	1,00 (-0,20)	1.00	0.90 (-0.10)	0.85	0.75 (-0.10)
Phosphor (%)	0,93	0,71	0.82	0.65	0.70	0.55
Av. P (%)	0,60	0,40 (-0,20)	0.50	0.35 (-0,15)	0.42	0,28 (-0,14)
Met+Cys (%)	1,05	1,05	0.90	0.90	0.80	0.80
Lys (%)	1,62	1,62	1.50	1.50	1.30	1.30
Na, (%)	0,17	0,17	0.14	0.14	0.15	0.15

Tabelle 4: Ergebnisse Versuch 2

Behandlung	Hähne			Hennen		
	Zuwachs (g)	FA(g)	FV (g/g)	Zuwachs (g)	FA(g)	FV (g/g)
PK	9204^{bc}	18292^{abc}	$1,988^{bc}$	6491^{bc}	13682^{ab}	$2,109^{ab}$
NK	8662^{a}	17954^{ab}	$2,073^{a}$	6280^{a}	13498^{d}	$2,150^{a}$
NK + 250 U/kg QXT	8833^{a}	17896^{a}	$2,026^{ab}$	6409^{b}	13624^{a}	$2,126^{a}$
NK + 500 U/kg QXT	9141^{b}	17942^{a}	$1,964^{c}$	6588^{c}	13693^{ab}	$2,079^{b}$
NK + 1000 U/kg QXT	9375^{cd}	18417^{bc}	$1,965^{c}$	6734^{d}	13932^{bc}	$2,069^{b}$
NK + 2000 U/kg QXT	9505^{d}	18727^{c}	$1,970^{bc}$	6809^{d}	14127^{c}	$2,075^{b}$

abcd P<0,05

Tabelle 5: Futterzusammensetzung der Basisfutter im Versuch 3

Futter	Starter (0-4 W)		Grower (4-8W)		Finisher (8-12W)	
Behandlung	PK	NK	PK	NK	PK	NK
Inhaltsstoff (%)						
Mais	45,0	47,6	44,9	47,3	50,6	52,9
Sojaextraktionsschrot	43,0	42,6	41,8	41,4	27,3	26,8
Vollfettsoja	5,0	5,0	5,0	5,0	14,0	14,0
Tier. Fett	1,7	0,8	3,9	3,1	4,6	3,9
Futterkalk	0,8	1,0	0,8	0,9	0,8	0,8
DCP	3,0	1,6	2,4	1,2	1,8	0,7
NACl	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3
Rest	1,1	1,1	0,8	0,8	0,5	0,6
Nährstoffe						
ME (MJ/kg)	2800	2800	2950	2950	3150	3150
Rohprotein (%)	27,0	27,0	25,4	25,4	21,9	21,9
Lys (%)	1,77	1,77	1,58	1,58	1,26	1,26
Met+Cys (%)	1,10	1,10	1,02	1,02	0,83	0,83
Calcium (%)	1,30	1,00	1,15	0,86	0,98	0,71
Phosphor (%)	0,93	0,70	0,82	0,61	0,70	0,51
NPP (%)	0,67	0,43	0,56	0,35	0,45	0,26
Natrium (%)	0,17	0,14	0,17	0,14	0,17	0,14

Tabelle 6: Ergebnisse Versuch 3

Futter	PK	NK	Quantum® Blue	
QPT2 phytase	0	0	500 U/kg	1000 U/kg
0-28 Tage				
Gewicht 28 d	894 ^{b}	907 ^{b}	940 ^{a}	936 ^{a}
Zuwachs (g/d)	29,8 ^{b}	30,3 ^{b}	31,5 ^{a}	31,3 ^{a}
Futteraufnahme (g/d)	44,4 ^{b}	45,3 ^{ab}	46,5 ^{a}	46,0 ^{a}
Futterverwertung (g/g)	1,489	1,496	1,477	1,467
29-56 Tage				
Gewicht 56 d	3712 ^{b}	3627 ^{c}	3800 ^{a}	3857 ^{a}
Zuwachs (g/d)	100,6 ^{b}	97,1 ^{c}	102,1 ^{b}	104,3 ^{a}
Futteraufnahme (g/d)	169,8 ^{a}	164,7 ^{b}	171,7 ^{a}	171,0 ^{a}
Futterverwertung (g/g)	1,688 ^{a}	1,696 ^{a}	1,682 ^{a}	1,640 ^{b}
57-86 Tage				
Gewicht 86 d	7164 ^{ab}	6996 ^{b}	7339 ^{a}	7345 ^{a}
Zuwachs (g/d)	115,1	111,9	118,0	116,7
Futteraufnahme (g/d)	303,1	290,1	308,9	305,8
Futterverwertung (g/g)	2,637	2,593	2,620	2,623
0-86Tage				
Zuwachs (g/d)	80,7^{a}	82,6^{a}	84,7^{b}	84,7^{b}
Futteraufnahme (g/d)	175^{a}	169^{b}	179^{a}	176^{a}
Futterverwertung (g/g)	2,12	2,10	2,11	2,08

^{abcd} P<0,05

Autorenanschrift

Dr. Petra Philipps
AB Vista
3 Woodstock Court, Blenheim Road
Marlborough Business Park
Marlborough, Wiltshire, SN8 4AN, United Kingdom
Petra.philipps@abagri.com

®finase EC
LEADING BY EXAMPLE

®quantum
LEADING BY EXAMPLE

mit gutem Beispiel voran…

Entscheidend für den Erfolg Ihrer Rezeptur, dem Komponententeam,
ist die Leistung des Enzyms als Leitsubstanz. Nur wer mit gutem Beispiel voran geht,
erzielt beste Ergebnisse in Verdaulichkeit und Wirtschaftlichkeit.

Mit unseren hochwirksamen bakteriellen 6-Phytasen Finase®EC und Quantum®
setzen wir nicht nur Maßstäbe in Sachen Nährstoffverwertung, sondern bieten
mit kundenspezifischen Konzepten auch einen Service zur Futterkostenersparnis.

Das PULTE - Team zeigt Ihnen gerne neue Wege zum hocheffizienten
und wirtschaftlichem Einsatz von Phytasen der neuen Generation.

Wir freuen uns auf Ihre Nachricht per E-Mail an: enzyme@pulte.de
oder telefonisch unter: +49 (089) 649 628 90.

ABVista
Feed Ingredients

LEADING BY EXAMPLE

PULTE

www.abvista.com

www.pulte.de

Experimentelle Untersuchungen zum Einfluss unterschiedlicher Maiskonservierungsverfahren auf die Phosphorverdaulichkeit beim Mastschwein

Elke Humer, Karl Schedle

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

Einleitung

Phosphor (P) liegt in Pflanzen großteils als Phytat (Myo-Inositol-Hexakisphosphat), einem Ester aus Phosphorsäure und Inositol, vor (Greiner und Egli, 2003). Um den in dieser Form gebundenen Phosphor nutzen zu können, ist eine Hydrolyse erforderlich. Die dafür erforderlichen Phytasen katalysieren die schrittweise Hydrolyse von Phytat zu anorganischem Posphat und geringer phosphorylierten Inositolphosphaten (Lopez et al., 2000). Da dieses Enzym von unseren monogastrischen Nutztieren in unzureichendem Umfang gebildet wird, kann der Großteil des in Pflanzen enthaltenen Phosphors vom Schwein nicht genutzt werden. Aufgrund der negativen Ladung kann Phytat mit verschiedenen Mineralstoffen, vor allem Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}und Zn^{2+}, sowie auch Nährstoffen wie Proteinen und Stärke Verbindungen eingehen, wodurch deren Absorption gestört wird (Brüning, 2009; Cervantes, 2010; Pieper et al., 2011).

60 bis 90% des im getrockneten Maiskorn enthaltenen Phosphors liegt in Form des Phytats dar, wobei dieser Gehalt durch verschiedene Konservierungsverfahren in unterschiedlichem Ausmaß vermindert werden kann (Nuss und Tanumihardjo, 2010). In der vorliegenden Studie wurde der Einfluss von drei unterschiedlichen Maiskonservierungsverfahren (Trocknung, Maiskornsilierung und Ganzkornsilierung) auf die scheinbare Phosphorverdaulichkeit beim Mastschwein erhoben. Darüber hinaus wurde untersucht, welchen Effekt eine Supplementierung mit einer exogenen mikrobiellen Phytase bewirkt.

Material und Methoden

In zwei aufeinanderfolgenden Versuchen wurden jeweils neun männliche kastrierte Mastschweine ((Duroc x Landrasse) x Pietrain) am Schedle Research Center (SRC) (Lichtenwörth, Österreich) auf die zur Verfügung stehenden Verdauungskäfige (Ehret, Tulln, Österreich) aufgeteilt. Die Zuteilung erfolgte unter möglichst gleichmäßiger Verteilung der Lebendmasse und Herkunft (Wurf). Die Ermittlung der Phosphorverdaulichkeit erfolgte nach den Richtlinien der GfE (1994) im Lateinischen Quadrat.

Zur Akklimatisation erhielten die Tiere die ersten fünf Tage im Maststall ein herkömmliches Mastfutter. Anschließend folgte eine 2-tägige Adaptionsphase an die Verdauungskäfige. Danach startete die eigentliche Versuchsphase, wobei sich jede Versuchsperiode aus einer 7-tägigen Vorperiode und einer 7-tägigen Hauptperiode (=Sammelperiode) zusammensetzte. Vor- und Hauptperiode wurden mit jeder Versuchsmischung an alle neun Tiere durchgeführt.

Der für den Versuch verwendete Mais (P9400, Pioneer, Österreich) stammte aus einer Parzelle und wurde auf drei unterschiedliche Arten haltbar gemacht: getrocknet (Maistrocknung, Mais), gemust und anschließend siliert (Maiskornsilage, MKS) oder ganzkornsiliert (Ganzkornsilage, GKS). Die Konserven

wiesen einen Trockenmassegehalt von: Mais 88%, MKS 76% und GKS 74% auf. Der unterschiedlich konservierte Mais wurde mit einer entsprechenden Aminosäure-, Vitamin- und Mineralstoffmischung versetzt, um die Nährstoffbedarfsempfehlungen der GfE (2006) zu erreichen. Um regulatorisch bedingte Phosphorausscheidungen zu vermeiden, wurde Phosphor ausschließlich über Mais zugeführt, wodurch der Gehalt an verdaulichem Phosphor suboptimal eingestellt war.

Im zweiten Versuch wurden die Futterrationen (gleiche Zusammensetzung und Futtermittel wie im ersten Versuch) mit 750 FTU/kg Phytase von *Schizosaccharomyces pombe* (Phzyme® XP 5000 G, Danisco, England) direkt vor der Fütterung supplementiert.

Vor Beginn eines jeden Durchgangs wurde die Lebendmasse der Tiere erhoben und danach die Tagesration für den Zeitraum des entsprechenden Versuchsdurchganges auf Basis der Trockenmasse kalkuliert, welche dann dem 2,5-fachen des Erhaltungsbedarfes entsprach. Das Futter wurde zweimal täglich verabreicht. Wasser stand über Nippeltränker *ad libitum* zur Verfügung.

In den Sammelperioden wurden zweimal täglich die Harn- und Kotmengen quantitativ erhoben, sowie ein aliquoter Anteil für die weiteren Analysen in einer Gefrierzelle bei -20°C aufbewahrt. Am Ende eines jeden Durchganges wurde von den aufgetauten und sorgfältig homogenisierten Kotproben von jedem Tier eine frische Probe zur Trockensubstanzbestimmung entnommen. Ein anderer Teil, sowie die Harnsammelproben wurden für weitere Analysen gefriergetrocknet. Der Gehalt an Phosphor wurde photometrisch nach Nassveraschung mittels Mikrowelle erhoben. Alle chemischen Analysen wurden in Doppelbestimmung nach den offiziellen Methoden der VDLUFA (Naumann und Bassler, 2007) ausgeführt.

Die statistische Auswertung der erhobenen Daten erfolgte mittels Varianzanalyse mit dem Statistikprogramm SAS (Version 9.2) unter Verwendung der Prozedur MIXED. Als kritisches Signifikanzniveau wurde ein alpha von 0,05 herangezogen. Ein alpha von <0,10 wurde als statistische Tendenz angesehen. Neben dem fixen Effekt der Versuchsgruppe, wurden der Durchgang und der tierindividuelle Einfluss als Zufallseffekte in das Merkmalsmodell aufgenommen. Der Unterschied zwischen den Versuchsgruppen wurde mittels Tukey-Kramer-Test ermittelt.

Ergebnisse

Die Silierung von Mais erhöhte, sowohl bei vorhergehender Vermahlung, als auch bei Ganzkornsilierung, die Phosphorverdaulichkeit im Vergleich zum getrockneten Maiskorn (MKS: +54%, GKS: +33%) (Grafik 1). Die über den Harn ausgeschiedenen P-Mengen unterschieden sich nicht zwischen den Versuchsgruppen (Grafik 2).

Eine Supplementierung von 750 FTU/kg Phytase führte zu einer Erhöhung der Phosphorverdaulichkeit, sowie der Phosphorausscheidung über den Harn. Obwohl die Steigerung der Phosphorverdaulichkeit im fermentierten Maiskorn mit +37% in MKS und +50% in GKS verhältnismäßig geringer war als im getrockneten Mais (+76%), blieben dennoch Unterschiede in Bezug auf das Haltbarkeitsverfahren bestehen.

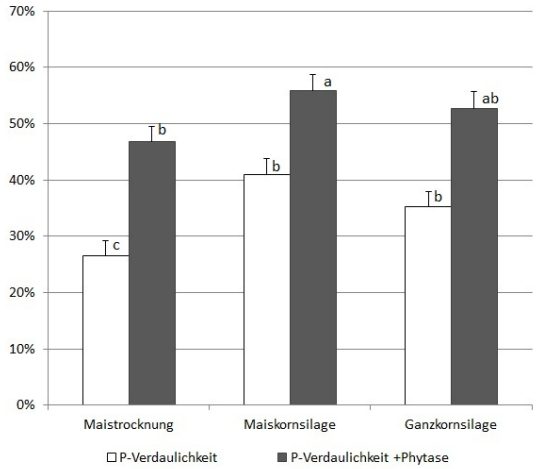


Abbildung 1: Phosphorverdaulichkeit

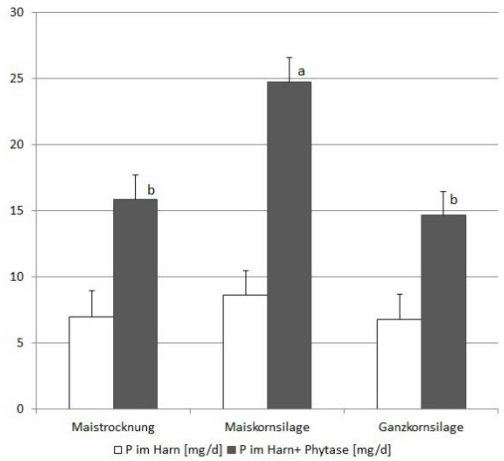


Abbildung 1: P- Ausscheidung über Harn

Diskussion

Die ermittelte Phosphorverdaulichkeit von 27% im getrockneten Mais liegt im Bereich der bisher in der Literatur berichteten Werte zwischen 12% und 29% (Calvert et al., 1978; Fandrejewski et al., 1997; Spencer et al., 2000; Bohlke et al., 2005). Zusätzlich unterstützt werden die Verdaulichkeitswerte von getrocknetem Mais auch von Viveros et al. (2000) und Fandrejewski et al. (1997), welche einen Anteil von 78% bzw. 71% Phytatphosphor am Gesamtphosphor ermittelten. Durch die ablaufenden Siliervorgänge in der Maiskornsilage und Ganzkornsilage konnte eine Phosphorverdaulichkeitserhöhung erzielt werden. Ähnliche Ergebnisse liegen bereits von anderen Autoren vor (Marfo et al., 1990; Hotz und Gibson, 2001; Lyberg et al., 2008; Blaabjerg et al., 2010). Ein möglicher Grund könnte in der Aktivierung der nativ im Maiskeimling enthaltenen Phytase, in Folge der pH-Wert-Senkung, liegen (Kozlowska et al., 1996; Konietzny und Greiner, 2002). Weiters sollen auch Milchsäurebakterien in der Lage sein den Gehalt an Phytat-P zu verringern (Lopez et al., 2000; Hotz und Gibson, 2001; Skrede et al., 2007). Eine weitere bedeutende Rolle bei der Phyatatfreisetzung durch den Silierprozess scheint der Feuchtigkeitsgehalt zu haben. So maßen Pieper et al. (2011) eine höhere Phosphorverdaulichkeit bei Silierung von Mais, Triticale und Gerste. Bei einem Trockenmassegehalt von 75% wurden die höchsten Verdaulichkeitswerte ermittelt, wohingegen ein noch niedrigerer Trockenmassegehalt (ca. 65%) keine signifikante Verbesserung im Vergleich zum trockenen Getreide bewirkte. Die Trockenmassegehalte von 76% in MKS und 74% in GKS, wie sie in unserer Studie vorgefunden wurden, scheinen somit optimal für eine Phosphorverdaulichkeitssteigerung durch Fermentation zu sein. Im vorliegenden Versuch steigerte der Zusatz von 750 FTU/kg Phytase die Phosphorverdaulichkeit in allen Maiskonserven, was mit den Ergebnissen anderer Versuche mit ähnlichem Versuchsdesign übereinstimmt (Mroz et al., 1994; Fandrejewski et al., 1997; Jendza et al., 2005).

Beim Phosphor erfolgt die homöostatische Regulation sowohl exkrenal als auch renal. Liegt eine suboptimale Versorgung vor, werden nur geringe Mengen über den Harn ausgeschieden. Im ersten Versuch wurden durchschnittlich 7,5 mg P pro Tag renal ausgeschieden. Sowohl durch den Fermentationsprozess in der Maiskornsilage als auch durch den Phytasezusatz wurde die mit dem Harn ausgeschiedene P-Menge gesteigert, was sich mit Ergebnissen von Columbus et al. (2010) deckt. Die insgesamt niedrigen renal ausgeschiedenen Mengen bestätigen somit die suboptimale P-Versorgung dieser Studien.

Schlussfolgerungen

Durch die Silierung des Maiskornes konnte eine erhöhte P-Verdaulichkeit beim Mastschwein erreicht werden. Eine weitere Verbesserung der Phosphorverdaulichkeit in allen Konservierungsarten erfolgte durch den Zusatz mikrobieller Phytase. Es blieben jedoch weiterhin Unterschiede in Bezug auf Konservierungsmethode bestehen. Folglich kann die Zulage an mineralischem Phosphor reduziert werden. Weiters können exzessive P-Ausscheidungen über den Kot minimiert werden.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei der H. Wilhelm Schaumann Stiftung (Hamburg, Deutschland) für die finanzielle Unterstützung.

Literatur

Blaabjerg, K., Jorgensen, H., Tauson, A.H., Poulsen, H.D., 2010. Heat-treatment, phytase and fermented liquid feeding affect the presence of inositol phosphates in ileal digesta and phosphorus digestibility in pigs fed a wheat and barley diet. Animal 4, 876-885.

Bohlke, R.A., Thaler, R.C., Stein, H.H., 2005. Calcium, phosphorus, and amino acid digestibility in low-phytate corn, normal corn, and soybean meal by growing pigs. Journal of Animal Science 83, 2396-2403.

Brüning, P., 2009. In-vitro und in-vivo-Untersuchungen zur Effizienz verschiedener mikrobieller Phytasen als Futterzusatzstoff, Freie Universität, Berlin, pp. 1-142.

Calvert, C.C., Besecker, R.J., Plumlee, M.P., Cline, T.R., Forsyth, D.M., 1978. Apparent Digestibility of Phosphorus in Barley and Corn for Growing Swine. Journal of Animal Science 47, 420-426.

Cervantes, M., Gomez, R., Fierro, S., Barrera, M., Morales, A., Araiza, B.A., Zijlstra, R.T., Sanchez, J.E. and Sauer, W.C., 2010. Ileal digestibility of amino acids, phosphorus, phytate and energy in pigs fed sorghum-based diets supplemented with phytase and Pancreatin. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 95.

Cervantes M., G., R., Fierro, S., Barrera, M., Morales, A., Araiza, B.A., Zijlstra, R.T., Sanchez, J.E. and Sauer, W.C., 2010. Ileal digestibility of amino acids, phosphorus, phytate and energy in pigs fed sorghum-based diets supplemented with phytase and Pancreatin. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 95.

Columbus, D., Niven, S.J., Zhu, C.L., de Lange, C.F.M., 2010. Phosphorus utilization in starter pigs fed high-moisture corn-based liquid diets steeped with phytase. Journal of Animal Science 88, 3964-3976.

Fandrejewski, H., Raj, S., Weremko, D., Zebrowska, T., Han, I.K., Kim, J.H., Cho, W.T., 1997. Apparent digestibility of phosphorus in experimental feeds and the effect of commercial phytase. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 10, 665-670.

GfE, 1994. Die Bestimmung des verdaulichen Phosphors beim Schwein, In: Kirchgeßner, M. (Ed.), Mitteilung des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Proc. Soc. Nutr. Physiol., Weihenstephan, pp. 113-119.

GfE, 2006. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. DLG Verlag, Frankfurt am Main.

Greiner, R., Egli, I., 2003. Determination of the activity of acidic phytate-degrading enzymes in cereal seeds. Journal of Agricultural and Food Chemistry 51, 847-850.

Hotz, C., Gibson, R.S., 2001. Assessment of home-based processing methods to reduce the phytate content and phytate/zinc molar ratio of white maize (Zea mays). Journal of Agricultural and Food Chemistry 49, 692-698.

Jendza, J.A., Dilger, R.N., Adedokun, S.A., Sands, J.S., Adeola, O., 2005. Escherichia coli phytase improves growth performance of starter, grower, and finisher pigs fed phosphorus-deficient diets. Journal of Animal Science 83, 1882-1889.

Konietzny, U., Greiner, R., 2002. Molecular and catalytic properties of phytate-degrading enzymes (phytases). International Journal of Food Science and Technology 37, 791-812.

Kozlowska, H., Honke, J., Sadowska, J., Frias, J., VidalValverde, C., 1996. Natural fermentation of lentils: Influence of time, concentration and temperature on the kinetics of hydrolysis of inositol phosphates. Journal of the Science of Food and Agriculture 71, 367-375.

Lopez, H.W., Ouvry, A., Bervas, E., Guy, C., Messager, A., Demigne, C., Remesy, C., 2000. Strains of lactic acid bacteria isolated from sour doughs degrade phytic acid and improve calcium and magnesium solubility from whole wheat flour. Journal of Agricultural and Food Chemistry 48, 2281-2285.

Lyberg, K., Olstorpe, M., Passoth, V., Schnurer, J., Lindberg, J.E., 2008. Biochemical and microbiological properties of a cereal mix fermented with whey, wet wheat distillers' grain or water at different temperatures. Animal Feed Science and Technology 144, 137-148.

Marfo, E.K., Simpson, B.K., Idowu, J.S., Oke, O.L., 1990. Effect of Local Food-Processing on Phytate Levels in Cassava, Cocoyam, Yam, Maize, Sorghum, Rice, Cowpea, and Soybean. Journal of Agricultural and Food Chemistry 38, 1580-1585.

Mroz, Z., Jongbloed, A.M., Kemme, P.A., 1994. Apparent Digestibility and Retention of Nutrients Bound to Phytate Complexes as Influenced by Microbial Phytase and Feeding Regimen in Pigs. Journal of Animal Science 72, 126-132.

Naumann, C., Bassler, R., 2007. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA Verlag, Darmstadt.

Nuss, E.T., Tanumihardjo, S.A., 2010. Maize: A Paramount Staple Crop in the Context of Global Nutrition. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 9, 417-436.

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.

Skrede, A., Sahlstrom, S., Ahlstrom, O., Connor, K.H., Skrede, G., 2007. Effects of lactic acid fermentation and gamma irradiation of barley on antinutrient contents and nutrient digestibility in mink (Mustela vison) with and without dietary enzyme supplement. Archives of Animal Nutrition 61, 211-221.

Spencer, J.D., Allee, G.L., Sauber, T.E., 2000. Phosphorus bioavailability and digestibility of normal and genetically modified low-phytate corn for pigs. Journal of Animal Science 78, 675-681.

Viveros, A., Centeno, C., Brenes, A., Canales, R., Lozano, A., 2000. Phytase and acid phosphatase activities in plant feedstuffs. Journal of Agricultural and Food Chemistry 48, 4009-4013.

Autorenanschrift

Dipl.-Ing. Elke Humer
Institut für Tierernährung, Tierische Lebensmittel und Ernährungsphysiologie
Interuniversitäres Department für Agrarbiotechnologie
Universität für Bodenkultur Wien
Muthgasse 11
1190 Wien, Österreich
elke.humer@boku.ac.at

Effects of microbial 6-phytase from *Peniophora lycii* on the utilization of phosphorus, calcium, sodium and nitrogen in growing pigs

Holger Kluge[1], Viktoria Welker[1], Jiri Broz[2], Gabriele I. Stangl[1]

[1]Institute of Agricultural and Nutritional Science, Martin-Luther-University Halle-Wittenberg
[2]DSM Nutritional Products Ltd., Animal Nutrition and Health R&D, Basel

Introduction

It is well known, that hydrolysis of phytic acid in practical diets for pigs may be obtained by using purified microbial phytase from several bacterial strains e.g. *Aspergillus niger*, *Aspergillus ficuum*, *Peniophora lycii* or *Trichoderma reesei*. A wide range of investigations aimed to test the efficacy of phytase concentrations and sources on the apparent digestibility of P, Ca and the ileal digestibility of amino acids (AA). In particular, the retention of Ca and Na in response to phytase has not yet been extensively studied in growing pigs. The aim of this study was to examine the effect of microbial 6-phytase derived from *Peniophora lycii* on the retention of P, Ca, Na and N in growing pigs.

Material and Methods

The balance study was performed as cross over design. Therefore, 10 female pigs with an average initial weight of 39.3 ±3.7 kg were included in the study. The animals were divided to two dietary treatment groups. Group 1 received a control diet without any added phytase; the treatment group was fed the same diet supplemented with phytase at at 1,000 U per kg feed. The used microbial 6-phytase was a variant of *Peniophora lycii* phytase, which was expressed in a genetically modified strain of *Aspergillus oryzae* (Ronozyme® NP, CT) and contained a minimum of 10,000 U/g product. The diets were fed for 19 days, including a 5 day collection period. After that period the diets were switched between the groups and fed for another 15 days. The diets were provided in controlled amounts in the balance period. The diets were fd twice daily at 07:00 and 15:00. In each collection period, the pigs were transferred into metabolism cages. A catheter was inserted to collect urine. Faeces were collected, quantitatively. The basal diet consisted of 30.97 % maize, 40.0 % barley, 14.0 % soybean meal, 10.0 % rapeseed meal, 3 % soybean oil and 2.03% of a mineral-vitamin premix that contained limestone and amino acids according to the recommendations of GfE (2006). The basal diet was calculated on a basis of a low digestible phosphorus content (<2 g/kg diet) according to the recommendation of GFE (Kirchgeßner, 1994). The diet contained no additional inorganic P supplementation to avoid excessive P excretion. The phytase activities in the control and test diets were analysed according to the VDLUFA method (2007). The phytate P concentration was analysed by the AOAC anion-exchange method (1990). Samples of feed from each diet were collected for analysis of dry matter, crude protein, crude ash, calcium, phosphorus and sodium. Faeces and feed samples were dried at 105°C to determine dry matter prior to analysis of crude ash and minerals. Fresh faeces and urine were analyzed for crude protein (Kjeldahl-N x 6.25) by the Kjeltec system (Kjeltec 2300, Foss, Hamburg, Germany). For determination of phosphorus, calcium and sodium diets, faeces and urine were hydrolysed with 6 N HCl and 1.76 N HNO_3 and minerals were analyzed by inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP).

Data were treated by one-way analysis of variance (ANOVA) using STATISTICA for the Windows Operation System 7.0. For significant F values (p<0.05), means of the two groups were compared by Tukey`s HSD test. Means were considered significantly different at p<0.05. Values in the text are given as means ± SEM.

Results and Discussion

The analysed contents of protein, minerals, phytate P and phytase activity in the control diet are presented in Table 1. The basal diet was characterized by high concentrations of phytate P and a low activity of native phytase. The Ca:P ratio of the diet was at 1.23:1. After the addition of phytase to the diet, the phytase activity in the diet increased to 1,148 U/kg.

Table 1: Analyzed concentrations of crude protein, P, Ca, Na and phytate P and analysed phytase activity in the control diet

	Control diet
Crude protein (g/kg)	160
Calcium (g/kg)	5.16
Sodium (g/kg)	1.14
Phosphorus (g/kg)	4,19
Digestible phosphorus (g/kg)	1.48
Phytate P (g/kg)	3.63
Phytase activity (U/kg feed)	85

The daily faecal excretion of P and Ca was lower in the pigs that received the phytase than in the control pigs (P <0.01). Additionally, also faecal Na and N excretion tended to be lower in pigs fed the phytase supplemented diet than in pigs fed the control diet (P<0.1). The apparent digestibilities of P, Ca, Na and N were significantly improved in response to the phytase diet (P<0.05, Table 2), and P and Ca retention was higher in the phytase group than in the control group (P<0.001, Table 2). The supplementation of phytase reduced the urinary Ca excretion by 46 %. The retention of Na and N was not influenced by the phytase supplemented diet compared to the control diet. The efficacy of phytase was estimated as inorganic P (iP) release per 1,000 U phytase/kg of diet. For pigs fed Ronozyme NP the iP release was calculated to be 0.58 g/kg. This efficacy is lower in comparison to that obtained in other studies with *Peniophora lycii* phytase (Paditz et al., 2004; Poulsen et al., 2007; Guggenbuhl et al., 2007; Kerr et al., 2010). Besides the phytase source, the iP release can also be influenced by the Ca:P ratio (Liu et al., 1998) and available P content of the basal diet (Johnston et al., 2004).

Table 2: Daily intake, daily output, calculated apparent digestibility and retention of P, Ca, Na and N in pigs fed 0 (control) or 1000 U/kg of microbial 6-phytase (Ronozyme NP) per kg feed

	Treatment		SEM	P-value
	Control	PhytasePhytase		
P-intake (g/d)	6.79	6.91	0,11	0.587
P in faeces (g/d)	4.39	3.51	0.13	<0.001
P in urine (g/d)	0.02	0.02	0.001	0.256
P-retention (g/d)	2.39	3.38	0.13	<0.001
P app. dig.* (%)	35.4	49.2	1.80	<0.001
Ca-intake (g/d)	8.37	8.51	0.13	0.587
Ca in faeces (g/d)	3.52	2.93	0.10	0.002
Ca in urine (g/d)	1.42	0.76	0.12	0.003

Ca-retention (g/d)	3.43	4.82	0.22	<0.001
Ca app. dig.* (%)	57.8	65.4	1.38	0.003
Na-intake (g/d)	1.67	1.70	0.02	0.587
Na in faeces (g/d)	0.46	0.36	0.03	0.089
Na in urine (g/d)	0.86	0.83	0.04	0.738
Na-retention (g/d)	0.35	0.51	0.05	0.149
Na app. dig.* (%)	72.7	79.2	1.67	0.047
N-intake (g/d)	42.9	43.1	0.66	0.856
N in faeces (g/d)	8.3	7.7	0.18	0.069
N in urine g/d)	14.6	15.4	0.53	0.465
N-retention (g/d)	20.0	20.1	0.66	0.988
N app. dig.* (%)	80.6	82.2	0.41	0.042

*apparent digestibility

In the current study the digestibility of Ca increased as the amount of digestible P got higher. Most experiments that were performed to study the effects of phytase investigated the apparent digestibility of Ca. However, it has to be considered that 17 % of the ingested Ca intake is excreted via the urine. We found that the phytase supplementation considerably reduced the amount of renal excreted Ca. It is a well-known fact that the metabolism of P is inseparably linked to the metabolism of Ca. We therefore assume that any improvement of P absorption also improves the Ca retention.

In addition to Ca, Zn and Fe, phytate can also bind Na to create sodium phytate which in turn may affect sodium digestibility. Since, Na-phytate is soluble (> 96 %) over wide pH-ranges of 0.3-11.2 (Scheuermann et al. 1988), it is doubtful whether the digestibility of Na is actually deteriorated by phytate. However, a recent experiment with piglets shows that phytase supplementation may also significantly increase the digestibility of monovalent Na by 6% (Kies et al. 2005). Goodgame et al. (2011) reported that phytase supplementation in diets for broilers had no significant effect on Na output. In that study interactions between dietary Na levels and levels of phytase supplementation on Na in the excreta could be observed. In our study, the excretion of Na was decreased (P=0.089) in response to the phytase supplementation. Thus, our results are in agreement with the findings of Ravindran et al. (2006) and Selle et al. (2009) who reported significantly improved apparent digestibility of Na in birds fed phytase-supplemented diets based on corn, soybean meal or wheat.

Phytase has been shown to improve protein and amino acid (AA) utilization in a series of studies with pigs (Mroz et al. 1994; Johnston et al., 2004; Guggenbuhl et al., 2012). However, other reports found no improvement of N or AA digestibility (Jongbloed et al., 1992; Traylor et al., 2001). The present study shows that a supplementation of a low P-diet (0.15% dP) with 1000 U/kg of 6-phytase significantly improved the apparent digestibility of N by 1.6%. This finding confirms recent data from Johnston et al. (2004) who found an increased digestibility of AA in response to phytase if diets contain less than 0.1% of dP.

Implications

The results of this study clearly demonstrate that microbial phytase derived from *Peniophora lycii* (Ronozyme NP) improved the apparent digestibility of phosphorus, calcium, sodium and nitrogen in growing pigs that were fed a diet which based on cereals, soybean meal and rapeseed meal. What has to be specially emphasized is the reduced urinary excretion of Ca in response to phytase supplementation.

References

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. 1990, Method 986.11 final action 1988.

GfE. Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. 2006. Empfehlungen zur Energie und Nährstoffversorgung von Schweinen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main

Goodgame, S.D.; Mussini, F.J., Lu, C; Bradley, C.C.; Waldroup, P.W. 2011. Effect of phytase on the sodium requirement of starting broilers 1. Sodium bicarbonate as primary sodium source. Int. J. Poult. Sci., 10, 251-256

Guggenbuhl, P.; Simões-Nunes, C., 2007. Comparative effects of three phytases on phosphorus and calcium digestibility in the growing pig. Livestock Science, 109, 258-260.

Guggenbuhl, P.; Wache, Y; Simões-Nunes, C.; Frau, F. 2012. Effects of a new 6-phytase on the apparent ileal digestibility of minerals and amino acids in ileo-rectal anastomozed pigs fed on a corn-soybean meal barley diet. XII Interantional Symposium on digestive physiology of pigs. Keystone, Co, USA.

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. J. Anim. Sci., 82, 705-714

Jongbloed, A.W.; Mroz, Z.; Kemme, P.A. 1992. The effect of supplementary Aspergillus niger phytase in diets for pig on concentration and apparent digestibility of dry matter, total phosphorus, and phytic acid in different sections of the alimentary tract. J. Anim. Sci. 70, 1159-1168

Kerr, B.J.; Weber, T.E.; Miller, P.S.; Southern, L.L. 2010. Effect of phytase on apparent total tract digestibility of phosphorus in corn-soybean meal diets fed to finishing pigs. J. Anim. Sci., 88, 238-247.

Kies, A.K.; Gerrits, W.J.J.;Schrama, J.W.; Heetkamp, M.J.W., van der Linden, K.L.; Zandstra, T.; Verstegen, M.W.A. 2005. Mineral absorbtion and excretion as affected by microbial phytase, and their effect on energy metabolism in young piglets. J. Nutr., 135, 1131-1138.

Kirchgeßner, M. 1994. Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie: Die Bestimmung des verdaulichen Phosphor beim Schwein. Proccedings of the Society of Nutrition Physiology, 2, 113-119.

Liu, J.; Bollinger, D.W.; Ledoux, D.R.; Veum, T.L. 1998, Lowering the dietary calcium to total phosphorus ratioincreases phosphorus utilization in low-phosphorus corn-soybean meal diets supplemented with microbial phytase for growing-finishing pigs. J. Anim.Sci., 76, 808-813.

Mroz, Z; Jongbloed, A.W.; Kemme, P.A. 1994. Apparent digestibility and retention of nutrients bound to phytate complexes as influenced by microbial phytase and feeding regimen in pigs. J. Anim. Sci., 72, 126-132.

Paditz, K.; Kluth, H.; Rodehutscord, M. 2004. Relationship between graded doses of three microbial phytases and digestible phosphorus in pigs. Animal Science, 78, 429-438.

Poulsen, H.D.; Blaabjerg, K.; Feuerstein, D.; Comparison of different levels and sources of microbial phytases. Livestock Science, 109, 255-257.

Ravindran, V.; Morel, P.C.H.; Partridge, G.C.; Hruby, M.; Sands, J.S. 2006. Influence of an E.coli-derived phytase on nutrient utilization in broiler starters fed diets containing varying concentrations of phytic acid. Poult. Sci., 85, 82-89

Scheuermann, S.E.; Lantsch, H.J.; Menke, K.H. 1988. In vitro und in vivo Untersuchungen zur Hydrolyse von Phytat. I.Löslichkeit von Phytat. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr., 60, 55-63.

Selle, P.H.; Ravindran, V.; Pardridge, G.C. 2009. Benefical effects of xylanase and/or phytase inclusion on ileal amino acid digestibility, energy utilization, mineral retention and growth performance in wheat-based broiler diets. An. Feed Sci. Tech., 153, 303-313.

Traylor, S.L.; Cromwell, G.L.; Lindemann, M.D.; Knabe, D.A. 2001. Effects of level of supplemental phytase on ileal digestibility of amino acids, calcium, and phosphorus in dehulled soybean meal for growing pigs. J. Anim. Sci., 2001, 79, 2634-2642.

VDLUFA Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs-und Forschungsanstalten. 2007. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln Band III. , 7. Erg. , Methode 27.1.2 Phytaseaktivität in Futtermitteln und Vormischungen. VDLUFA-Verlag Darmstadt.

Corresponding author

Dr. Holger Kluge
Martin-Luther-University Halle-Wittenberg
Institute of Agricultural and Nutritional Science
Von Danckelmann Platz 2
06116 Halle-Saale, Deutschland
Holger.Kluge@landw.uni-halle.de

Feldstudie zum Einfluss verschiedener Selenquellen auf die Selenversorgung der Milchkuh

Lisa Brucker, Hans Schenkel

Landesanstalt für Landwirtschaftliche Chemie, Universität Hohenheim

Einleitung

Die essentielle Bedeutung von Selen in der Tierernährung wurde erst vor gut 50 Jahren entdeckt und der Zusammenhang zwischen verschiedenen Erkrankungen und einem massiven Selenmangel diagnostiziert. Dazu zählen die Weißmuskelkrankheit bei Kälbern, Lämmern und Fohlen, die Lebernekrose sowie die Maulbeerherzkrankheit beim Schwein aber auch die exudative Diathese (Störung der Gefäßpermeabilität) beim Geflügel. Diese Erkrankungen stehen alle im Zusammenhang mit einem ungenügenden Schutz der Zellen vor reaktiven Sauerstoffverbindungen (WOLFFRAM, 2000). Dabei hat Selen durch das selenabhängige Enzym Glutathionperoxidase die größte Bedeutung für den Körper innerhalb des anti-oxidativen Systems.

Jedoch ist es bei Selen ein besonders schmaler Grad zwischen einer Mangelsituation mit entsprechenden Erkrankungen und einer toxisch wirkenden Überversorgung. Trotz dieses schmalen Grades gab es zahlreiche Studien mit verschiedenen Zulageversuchen die positive Effekte einer hohen Selenversorgung von Nutztieren auf deren Immunstatus und die Reproduktion nachweisen konnten (HOGAN et al., 1990; WEISS et al., 1990; BRZEZIŃSKA-SLEBODZIŃSKA et al., 1994; AWADEH et al., 1998; SMITH et al., 1998).

Heutzutage findet man in nahezu jedem Mineralfuttermittel den Zusatz von Selenverbindungen. Auf Grund eines gesetzlich festgelegten Höchstwertes (RL 70/524, VO EG 1831/2003) für Selen wird jedoch sichergestellt, dass eine toxische Überversorgung bei Einhaltung dieses Höchstwertes nicht stattfinden kann. In der EU sind derzeit verschiedene Selenverbindungen als Zusatz in Mineralfuttermitteln für Wiederkäuer zugelassen (European Union Register of Feed additives).

Dazu gehören die beiden anorganischen Formen Natriumselenit oder –selenat. Jedoch hat man im Laufe der Zeit weitere Formen entwickelt, die eine bessere Verfügbarkeit bieten sollen, wie z.B. die pansenstabile Form des Natriumselenits, die durch ihre Fettummantelung vor den reduzierenden Milieubedingungen im Pansen geschützt ist. Eine weitere Entwicklung im Bereich der Selenversorgung stellen organische Selenquellen dar. Aktuell sind drei inaktivierte Selenhefen (EG Nr. 3b 8.10 - CNCM I 3060, 3b 8.11 - NCYC 397, 3b 8.12 - CNCM I-3399) als organische Selenquellen in der EU zugelassen. Diesen Selenhefen spricht man eine verbesserte Verfügbarkeit sowie die Fähigkeit der Speicherung im Körper und die Weitergabe an die Nachkommen über die Plazentagängigkeit und die Anreicherung der Milch zu (ROTH & SCHEIDEMANN, 2007).

Material und Methoden

Ziel der Studie war es Unterschiede zwischen den anorganischen Selenquellen Natriumselenit und pansengeschütztem Natriumselenit sowie der organischen Form, der Selenhefe zu ermitteln. Dabei wurde der Selenstatus der Tiere anhand von Blutproben untersucht sowie der jeweilige Selengehalt in der Milch ermittelt.

An der Feldstudie nahmen 15 repräsentative Milchviehbetriebe aus dem Landkreis Ansbach in Bayern teil. Als Versuchszeitraum wurde die Zeit vom 01. Dezember 2010 bis zum 15. März 2011 gewählt.

Die Betriebe wurden in drei Behandlungsgruppen eingeteilt, so wurden für jede Behandlung fünf Wiederholungen erzeugt. Für alle drei Behandlungen wurde eine einheitliche Ergänzung von 0,3 mg Selen je kg TS Alleinfutter gewählt (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Übersicht über die drei Behandlungsgruppen

Behandlungsgruppe 1 (5 Betriebe)	0,3 mg/kg Selen in Form von Natriumselenit
Behandlungsgruppe 2 (5 Betriebe)	0,3 mg/kg Selen in Form von Natriumselenit, pansengeschützt (Sil Sel 1%, HGS[1])
Behandlungsgruppe 3 (5 Betriebe)	0,3 mg/kg Selen in Form von Selenhefe (Sel-Plex® CNCM I-3060, Firma Alltech[2])

Die Verabreichung der jeweiligen Selenquelle erfolgte, aus Gründen der einfacheren Praktikabilität, über das jeweils auf die Ration abgestimmte Mineralfuttermittel.

Die verschiedenen Mineralfuttermittel und deren Gehalte wurden mit einem kommerziellen Rationsberechnungsprogramm[3] auf die entsprechende Ration der Betriebe abgestimmt. Dabei wurde für jeden Betrieb auf Basis der dort bisher eingesetzten Mineralfuttermittel und unter Beachtung des rationsabhängigen Bedarfs der Kühe eine passende Rezeptur erstellt. Die Planung und Kalkulation sowie die Produktion und Lieferung der entsprechenden Mineralfuttermittel erfolgten durch einen Mineralfuttermittelhersteller[4].

Zu Versuchsbeginn wurden jeweils Blut- und Milchproben entnommen, um die Ausgangswerte festzustellen. In jedem Betrieb wurden zehn Tiere zur Entnahme der Blut- und Milchproben ausgewählt, so dass insgesamt 150 Versuchstiere an der Feldstudie teilnahmen. Die Proben wurden zu Versuchsbeginn und –ende durch den Tiergesundheitsdienst Ansbach entnommen.

Neben dem Selengehalt der Milch wurde der Selenstatus der Tiere anhand von drei Parametern im Blut bestimmt:

- direkte Bestimmung der Selengehalte im Vollblut (Langzeitindikator)
- direkte Bestimmung der Selengehalte im Plasma (Kurzzeitindikator)
- die Aktivitätsbestimmung der GSHPx im Vollblut

[1] HGS Handelsgesellschaft für Spezialfuttermittel mbH, Mörkenstr. 5 in 22767 Hamburg, Deutschland
[2] Alltech (Deutschland) GmbH, Wiesenstr. 21 (W21) in 40549 Düsseldorf, Deutschland
[3] „Futter 08“ von Hybrimin® Computer + Programme GmbH & Co. KG in 31840 Hessisch Oldendorf, Deutschland
[4] Bergophor Futtermittelfabrik Dr. Berger GmbH & Co. KG in 95326 Kulmbach, Deutschland

Ergebnisse

Plasma

Die Ergebnisse zeigen, dass die teilnehmenden Betriebe schon vor Versuchsbeginn eine hohe Selenversorgung erreicht hatten. So lagen zu Versuchsbeginn 93% der getesteten Tiere bei den Selengehalten im Plasma in einem Bereich zwischen 80 – 110 µg/l.
Trotz dieser hohen Selenversorgung zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen allen Selenquellen bezüglich der Selengehalte im Vollblut und im Plasma zu Versuchsende. Die Supplementierung der verschiedenen Selenquellen führten zu signifikant verschiedenen Selengehalten im Blutplasma zwischen allen der drei Behandlungsgruppen.
In der Behandlungsgruppe Natriumselenit lagen die Mittelwerte bei 74 µg/l, in der Behandlungsgruppe pansenstabiles Natriumselenit bei 89 µg/l und in der Behandlungsgruppe Selenhefe bei 108 µg/l, ($p<0,001$).

Vollblut

Bei 69% der Tiere lagen die Selengehalte im Vollblut im Bereich zwischen 160 und 210 µg/l. 21% der Blutproben enthielten Werte über 210 µg/l, so dass auch im Vollblut der zu Beginn bereits hohe Selenstatus der Tiere deutlich wird. Auch die Analyse der Blutproben bezüglich der Selengehalte im Vollblut zeigte zu Versuchsende signifikante Unterschiede ($p<0,05$) zwischen allen drei Selenquellen.
So lagen die Mittelwerte bei 190 µg/l in der Behandlungsgruppe Natriumselenit, 232 µg/l in der Behandlungsgruppe pansenstabiles Natriumselenit und 255 µg/l in der Behandlungsgruppe Selenhefe.

Glutathionperoxidase (GSHPx)

Die Häufigkeitsverteilung der GSHPx-Aktivität zeigt, dass 61% der Tiere im Bereich zwischen 250 und 300 U/g Hb lagen. Die Tabelle 2 stellt die erzielten Mittelwerte der GSHPx der drei verschiedenen Selenquellen dar und zeigt, dass die Behandlungsgruppe Natriumselenit signifikant unter den anderen beiden Behandlungsgruppen lag ($p<0,05$).

Tabelle 2: Mittelwert, Standardfehler und statistische Signifikanz der GSHPx-Aktivität

	Anzahl Tiere	**Mittelwert [U/g Hb]**	Standardfehler
Behandlungsgruppe 1	n = 48	**279,8**[a]	4,48
Behandlungsgruppe 2	n = 49	**311,6**[b]	10,63
Behandlungsgruppe 3	n = 50	**321,6**[b]	15,54

[a,b] Mittelwerte mit unterschiedlichen Hochbuchstaben unterscheiden sich signifikant ($p<0,05\%$)

Selengehalte in der Milch

Vergleicht man die drei Selenquellen bezüglich der Selengehalte der Milch, ergeben sich deutliche Unterschiede vor allem gegenüber der Behandlungsgruppe 3. Für die Behandlungsgruppen, die anorganisches Selen erhielten, ergibt sich zu Versuchsende ein Mittelwert von 0,027 µg/ml in der Milch, wohingegen die Behandlungsgruppe Selenhefe mit einem Mittelwert von 0,055 µg/ml eine deutlich signifikant höhere Konzentration ($p<0,001$) aufweist.
Die beiden anorganischen Selenquellen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ($p=0,7450$).

Tabelle 3: Mittelwerte, Standardfehler & statistische Signifikanz der Selengehalte der Milch*

	Anzahl Tiere	Mittelwert [log]	Standardfehler [log]	**Rücktransformierter Mittelwert [µg/ml]**
Behandlungsgruppe 1	n = 48	-3,6316	0,0396	**0,0265[a]**
Behandlungsgruppe 2	n = 48	-3,6113	0,0868	**0,0270[a]**
Behandlungsgruppe 3	n = 49	-2,9088	0,1389	**0,0545[b]**

[a,b] Mittelwerte mit unterschiedlichen Hochbuchstaben unterscheiden sich signifikant (p<0,05%)
* Die statistische Analyse wurde mit logarithmisch transformierten Daten durchgeführt

Diskussion

Die Lebensspanne von Rinder-Erythrozyten und die erzielten Ergebnisse im Vollblut

Selen wird bei der Entstehung der Erythrozyten in die roten Blutzellen eingebaut, so dass der Selengehalt in den Erythrozyten die Selenaufnahme der letzten ein bis drei Monate reflektiert (SMITH et al., 1998). Um einen Aussage treffen zu können, sollte die Lebensspanne der Erythrozyten für die Versuchsdauer berücksichtigt werden. Jedoch zeigen sich in der Literatur unterschiedliche Angaben bezüglich der genauen Lebensdauer von Rinder-Erythrozyten (Tabelle 4).

Tabelle 4: Übersicht der verschiedenen Angaben der Lebensdauer von Rinder-Erythrozyten

Lebensdauer von Rinder-Erythrozyten in Tagen	**Quelle**
120	NICKEL et al. (2005)
130	SCHALM (2010)
160	KRAFT et al. (2005)

Durch die Versuchsdauer der Feldstudie von 105 Tagen wurde diese mittlere Lebensdauer nicht voll ausgeschöpft, so dass gegebenenfalls die maximale Selenkonzentration noch nicht erzielt wurde, jedoch sind die Ergebnisse zum Vergleich der Selenquellen auf Grund der signifikanten Unterschiede aussagefähig. In der Literatur finden sich unterschiedliche Angaben zur Dauer einzelner Versuche. So dauerte der Versuch von KNOWLES et al (1999) 133 Tage, bei MALBE et al. (1995) wurden für die Studie 56 Tage gewählt und bei JUNIPER et al. (2006) waren es 35 Tage.

Die Ergebnisse der Aktivität der GSHPx und die Eignung des biochemischen Parameters zur Statuserfassung

Ein weiterer Punkt ist die Aussagefähigkeit und die daraus resultierende Interpretation der Werte des biochemischen Parameters bei einem sehr hohen Selenstatus. Betrachtet man die aus der Beratung stammenden Werte bezüglich einer optimale Versorgung im Hinblick auf die Aktivität der GSHPx im Vollblut von 120-300 U/g Hb (MAHLKOW-NERGE, 2010), zeigen die Ergebnisse auch hier, dass sich die Tiere in einer optimalen bis hohen Selenversorgung befanden. So waren 84% der Tiere im Bereich von 120-300 U/g Hb und 16% der Tiere über 300 U/g Hb. KRAFT et al. (2005) zufolge stellt die Bestimmung der GSHPx-Aktivität eine gute Möglichkeit dar, den Selenstatus der Tiere zu bewerten. So zeigt sie einen Selenmangel gut an, jedoch nicht die Überversorgung. Auch nach HOFMANN (2005) korrelieren die Selenkonzentration im Vollblut und die GSHPx-Aktivität sehr eng bei marginaler Selenversorgung, aber die Überversorgung wird durch die GSHPx nicht angezeigt.

Die Ergebnisse dieser Feldstudie zeigen einen teils hohen bis sehr hohen Selenstatus der Tiere auf, jedoch lässt sich eine mögliche Überversorgung nicht nachweisen, so dass auf Grund der Werte der GSHPx die signifikante Unterschiede in den Ergebnisse entsprechend bewertet werden können.

Die Interpretation der erzielten Ergebnisse bei nicht-einheitlichen Normbereichen für die Parameter im Blut und optimaler Versorgungslage

Um die Ergebnisse der Blutuntersuchungen einordnen zu können, bedarf es einer Einteilung in gewisse Normbereiche wie defizitär – adäquat – überversorgt. Nach SCHOLZ & STÖBER (2006) sind die Referenzwerte sehr laborabhängig, werden also durch die Bestimmungsmethode bedingt. Dadurch sind in der Literatur eine Vielzahl von Referenzwerten vorhanden, welche die einheitliche Einordnung in die Normbereiche defizitär, adäquat und überversorgt erschweren (Tabelle 5).

Tabelle 5: Selenkonzentrationen beim Rind in µg/l Vollblut, nach verschiedenen Autoren

Autoren	defizitär	marginal	adäquat	überversorgt
DARGATZ & ROSS (1996)	<50	51-80	81-160	>161
SMITH et al. (1998)	< 140	140-200	>200	
KINCAID (1999)	<60	60-200	210-1200	>1200
HOFMANN (2005)	<40	40-70	70-120	>120

Bei der Interpretation der Selenkonzentration im Plasma ist ebenfalls die nicht-einheitliche Einordnung in Normbereiche problematisch, so dass auch hier die Bestimmungsmethode entscheidend ist. Wobei wiederum eine Vielzahl von Referenzwerten in der Literatur zu finden ist.

Die Offizialberatungen der Länder und Landwirtschaftskammern legen einer optimalen Selenversorgung folgende Selengehalte zu Grunde: so soll nach MAHLKOW-NERGE (2010) die Selenkonzentration im Serum über 80 µg/l aufweisen, die Empfehlung des Tiergesundheitsdienst Bayern liegt bei 60-110 µg/l und das Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in Ansbach empfiehlt einen Selengehalt von 80-110 µg/l im Plasma.

Vergleicht man die in der Feldstudie erzielten Ergebnisse mit diesen Empfehlungen wird deutlich, dass bei den teilnehmenden Betriebe zu Versuchsbeginn 93% der Tiere bei den Selengehalten im Plasma in einem Bereich zwischen 80-110 µg/l lagen und somit nach diesen Vorgaben bereits optimal versorgt waren. Die Ergebnisse zeigen allerdings auch, dass trotz dieser bereits optimalen Versorgungslage eindeutige Unterschiede zwischen den Selensupplementen erzielt wurden.

Die Übersicht von WEISS (2003) vergleicht Ergebnisse verschiedener Studien zum Thema Selen-versorgung von Milchkühen und der Einsatz anorganischer und organischer Selenformen. WEISS (2003) stellt in dieser Übersicht fest, dass bei vielen dieser klinischen oder experimentellen Studien die meisten Kontrollrationen defizitär im Hinblick auf die Selenversorgung sind. Zusätzliche Supplementierung von Selen-adäquaten Rationen sollten vermutlich keine zusätzlichen klinischen Vorteile erzielen. Manche Studien weisen deutlichere Unterschiede zwischen den Selenquellen auf, wenn die Tiere marginal versorgt sind bzw. zuvor eine Depletionsphase durchgeführt wurde. So zeigt die Studie von MALBE et al. (1995) beim Vergleich der Selenquellen deutliche Unterschiede zwischen anorganischen und organischen Quellen, jedoch bei zuvor defizitär versorgten Milchkühen.

In der vorliegenden Feldstudie wurden keinerlei klinische Auswirkungen auf das Tier untersucht, sondern der Selenstatus der Tiere anhand verschiedener Parameter festgestellt und Unterschiede zwischen den Selenquellen untersucht. Trotzdem wird deutlich, dass es trotz fehlender Depletionsphase möglich war eindeutige Effekte der Selenquellen aufzuweisen.

Schlussfolgerung

Betrachtet man alle Ergebnisse der Feldstudie wurden signifikante Unterschiede zwischen den drei Selensupplementen erzielt. Der Einsatz der Selenhefe zeigt neben den Selengehalten im Vollblut und im Plasma auch in der Milch signifikante Unterschiede zu den anderen beiden anorganischen Selenquellen mit einem jeweils höheren Mittelwert. Vergleicht man nur die pansenstabile Form mit Natriumselenit bei den Selengehalten im Plasma und im Vollblut, erzielt hier die pansenstabile Form höhere Mittelwerte und dadurch signifikante Unterschiede. Darüber hinaus wurde an mehreren Stellen deutlich, dass die teilnehmenden Betriebe schon vor Versuchsbeginn einen hohen Selenstatus erreicht hatten, wobei trotzdem Unterschiede zwischen den Selenquellen aufgezeigt werden konnten.

Literatur

AWADEH F.T., KINCAID R.L. & JOHNSON K.A. (1998): Effect of Level and Source of Dietary Selenium on Concentrations of Thyroid Hormones and Immunoglobulins in Beef Cows and Calves; In: Journal of Animal Science 76:1204-1215

BRZEZINSKA-SLEBODZINSKA E., MILLER J.K., QUIGLEY J.D., MOORE J.R. & MADSEN F.C. (1994): Antioxidant Status of Dairy Cows Supplemented Prepartum with Vitamin E and Selenium. In: Journal of Dairy Science 77: 3087-3095

DARGATZ D.A. & ROSS P.F. (1996): Blood selenium concentrations in cows and heifers on 253 cow-calf operations in 18 states. In: Journal of Animal Science 74: 2891-2895

HOFMANN W. (2005): Mangelkrankheiten; In: Rinderkrankheiten (Hrsg. Hofmann), 2. Auflage. Eugen Ulmer KG, Stuttgart S. 445-456

HOGAN J.S., SMITH K.L., WEISS W.P., TODHUNTER D.A. & SCHOCKEY W.L. (1990): Relationship among Vitamin E, Selenium and Bovine Blood Neutrophils; In: Journal of Dairy Science 73: 2372-2378

JUNIPER D.T., PHIPPS R.H., JONES A.K. & BERTIN G. (2006): Selenium supplementation of lactating dairy cows: Effect on selenium concentration in blood, milk, urine and faeces. In: Journal of Dairy Science 89: 3544-3551

KINCAID R.L. (1999): Assessment of trace mineral status of ruminants: A review; In: Proceedings of the American Society of Animal Science, 1-10

KNOWLES S.O., GRACE N.D., WURMS K. & LEE J. (1999): Significance of amount and form of dietary selenium on blood, milk and casein selenium concentrations in grazing cows; In: Journal of Dairy Science 82: 429-437

KRAFT W. & DÜRR U.M. (2005): Spurenelementanalyse; In: Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin (Hrsg. W. Kraft & U.M. Dürr) 6. Auflage. Schattauer, GmbH Stuttgart S. 468 – 472

MAHLKOW-NERGE K. (2010): Erfolgreich füttern: Selen – für Milchkühe besonders wichtig; Adresse: http://lwksh.de/cms/fileadmin/user_upload/Presse/Archiv_2010/PDF_4610_20.11.2010/31-31_Mahlkow-Nerge.pdf. Letzter Zugriff: 25.01.2011

MALBE M., KLAASSEN M., FANG W., MYLLYS V., VIKERPUUR M., NYHOLM K., SANKARI W., SUORANTA K. & SANDHOLM M. (1995): Comparisons of selenite and selenium yeast feed supplements on Se-incorporation, mastitis and leukocyte function in Se-deficient dairy cows; In: Journal of Veterinary Medicine (Ser. A) 42: 111-121

NICKEL R., SCHUMMER A. & SEIFERLE E. (2005): Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band III, Kreislaufsysteme, Haut und Hautorgane. K.H. Habermehl, B. Vollmerhaus, H. Wilkens & H. Waibl (Hrsg.) 4. Auflage, Parey Verlag in MVS Medizinverlag Stuttgart GmbH & Co. KG, Stuttgart: S.3

ROTH S. & SCHEIDEMANN C. (2007): Organisch gebundenes Selen in der Wiederkäuerfütterung. In: Nutztierpraxis Aktuell: Das Forum der Agrar- und Veterinär-Akademie, Sonderdruck. Tagungsband, AVA, Horstmar-Leer: S. 2-5

SCHALM (2010): Schalm´s Veterinary Hematology; D. Weiss & K.J. Wardrop (Editors). 6. Auflage, Blackwell Publishing Ltd., Iowa, USA: S.138

SCHOLZ H. & STÖBER M. (2006): Mangel-, vergiftungs- und haltungsbedingte Krankheiten der Bewegungsorgane; In: Innere Medizin und Chirurgie des Rindes; Hrsg. G. Dirksen; H.-D. Gründer, M. Stöber; 5. Auflage. Parey Verlag, Stuttgart: 1000-1004

SMITH K.L., WEISS W.P. & HOGAN J.S. (1998): Influence of vitamin E and selenium on mastitis and milk quality in dairy cows. In: Proceedings of the Mid-South Ruminant Nutrition Conference: 55-62

WEISS W.P (2003): Selenium nutrition of dairy cows: comparing responses to organic and inorganic selenium forms. In: Nutritional Technology in the Feed and Food Industries. Proceedings of Alltech´s 19th Annual Symposium Ed. by Lyons T.P. and Jacques: 333-343

WEISS W.P., HOGAN J.S., SMITH K.L. & HOBLET K.H. (1990): Relationships among Selenium, Vitamin E, and Mammary Gland Health in Commercial Dairy Herds. In: Journal of Dairy Science 73: 381-390

WOLFFRAM S. (2000): Der Stoffwechsel ernährungsphysiologisch relevanter anorganischer und organischer Selenverbindungen. In: Übersicht Tierernährung 28: 65-94

Autorenanschrift

Lisa Brucker
Landesanstalt für Landwirtschaftliche Chemie
Universität Hohenheim
Emil-Wolff-Straße 12
70599 Stuttgart, Deutschland
Lisa_Brucker@web.de

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

WHO CARES...

….ob der Selenstatus bei Sauen und Ferkeln ausreichend ist?

Selen ist ein lebenswichtiges Spurenelement, das direkt das Immunsystem von Sauen und Ferkeln unterstützt. Sel-Plex® von Alltech® ist eine hochwertige organische Selenquelle, in der das Selen in seiner natürlichen Form, genauso wie auch in Pflanzen, vorliegt. Organisch gebundenes Selen kann von der Sau an das Ferkel über die Plazenta weitergegeben werden.

Somit trägt organisch gebundenes Selen dazu bei,

- den Selenstatus des Ferkels bei der Geburt zu verbessern,
- die Überlebensrate zu steigern
- die Produktivität der Sauen zu erhöhen.

Wer interessiert sich also, für die optimale Fütterungsergänzung mit Selen?

Alltech®

SEL-PLEX® esSential™

Alltech (Deutschland) GmbH
Wiesenstr. 21 (W21) | 40549 Düsseldorf | Germany
Tel: +49 (0)211 5066858-0 | alltech.com
AlltechNaturally @Alltech

Untersuchungen des Einflusses der Kupferquelle und -dosierung auf die oxidative Stabilität verschiedener Futterfette

D. Kampf

Orffa Additives B.V., Werkendam, Niederlande

Einleitung

Futtermittel werden heutzutage zum Teil mit enormen Haltbarkeitsdauern in den Handel gebracht, wobei die Stabilität einzelner Inhaltsstoffe oft vernachlässigt wird. Es ist beispielsweise bekannt, dass Spurenelemente wie Eisen oder Kupfer in dissoziierter Form prooxidativ wirken und somit die Zerstörung empfindlicher Inhaltsstoffe wie Fett oder Vitamine beschleunigen können.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es zu überprüfen, inwieweit sich die einerseits gewünschte Eigenschaft der Spurenelementquelle Kupfersulfat, sich im wässrigen Medium sehr gut lösen zu können, sich andererseits negativ auf die Stabilität anderer Futtermittelinhaltsstoffe auswirkt, da Kupferionen bekanntermaßen als sehr reaktiv und prooxidativ gelten. Demgegenüber existieren aber auch Kupferquellen, die sich durch stabile kovalente Bindungen langsamer auflösen und dadurch einen sogenannten ´slow release´ Effekt besitzen, der diesen Nachteil des Kupfersulfates beheben könnte. Hierzu wurden mittels Rancimat-Test drei Fettquellen mit steigenden Konzentrationen Kupfer (0 – 1000 ppm) aus einerseits Kupfersulfat und andererseits dreibasischem Kupferchlorid versetzt und die indiviuellen Induktionszeiten als Indiz für die prooxidative Wirkung von Kupfer gemessen.

Material und Methoden

Der Rancimat-Test (nach DIN EN 14112) gilt als eine schnelle Methode zur Bestimmung der Oxidationsneigung von Fetten und Ölen (Matthäus 1996). Das Prinzip beruht auf der konduktometrischen Messung der flüchtigen Zersetzungsprodukte (Gordon und Mursi 1994; Hasenhüttl und Wan 1992; Läubli und Bruttel 1986). Die Autoxidation der Fette erfolgt durch permanentes Zuführen von Luftsauerstoff, wobei durch Radikalreaktionen an den ungesättigten Fettsäuren der Oxidationsprozeß gestartet wird (Läubli et al. 1988). Die dabei entstehenden Carbonsäuren (meist Ameisensäure) werden in eine Meßzelle überführt und verändern die Leitfähigkeit des darin enthaltenen entionisierten Wassers. Die Leitfähigkeit-Zeit-Kurve wird dabei fortlaufend aufgezeichnet. Aus dem abrupten Anstieg der Leitfähigkeit errechnet sich die Induktionszeit. Der Aufbau eines Rancimat-Gerätes und der schematische Verlauf der Autoxidation sind Abbildung 1 zu entnehmen. Die Untersuchungen wurden in einem kommerziellen, akkreditiertem Labor (ASG Analytik-Service Gesellschaft mbH, Neusäss) durchgeführt. Von den verschiedenen Ölen wurden jeweils 5 g in die Reaktionsgefäße eingewogen und vor Beginn der Messungen 10 min im Heizblock aufgewärmt. Die Messungen wurden für alle Proben nach einem standardisierten Programm durchgeführt (Temperatur 110 ± 0,1 °C, Luftstrom 20 l/h, Messgefäße mit 60 ml bi-dest. H_2O, Doppelbestimmung). Für den Test wurden 3 Öle ausgewählt, die auch in Futtermitteln Einsatz finden. Einerseits wurde Fischöl untersucht, das aufgrund der sehr hohen Gehalte an mehrfach ungesättigten Fettsäuren als äußerst empfindlich gilt. Demgegenüber wurde Palmöl in die Untersuchung einbezogen, dass als sehr stabiles Fett mit hohem Gehalt an gesättigten Fettsäuren einzustufen ist. Als drittes Öl kam Sojaöl zum Einsatz, welches die Hauptfettquelle in der Futtermittelherstellung darstellt und bezüglich der Beurteilung der Oxidationsneigung zwischen den beiden anderen Ölen einzuordnen ist. Mithilfe der verschiedenen Öle sollte geprüft werden, in welchem Ausmaß sich die prooxidative

Wirkung des Kupfers auf die einzelnen Öle zeigt, da die Induktionszeit sowohl vom Fettsäurenmuster, den je nach Grad der Sättigung der Fettsäuren unterschiedlichen Faktoren der Oxidationsgeschwindigkeiten als auch dem antioxidativen Potential des Fettes abhängig ist (Flachowsky et al. 1995). Als Spurenelementquellen wurden kommerziell verfügbares Kupfersulfat (25% Kupfer) und dreibasisches Kupferchlorid (54% Kupfer, Handelsname IntelliBond® C) eingesetzt

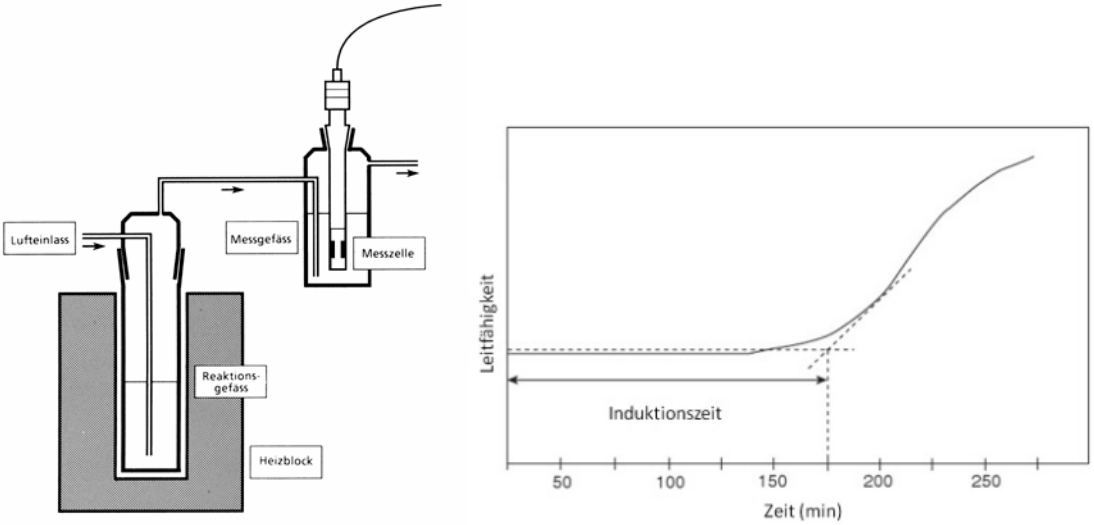


Abbildung 1: Aufbau eines Rancimat-Gerätes und schematischer Verlauf der Autoxidation im Rancimat-Test (nach Läubli und Bruttel 1986, Läubli et al. 1988)

Ergebnisse und Diskussion

Die im Rancimat-Test bestimmten oxidativen Stabilitäten der verschiedenen untersuchten Öle zeigt Tabelle 1. Wie erwartet traten zwischen den einzelnen Ölen sehr unterschiedliche Induktionszeiten auf, womit die unterschiedlichen Fettsäurenmuster und die damit verbundenen Stabilitäten gut beschrieben werden können. Das Fischöl zeigte erwartungsgemäß die geringste oxidative Stabilität, allerdings lag diese auf so niedrigem Niveau, dass daraus schlussfolgernd der Test in dieser Form für Fischöl als nicht eignet einzuschätzen ist. Auf der anderen Seite zeigte sich Palmöl sehr stabil, wobei hier die Induktionszeiten als zu lang einzustufen sind, wodurch die Interpretation der Daten aufgrund vermehrt ablaufender Nebenreaktionen erschwert bzw. unmöglich wird (ASG 2012; Tabelle 1).

Tabelle 1: Oxidative Stabilität verschiedener Futteröle in Abhängigkeit von der Kupferquelle und der Kupferkonzentration

	Oxydative Stabilität (DIN EN 14112) bei 110°C (in h)						
Kupferquelle	**ohne Cu**	**Kupfersulfat**			**IntelliBond C**		
Dosierung (mg/kg*)	**0**	**10**	**100**	**1000**	**10**	**100**	**1000**
Fischöl	0,6$^{\S a}$	<0,5$^{\#b}$	<0,5$^{\S b}$	<0,5$^{\#b}$	<0,5$^{\#b}$	<0,5$^{\S b}$	<0,5$^{\#b}$
Sojaöl	6,7$^{\S a}$	6,1$^{\#a}$	3,6$^{\S b}$	2,4$^{\S c}$	6,4$^{\#a}$	4,3$^{\S b}$	2,5$^{\S c}$
Palmöl	18,0$^{\#a}$	-	14,1$^{\#b}$	9,4$^{\#c}$	-	12,8$^{\#b}$	7,4$^{\#c}$

n = 2 § n = 4 * bezogen auf Kupfer ^{a,b,c} innerhalb einer Reihe P < 0,05

Für die einzelnen Öle konnten in Abhängigkeit der steigenden Kupferkonzentrationen signifikante Unterschiede gemessen werden (Tabelle 1). Aufgrund der geringen Stabilität beim Fischöl lagen aber bereits bei der niedrigsten Kupferkonzentration die gemessenen Werte unter der Bestimmungsgrenze von 0,5 h. Für Fischöl müsste somit ein Rancimat-Test in modifizierter Form herangezogen werden. Beim Palmöl konnte mit steigenden Kupferzulagen eine signifikante Reduktion der Induktionszeiten festgestellt werden ($P<0,05$), ein signifikanter Einfluss der einzelnen Kupferquellen ließ sich allerdings nicht ermitteln, ebenso muss bei den extrem langen Induktionszeiten die Aussagekraft der Ergebnisse kritisch hinterfragt werden. Beim Sojaöl bestanden zwischen Kontrollgruppe und 10 ppm Kupferzulage keine signifkanten Differenzen, allerdings zeigten sich mit jeder weiteren Steigerung der Kupferzulage die Unterschiede signifikant verschieden ($P<0,05$). Zwischen den Kupferquellen waren ebenfalls keine signifikanten Differenzen zu verzeichnen. Auffallend war außerdem, dass der stärkste, negative Effekt für beide Quellen zwischen 10 und 100 ppm auftrat. Als numerischer Trend ($P>0,05$) konnte ebenfalls eine geringfügig verbesserte Stabilität bei Einsatz von 10 bis 100 ppm dreibasischem Kupferchlorid gegenüber Kupfersulfat festgestellt werden.

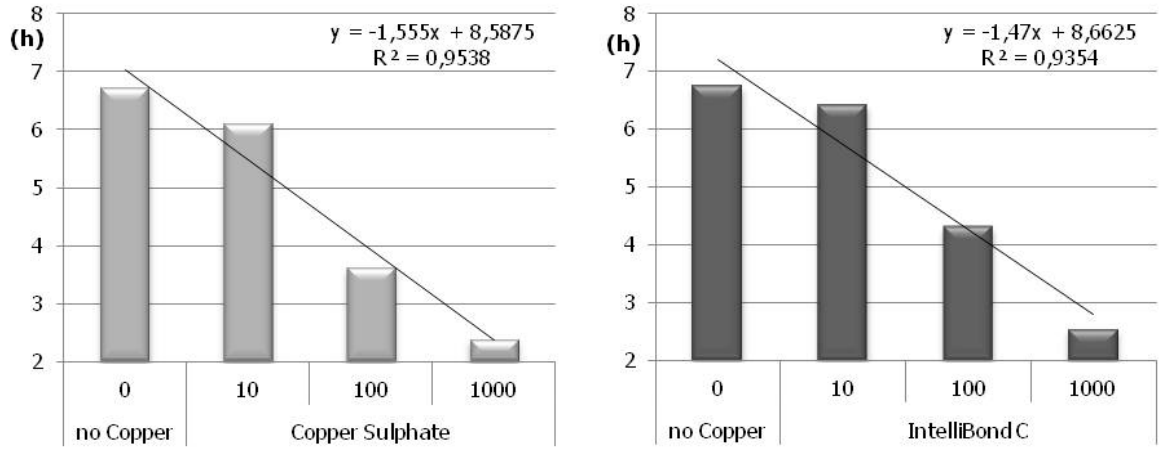


Abbildung 2: Beziehung zwischen Kupferzulage und Kupferquelle und oxidativer Stabilität von Sojaöl

Beim Sojaöl bestand zwischen den Induktionszeiten und den Konzentrationen an Kupfer eine negative, lineare Korrelation, was verdeutlicht, dass mit steigenden Kupferzulagen die oxidative Stabilität und damit die Haltbarkeit der Fette herabgesetzt wird. Des Weiteren zeigten die Steigungsgradienten, dass der Kupfereinfluss auf die Stabilität des Fettes bei Verwendung von dreibasischem Kupferchlorid gegenüber Kupfersulfat geringer ausfiel (-1,47x vs. -1,56x; Abbildung 2). Eine negative Korrelation zwischen Kupferzulage und oxidativer Stabilität von Olivenöl beschrieben bereits De Leonardis und Macciola (2002). Allerdings stellten die Autoren im Gegensatz zu den vorliegenden Analysen keinen linearen sondern einen potenziellen Zusammenhang ($y = 9.5\times^{-0,30}$; Dosierung 15 bis 960 ppm Cu als Cu(II)-Cyclohexanebutyrat) fest. Dies könnte mit der Anzahl der eingesetzten Kupferzulagen zusammenhängen (lediglich 3 in den eigenen Untersuchungen gegenüber 7 bei De Leonardis und Macciola 2002).

Schlußfolgerungen

Spurenelemente wie Kupfer in dissoziierter Form können prooxidativ wirken und somit die Zerstörung empfindlicher Inhaltsstoffe wie Fett oder Vitamine beschleunigen. In der vorliegenden Untersuchung

wurde überprüft, inwieweit Kupfersulfat und dreibasisches Kupferchlorid in steigenden Dosierungen die oxidative Stabilität verschiedener Fettquellen beeinflusst. Es wurde der Rancimat-Test verwendet, der als eine schnelle Methode zur Bestimmung der oxidativen Stabilität von Fetten und Ölen gilt. Die Ergebnisse belegen, dass der Rancimat-Test in der verwendeten Form für Fischöl aufgrund der hohen Gehalte an mehrfach ungesättigten Fettsäuren als nicht geeignet erscheint, ebenso wie für Palmöl mit einem sehr hohen Gehalt an gesättigten Fettsäuren. Als Hintergrund hierfür erscheint eine fehlende Sensibilität der Methode bei gleichen Untersuchungsparametern und sehr unterschiedlichen Ölen. Beim Sojaöl konnte eine enge Korrelation zwischen Kupferdosierung und Haltbarkeit nachgewiesen werden, ebenso konnte ein numerischer Trend einer besseren Oxidationsstabilität bei Verwendung von dreibasischem Kupferchlorid festgestellt werden. Es sind allerdings weitere Untersuchungen zum prooxidativem Einfluss von Spurenelementen auf die oxidative Stabilität von Futterfetten bzw. -ölen unumgänglich, um die gezeigten Trends zu verfizieren.

Literatur

ASG (2012): Analytik-Service Gesellschaft mbH, Neusäss. Persönliche Mitteilung.

De Leonardis, A., Macciola, V. (2002): Catalytic effect of the Cu(II)- and Fe(III)-cyclohexanebutyrates on olive oil oxidation measured by Rancimat. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, **104**, 156–160.

Gordon, M.H., Mursi, E. (1994): A comparision of oil stability based on the Metrohm Rancimat with storage at 20 °C. *J. Americ. Oil Chem. Soc.*, **71**, 649-651.

Flachowsky, G., Schöne, F., Möckel, P., Schaarmann, G., Gottschalk, K. (1995): Beurteilung der Oxidationsneigung von Schweinefett unter Berücksichtigung von Fettsäurenmuster und Vitamin-E-Gehalt. *Fat Sci. Technol.*, **97**, 305-310.

Hasenhüttl, G.L., Wan, P.J. (1992): Temperature effects on the determination of oxidative stability with the Metrohm Rancimat. *J. Americ. Oil Chem. Soc.*, **69**, 525-527.

Läubli, M.W., Bruttel, P.A. (1986): Determination of the oxidative stability of fats and oils: comparison between the active oxygen method (AOCS Cd 12-57) and the Rancimat-Method. *J. Americ. Oil Chem. Soc.*, **63**, 792-795.

Läubli, M.W., Bruttel, P.A., Schalch, E. (1988): Bestimmung der Oxidationsstabilität von Fetten und Ölen - Vergleich zwischen der Active Oxygen Method (AOCS Cd 12-57) und der Rancimat-Methode. *Fat Sci. Technol.*, **90**, 56-58.

Matthäus, B.W. (1996): Determination of the Oxidative Stability of Vegetable Oils by Rancimat and Conductivity and Chemiluminescence Measurements. *J. Americ. Oil Chem. Soc.*, **73**, 1039-1043.

Autorenanschrift

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

Excential Rumenpass CH

- **DAS** pansengeschützte Cholinchlorid
  - zur Prävention von Fettlebersyndrom und Ketose
  - pansenstabil **UND** darmverfügbar
  - hitze-und pelletierstabil → kraftfuttergeeignet

BIOSPRINT®

- **DIE** Lebendhefe, insbesondere für Wiederkäuer
  - Reduktion überschüssigen Sauerstoffs
  - Optimierung der Pansenflora
    - → Stabilisierung Pansen pH →Vorbeuge der Azidose
    - → Bessere Nährstoffverfügbarkeit aus dem Grundfutter
  - sehr hohe Keimkonzentration

IntelliBond® C
A Product of Micronutrients TBCC
dreibasisches Kupferchlorid

- **DIE** neue Generation Spurenelemente
  - nährstoffschonender als Kupfersulfat
  - bioverfügbar wie organisch gebundene Spurenelemente
  - keine Komplexbildung → bessere Nährstoffausnutzung

CALSPORIN®

- **DAS** Probiotikum im Geflügel- und Ferkelfutter
  - hochkonzentrierte sporenbildende Bakterien
  - hitzestabil auch bei hohen Temperaturen
  - hocheffizient hinsichtlich Leistung und Futterkosten

Ansprechpartner für
Österreich und Deutschland:
Ursula Bläser
blaeser@orffa.com
+49 160 889 88 13

Ansprechpartner für
Schweiz und Deutschland:
Burkhard Bohr
bohr@orffa.com
+49 171 624 85 29

Orffa (Deutschland) GmbH ●Lübecker Straße 29 ●D-46485 Wesel ●Tel.: +49 281 339 200 ●info@orffa.com

Your *Key* to a world of ingredients...

ORFFA

Wirkung einer Kombination von organischen Spurenelementen auf Klauenverletzungen bei Sauen – Ergebnisse aus Feldversuchen in Europa

Christof Rapp und Francisco Fernandez Lopez-Brea

Zinpro Animal Nutrition, Akkerdistel 2E, 5831 PJ Boxmeer, Niederlande

Einleitung

Klauenverletzungen beeinträchtigen das Wohlbefinden der Sau, vermindern die Produktivität und können zu erheblichen wirtschaftlichen Einbußen führen. Erfahrungen aus der Praxis bei tragenden Sauen lehren, dass beim Übergang von der Haltung in Kastenständen auf Gruppenhaltung die Häufigkeit von Klauenverletzungen zunimmt. Sämtliche tragenden Sauen innerhalb der Europäischen Union müssen ab dem 1. Januar 2013 in Gruppen gehalten werden (Richtlinie 2001/88/EG). Für die Bildung von widerstandsfähigem Klauenhorn sind Zink und Kupfer essentiell (Tomlinson et al., 2004). Mangan ist erforderlich für die Bildung von Knochen und Knorpel und kann somit indirekt, zum Beispiel über eine Fehlstellung der Gliedmaßen, die Klauengesundheit beeinflussen. Während die Würfe immer grösser werden, steigt die Futteraufnahme der Sau nicht in gleichem Maße an. Die Spurenelementreserven der Sau nehmen mit steigender Wurfmasse ab (Mahan and Newton, 1995). Des Weiteren sind durch den Gesetzgeber die Gesamtgehalte an Kupfer und Zink im Sauenfutter auf 25 bzw. 150 mg pro Kilogramm begrenzt (Verordnung [EG] Nr. 1334/2003). Eine Verminderung von Klauenverletzungen durch den Ersatz von anorganischen durch organisch gebundene Spurenelemente bei Kühen ist in der Literatur bereits beschrieben (Ballantine et al. 2002, Nocek et al. 2000, Nocek et al. 2006, Siciliano-Jones et al. 2008).

Ziel der vorliegenden Untersuchung war die Abschätzung der Wirkung einer Kombination von organisch gebundenem Kupfer, Mangan und Zink auf die Häufigkeit sowie den Schweregrad von Klauenverletzungen bei Sauen in Gruppenhaltung unter Praxisbedingungen.

Material und Methoden

In 15 Sauenherden (Deutschland: 6, Spanien: 6, Niederlande: 2, Belgien: 1) sind bei insgesamt 945 Sauen in den Abferkelabteilen beide Hinterfüße auf Klauenverletzungen nach einem einheitlichen Schema (siehe *Tabelle 1*) bonitiert worden. Die Herdengröße betrug zwischen 120 und 2700 Sauen. Die tragenden Sauen wurden in 12 Herden in Gruppen gehalten während Sie bei 3 Herden in Kastenständen aufgestallt waren. Bis zur ersten Bonitierung erfolgte die Spurenelementergänzung in sämtlichen Sauenfuttern in allen Herden allein durch anorganische Formen. Nach der ersten Bonitierung wurde in allen Herden sowohl im Futter für laktierende als auch tragende Sauen ein Teil des anorganischen Kupfers (10 mg/kg), Mangans (20 mg/kg) und Zinks (50 mg/kg) durch organische Formen (Availa®Sow, Zinpro, Eden Prairie, USA) ersetzt. Sechs Monate nach der ersten Bonitierung wurde eine weitere Beurteilung der Klauen nach dem gleichen Schema wie bereits beschrieben, durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Der durchschnittliche Anteil ausgewählter Klauenverletzungen ist in *Tabelle 2* dargestellt. Ballenwucherungen und –risse war die am häufigsten vorkommende Abweichung der Klauen. Sie trat in mäßiger und schwerer Form bei 55,7 % der Füße von Sauen mit anorganischen Spurenelementen im Futter auf, während lediglich 22,9 % betroffen wenn organische Spurenelemente gefüttert wurden. Mäßige und schwere Risse am Übergang Ballen/Sohle gingen von 23,9 auf 8,0 und der Weißen Linie von 24,4 auf 8,6 % zurück wenn organische Spurenelemente ergänzt wurden im Vergleich zur Fütterung von anorganischen Spurenelementen.

Klauenverletzungen die weniger häufig vorkamen waren waagrechte und senkrechte Risse in der Klauenwand. Hier lag der Anteil insgesamt betroffener Füße zwischen 16,4 und 6,5 % lag. Mäßige und schwere Formen von waagrechten Wandrissen gingen von 7,9 auf 4,0 und senkrechte Wandrisse von 7,4 auf 2,7 % zurück nach teilweisem Ersatz von anorganischen durch organische Spurenelemente.

Daten zur Wirkung der Spurenelementergänzung im Futter auf die Klauengesundheit von Sauen sind in der Literatur kaum zu finden. Die Verminderung von Klauenverletzungen ist ein Indikator für die Verbesserung der Klauengesundheit. Der in der vorliegenden Studie beobachtete Rückgang von Klauenverletzungen bestätigt Untersuchungen von Anil et al. (2010), die nach teilweisem Ersatz von anorganischen durch organische Spurenelemente ebenfalls eine Abnahme von Abweichungen an den Klauen sowie einen Rückgang von Lahmheit beobachteten. Zink und Kupfer sind essenziell für die Bildung von Keratin, einem Strukturprotein, dass Hauptbestandteil des Klauenhorns ist. Bei einem Mangel dieser Elemente kann es zur Bildung von minderwertigem Keratin und somit zur Beeinträchtigung der Klauenhornqualität kommen. Die Verbesserung der Klauengesundheit in der vorliegenden Studie ist wahrscheinlich auf eine verbesserte Versorgung mit Zink und Kupfer, wenn diese Elemente in organischer Bindungsform gefüttert werden, zurückzuführen.

Schlussfolgerungen

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass durch die Fütterung von organisch gebundenem Zink, Mangan und Kupfer die Klauengesundheit bei Sauen verbessert werden kann.

Literatur

Anil et al., 2010. J. Anim. Sci. Vol. 88 (E-Suppl. 2): p. 127.

Ballantine, H. T., M. T. Socha, D. J. Tomlinson, A. B. Johnson, A. S. Fielding, J. K. Shearer and S. R. Van Amstel. 2002. Effects of feeding complexed zinc, manganese, copper and cobalt to late gestation and lactating dairy cows on claw integrity, reproduction and lactation performance. The Professional Animal Scientist 18:211-218.

Mahan, D.C. und E.A. Newton. 1995. Effect of initial breeding weight on macromineral and micromineral composition of over a 3-parity period using a high-producing sow genotype. *Journal of Animal Science*, 73(1):151-158.

Nocek, J. E., A. B. Johnson and M. T. Socha. 2000. Digital characteristics in commercial dairy herds fed metal-specific amino acid complexes. J. Dairy Sci. 83:1553-1572.

Nocek, J. E., M. T. Socha and D. J. Tomlinson. 2006. The effect of trace mineral fortification level and source on performance of dairy cattle. J. Dairy Sci. 89:2679-2693.

Richtlinie 2001/88/EG des Rates vom 23. Oktober 2001 zur Änderung der Richtlinie 91/630/EWG über Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen. *Amtsblatt Nr. L 316 vom 01/12/2001 S. 0001 – 0004.*

Siciliano-Jones, J.L., M.T. Socha, D.J. Tomlinson, and J.M. DeFrain. 2008. Effect of Trace Mineral Source on Lactation Performance, Claw Integrity, and Fertility of Dairy Cattle . J. Dairy Sci. 91:1985-1995.

Tomlinson, D.J., C.H. Mülling und T.M. Fakler. 2004. Invited Review: Formation of keratins in the bovine claw: Roles of hormones, minerals and vitamins in functional claw integrity. J. Dairy Sci. 87:797-809.

Verordnung (EG) Nr. 1334/2003 der Kommission vom 25. Juli 2003 zur Änderung der Bedingungen für die Zulassung einer Reihe von zur Gruppe der Spurenelemente zählenden Futtermittelzusatzstoffen. Amtsblatt Nr. L 187 vom 26.7.2003 S. 11 – 15.

Tabellen

Tabelle 1: System zur Bonitierung von Schweineklauen

Abweichung	Ballenwucherung und Ballenrisse	Risse im Übergang Ballen/Sohle	Weiße Linie	Wandriss waagrecht	Wandriss senkrecht
ohne	ohne Abweichung	Ohne Abweichung	Ohne Abweichung	Ohne Abweichung	Ohne Abweichung
leicht	Leichte Wucherung und/oder kleine Risse im Ballenbereich	Kleiner Riss im Übergang	Flacher und/oder kurzer Riss entlang der Weißen Linie	Bluterguss sichtbar; kurzer flacher waagrechter Riss in der vorderen Wand	Kurzer/flacher senkrechter Riss in der Wand
mäßig	Zahlreiche Risse und deutlich ausgeprägte Wucherung	Langer Riss im Übergang	Langer Riss entlang der Weißen Linie	Langer aber flacher waagrechter Riss in der vorderen Wand	Langer aber flacher Riss in der Wand
schwer	Starke Wucherung und großflächige Risse	Langer und tiefer Riss im Übergang	Langer und tiefer Riss entlang der Weißen Linie	Mehrere oder tiefer waagrechter Riss(e) in der vorderen Wand	Mehrere oder tiefer senkrechter Riss(e) in der Wand

Quelle: Klauenbeurteilungshilfe entwickelt im Rahmen des Feet First® Projektes

Tabelle 2 Durchschnittlicher Anteil Sauenfüße (%) mit auswählten Klauenverletzungen bei Fütterung ohne oder mit organischen Spurenelementen

Klauenverletzungen	anorganische Spurenelemente					mit organischen Spurenelementen				
	ohne	leicht	mäßig	schwer	mäßig & schwer	ohne	leicht	mäßig	schwer	mäßig & schwer
	% Füße					% Füße				
Ballenwucherung & Ballenrisse	15,7	28,6	32,3	23,4	55,7	41,5	35,6	15,7	7,3	22,9
Risse Ballen/Sohle	62,9	13,1	14,3	9,6	23,9	79,3	12,8	5,5	2,4	8,0
Weiße Line	60,8	14,8	14,1	10,3	24,4	81,7	9,7	6,5	2,1	8,6
Wandriss waagrecht	83,6	8,6	4,6	3,3	7,9	90,5	5,5	2,6	1,4	4,0
Wandriss senkrecht	87,1	5,4	2,7	4,8	7,4	93,5	3,8	1,3	1,4	2,7

Autorenanschrift

Dr. Christof Rapp
Zinpro Animal Nutrition, Inc.
5831 PJ Boxmeer, Niederlande
Christof.Rapp@zinpro.com

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, or talk to a local representative.

ZINPRO
PERFORMANCE MINERALS®

5R
RETURN • RESPONSE • REPEATABILITY • RESEARCH • REASSURANCE

Bioavailability of zinc from inorganic and organic sources in piglets

E. von Heimendahl[1], A. Müller[1], J. Bartelt[1,] S. Nitrayova[2], W. Windisch[3]

[1]Lohmann Animal Health GmbH, Germany,
[2]Animal Production Research Centre Nitra, Institute of Nutrition, Slovakia
[3]Animal Nutrition, Center of Life and Food Sciences, Technische Universität München, Germany

Abstract

Zinc requirements of farm animals can be covered by organic or inorganic Zn compounds. In contrast to inorganic zinc, organic zinc sources are absorbed via peptide or amino acid transport systems resulting in a higher digestibility and retention. Bioavailability of organically bound Zn seems also to be influenced by the type of complex being used. Forty-two gilts (Large white x Landrace) with initial body weight of 24 ± 1.4 kg were allotted to six treatments. Pigs received corn-barley-soy based diets containing either low or high zinc supplementation with zinc oxide (ZnO; 1, 2), zinc methionine 1:2 complex (Zn-Met; 3), zinc glycinate (Zn-Gly;4), zinc proteinate (Zn-Prot; 5) and zinc-yeast (6). Diets were fed during the 10-d experimental (EP) and the 4-d quantitative collection period (BP). The daily feed intake was restricted to 1400 g/animal. BW was determined at the start and end of EP and BP. Feed consumption was monitored on daily basis during EP and BP. Dietary Zn addition (mg/kg feed) was 10 or 100 for ZnO and 10 for all other groups resulting in daily Zn intake (mg) of 72.5 (1), 244.6 (2), 115.4 (3), 74.1 (4), 92.7 (5) and 117.8 (6). Corresponding daily weight gains were in the range of 437 - 587 g, but lowest for group 1 ($P \leq 0.05$). All treatments resulted in an increased zinc digestibility and retention as compared to the 10ppm, but only significant for Zn-Met ($P \leq 0.05$). Organically-bound Zn in particular Zn from Zn-Met 1:2 and zinc yeast can replace higher dosages of zinc oxide due to better bioavailability. This significantly reduces zinc excretion which, in turn, reduces environmental impact. The kind of chelate seems to be an important factor for Zn retention.

Introduction

Among trace elements, Zinc is essential for many functions within the animal's metabolism. In addition, it has a strong impact on the environment, and its inclusion in the diet is limited. In consequence, the Zn included in the diet must be highly available to meet the animal's requirements. However, there are differences in absorbability between inorganic or organic Zn, as organic Zn is discussed to potentially utilize peptide or amino acid transport systems. Further, the absorption of active trace mineral cation Zn^{++} can be negatively impacted by dietary components such as tannins or phytic acid. In addition, the physiological function of chelated and complexed zinc is related to the degree to which the organic ligands remain bound to the metal under physiological pH conditions (Cao et al. 2000).

The aim of the study was to evaluate these previous findings regarding Zn utilization by using different commercially available organic Zn sources in comparison to ZnO.

Methods

Forty-two gilts (Large white x Landrace) with initial body weight of 24 ± 1.4 kg were allotted to six treatments.

Pigs received corn-barley-soy based diets containing either low or high zinc supplementation with ZnO (treatment 1, 2), Zn Meth complex consisting of 1 part zinc and two parts DL-methionine (treatment 3), Zn-Gly; (treatment 4), Zn-Prot (treatment 5) and zinc yeast (treatment 6). The analyzed zinc content of ZnO, Zn-Met, Zn-Gly, Zn-Prot and zinc-yeast were 81.2%, 18.0%, 15.5%, 16.4% and 6.1%, respectively. Diets were formulated to meet nutrient requirements of pigs in the range of 20-40kg BW according to NRC guidelines (NRC, 1998). The diet composition is shown in Table 1.

Table 1: Composition and calculated nutrient content of the basal diet

Ingredients	**%**	**Nutrient content**	
Corn	56.0	Dry matter, g/kg	888.6
Barley	8.0	ME, MJ/kg	13.1
Soya bean meal	18.0	NE, MJ/kg	9.7
Alfalfa meal	8.0	CP, g/kg	170.0
Rape seed meal	4.0	Ether extract, g/kg	50.2
Sunflower oil	2.3	Fiber, g/kg	50.0
Limestone	0.2	Lysine, g/kg	10.5
MCP	1.2	Methionine, g/kg	3.0
Salt	0.4	Sulfur amino acids, g/kg	6.0
Vit. Min. premix *	1.5	Threonine, g/kg	6.8
Lysine HCl 78%	0.3	Tryptophan, g/kg	2.1
DL- methionine 99%	0.04	Phosphorus, total g/kg	6.0
L- threonine 98%	0.05	Phosphorus, available g/kg	3.3
L-tryptophan	0.01	Ca, g/kg	10.5

*per kg premixture: 666,700 IU Vit. A, 134,000 IU Vit D3, 4000 mg Vit E, 200mg Vit K3, 134 mg Vit. B1, 400mg Vit. B2, 267mg Vit. B6, 2mg Vit. B12, 13.4 mg Biotin, 67mg folic acid, 2000mg nicotinic acid, 1334 mg Ca-D- Pantothenate, 348g Ca, 10g Fe, 20mg I, 20mg Se, 13mg Co, 1.3g Cu, 2.7g Mn, 16.7g Choline chloride

Diets were fed during the 10-d experimental (EP) and the 4 d quantitative collection period (BP). Feed was given twice daily and the daily feed intake was restricted to 1400 g/animal. Animals had free access to water. BW was determined at the start and end of EP and BP. Feed consumption was monitored on daily base during EP and BP.

Blood samples for analysis of alkaline phosphatase activity, protein, Ca, P, creatine kinase, electrolyte, and Zn content were taken prior to feeding at the end of BP using heparinized tubes. Data were analyzed by Statsdirect, Version 2.7.3 using one-way randomized block analysis of variance and Scheffé multiple comparisons, $P \leq 0.05$.

Results and discussion

The main results are summarized in Table 2 and 3. Blood plasma Zn was reduced compared to group 2 indicating that all Zn formulations were tested under condition of deficient dietary Zn supply. Blood parameters were within reference ranges. Differences between treatment groups were minor and seemed to reflect unsystematic fluctuations in hematocrit and concentrations of blood plasma protein due to Zn deficiency.

Table 2: Blood parameters of piglets fed Zn from different zinc sources

	Treatments					
Item	1	2	3	4	5	6
Zn concentration, mg/mL	0.80 [ab]	1.37 [a]	0.77 [ab]	0.98 [ab]	0.41 [b]	0.85 [ab]
ALP, µkat/L	1.44	1.97	1.73	1.69	1.99	1.58
Total protein, g/L	59.3	55.0	58.7	57.7	61.7	58.4
Creatin kinase, ukat/L	18.4	31.1	19.0	26.0	13.0	12.5
Ca, mmol/L	2.62	2.48	2.69	2.57	2.62	3.09
P, mmol/L	3.30	3.06	3.14	3.09	3.08	3.11
Cl, mmol/L	101.4	99.7	100.3	100.6	101.1	103.3
K, mmol/L	4.69	4.67	4.56	4.62	4.43	4.56
Na, mmol/L	156	149	153	150	152	149

[a,b,c] Two way randomized block analysis of variance, Scheffé multiple comparisons, $P \leq 0.05$
Treatments: 1= ZnO, 2= ZnO, 3=Zn-Met (1:2), 4= Zn-Glyc, 5= Zn-Prot., 6= Zn-yeast

Zn digestibility and retention were similarly influenced by Zn source. This indicates that the tested Zn preparations differed only in digestibility and not in intermediate utilization.

Table 3: Weight gain, Zn intake, apparent Zn digestibility and Zn retention of different zinc sources

	Treatment					
Item	1	2	3	4	5	6
Zn addition, mg/kg feed	10	100	10	10	10	10
Analyzed Zn in feed, mg/kg	52	175	82	53	68	84
Zn intake, mg/day	72.5 [a]	244.6 [d]	115.4 [c]	74.1 [a]	92.7 [b]	117.8 [c]
Weight gain, g/day	437[a]	564[b]	559[b]	550[ab]	504[ab]	587[b]
Apparent Zn digestibility, %	17.2 [a]	38.2 [ab]	51.6 [b]	27.2 [ab]	39.3 [ab]	45.9 [ab]
Zn retention, % of Zn intake	16.4 [a]	37.8 [ab]	51.0 [b]	26.4 [ab]	38.7 [ab]	45.3 [b]

[a,b,c] Means within a row with different superscripts differ ($P < 0.05$).
Treatments: 1= ZnO, 2= ZnO, 3=Zn-Met (1:2), 4= Zn-Glyc, 5= Zn-Prot., 6= Zn-yeast

Retention observed during this study varied between 16 and 51% which is in accordance with other findings (Siebert, 2011). Apparent Zn digestibility and retention was highest for the Zn-Met 1:2 followed by Zn-yeast. However, differences between Zn-Met and yeast were not significant.There was a trend for lower bioavailability of Zn-Prot and Zn-Gly. The lowest Zn retention was observed for diet supplemented with 10 ppm ZnO. This is in agreement with literature showing higher availability of organic zinc sources (Ammerman et al., 1995). Especially Zn from Zn-Met was highly digestible in this study.

However, the efficacy of Zn-Met is discussed controversially. In rats, de Souza et al. (2007) found a significant improvement in Zn retention for Zn-Met as 1:1 as well as 1:2 complex compared to ZnO or $ZnSO_4$. These findings are confirmed by Siebert (2011) in piglets. In contrast, Revy et al. (2004) were not able to detect differences in the apparent Zn digestibility as well as Zn balance of weanling pigs fed diets supplemented with $ZnSO_4$ or Zn-Met (1:2). One explanation for this finding could be the different solubility of ZnO and $ZnSO_4$. In contrast to oxides, sulphates are more soluble along the gastrointestinal tract and therefore there is a greater chance for absorption.

Other studies with Zn-Met as 1:1 complex (Hollis et al., 2005, van Heughten et al., 2003.) did not confirm the positive effect of this organic zinc source. This might be due to the fact that the solubility of these two Zn-Met complexes is different (de Souza et al., 2007). An inverse relation between the solubility of Zn from organic sources and its bioavailability was found by Cao et al. (2000). The 1:2 complex has to be completely degraded to a 1:1 complex prior to final degradation. Due to this gradual degradation, a higher proportion of Zn can be resorbed as Zn-Met. Wedekind et al. (1992) demonstrated a greater bioefficacy of Zn-Met relative to inorganic Zn sources in poultry. This effect was higher in diets containing phytate and fiber as compared to semi-synthetic diets.

The lower retention of the Zn-Gly compared to Zn-Met and Zn-yeast in our study was also confirmed by the study of Siebert (2011) who demonstrated lower retention for the glycinate as compared to the Zn-Met in piglets. This might be explained by the small molecule size of the glycine. Small amino acids like glycine tend to bind to fiber fractions in the cavities of the native crude fiber (Bergner, 1986), thereby reducing reabsorption through the gut wall. The relatively low figures for proteinate could be a result of lower average bond strength between the various amino acids and the Zn as compared to the Zn-Met. The real zinc amino acid chelate structure is given when zinc is bound to both the amino and carboxyl moieties of the amino acid.

The trend for higher Zn retention from Zn-yeast compared to ZnO is in line with findings from Yamaguchi et al. (2004) in rats.

Due to better bioavailability of Zn-Met 1:2 and zinc yeast, these organically bound substances can replace higher dosages of zinc oxide. This significantly reduces zinc excretion and consequently the environmental impact. The kind of chelate seems to be an important factor for Zn retention. Further research is needed to evaluate the bioavailability of the different Zn-Met complexes.

Literature

Ammerman, C. B., D. H. Baker, A. J. Lewis. 1995. Bioavailability of nutrients for animals: Amino acids, minerals, vitamins. Academic Press, San Diego.

Bergner, H.. 1986. Stickstoffumsetzungen im Dickdarm. Übers. Tierernährg. 14: 101-130.

Cao, J., P. R. Henry, R. Guo, R. A. Holwerda, J. P. Toth; R. C. Littell, R. D. Miles, C. B. Ammerman. 2000. Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic zinc sources for poultry and ruminants. J. Anim. Sci 78: 2039-2054.

de Souza, A. R., L. P. Martins, L. C. de Faria, M. E. P. Martins, R. N. Fereira, A. M. L. da Silva, E. S. Gil, E. C. da Conceição. 2007. Studies on the bioavailability of zinc in rats supplemented with two different zinc-methionine compounds. Lat. Am. J. Pharm. 26: 825-830.

Hollis, G. R., S. D. Carter, T. R. Cline, T. D. Crenshaw, G. L. Cromwell, G. M. Hill, S. W. Kim, A. J. Lewis, D. C. Mahan, D. S. Miller, H. H Stein, T. L. Veum. 2005. Effects of replacing pharmacological levels of dietary zinc oxide with lower dietary levels of various organic zinc sources for weanling pigs. J. Anim. Sci. 83: 2123-2129.

NRC., 1998. Nutrient requirements of swine. 10th ed., Natl. Acad. Press. Washington, DC

Revy, P. S., C. Jondreville, C. Dourmada, J. Y. Nysb. 2004. Effect of zinc supplemented as either an organic or an inorganic source and of microbial phytase on zinc and other minerals utilisation by weanling pigs. Anim. Feed Sci. Technol. 116: 93-112.

Siebert, F., 2011. Vergleich der Bioverfügbarkeit verschiedener Zinkverbindungen beim Absetzferkel, Dissertation Universität Gießen, Available from URL: http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2012/8666/pdf/SiebertFelicitas_2011_12_12.pdf

van Heughten, E., J. W. Spears, E. B. Kegley, J. D. Ward, M. A. Qureshi. 2003. Effects of organic forms of zinc on growth performance, tissue zinc distribution, and immune response of weanling pigs. J. Anim. Sci. 81: 2063-2071.

Wedekind, K.J., A.E. Hortin, and D.H. Baker. 1992. Methodology for assessing zinc bioavailability: efficacy estimates for zinc-methionine, zinc sulfate, and zinc oxide. J. Anim. Sci. 70:178-187

Yamaguchi, M., A. Igarashi, S. Uchiyama. 2004. Bioavailability of zinc yeast in rats: stimulatory effects on bone calcification in vivo. J. Health Sci. 50: 75-81.

Corresponding author

Dr. Elke von Heimendahl
Lohmann Animal Health GmbH
Heinz-Lohmann-Str. 4
27472 Cuxhaven, Deutschland
elke.von.heimendahl@lohmann.de

Beiträge von hofeigenem und zugekauftem Futter zur Gesamtelementfracht für die Fütterung von Milchkühen in drei Regionen Niederösterreichs

Manfred Sager, Manuela Hobegger

AGES Wien, Spargelfeldstrasse 191, 1220 Wien

Einleitung

Im Rahmen der amtlichen Futtermittelkontrolle werden all jene Futtermittel erfasst, die in Verkehr gebracht werden, hofeigenes Futter jedoch nicht. In der Praxis erfolgt die Fütterung an Hand des Nährstoffgehalts. Zur ausreichenden Versorgung mit Elementen und Spurenelementen sind einige optimale Elementmengen bekannt, aber es existieren wenige Daten aus landesüblich geführten Höfen, ob Über- oder Unterversorgung stattfindet. Bei Überversorgung, wie Fütterung von zu viel Ergänzungsfutter oder Mineralmischungen, wird der Betrieb zu sehr finanziell, und Gülle bzw. Mist mit Metallsalzen belastet. Bei Unterversorgung wird die Leistung suboptimal.

Andere, für den Stoffwechsel wenig bedeutende Elemente, sollten die geologischen Verhältnisse abbilden lassen. Diese werden in der Routine-Analyse nicht erfasst, weil sie weder gesundheitsrelevant noch wertbestimmend sind. Sie könnten aber dazu beitragen, regionale Unterschiede in der Milchzusammensetzung erklären, insbesondere für Elemente, die das Kalb nicht benötigt. Bio-inaktive Elemente werden den kommerziellen Futtermitteln nicht eigens zugefügt.

Ziel ist es, ausreichend Datensätze von Elementkonzentrationen aus milchproduzierenden Regionen Österreichs aus Milch und zugehörigem Futter zu erhalten. Darin werden in Kombination mit der lokalen Fütterungspraxis jene Elementkonzentrationen bzw. Elementmengen gesucht, die in den Regionen unterschiedlich sind.

Material und Methodik

Futtermittel, Tränkewasser und zugehörige Rohmilchproben wurden in ausgewählten Milchbetrieben bei der Begehung durch Organe des Landeskontrollverbandes NÖ gezogen und ins Labor gebracht. Die aus verschiedenen Futterkomponenten verabreichte Ration wurde in Erhebungsbögen dokumentiert. Die Menge des aufgenommenen Futters wurde aus der Milchleistung geschätzt, und ein Konsum von 100 Liter Tränkewasser angenommen.

Im Labor wurden die Proben homogenisiert, getrocknet und 2 voneinander unabhängigen Druckaufschlussmethoden unterworfen. Aus den Aufschlusslösungen wurden, teils nach geeigneter Verdünnung, die Elementgehalte mit ICP-OES und ICP-MS bestimmt, für Jod mit Standardaddition in Gegenwart von Überschuss Chlorat. Selen wurde nach Veraschung mit Magnesiumnitrat und Lösen mit Salzsäure, mit Hydrid-AAS ermittelt. Die erhaltenen Konzentrationen wurden über den Wassergehalt auf die ursprüngliche Probe zurückgerechnet, um die Gesamtelementgehalte der Futterrationen und die relativen Beiträge der einzelnen Komponenten zu erhalten.

Für nicht eigens beprobte Futterkomponenten, wie Mineralmischungen oder Weizenkleie, wurden Daten aus dem Archiv der Abteilung, von gleichnamigen früher analysierten Proben, eingesetzt.

Ergebnisse

Es wurden bisher Proben aus insgesamt 16 Betrieben ausgewertet, davon 7 aus dem Waldviertel, 7 aus den NÖ Kalkalpen, und 2 aus der Molassezone.

Wasser

Das Tränkewasser wurde in säuregereinigten Kunststoffflaschen blasenfrei abgefüllt und nach dem Ansäuern unfiltriert mit ICP-OES analysiert. Die Nichtmetalle Bor, Schwefel und Silizium, sowie Lanthan, Cer und Titan, wurden in gesonderten Arbeitsgängen bestimmt. In einigen Proben wurde auch Jod nach Zugabe von salpetersaurer Kaliumchloratlösung mit ICP-MS bestimmt, wobei Auswertungen über Kalibrationskurve oder über Standardaddition nahezu idente Eergebnisse ergaben.

Im Vergleich mit den Gehalten der gesamten Futterration war der Beitrag des Tränkewassers am höchsten bei Lithium (4,05%), gefolgt von Strontium (3,86%), Natrium (3,67%), Magnesium (2,82%), Calcium (2,57%) und Bor (2,57%). In der Gesamtmenge vernachlässigbar gering, aber immer messbar, waren Kalium und Mangan. Hinsichtlich regionaler Unterschiede waren die Beiträge zur Gesamtfracht für Fe und Mg in der Molassezone höher, und für Ca im Waldviertel tiefer. Die Beiträge von Sr, Si und Na streuten besonders stark. Nur in Einzelfällen über der Nachweisgrenze lagen Werte für Be, Cd, Co, Ce, Cr, La, Mo, Ni und V.

Heu

In den Kalkalpen wurde mit durchschnittlich 20,6% mehr als doppelt so viel Heu wie im Waldviertel (7,6%) oder in der Molassezone (9,1%) gefüttert. Die aus dem Heu stammenden Frachtanteile sind daher in den Kalkalpen alle höher. Die relativ größten Anteile an der Fracht kommen von Chrom, gefolgt von Nickel und Molybdän. Das Heu liefert auch relativ hohe Anteile an Titan und Rubidium, hier fehlen aber viele Vergleichsdaten von Mineralfuttermitteln. Das Heu enthält nur unterdurchschnittliche Beiträge an Co, Ca, P, Cu, Zn, Se und Na, welche also überwiegend aus anderen Quellen stammen.

Grassilage

Grassilage war im Waldviertel mit 58 % und in den Kalkalpen mit 51 % (der Trockenmasse!) die Hauptkomponente des verabreichten Futters, in der Molassezone mit 19 % deutlich weniger. Entsprechend niedriger sind auch die Frachten für B, Cd, J, K, Mg, Mn, P, Pb und Zn, nicht jedoch bei den anderen Elementen, wie Ba, Co, Cr, Mo, Na, Rb, Sr, Ti und V. Die Grassilage enthält überdurchschnittlich viel B, gefolgt von Al, Si, Fe, Ca, Li und Sr. Abgereichert sind hingegen Cu, Co, Cr, Zn, Na und besonders Selen.

Infolge des hohen relativen Anteils an der Ration und der hohen Elementkonzentrationen bringt die Grassilage für sämtliche untersuchte Elemente auch die größten Absolutmengen in die Ration. Nur bei Cr und Ni bringt das Heu mehr, und bei Co, Cu, Na, Se und Zn das Mineralfutter.

Maissilage

Maissilage wurde nur in 7 Betrieben gefüttert, im Mittel zu 27 %. Alle Mineralanteile lagen unter dem Anteil an der Ration, ausgenommen Silizium. Maissilage lieferte die geringsten Beitrage zur Fracht bei Zn, Co, Cr, Se und besonders Na.

Kraftfutter

Kraftfutter wurde in fast allen Betrieben in die Ration gemischt, im Mittel zu 15% (Bereich 2-35 %). Es enthält so wie die Maissilage unterdurchschnittliche Anteile an Mineralstoffen, nur der Anteil von Phosphor war höher als der Anteil an der Ration. Besonders niedrig waren die Beiträge an K, Li, Si, Cs und V. Die Anteile an Cr, Al, Fe, J, Ni, Mn und Ti streuten stark.

Mineralmischungen

Sämtliche Mineralstoffgehalte waren höher als der Anteil der Mineralmischung an der Gesamtration, insbesondere für Se, Co, Cu, Zn und Na; nur B und K war geringer. Vergleichsdaten für Seltene Erden, Titan, Silizium und Schwefel bei in den Vorjahren ermittelten Datensätzen fehlen jedoch weitgehend.

Viehsalz

Obwohl Viehsalz im Durchschnitt nur 0,2% der Gesamtration ausmacht, trägt es mit 51 % zur Na-Versorgung bei, wobei regionale Unterschiede nicht feststellbar waren. In den untersuchte Proben waren Begleitelemente, wie K, Mg, Ca oder J sehr gering. Bemerkenswerterweise enthält das Viehsalz der Marke Biosaxon fast 1% Zink.

Hofeigenes Futter

Um regionale Unterschiede darstellen zu können, muss man jene Komponenten zusammenfassen, welche mit Sicherheit um Hof erzeugt und verwendet werden, und die auch nicht der amtlichen Futtermittelkontrolle unterliegen. Es sind dies das Tränkewasser, Heu, Grassilage und Maissilage, der Anteil an der Ration war im Schnitt 74%. Aus der Masse von 74% an hofeigenem Futter kommt überdurchschnittlich viel an K (89,8%), Al (87,6%), B (87,0%), Ba (85,3 %) und Pb (80,4%). Wenig kommt jedoch an Cu(44,4%), Co(42,2%), Zn(36,3%), Na(22,2%) und besonders Se (15,1%). Nimmt man das Kraftfutter dazu, dann war der Anteil an der Ration im Schnitt 90 %, was aber die Ergebnisse für die Elementfrachten kaum verändert. Regionale Unterschiede treten bei B, V, LI, J und Se auf.

Unter den hofeigenen Komponenten ist die Absolutmenge von K immer am höchsten, gefolgt von Ca, Si, P, Mg und S in zum Teil leicht vertauschter Reihenfolge. Aus den Beiträgen der Mineralmischungen kommen jedoch die Hauptfrachten an Ca, gefolgt von P, Na, Mg, Zn und Fe.

Summiert man die in den Futterrationen enthaltenen Gesamtfrachten (in mg), so treten regionale Unterschiede nur bei Ba, Ca, Cd, J, Li, Rb und Zn auf, die sich aus den geologischen Gegebenheiten und den regional unterschiedlichen Gewichtungen der Futterkomponenten ergeben können.

Regionale Unterschiede in den Konzentrationen

Am deutlichsten treten regionale Unterschiede in den Konzentrationen im Heu auf, wie bei Ca, Fe, J, Li, P und Ti; bei der Grassilage und der Maissilage sind sie nicht so ausgeprägt. Die Elementverhältnisse Ca/Sr, Li/Cs und K/Ba im Heu steigen vom Waldviertel über die Molassezone bis in die Kalkalpen an, bei K/Cs und der Lanthanidenkontraktion (Verhältnis leichter zu schwerer Lanthaniden) ist es umgekehrt. Die Probe aus dem Schiefergebiet ist wieder anders.

Bedarf

Für eine Kuh von 600 kg, die 20 kg Milch abgibt, wird ein Bedarf von täglich 80g Ca, 60 g P, 27 g Mg, 28 g Na, 1 g Zn, 1 g Fe, 0,8 g Mn, 0,24 g Cu, 0,01g J und 0,002g Mo, 0,002g Co und 0,002 g Se veranschlagt.

Im Vergleich mit diesen Zahlen sind die Kühe mit Cu-P-Zn-Se genau versorgt, mit Ca-Mg-Mn 2-fach überversorgt, mit Mo und Co 3-fach und mit Fe sogar 8-fach überversorgt. Mit Jod sind sie knapp unterversorgt, wobei allerdings der Jodgehalt einiger zugekaufter Futtermittel als Null angenommen wurde. Natrium ist (ohne Viehsalz!) stark unterversorgt.

Gemäß obigem Bedarf würde das hofeigene Futter zur Versorgung mit Ca, Co, Fe, Mg, Mn, Mo und P ausreichen. Bei Jod kann es knapp werden. Mineralmischungen bzw. Viehsalz sind nötig, um den obgenannten Bedarf an Cu, Na, Zn und Se zu decken.

Literatur

Erich Gessl: Die Hochleistungskuh, 3. Auflage 1983, L. Stocker Verlag Graz-Stuttgart

Manfred Kirchgeßner ; Franz X. Roth ; Frieder J. Schwarz ; Gabriele I. Stangl: Tierernährung : Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis . 12. Aufl. DLG-Verlag - Frankfurt am Main 2008

Heinz Jeroch, Winfried Drochner, Ortwin Simon: Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere : Ernährungsphysiologie, Futtermittelkunde, Fütterung. Ulmer Verlag 1999

Autorenanschrift

Doz. Dr. Manfred Sager
Sonderuntersuchungen Elementanalytik, Bereich Lebensmittelsicherheit
Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit
Spargelfeldstrasse 191
1220 Wien, Österreich

ADDCON

Adiós Hefen & Schimmel!

Ihre Maissilage ist von Verderb durch Hefen und Schimmelpilze gefährdet. Schützen Sie Ihre wertvollen Nährstoffe durch den Einsatz der MAIS KOFASIL-Produktlinie.

- **MAIS KOFASIL®**
- **KOFASIL® STABIL**
- **KOFASIL® S**
- **KOFASIL® LIFE M**

Mehr Energie
Mehr Leistung

www.addcon.com

ADDCON EUROPE GmbH
Kaiserstr. 1a • 53113 Bonn
Tel.: 0228-91910-0
Fax: 0228-91910-60
E-Mail: info@addcon.com

Entwicklung eines Fütterungsmodells mit Absetzferkeln zur Messung der Bioverfügbarkeit des Futterzinks

Daniel Brugger, Wilhelm Windisch

Lehrstuhl für Tierernährung, Technische Universität München

Einleitung

Zink ist ein essentielles Spurenelement, dessen ausreichende Versorgung über praktische Rationen für monogastrische Nutztiere (Schwein, Geflügel) nicht gewährleistet ist. Es muss deshalb dem Futter unbedingt zugesetzt werden, um die schweren gesundheitlichen Störungen von Zinkmangel sicher zu vermeiden. Die Ursachen für die Notwendigkeit der Zulage an Zink zum Futter liegen einerseits darin, dass das Leistungspotenzial heutiger Nutztiere gegenüber früher bzw. der Wildtierpopulation wesentlich stärker gestiegen ist als die Kapazität der Futteraufnahme. Andererseits enthalten moderne Futterrationen oftmals nur wenig natives Zink und gleichzeitig hohe Mengen an Komplexbildern wie etwa Phytate, welche die Bioverfügbarkeit des Futterzinks erheblich beeinträchtigen können (Lantzsch 1990, Stangl 2011).

Üblicherweise wird das Futter mit Zink im Überschuss supplementiert, um bei oftmals unbekannter Bioverfügbarkeit einen Zinkmangel sicher zu vermeiden (GfE 2006). Für den Organismus sind diese Überschüsse kein Problem, denn die homöostatische Regulation des Zinkstoffwechsels sorgt für die Drosselung der Absorption aus dem Darmtrakt und die Exkretion des Überschusses über den Kot (Windisch and Kirchgessner 1995). Damit gelangt der Überschuss jedoch in die Wirtschaftsdünger, was aus Gründen des Umweltschutzes problematisch angesehen wird (UBA 2004, Kickinger *et al.* 2008, Kickinger *et al.* 2010). In der Zukunft wird es demnach immer wichtiger, einerseits den Zinkbedarf der Tiere sicher zu decken, andererseits aber Überschüsse zu minimieren. Der Schlüssel hierfür ist die quantitative Erfassung der Bioverfügbarkeit der supplementierten Zinkverbindungen und die modulierenden Faktoren des Futters. Hierfür benötigt man ein Fütterungsmodell, dass auf Basis einer praxisüblichen Rationszusammensetzung eine kontrollierte Unterversorgung an Zink in einer möglichst großen Spannweite zum Bedarfspunkt einer ausreichende Zinkversorgung bereitstellt, ohne dass hierbei klinisch relevante Zinkmangelsymptome ausgelöst werden (Kirchgessner et al. 1993).

Material und Methoden

In der vorliegenden Untersuchung kamen Futtermischungen für Aufzuchtferkel zum Einsatz, deren Zinkgehalte durch abgestufte Zulagen an Zinksulfat von unzureichenden bis bedarfsüberschreitenden Zinkmengen eingestellt wurden. Die Basismischung des Futters war durchwegs identisch und bestand hauptsächlich aus Mais und Sojaextraktionsschrot. Alle Nährstoffgehalte (außer Zink) waren bedarfsdeckend eingestellt (GfE 2006) (13,0 MJ ME/kg, 24,0 % Rohprotein). Um die native Phytase-Aktivität der Futterkomponenten auszuschalten, wurde das Futter vor der Zulage an Spurenelementen und Vitaminen mit Dampf pelletiert (70 °C). Anschließend wurde das Material vermahlen, die Mikrokomponenten zugelegt und anschließend wieder pelletiert. Auf eine Zulage an Phytase wurde verzichtet. Zur Bestimmung der scheinbaren Zn-Verdaulichkeit wurde dem Futter 0,3 % TiO_2 als Indikator beigemischt.

Nach diesem Verfahren wurden insgesamt 8 Futtermischungen erstellt, die sich lediglich in der Höhe der Zinkzulage unterschieden und so eine Spannweite des Gesamtgehalts an Zink im Futter von 28,1 (nativer Zn-Gehalt) bis 88,0 mg/kg erzeugten (Tabelle 1).

Tabelle 1: Zinkzulage und analysierte Gesamtgehalte an Zink im Futter (mg/kg)

Futtergruppe	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Zink-Zulage als Zinksulfat	0	5	10	15	20	30	40	60
Analysierter Futterzinkgehalt	28,1	33,6	38,8	42,7	47,5	58,2	67,8	88,0

Für den Tierversuch standen insgesamt 48 frisch abgesetzte Ferkel, mit einem Geschlechterverhältnis von 1:1 (männlich-kastriert/weiblich) zur Verfügung. Die Tiere wurden einzeln in einer Flatdeck-Anlage unter vollklimatisierten Bedingungen gehalten. Das mittlere Einstallgewicht betrug 8,6 kg. Die Tiere wurden unter Berücksichtigung von Geschlecht, Wurfzugehörigkeit und Körpergewicht in 6 Blöcke zu je 8 möglichst ähnlichen Tieren eingeteilt.

Die ersten 14 Tage nach der Gruppeneinteilung erhielten alle Tiere das Futter mit der höchsten Zinkzulage (60 mg/kg, Futtergruppe 8) ad libitum. Anschließend wurden innerhalb eines jeden Tierblocks die 8 Tiere den 8 Futtermischungen zufällig zugeteilt und für die folgenden 8 Tage restriktiv verfüttert (450 g/Tag). Diese Zuordnung entsprach einem vollständig randomisierten Blockdesign von 6 Blöcken und 8 Behandlungen (mittleres Körpergewicht zu Beginn der unterschiedlichen Zinkversorgung: 13,4 kg).

Während der letzten 4 Tage des Experiments wurden von jedem Tier Kotproben gesammelt. Zu Versuchsende wurden Blutproben in Lithium-Heparin-Röhrchen gezogen, zentrifugiert und das Blutplasma gewonnen. Die Futter- und Kotproben wurden auf die Gehalte an Zink und TiO_2 untersucht (Nassaufschluss über Mikrowelle; Messung an AAS). Im Blutplasma wurden die Aktivität der Alkalischen Phosphatase (AP) sowie der Zinkgehalt und die Zinkbindungskapazität (ZBK) bestimmt. Letztere ist ein Maß für die noch freien Bindungsstellen für Zink im Blutplasma in Prozent der maximalen Beladungskapazität des Blutplasmas an Zink.

Die Daten wurden einer Varianzanalyse unterzogen (Faktoren „Block“ und „Behandlung“) sowie regressionsanalytisch in Bezug zum Zinkgehalt der Futtermischungen ausgewertet (lineare bzw. broken-line Funktion) (SAS 9.3; SAS Institute Inc., Cary, USA). Als Signifikanzschwelle wurde $p \leq 0,05$ festgesetzt.

Diese Fütterungsstudie wurde der Regierung von Oberbayern als Tierversuch zur Anzeige gebracht und genehmigt (Az. 55.2.1.54-2532.3.63-11).

Ergebnisse

Mit sinkender Zinkkonzentration im Futter nahm die Zinkkonzentration und die Aktivität der Alkalischen Phosphatase (AP) im Blutplasma der Tiere ab (Abbildung 1A, und 1B) und spiegelbildlich dazu die Zinkbindungskapazität zu. Die Verläufe waren über den gesamten Versorgungsbereich an Zink linear und statistisch hochsignifikant ($p < 0,001$). Es zeigte sich keine Differenzierung zwischen defizitären und (mutmaßlich) bedarfsdeckenden Zinkgehalten des Futters.

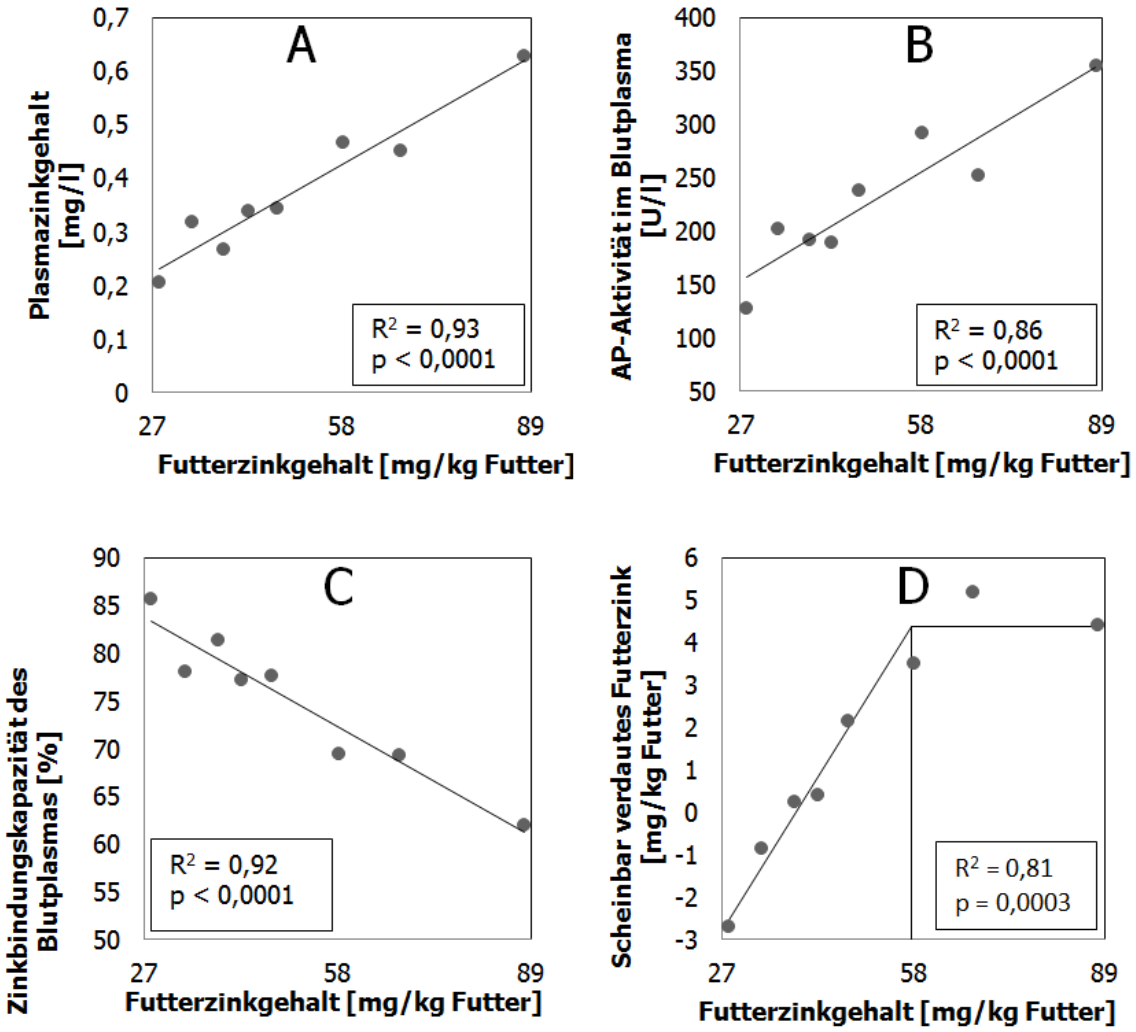


Abbildung 1: Zinkkonzentration (µg/ml), Aktivität der Alkalischen Phosphatase (AP, U/L) und Zinkbindungskapazität (%) im Blutplasma sowie scheinbar verdaute Menge an Futterzink (mg/kg Futter) in Abhängigkeit von der Zinkkonzentration des Futters

In Abbildung 1D ist die Menge an scheinbar verdautem Futterzink in Abhängigkeit des Zinkgehalts des Futters dargestellt. Ausgehend vom nativen Zinkgehalt des Futters (28 mg/kg) hatte die Erhöhung des Zinkgehalts zunächst einen linearen Anstieg der scheinbar verdauten Zinkmengen zur Folge (Steigung = 0,23 mg/mg Futter-Zink). Im Bereich der dritthöchsten Zinkstufe ging der Anstieg jedoch in ein Plateau über. Die Auswertung der Messpunkte nach einer *broken line*-Funktion ergab einen Zinkgehalt des Futters von 58 mg/kg als Übergang vom linearen Anstieg in das Plateau. Die *broken line*-Funktion war insgesamt statistisch hochsignifikant (p = 0,0003).

Diskussion

Das Ziel der vorliegenden Studie war die Entwicklung eines praxistauglichen Versuchsmodells zur Bestimmung der Bioverfügbarkeit des Futterzinks an Absetzferkeln unter der Bedingung einer defizitären Zinkversorgung. Dazu waren im Wesentlichen drei Probleme zu optimieren bzw. lösen:

(1) Die Erstellung eines Futters mit praxisüblicher Zusammensetzung, das ein möglichst großes „Fenster“ zwischen einer mangelhaften und bedarfsdeckenden Zinkversorgung bereitstellt.

(2) Die Vermeidung einer Erschöpfung der körpereigenen Zinkreserven, die zu klinischen Mangelsymptomen führen und so die Messung der Bioverfügbarkeit stören würde.

(3) Die Identifikation geeigneter Response-Parameter zur Bestimmung der Bioverfügbarkeit.

Das Futter bestand aus praxisüblichen Rationskomponenten und wies einen nativen Zinkgehalt von 28 mg/kg auf. Dieser Wert lag deutlich unter dem Schätzwert für den Bruttozinkbedarf von Absetzferkeln unter praktischen Fütterungsbedingungen (60 mg/kg) (NRC 2005). Demnach war zu erwarten, dass die ersten 5 Futtergruppen (Zinkzulage von 0, 5, 10, 15 bzw. 20 mg/kg) bedarfsunterschreitende Mengen an Futterzink bereitstellten bzw. dass die Futtergruppen mit den drei höchsten Zinkzulagen (30, 40 bzw. 60 mg/kg) bedarfsdeckende Zinkmengen enthielten. Allerdings können gewisse Inhaltsstoffe des Futters, insbesondere Phytat sowie native oder zugesetzte Phytase die Bioverfügbarkeit des Futterzinks modulieren und so den Umschlagpunkt zwischen Unterversorgung und Bedarfsdeckung verschieben (Windisch and Kirchgessner 1999). Aus diesem Grunde wurden in der vorliegenden Untersuchung Futterkomponenten mit hohem Phytatgehalt (z.B. Sojaextraktionsschrot) (Lantzsch 1990) bevorzugt in die Ration aufgenommen. Darüber hinaus wurde keine Phytase zugesetzt und die Aktivität der nativen Phytase durch zweimaliges Pelletieren minimiert. Wie Abbildung 1D zeigt, ging die durch Zinkzulagen verursachte Steigerung der scheinbar verdauten Zinkmengen je kg Futter tatsächlich bei einem Futter-Zn-Gehalt von 58 mg/kg in ein Plateau über, was den Beginn der homöostatischen Gegenregulation des Zinkstoffwechsels und damit den Umschlagspunkt vom Zinkmangel zur Bedarfsdeckung anzeigt (Kirchgessner *et al.* 1993). Das vorliegende Fütterungsmodell spiegelte demnach die gängige Praxis der Ferkelaufzucht wider und stellte gleichzeitig einen breiten Spielraum für die Zink-Supplementierung unter der Bedingung einer bedarfsunterschreitenden Zinkversorgung zur Verfügung.

Klinische Zinkmangelsymptome treten erst nach Erschöpfung der körpereigenen, mobilen Zinkreserven auf. Anhand früherer Untersuchungen an Ratten und Aufzuchtferkeln wäre dies bei der Futtergruppe ohne Zinkzulage nach etwa 2 Wochen zu erwarten gewesen (Pfaffl *et al.* 2003, Windisch 2003a, b). Aus diesem Grunde wurde die Unterversorgung an Zink auf 8 Tage limitiert. Die Abwesenheit klinischer Zinkmangelsymptome ist auch daraus ersichtlich, dass sich weder Futteraufnahme, noch Gewichtszuwachs oder Futterverwertung zwischen den Tiergruppen unterschieden (im Mittel 442 g/Tag, 431 g/Tag, 1,20 g/g). Darüber hinaus zeigten sich keinerlei äußerliche Veränderungen, die auf einen Zinkmangel hinweisen (z.B. Hautläsionen; Prasad (1985)). Die Zinkmangelsituation der vorliegenden Untersuchung hat demnach den Rahmen einer physiologisch normalen Mobilisierung körpereigener Zinkreserven (v.a. aus dem Skelett; Windisch und Kirchgessner (1994a), Windisch (2003a)) nicht überschritten.

Die hier gemessenen „klassischen“ Responseparameter für den Zinkversorgungsstatus (Zn-Gehalt im Blutplasma, Zinkbindungskapazität, Aktivität der alkalischen Phosphatase; Roth and Kirchgessner (1999)) wiesen über den gesamten Bereich der Zinkversorgung hinweg eine hochsignifikante lineare Reaktion auf die Zulage an Futterzink auf. Der in der Literatur beschriebene Übergang in einen Plateaubereich ab dem Erreichen einer bedarfsdeckender Zinkversorgung (Roth and Kirchgessner 1980, Weigand and Kirchgessner 1980, Kirchgessner *et al.* 1993) war in dem hier vorliegenden, kurzfristigen Fütterungsversuch dagegen nicht zu beobachten. Möglicherweise lag dies daran, dass auch diejenigen Tiere, die sich im Bereich einer bedarfsdeckenden Zinkversorgung befanden (Futtergruppe 6 und 7), nach der Reduktion der alimentären Zinkversorgung bis zur endgültigen Anpassung ihrer Zink-Homöostase (ca. 3 Tage) kurzfristig körpereigene Zinkreserven mobilisieren mussten (Pfaffl *et al.* 2003, Windisch 2003a). Demgegenüber zeigte nur die scheinbar verdaute Zinkmenge je kg Futter den Übergang von einem linearen Anstieg in einen Plateaubereich nahe dem erwarteten Wert von 60 mg Zink/kg an. Unter den hier untersuchten Statusparametern der Zinkversorgung ist

demnach die scheinbar verdaute Zinkmenge je kg Futter der einzige Parameter, der das „Fenster“ für die Messung der Bioverfügbarkeit zuverlässig anzeigt (beim Vorliegen einer bedarfsunterschreitenden Zinkversorgung). Für künftige Untersuchungen zur Bioverfügbarkeit scheint demnach eine Kombination aus scheinbar verdauter Zinkmenge und den drei Merkmalen Plasma-Zink, Alkalische Phosphatase und Zinkbindungskapazität als ergänzende Parameter besonders geeignet.

Unter der Bedingung einer defizitären Zinkversorgung repräsentiert die scheinbar verdaute Zinkmenge je kg Futter die Kombination aus der wahren Absorption des Nahrungszinks und den unvermeidlichen Zinkverlusten über die endogene fäkale Exkretion. Nachdem die unvermeidlichen Zinkverluste über die Körperoberfläche und die renale Exkretion im Vergleich zur endogenen fäkalen Exkretion vergleichsweise gering sind (Weigand and Kirchgessner 1980, Kirchgessner *et al.* 1993, Windisch and Kirchgessner 1994b, 1995, Windisch and Kirchgessner 1999), stellt das scheinbar verdaute Zink einen Näherungswert für das bioverfügbare Nahrungszink dar. Die negativen Werte bei der Futtergruppe ohne Zinkzulage zeigten, dass diese Tiere mehr Zink über den Kot verloren, als sie über das Futter aufnahmen. Durch Zulage von Zinksulfat stieg das scheinbar verdaute Futterzink um 0,23 mg je mg zugelegtes Futterzink (Abbildung 1D). Dessen Bioverfügbarkeit betrug in der hier getesteten Futterration somit 23 %, wenn man die unvermeidlichen Verluste über die Körperoberfläche und die renale Exkretion vernachlässigt. Dieser Schätzwert liegt noch deutlich unter den wenigen quantitativen Angaben aus der Literatur (42 %, Schlegel und Windisch 2006) und zeigt, dass die hier getestete Futterration ein relativ weites Fenster für die quantitative Schätzung der Bioverfügbarkeit von zugelegtem Futterzink zur Verfügung gestellt hat.

Schlussfolgerung

Das vorliegende Tiermodell konnte einen klaren und fein differenzierten Zinkmangel erzeugen, ohne dabei Störungen durch klinische Zinkmangelsymptome zu verursachen. Die erforderliche Zulage an Zinksulfat zur nativen Basisration bis zum Erreichen der Bedarfsdeckung betrug 30 mg/kg (siehe Abbildung 4). Diese Dosis entspricht der maximal möglichen Zulage einer zu testenden Zinkverbindung mit einer Bioverfügbarkeit von etwa 23 % unter der Bedingung des vorliegenden Testsystems (Tierspezies, -kategorie, Zusammensetzung und Behandlung der Futterration). Unter der hypothetischen Annahme einer Bioverfügbarkeit von 100 % würde die maximal zulässige Zinkzulage zur nativen Basisration auf etwa 7 mg/kg schrumpfen. Dieser Wert ist das eigentliche Messfenster einer Zinkzulage zum Futter, innerhalb dessen das vorliegende Tiermodell verschiedene alimentäre Zinkquellen hinsichtlich ihrer (unbekannten) Bioverfügbarkeit quantitativ sicher differenzieren kann. Aus diesem Grunde muss die zu testende Zinkverbindung sehr präzise und homogen in das Futter eingemischt werden.

Danksagung

Wir danken der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V. (BAT) für die großzügige Förderung dieser Studie. Herrn Thomas Sonnhütter, Herrn Dipl. Ing. Michael Gertitschke, Frau Andrea Reichelmeir und Herrn Martin Hanauer B.Sc. (TU München) danken wir für die hervorragende, technische Unterstützung.

Literatur

Gfe, 2006. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung bei Schweinen. Energie und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

Kickinger, T., Humer, J., Aichberger, K., H., W., Windisch, W., 2008. Survey on zinc and copper contents in dung from austrian livestock production. BODENKULTUR 59, 101 - 110.

Kickinger, T., Würzner, H., Windisch, W., 2010. Zinc and copper in feeds, slurry and soils from austrian pig fattening farms feeding commercial complete feed or feed mixtures produced on-farm. BODENKULTUR 60, 47 - 58.

Kirchgessner, M., Windisch, W., Weigand, E., 1993. True bioavailability of zinc and manganese by isotope dilution technique. In: Schlemmer, U. ed. Bioavailability '93: Nutritional, chemical and food processing implication of nutrient availabilty., 09.-12-05.1993, Karlsruhe, Germany, pp. 231 - 222.

Lantzsch, H.-J., 1990. Untersuchungen über ernährungsphysiologische Effekte des Phytats bei Monogastriern (Ratte, Schwein). Übers. Tierernähr. 18, 197 - 212.

Nrc, 2005. Mineral tolerance of animals. The National Academics Press, Washington, D.C.

Pfaffl, M.W., Gerstmayer, B., Bosio, A., Windisch, W., 2003. Effect of zinc deficiency on the mrna expression pattern in liver and jejunum of adult rats: Monitoring gene expression using cdna microarrays combined with real-time rt-pcr. J. Nutr. Biochem. 14, 691 - 702.

Prasad, A.S., 1985. Clinical manifestations of zinc deficiency. Annual Review of Nutrition 5, 341 - 363.

Roth, H.P., Kirchgessner, M., 1980. Zn-Bindungskapazität des Serums. Ein Parameter zur Diagnose von marginalem Zn-Mangel. Res Exp Med 177, 213 - 219.

Roth, H.P., Kirchgessner, M., 1999. Diagnosis of zinc deficiency. Z Gerontol Geriat 32 (Suppl. 1), I/55 - I/63.

Schlegel, P., Windisch, W., 2006. Bioavailability of zinc glycinate in comparison with zinc sulphate in the presence of dietary phytate in an animal model with 65zn labelled rats. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 90 (5-6), 216-222.

Stangl, G.I., 2011. Zink. In: Kirchgessner, M. ed. Tierernährung. 13. ed. DLG-Verlag GmbH, Frankfurt am Main, pp. 199.

Uba, 2004. Erfassung von Schwermetallströmen in landwirtschaftlichen Tierproduktionsbetrieben. UBA Berling, Berlin (Germany).

Weigand, E., Kirchgessner, M., 1980. Total true efficiency of zinc utilization: Determination and homeostatic dependence upon the zinc supply status in young rats. The Journal of Nutrition 110, 469 - 480.

Windisch, W., 2003a. Development of zinc deficiency in 65zn labeled, fully grown rats as a model for adult individuals. J Trace Elem Med Biol 17, 91 - 96.

Windisch, W., 2003b. Effect of microbial phytase on the bioavailability of zinc in piglet diets. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 12, 33.

Windisch, W., Kirchgessner, M., 1994a. Verteilung und Austausch von Zink in verschiedenen Gewebefraktionen bei defizitärer und hoher Zinkversorgung. 3. Zum Effekt einer unterschiedlichen Zinkversorgung auf den quantitativen Zinkumsatz im Stoffwechsel adulter Ratten. J Anim. Physiol. Anim. Nutr. 71, 131 - 139.

Windisch, W., Kirchgessner, M., 1994b. Zur Messung der homöostatischen Anpassung des Zinkstoffwechsels an eine defizitäre und hohe Zinkversorgung nach alimentärer ^{65}Zn-Markierung. 1. Mitteilung: Zum Effekt einer unterschiedlichen Zinkversorgung auf den quantitativen Zinkumsatz im Stoffwechsel adulter Ratten. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 71, 98-107.

Windisch, W., Kirchgessner, M., 1995. Anpassung des Zinkstoffwechsels und des Zinkaustauschs im Ganzkörper 65Zn-markierter Ratten an eine variierende Zinkaufnahme. 1. Mitteilung. Zum quantitativen Zinkumsatz im Stoffwechsel adulter Ratten bei physiologisch adäquater Zinkversorgung. J Anim. Physiol. Anim. Nutr. 74, 101 - 112.

Windisch, W., Kirchgessner, M., 1999. Zinc absorption and excretion in adult rats at zinc deficiency induced by dietary phytate additions: I. Quantitative zinc metabolism of 65zn-labelled adult rats at zinc deficiency. J Anim. Physiol. Anim. Nutr. 82, 106 - 115.

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

Autorenverzeichnis

Ader P	182
Bartelt J	231
Bartlreier FX	87
Bauer J	24
Becker C	176
Bedford M	194
Bellof G	102, 110
Benesch F	32
Blässe A-K	152
Bouattour A	157
Broz J	207
Brucker L	212
Brugger D	241
Buffler M	176
Buxbaum A	117
Buxbaum K	117
Calsamiglia S	157
Cavini S	157
Dos Santos T	194
Durst L	152
Eckel B	26
Eidelsburger U	182
Eklund M	5
Ettle T	59
Ferber P	102
Ferret A	157
Feuerstein D	182
Gäbel G	32
Goerke M	166
Gruber L	65
Härle C	80
Heimbeck W	129
Heißenhuber A	1
Hobegger M	236
Holl E	152
Hölzel C	24
Hörtenhuber SJ	166
Humer E	202
Kalzendorf C	147
Kampf D	220
Khol-Parisini A	44
Kluge H	207
Kramer E	147
Kühn I	194
Leberl P	147
Lindermayer H	14, 94, 135
Lopez-Brea F	225
Luderschmid C	110
Mair C	117
Markert W	141, 173
Menn F	187
Mohr U	152
Mosenthin R	5
Müller A	231
Nadler C	122
Nies W	141
Nitrayova S	231
Oguey C	157
Parys C	129
Philipps P	194
Pitzner L	94
Potthast C	87
Preißinger W	94, 135
Propstmeier G	94, 135

Rackwitz R	32
Rapp C	225
Rauch P	87
Roth N	141
Sager M	236
Schedle K	202
Schenkel H	212
Schmidt E	102
Scholz H	187
Schröder B	194
Schuster H	87
Schwaiger K	24
Sehm J	102
Spiekers H	53
Stangl GI	207
Steiner T	173
Sundrum A	80
Ten Doeschate R	194
Urbaityte R	141
Veit M	166
Vianello E	26
Viel B	162
von Heimendahl E	187, 231
Weindl P	110
Welker V	207
Windisch W	122, 176, 231, 241
Zebeli Q	44
Zentner E	173
Zollitsch W	117
Zwickl J	87

Sponsoren

Wir danken folgenden Firmen für ihre großzügige Unterstützung:

Addcon Europe GmbH

Zweigniederlassung Bonn
Kaiserstraße 1a
D-53113 Bonn

Alltech Deutschland GmbH

Wiesenstraße 21
D-40549 Düsseldorf

Agrarmarkt Austria

Marketing GmbH
Dresdner Straße 68a
A-1200 Wien

BASF Chem Trade GmbH

Industriestraße 20
D-91593 Burgbernheim

BayWa AG

Futtermittel Agrar
Arabellastraße 4
D-81925 München

BiominGmbH

Industriestraße 21
A-3130 Herzogenburg

Danisco Deutschland GmbH

Busch-Johannsen-Straße 1
D-25899 Niebull

Delacon International

Delacon Biotechnik Ges.m.b.H.
Weissenwolffstraße 14
A-4221 Steyregg

Dr. Eckel GmbH

Im Stiefelfeld 10
D-56651 Niederzissen

DSM Nutritional Products Ltd

P.O. Box 3255
CH-4002 Basel

Evonik Industries AG

Rodenbacher Chausse 4
D-63457 Hanau-Wolfgang

Lohmann Animal Health GmbH & Co. KG

Heinz-Lohmann-Straße 4
D-27472 Cuxhaven

Trouw Nutrition Deutschland GmbH

Gempfinger Straße 15
D-86666 Burgheim

Orffa (Deutschland) GmbH

Lübecker Straße 29
D-46485 Wiesel

Pancosma S.A.

Voie-des-Traz 6
CH-1218 Le Grand-Saconnex

Pfizer GmbH

Linkstraße 10
D-10785 Berlin

Pulte GmbH & Co. KG

Südstraße 7
D-83253 Rimsting

H. Wilhelm-Schaumann GmbH

An der Mühlenau 4
D-25421 Pinneberg

Zinpro Performance Minerals

Akkerdistel 2e
NL-5831 PJ Boxmeer