

55. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V.

Tagungsband

„Phosphor - Bedarf decken, Überschuss vermeiden“

12. Oktober 2017 in Freising



Herausgeber:

Marzell Buffler und Wilhelm Windisch

Bayerische Arbeitsgemeinschaft Tierernährung (BAT) e.V.

Liesel-Beckmann-Str. 2

85354 Freising

bat@wzw.tum.de

Selbstverlag:

Bayerische Arbeitsgemeinschaft Tierernährung (BAT) e.V.

ISBN 978-3-9816116-4-9

Für den Inhalt der Beiträge sind allein die Autoren verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Übersichtsvorträge

Ebertseder T Phosphor – Umwelt: Eintrag in Böden und Austrag in Gewässer	1
Rodehutschord M Phosphorbedarf des Tieres und Bedarfsdeckung	6
Grünewald K-H Phosphor – Versorgung mit dem Futter: Entwicklung bei Einzel- und Mischfutter	12
Wendland M, Offenberger K Phosphor – Bilanz: Anforderungen aus Dünge-Verordnung und Stoffstrombilanz	20
Schneider S, Brunlehner E-M, Bergermeier J P-Versorgung: Ergebnisse der Ringauswertungen	25
Wendland M, Offenberger K Nährstoffvergleich und Stoffstrombilanz in Veredlungsbetrieben	33
Feuerstein D Entwicklungen zur Phytase	39
Stalljohann G Fütterungskonzepte der Zukunft zur Mineralstoffversorgung	48
Spiekers H Nährstoffausscheidung und P-Effizienz	59
Offenberger K, Wendland M Nährstoffvergleich in rinderhaltenden Betrieben	68
Obermeier M, Brandl J, Schuster H, Schuster M P-Untersuchungen – ein Muss!	74
Raß M Maßnahmen zur Steigerung des Proteingehalts von Rapsfuttermitteln. HP-Raps – Möglichkeit oder Utopie?	82

Mineralstoffe und Spurenelemente

Michiels J, Van Noten N, Degroote J, Wang W, Zißler E, Roméo A Effekt von verschiedenen Zinkoxid-Quellen auf die Darmschleimhaut beim Absetzferkel	89
Durosoy S, Roméo A, Zißler E, Dourmad J-Y Ein Online-Software-Tool zur Simulation von Kupferbilanzen bei Fütterungsprogrammen für Schweine	93
Loibl K, Landzettel A Beitrag der LKV Fütterungsberatung zur Phosphorreduzierung	96

De Marco M, Zoon MV, Margetyal C, Picart C, Ionescu C, Oguey C Effect of source and dose of trace minerals on performance and mineral excretion of broilers	103
Florez M, Wilhelm M, Brenner S, van Hout M Knochenanalysen und Wachstum von Mastschweinen bestätigen verlässliche Matrixwerte der Phytase 4a19	108
Wilhelm M, Florez M, Brenner S, van Hout M Optimierte Phosphorbilanz durch Phytase 4a19: Reduzierte Emissionen bei gleichzeitiger Deckung des Bedarfs	113
Winkler A, Trautwein T, Feuerstein D, Ader P, Dusel G Einfluss einer Hybrid-Phytase auf die Ausscheidung und Verwertbarkeit von Phosphor beim Ferkel und Mastschwein	119
Loibl P, Wiemann M Phytasen in der Ferkelaufzucht: Leistungssteigerung durch die Freisetzung des Myo-Inositols bei hohen Dosierungen	125
Dersjant-Li Y, Dusel G, Gilani S Increasing Buttiauxella phytase dose to 2000 FTU/kg can lead to environmental benefits in weaned piglets	131

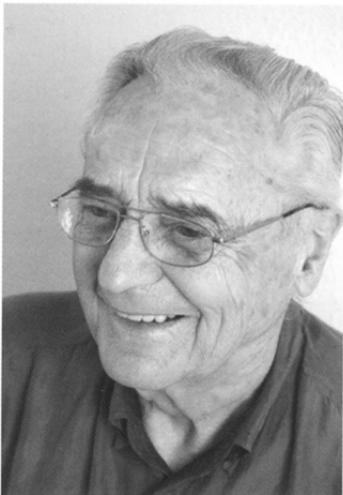
Futtermittelzusatzstoffe

Oguey C Effect of a standardized blend of capsicum oleoresin, cinnamaldehyde and carvacrol on slaughter performance of broilers raised in temperate climate: multiple trial analysis	136
Zhou X, van der Klis JD, Jungbauer L, Müller AS Effects of quillaja saponins and citrus flavonoids on performance and humoral immune response of laying hens	141
Preißinger W, Probstmeier G, Scherb S Mono- und Diglyceride der Laurinsäure in der Ferkelfütterung - Auswirkungen auf zootechnische Parameter und Tiergesundheit	146
Zißler E, Garcia M, Medel P Monoglyceride mittelkettiger Fettsäuren als Alternative zu hohen ZnO-Gaben und Amoxicillin im Prestarter von Ferkeln	151
Engler P, Pien C, Daubner F, Chicoteau P, Guilet D Are all grape extracts equal?	156
Korzekwa M, Scheidemann C, Piron A, Barbé F Effects of a vegetal source of SOD on growth and health parameters of Friesian calves	162
Lückstädt C, Hittel J, Hutter C Dietary sodium diformate and medium chain fatty acids in sows during late gestation and lactation – performance improvements in suckling piglets	168

Fütterungsstrategien und Futtermittel

Ettle T, Obermaier A, Edelmann P Untersuchungen zum Kraftfuttereinsatz bei der Milchkuh bei gras- oder maissilagebasierten Rationen	173
Kiel S, Spiekers H, Ettle T, Mansfeld R Validierung von Referenzwerten für Stoffwechselfparameter bei der Milchkuh anhand von Daten aus einem Fütterungsversuch	181
Bauer L, Parys C, Heimbeck W Milch-Stickstoff-Effizienz um 20 % erhöhen - Die Optimierung von Milchviehrationen auf Aminosäuren zur Einhaltung der neuen DüV	187
Reisinger N, Schaumberger S, Schatzmayer G Einfluss von Endotoxinen auf das Klauengewebe in einem ex vivo Modell	193
Kröger I, Neubauer V, Emsenhuber C, Humer E, Zebeli Q, Reisinger N Einfluss einer kraftfutterreichen Fütterung auf Pansen pH-Wert, Endotoxinkonzentration im Kot und Leberenzyme bei laktierenden Milchkühen	198
Paulicks BR, Gassner M, Wohlschläger A, Windisch WM Experimentelle Untersuchungen zum Wachstum ausgewählter Insektenarten bei Verfütterung von Frischgras, Grassilage und Grascobs	205
Puntigam R, Brugger D, Schedle K, Schwarz C, Hechenberger P, Eipper J, Gierus M Einfluss einer druckhydrothermischen Futtermittelbehandlung der Einzelkomponente Mais auf die ileale Proteinverwertung von Broilern in der Anfangsmast	211
Autorenverzeichnis	217
Sponsoren	219

Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Manfred Kirchgeßner zum Gedenken



Mitte Januar 2017 verstarb im Alter von 87 Jahren Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Manfred Kirchgeßner, Ordinarius em. für Tierernährung an der Technischen Universität München (TUM) in Freising-Weihenstephan.

Nach dem Studium von Agrarwissenschaften und Chemie, der Promotion (1955) und Habilitation (1958) im Fach Ernährungsphysiologie übernahm Manfred Kirchgeßner 1961 im Alter von 30 Jahren den Lehrstuhl für Tierernährung der TUM und die Leitung des Instituts für Ernährungsphysiologie. Ehrenvolle Rufe nach Hohenheim und Göttingen lehnte er ab und blieb der TUM bis zu seiner Emeritierung im Jahr 1998 treu.

In Jahrzehnten unermüdlichen Forschens bearbeitete Kirchgeßner die volle Breite der Ernährungsphysiologie – von der Nutztierfütterung bis zur Grundlagenforschung. Spurenelemente, Energie, Proteine und Wirkstoffe standen im Zentrum von mehr als 1600 Originalpublikationen und einer Reihe von Büchern.

Unter der Vielzahl der Auszeichnungen standen zwei Ehrenprofessuren und sechs Ehrendoktorwürden. Auch die Mitgliedschaft in der deutschen Akademie der Wissenschaften Leopoldina zeugt von der hohen Wertschätzung seiner wissenschaftlichen Leistungen.

Zwei weitere großartige Leistungen bleiben unvergessen: Kirchgeßner förderte den wissenschaftlichen Nachwuchs mit einer außergewöhnlich hohen Anzahl an Promotionen (145), Habilitationen (19) sowie 26 international aktive Professorinnen und Professoren aus seiner Schule. Darüber hinaus betrieb Kirchgeßner unermüdlich den Wissenstransfer in die Praxis. Bekanntestes Beispiel ist das Lehrbuch *Tierernährung*. Stets aktuell gehalten gilt es seit Jahrzehnten als Ausbildungs- und Nachschlagestandard für Studierende und Fachkräfte der Tierernährung. Auch seine prägende Tätigkeit in der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) hat maßgeblich zur Schaffung wissenschaftlich fundierter Normen zur Nutztierfütterung im deutschsprachigen Raum beigetragen.

Einen ganz besonderen Dank gebührt Manfred Kirchgeßner für sein unschätzbares Engagement in der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft für Tierernährung (BAT). Am 06.12.1962 war er einer der Gründungsväter der BAT, wurde 1964 deren Vorsitzender und leitete sie mit großem Elan bis zum Jahre 2001, also weit über seine Emeritierung hinaus. Er blieb Ehrenvorsitzender der BAT und nahm bis zu seinem Tod an allen entscheidenden Veranstaltungen und Versammlungen teil. Manfred Kirchgeßner war der zentrale Grundstein der BAT.

Im Aufbau einer wissenschaftlichen Schule, der Prägung internationaler Normen zur Nutztierfütterung und insbesondere im erfolgreichen Wissenstransfer in die Praxis offenbart sich neben allen vordergründigen Maßzahlen der eigentliche, nachhaltige „Impact“ von Manfred Kirchgeßner.

In stiller Trauer verabschieden wir uns von einem herausragenden Wissenschaftler und prägenden Lehrer.

Wilhelm Windisch
(Vorsitzender der BAT)

Phosphor – Umwelt: Eintrag in Böden und Austrag in Gewässer

Thomas Ebertseder

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Fakultät Land- und Ernährungswirtschaft

Phosphor ist ein essentieller Pflanzennährstoff. Für ein optimales Pflanzenwachstum besteht auf den meisten Flächen ein Düngebedarf. Neben Stickstoff ist Phosphor jedoch auch der Pflanzennährstoff mit der höchsten Umweltwirkung. Er ist wesentlich verantwortlich für die Eutrophierung von Oberflächengewässern. Darüber hinaus trägt eine Phosphoranreicherung von Böden wesentlich zum Rückgang gefährdeter Pflanzenarten und damit zur Verringerung der Biodiversität bei (Wassen et al., 2005). Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich gezielt mit dem Einfluss der Düngung auf P-Austräge von landwirtschaftlich genutzten Flächen und insbesondere mit der Bedeutung hoher P-Gehalte in Böden für den P-Eintrag in Gewässer.

Phosphor-Belastung von Gewässern

Die P-Belastung der Gewässer hat sich seit den 1980er Jahren deutlich verbessert, wobei die wesentliche Verbesserung bereits in den 1990er Jahren aufgrund einer deutlichen Reduzierung der P-Einleitung aus kommunalen Kläranlagen und industriellen Direkteinleitern stattfand. Der Anteil des Eintrags aus diffusen Quellen ging vergleichsweise wenig zurück. Die wichtigsten diffusen Eintragspfade sind das Grundwasser und die Erosion, gefolgt vom Oberflächenabfluss und den Eintrag über Dränagen. Wenngleich der Anteil an stark bzw. sehr stark mit P-belasteten Gewässern weiter zurückgeht, hat sich der Anteil der Gewässer, die hinsichtlich P in einem guten ökologischen Zustand sind (ca. 30 %), seit ca. 10 Jahren nahezu nicht verändert (Umweltbundesamt, 2017).

Die Landwirtschaft, die sehr wesentlich für die Einträge aus diffusen Quellen verantwortlich zeichnet, verursacht derzeit einen Anteil von ca. 50% der Gesamt-P-Einträge in die Gewässer (Umweltbundesamt, 2017). Die spezifischen Gesamt-P-Einträge in Oberflächengewässer liegt in vielen Regionen Deutschlands bei 0,5 bis 1,0 kg ha⁻¹ a⁻¹, in verschiedenen Gebieten aber auch über 2,0 kg ha⁻¹ a⁻¹ (Umweltbundesamt, 2010).

Kritische P-Gehalte in Fließgewässer werden mit <0,15 mg P l⁻¹ bzw. <0,10 mg Ortho-P l⁻¹ angegeben (Güteklasse „mäßig belastet“; LAWA 1998). Zur Einhaltung eines mesotrophen Zustandes von stehenden Gewässern dürfen die P-Gehalte 0,015 bis 0,045 mg Gesamt-P l⁻¹ nicht überschreiten (LAWA, 1999). Entscheidend für das Algenwachstum ist die Konzentration an gelöstem Ortho-Phosphat, das einen mehr oder weniger großen Anteil am Gesamt-Phosphat darstellt und mit dem partikulären Teil des Gesamtposphats über Lösungs-/Fällungs- bzw. Desorptions-/Sorptionsprozesse in enger Wechselwirkung steht.

Phosphor im Boden

Im Boden liegt Phosphor in verschiedenen Bindungsformen vor (organisch gebundenes P, anorganische Phosphate, sorbiertes P). Die verschiedenen P-Formen stehen in Wechselwirkung mit der Bodenlösung, die gelöstes Ortho-Phosphat enthält. Dieses ist die wesentliche P-Quelle der Pflanzen. Die in der Bodenlösung enthaltene P-Menge ist aufgrund starker Sorptionsprozesse gering. Sie entspricht in etwa der Menge, die ein Pflanzenbestand in der Phase des stärksten Wachstums pro Tag dem Boden entzieht (ca. 1 kg P ha⁻¹ d⁻¹). Der Nachlieferung sorbierten Phosphats in die

Bodenlösung kommt damit die entscheidende Bedeutung für die Ernährung der Pflanzen zu. Aufgrund unterschiedlicher Sorptionsprozesse (spezifische bzw. unspezifische Sorption), unterschiedlicher Bindungsorte am Sorbenten (Oberflächen oder innere Bereiche von Tonmineralen oder Fe- bzw. Al-Oxiden/Hydroxiden) sowie einer starken pH-Abhängigkeit der Sorption ist die Stärke der Bindung sehr unterschiedlich und stellt im Boden insgesamt ein Kontinuum von „leicht verfügbar“ bis „sehr schwer verfügbar“ dar. Mit zunehmender Sättigung der Sorbenten durch eine erhöhte P-Zufuhr zum Boden nimmt die Bindungsfestigkeit überproportional ab. Es erhöht sich der P-Gehalt der Gleichgewichtsbodenlösung und damit die Mobilität von P im Boden. Die Anreicherung des Bodens durch Düngung führt damit zu einer verbesserten Pflanzenverfügbarkeit des Phosphors, aber auch zu einer leichteren Verlagerbarkeit mit dem Bodenwasser.

Aus Sicht der Pflanzenernährung spielt die Art der P-Bindung im Boden eine untergeordnete Rolle. Entscheidend ist die Verfügbarkeit des Phosphors für die Pflanzen. Um das „pflanzenverfügbare P“ zu erfassen wurden Extraktionsmethoden zur Bodenuntersuchung entwickelt. In Deutschland ist die CAL-Methode am weitesten verbreitet. Die mit der CAL-Methode (oder auch anderer vergleichbarer Methoden) extrahierte P-Mengen stehen in enger Beziehung zu der von Pflanzen aufnehmbaren P-Menge. Um daraus Düngeempfehlungen abzuleiten, sind Feldversuche zur Eichung und Validierung notwendig. In Deutschland basiert die Düngeempfehlung für Phosphor auf einem aus entsprechenden Versuchen abgeleiteten Gehaltsklassenschema (Kerschberger et al., 1997), wobei in Gehaltsklasse „C“ (anzustrebender Gehalt) eine Düngung in Höhe der Abfuhr mit den Ernteprodukten empfohlen wird, um den Boden in einem optimalen Versorgungszustand zu halten.

Eine P-Zufuhr über dem Entzug der Pflanzen (positive P-Bilanz) erhöht die CAL-P-Gehalte ($1 \text{ mg CAL-P (100g Boden)}^{-1}$ je $45 - 80 \text{ kg P ha}^{-1}$ Bilanz-Überschuss (Hege und Offenberger, 1996; Kerschberger und Schröter, 1996)) sowie die P-Sättigung im Boden. Die P-Bilanz-Überschüsse in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts haben in Deutschland im Mittel der landwirtschaftlich genutzten Fläche zu einer Anreicherung von 900 kg P ha^{-1} geführt (Frede und Bach, 2010). Trotz des Rückgangs der Bilanzüberschüsse im Mittel Deutschlands, waren auch in letzten Jahren in Regionen mit intensiver Tierhaltung hohe Überschüsse vorhanden, die regional zu einer weiteren Anreicherung der Böden führten.

Phosphor-Einträge aus landwirtschaftlich genutzten Flächen in Gewässer

Erosion

Unter Erosion versteht man den Abtrag von Boden durch Wasser oder Wind. Ca. 16 % der gesamten P-Einträge in Gewässer stammen aus Erosion (Umweltbundesamt, 2017). Die in Gewässer eingetragenen P-Menge wird bestimmt durch den in die Gewässer gelangenden Bodenabtrag sowie durch den P-Gehalt des abgetragenen Bodens. Der Bodenabtrag durch Erosion findet weitgehend nur auf Ackerflächen statt. Er ist insbesondere auf Flächen mit Schluff- und Feinsand-reichen Böden, hängigem Relief und Hackfrucht-reichen Fruchtfolgen (Mais) hoch. In Bayern erreicht er insbesondere in Tertiär-Hügelland Werte bis $8 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ im Mittel der jeweiligen Gemeindefläche (Brandhuber et al., 2017). Die CAL-P-Gehalte im Erosionsmaterial korrelieren eng mit den CAL-P-Gehalten in den Oberböden (Auerswald und Weigand, 1999), so dass sich aus hohen CAL-Gehalten auch ein erhöhtes Potenzial für hohe P-Austräge durch Erosion ableitet. Zu berücksichtigen ist auch, dass es bei nur geringer Intensität des Bodenabtrags und auf sandigen Böden zu einer relativ stärkeren Anreicherung von P im Bodenabtrag gegenüber dem Ausgangsboden kommt (stärkere Selektion von Ton und organischer Substanz im Abtrag grobkörniger Boden, sowie höhere P-Gehalte in diesen Fraktionen) (Auerswald und Weigand, 1999). D.h. auf sandigen Böden können bereits relativ geringe Erosionsereignisse überproportional hohe P-Einträge in Gewässer verursachen.

Die P-Austräge durch Erosion sowie auch durch Oberflächenabfluss (siehe 3.2) lassen sich durch pflanzenbauliche Maßnahmen deutlich vermindern (Auerswald et al., 2001). Die wichtigste Maßnahme ist jedoch die Vermeidung hoch mit P angereicherter Böden.

Oberflächenabfluss

Oberflächenabfluss ist das von der Bodenoberfläche ablaufende Niederschlagswasser. Dieses kann P in gelöster und auch in partikulärer Form enthalten. Der Oberflächenabfluss trägt in einer Größenordnung von 7 % zum Gesamt-P-Eintrag in Gewässer bei (Umweltbundesamt, 2017). Die Konzentration an gelöstem P (Ortho-Phosphat, reaktives P) im Oberflächenabfluss von Böden nach Niederschlagsereignissen steht in enger Beziehung zum Gehalt des Bodens an „pflanzenverfügbarem P“. Insbesondere bei hohen P-Gehalten (hoher P-Sättigung, siehe 2) sind im Abfluss hohe P-Konzentrationen enthalten (McDowell und Sharpley, 2001).

Die Höhe des mit Oberflächenabfluss ausgetragenen P hängt zudem naturgemäß sehr wesentlich von Zusammentreffen von Düngungsmaßnahmen mit intensiven Niederschlagsereignissen zusammen. Je mehr lösliches P ein Dünger enthält, je weniger bzw. langsamer das Dünger-P in den Boden eindringen kann und je höher die Aufwandmenge desto höher der potenzielle P-Austrag. Die höchsten P-Konzentrationen im Oberflächenabfluss treten bei Niederschlagsereignissen unmittelbar nach der Düngerapplikation auf. Bei oberflächlicher Applikation organischer Dünger kann die P-Konzentration im Oberflächenabfluss aber auch über mehrere Wochen hoch bleiben (z.B. Milchviehgülle) (Withers et al., 2003).

Auswaschung

Die Auswaschung von P aus dem Oberboden hängt naturgemäß wesentlich von der Porengrößenverteilung der Böden ab. Ein hoher Anteil an weiten Grobporen (z.B. Regenwurmgänge, Schrumpfungsrisse) führt dazu, dass nicht nur gelöstes, sondern auch partikuläres P in tiefere Bodenschichten verlagert werden kann (siehe 3.4). Eine Auswaschung ins Grundwasser erfolgt dagegen i.w. als gelöstes Ortho-Phosphat. Wie oben beschrieben (siehe 2) hängt die Konzentration der Bodenlösung und damit auch des Sickerwassers sehr wesentlich von der P-Sättigung, also auch vom Gehalt der Böden an „pflanzenverfügbarem P“ ab (McDowell und Sharpley, 2001).

Der P-Eintrag aus dem Oberboden ins Grundwasser ist insgesamt gering, da die P-Konzentration im Sickerwasser aufgrund von Sorptionsprozessen auch im Unterboden weiter abnimmt. Bei sehr hohen P-Gehalten im Oberboden werden jedoch auch diese Sorptionsstellen langsam zunehmend stärker abgesättigt, so dass die Auswaschung zunimmt.

Austrag über Dränagen

Im Gegensatz zum Grundwasser liegen in der Regel Dränagen relativ nahe an der Bodenoberfläche und entwässern direkt in die Vorfluter. Die P-Konzentration im Sickerwasser ist im Tiefenbereich von Dränagen in der Regel höher als bei der Versickerung bis ins Grundwasser. Grobporen reichen an bzw. nahe an die Dränagen heran. P kann damit mit dem Wasserabfluss vom Oberboden direkt in die Dränagen gelangen. Dies ist insbesondere auf Grünland der Fall, auf dem die Poren nicht durch Bodenbearbeitung zerstört werden. Hier ist der Austrag von gelöstem aber auch von partikulärem P in die Dränagen in der Regel höher als auf Ackerflächen. Dies gilt insbesondere auch für oberflächlich aufgebraachte Düngemittel (z.B. Gülle), die direkt in die Dränagen gespült werden können (Diepolder und Raschbacher, 2008) Eine Einarbeitung von Gülle, wie sie auch auf Grünland z.B. durch Schlitzverfahren möglich ist, reduziert den P-Austrag über Dränagen erheblich (Diepolder et al., 2005).

Anforderungen an die Phosphor-Gehalte der Böden

Aus den unter 3 dargestellten Zusammenhängen wird deutlich, dass das Potenzial für P-Austräge aus landwirtschaftlich genutzten Flächen in Gewässer durch pflanzenbauliche Maßnahmen (vor allem auch organische Düngung) bestimmt wird, dass es insbesondere jedoch mit steigenden P-Gehalten der Böden wesentlich zunimmt. Ableitungen aus Daten der Standard-Bodenuntersuchung (CAL) zeigen, dass für die Ackerböden Deutschlands großflächig eine P-Sättigung vorliegt, die ein hohes Risiko für P-Austräge erwarten lässt (Fischer et al., 2017). Dies gilt auch für Böden, die eine P-Versorgung im unteren Bereich der Gehaltsklasse „C“ ($4,5 \text{ mg P (100 g Boden)}^{-1}$; Kerschberger et al., 1997) aufweisen. Daraus leitet sich die Forderung nach einer flächendeckenden Reduzierung der P-Gehalte der Böden sowie der P-Düngeempfehlung ab.

Für eine optimale Ernährung der Kulturpflanzen ist jedoch eine ausreichende P-Versorgung der Böden notwendig. Aus produktionstechnischer Sicht ist eine Absenkung der anzustrebenden P-Gehalte im Boden (Gehaltsklasse „C“) nur sinnvoll, wenn damit keine Mindererträge verbunden sind. Neuere Auswertungen von Düngungsversuchen zeigen, dass moderate Absenkung der Gehaltsklasse „C“ für die meisten Standorte ohne Ertragsverluste möglich ist (z.B. Hege et al, 2008; Butzko et al., 2016, Von Tucher et al., 2016). Der Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) hat darauf aufbauend in einem Positionspapier (Tauben et al., 2015) die Absenkung der P-Gehalte der einzelnen Gehaltsklassen vorgeschlagen (Gehaltsklasse „C“ von bisher $4,5 - 9 \text{ mg P (100g)}^{-1}$ auf $3 - 6 \text{ mg P (100g)}^{-1}$). Die Werte wurden mit den Düngereferenten des Verbandes der Landwirtschaftskammern abgestimmt und werden als Empfehlung in einem neuen VDLUFA-Standpunkt „Phosphordüngung nach Bodenuntersuchung und Pflanzenbedarf“ veröffentlicht.

Die flächendeckende Einhaltung dieser neuen Werte bedeute zwar immer noch ein „erhöhtes Risiko“ für P-Austräge in Gewässer (Fischer et al., 2017), stellt aber dennoch aus Sicht des Gewässerschutzes eine deutliche Verbesserung dar. Sie sichern eine bedarfsgerechte Pflanzenernährung auch auf hohem Ertragsniveau. Sie entsprechen damit den Anforderungen der guten fachlichen Praxis.

Literatur

Auerswald, K. und Weigand, S. (1999): Eintrag und Freisetzung von P durch Erosionsmaterial in Oberflächengewässern. In: Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) (Hrsg.): Hohe P-Gehalte im Boden – mögliche Folgen für die Umwelt – Konsequenzen für die Ausbringung von phosphorhaltigen Düngemitteln. VDLUFA-Schriftenreihe 50/1999, VDLUFA, Darmstadt, 37-54

Auerswald K., Claassen N., Römer W., Werner W., Baumgärtel G., Boysen P., Hamm A., Hege U., Kerschberger M., Mokry M., Neyer H., Rex M., Sauerbeck D., Steffens D., Steffens G., Suntheim L., Wiesler F. (2001): VDLUFA-Standpunkt „Mögliche ökologische Folgen hoher Phosphatgehalte im Boden und Wege zu ihrer Verminderung“. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA), Darmstadt.

Brandhuber R., Treisch M., Fischer F., Kistler M., Maier H., Auerswald, K. (2017): Starkregen, Bodenerosion, Sturzfluten - Beobachtungen und Analysen im Mai/Juni 2016. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 2/2017. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising.

Buczko U., van Laak M., Eichler B., Merbach I., Mokry M., Panten K., Gans W., Peiter E., Spiegel H., von Tucher S. (2016): Re-Evaluierung der P-Düngeempfehlung basierend auf einer Metaanalyse von Langzeit-Feldversuchen. VDLUFA-Schriftenreihe 73, Kongressband 2016. VDLUFA, Darmstadt, 327-336.

Diepolder, M., Raschbacher, S. (2008): Saubere Seen (Forschungsprojekt Schwarzach) 2002-2005. LfL, IAB, Januar 2007 (aktualisiert August 2008). https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iab/dateien/saubere_seen.pdf (Aufruf 25.08.2017).

Diepolder, M., Raschbacher, S., Ebertseder, Th. (2005): Versuchsergebnisse zum P-Austrag aus Drainagen unter Grünland bei Düngerapplikation unmittelbar vor einem Starkregeneignis. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 17, 134-135.

Fischer P., Pöthig R., Venohr M. (2017): The degree of phosphorus saturation of agricultural soils in Germany: Current and future risk of diffuse P loss and implications for soil P management in Europe. Science of the Total Environment 599–600 1130–1139.

- Frede H.-G., Bach M. (2010): Phosphor in der deutschen Landwirtschaft – Bilanzen und Effizienzen. In: Bundesarbeitskreis Düngung (BAD) (Hrsg.): Phosphor- und Kalidüngung – brauchen wir neue Düngekonzepte? BAD, Frankfurt/Main, 7-14.
- Hege U., Offenberger K. (1996): Ertragswirkung einer P-Düngung in Abhängigkeit von der P-Versorgung des Bodens – Ergebnisse bayerischer ortsfester Dauerdüngungsversuche. In: Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) (Hrsg.): Ergebnisse langjähriger, ortsfester Phosphatdüngerversuche auf Acker und Grünland. VDLUFA-Schriftenreihe 42/1996, VDLUFA, Darmstadt, 65-79.
- Hege, U., Wendland, M., Offenberger, K. (2008): Zur Bedeutung der Bodenversorgung mit Phosphat und Kali: Wie hoch müssen die Nährstoffgehalte im Boden sein? Pflanzenbauwissenschaften, 12 (2), 53-63.
- Kerschberger M., Schröter H. (1996): Ergebnisse von Dauerversuchen zur P-Düngung auf Acker- und Grünlandstandorten in Ostdeutschland. In: Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) (Hrsg.): Ergebnisse langjähriger, ortsfester Phosphatdüngerversuche auf Acker und Grünland. VDLUFA-Schriftenreihe 42/1996, VDLUFA, Darmstadt, 20-35.
- Kerschberger M., Hege U., Jungk A. (1997): VDLUFA-Standpunkt „Phosphordüngung nach Bodenuntersuchung und Pflanzenbedarf“. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA), Darmstadt.
- LAWA (1998): Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der Bundesrepublik Deutschland – Chemische Güteklassifikation. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.), Berlin, August 1998.
- LAWA (1999): Gewaesserbewertung – stehende Gewaesser. Vorläufige Richtlinie und Erstbewertung von natürlich entstandenen Seen nach trophischen Kriterien 1998. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.), Schwerin, April 1999.
- McDowell, R.W., Sharpley, A.N. (2001): Approximating Phosphorus Release from Soil to Surface Runoff and Subsurface Drainage. J. Environ. Qual. 30, 508-520.
- Taube F., Appel T., Ebertseder, T., Müller T., Olf H.-W., Nätscher L., Schweitzer K., Steffens D., Wiesler F., Zorn W. (2015): VDLUFA-Positionspapier „Phosphordüngung nach Bodenuntersuchung - Anpassung der Richtwerte für die Gehaltsklassen ist geboten und notwendig“. http://www.vdlufa.de/Dokumente/Positionspapiere/2015_Phosphordüngung-nach-Bodenuntersuchung.pdf (Aufruf: 25.08.2017).
- Umweltbundesamt (2010): Berechnung von Stoffeinträgen in die Fließgewässer Deutschlands mit dem Modell MONERIS - Nährstoffe, Schwermetalle und Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe. UBA Texte 45/2010, Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (2017): Gewässer in Deutschland: Zustand und Bewertung. Dessau-Roßlau.
- Von Tucher S., Hörndl D., Schmidhalter U. (2016): Wirkung differenzierter P-Düngung und Kalkung auf Ertrag und P-Aufnahme von Winterweizen, Wintergerste und Beta-Rüben im Langzeitexperiment. VDLUFA-Schriftenreihe 73, Kongressband 2016. VDLUFA, Darmstadt, 215-224.
- Wassen M.J., Venterink H.O., Lapshina E.D., Tanneberger F. (2005): Endangered plants persist under phosphorus limitation. Nature 437, 547-550.
- Withers, P.J.A., Ulén, B., Stamm, C., Bechmann, M. (2003): Incidental phosphorus losses – are they significant and can they be predicted? J. Plant Nutr. Soil Sci. 166, 459-568.

Autorenanschrift

Prof. Dr. Thomas Ebertseder
Hochschule Weihenstephan Triesdorf
Fakultät Land- und Ernährungswirtschaft
Am Staudengarten 1
85354 Freising

Phosphorbedarf des Tieres und Bedarfsdeckung

M. Rodehutscord

Institut für Nutztierwissenschaften, Universität Hohenheim

Das Element Phosphor (P) ist hinsichtlich des Bedarfes der Tiere und den Möglichkeiten der Bedarfsdeckung umfänglich untersucht worden. Dies hängt mit der Bedeutung dieses Elements für den Metabolismus des Tieres, aber auch mit seiner ökonomischen und ökologischen Relevanz zusammen. Höchst relevant sind zudem die Begrenzung und die Ungleichverteilung der globalen Rohphosphatressourcen. Dieses Themenfeld habe ich bereits für einen anderen Anlass umfassend aufgearbeitet (Rodehutscord 2008). Vieles hiervon kann heute für die Beratung und praktische Anwendung noch unverändert übernommen werden. Die jüngsten Anpassungen im Bereich des Düngemittelrechts haben die Versorgungsempfehlungen wieder stärker in das Interesse der Anwendung rücken lassen; Überschüsse in der P-Versorgung der Tiere können gravierende Konsequenzen für die Landwirte haben. In diesem Beitrag werden daher für Rind und Schwein die wesentlichen Aspekte zusammengefasst und neuere Erkenntnisse erläutert.

Milchkühe und Mastrinder

Der Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) ist bei der Ableitung der Versorgungsempfehlungen faktoriell vorgegangen (GfE 2001). Der P-Bedarf der Rinder wird somit in Abhängigkeit von der Höhe der Futterraufnahme, der Milchleistung und des Wachstums ermittelt. Für die P-Verwertbarkeit wird mit einem Wert von 70% gerechnet, und hierbei wird nicht zwischen Einzelfuttermitteln unterschieden.

Milchkühe

Für die Milchkuhfütterung bedeutet dies, dass die P-Konzentration in der Ration mit zunehmender Milchleistung ansteigen muss, und zwar von etwa 2,6 g/kg TM bei einer täglichen Milchleistung von 10 Litern auf 4,0 g/kg TM bei einer täglichen Milchleistung von 40 Litern, wenn der Bedarf gedeckt sein soll (Abb. 1).

Diese Empfehlungen waren bereits seinerzeit gut abgesichert. Seitdem ist in vielen Versuchen, die weltweit durchgeführt wurden, bestätigt worden, dass das empfohlene Versorgungsniveau ausreichend hoch ist und Sicherheitszuschläge nicht erforderlich sind (Haese und Rodehutscord 2012). In dieser Auswertung wurden nicht nur Daten zur Leistung, sondern ebenfalls zur Fruchtbarkeit und zur Knochenmineralisierung berücksichtigt. Dem Autor liegen keine Informationen vor, die eine P-Versorgung oberhalb der GfE-Empfehlungen notwendig erscheinen lassen. Insbesondere der angenommene Wert für die Verwertbarkeit (70%) ist relativ niedrig, was die Empfehlungen robust macht. Die Variabilität in der Verwertung von Phytat-P, von der insbesondere bei einer hohen Futterraufnahme der Milchkühe ausgegangen werden muss (Haese et al. 2017), wird mit der generellen Annahme zur P-Verwertbarkeit von 70% gut abgedeckt.

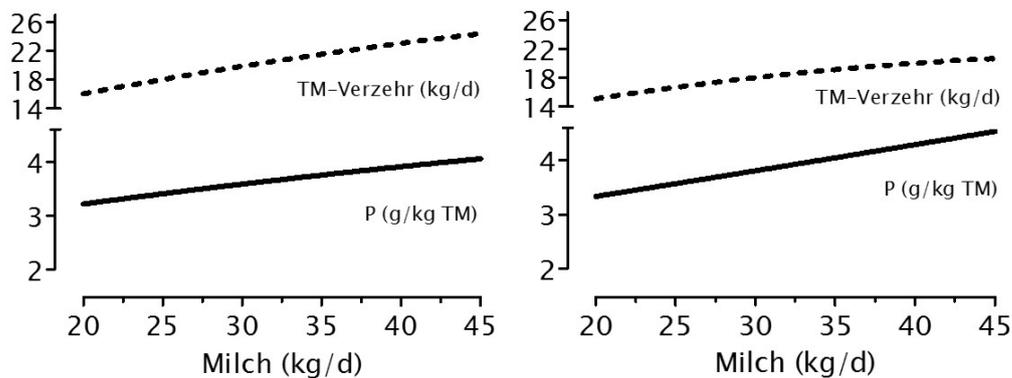


Abbildung 1: Notwendige Gehalte an Phosphor (P) in Rationen für Milchkühe mit einer dem Bedarf entsprechenden (links) oder einer um ca. 10% geringeren Futteraufnahme (rechts), basierend auf den Empfehlungen der GfE (2001).

Die Deckung des P-Bedarfs der Milchkühe ist in den allermeisten Fällen allein über die pflanzlichen Rationskomponenten möglich. Der Einsatz eines P-freien Mineralfutters könnte daher Fütterungsstandard sein. Zuletzt wurde auch in einem Versuch mit der Idener Hochleistungsherde gezeigt, dass ein völliger Verzicht auf P im Mineralfutter keine negativen Folgen für die Tiere hat (Engelhard et al. 2011). Lediglich in Rationen, in denen hohe Anteile von Mais- oder Rübenprodukten eingesetzt werden, kann eine P-Ergänzung über das Mineralfutter notwendig sein. Eine generelle Aussage zur Notwendigkeit des Einsatzes eines P-haltigen Mineralfutters kann jedoch nicht getroffen werden. Dies hängt von der Einzelkomponentenkombination und den P-Gehalten der eingesetzten Futtermittel ab und macht daher die Einzelfallprüfung erforderlich. In diesem Zusammenhang muss zudem bedacht werden, dass die P-Gehalte in den Einzelkomponenten, und zwar auch den Grobfuttermitteln, erheblich schwanken können. Betriebseigene Futtermittel sollten daher in der Routine nicht nur hinsichtlich der Energie- und Rohproteingehalte, sondern auch auf die Mengenelementgehalte hin untersucht werden.

Die Vermeidung von Überschüssen in der P-Versorgung wird zu einem ebenso wichtigen Kriterium bei der Rationsplanung wie die Sicherstellung der Bedarfsdeckung. Extraktionsschrote und Presskuchen tragen wegen ihres relativ hohen P-Gehalts in nennenswertem Umfang zur P-Versorgung der Milchkühe bei. Die derzeit üblichen Maßnahmen zur Deckung des nXP-Bedarfs der Tiere erhöhen die Wahrscheinlichkeit von Überschüssen in der P-Versorgung, die sich in der Stoffstrombilanz negativ auswirken. Es kann somit zu Zielkonflikten zwischen der Deckung des nXP-Bedarfs mit sogenannten heimischen Proteinträgern einerseits und der Einhaltung von Obergrenzen in der P-Bilanz andererseits kommen. Diesen Zielkonflikten kann in unterschiedlicher Weise entgegengewirkt werden: nicht mehr nXP in der Ration als in der jeweiligen Leistungsphase benötigt wird; Reduzierung der P-Gehalte in den Proteinträgern; Verwendung von Proteinträgern mit einem günstigen UDP/P-Verhältnis.

Bei Einsatz von Milchleistungsfuttern sollte berücksichtigt werden, dass sie P-Gehalte von häufig mehr als 6 g/kg aufweisen. Sie tragen somit erheblich zur Deckung des P-Bedarfes bei und können eventuell vorhandene Untergehälter in der Grundration kompensieren.

Mastrinder

Für Mastrinder wird bei Annahme eines hohen Zuwachsniveaus von einem P-Gehalt im Lebendmassezuwachs von 6,6 g/kg ausgegangen (GfE 1995). Die Annahmen zur Höhe der unvermeidlichen P-Verluste und zur P-Verwertbarkeit entsprechen denen für Milchkühe. Für die Rationsplanung ergibt

sich hieraus eine Zielgröße für den P-Gehalt, die von knapp 4 g/kg TM bei etwa 200 kg LM auf etwa 3,0 g/kg TM bei 600 kg LM zurückgeht und bei einem hohen Lebendmassezuwachs etwas höher ist als bei einem niedrigeren (Abb. 2).

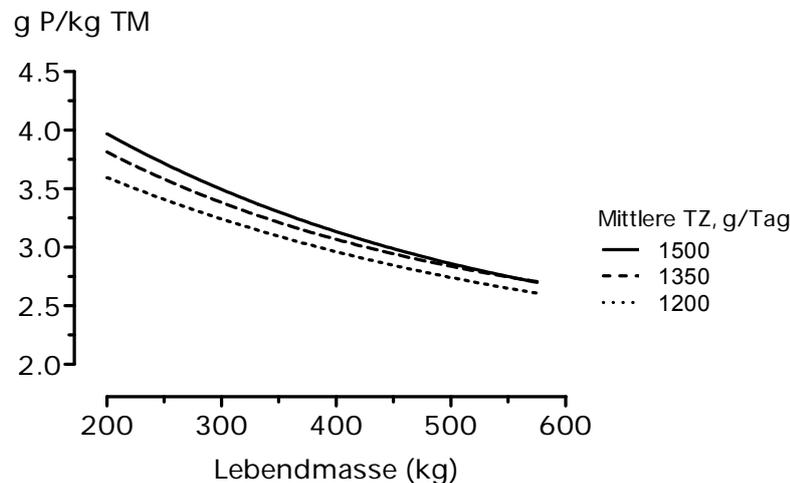


Abbildung 2: Notwendige Konzentration an P in Rationen für Mastrinder. Die Kalkulation basiert auf den Angaben der GfE (1995) zu den P-Gehalten im Zuwachs sowie den Orientierungswerten zur ME-Versorgung aus der Gruber Tabelle (LfL 2016); unterstellt ist ein ME-Gehalt von 11 MJ/kg TM.

Bei maisbasierter Fütterung wird die Notwendigkeit einer Ergänzung von mineralischem P maßgeblich davon abhängen, welches Proteinfuttermittel in welcher Menge zur Ergänzung der Proteinversorgung eingesetzt wird. Die Notwendigkeit einer mineralischen Ergänzung ist aber auf den ersten Abschnitt der Mast begrenzt. In Mischfuttermitteln für die Rindermast ermittelte der VFT P-Gehalte, die in vielen Fällen deutlich über den Empfehlungen für die Gesamtration liegen und die daher unbedingt in der Rationsplanung berücksichtigt werden sollten, falls Mischfuttermittel zum Einsatz kommen.

Im Gegensatz zur Situation bei der Milchkuh gibt es nur wenige Fütterungsversuche mit Mastrindern, die mit unterschiedlich hoher P-Versorgung durchgeführt wurden. In zwei US-amerikanischen Versuchen wurde mit Mastochsen untersucht, wie sich unterschiedlich hohe P-Zulagen bei Einsatz von maisbasierten Futtermitteln auswirken. In einem Versuch, der bei einer Lebendmasse von 265 kg begann und etwa 200 Tage dauerte, erwies sich der P-Gehalt der Grundration (1,6 g/kg TM) als ausreichend zur Erzielung von etwa 1,5 kg/Tag Lebendmassezunahme, ohne Effekte auf die Osteocalcinkonzentration im Blut und die Aschekonzentration im Knochen (Erickson et al. 2002). In einem anderen Versuch, der später begann (bei 385 kg Lebendmasse) und 105 Tage dauerte, erwies sich der P-Gehalt der Grundration (1,4 g/kg TM) ebenfalls als ausreichend zur Erzielung sehr hoher Zuwächse (ca. 1,7 kg/Tag) (Erickson et al. 1999). Dass eine Versorgung in der Größenordnung von etwa 1,5 g/kg TM sich als ausreichend erwies, kann unterschiedliche Gründe haben. Vermutlich ist eine maximale Mineralisierung des Knochens zur Aufrechterhaltung der Gesundheit und Leistung der Bullen nicht erforderlich gewesen; zudem ist vermutlich auch beim Mastbullen die P-Verwertbarkeit höher als die unterstellten 70%. Die Ergebnisse dieser beiden Versuche dürfen dahingehend interpretiert werden, dass die Versorgungsempfehlungen der GfE eine ausreichende Sicherheit beinhalten und Zuschläge nicht erforderlich sind.

Schweine

In der Schweinefütterung ist die konsequente Anwendung des Systems des verdaulichen Phosphors (vP) der wirksamste Ansatzpunkt für eine sachgerechte P-Versorgung. Im Gegensatz zum Rind umfasst dies neben der Quantifizierung des Bedarfs auch die Berücksichtigung der Variabilität in der Verdaulichkeit der Futtermittel.

Beim wachsenden Schwein ist der quantitativ mit Abstand bedeutendste Faktor des Bedarfs der P-Gehalt im Zuwachs, der nach dem Stand des Wissens zwischen 4,5 und 5,0 g P/kg Lebendmassezuwachs liegt (GfE 2006). Bei zusätzlicher Berücksichtigung der unvermeidlichen P-Verluste, der Verwertbarkeit des vP sowie der Veränderungen in der Körperzusammensetzung während des Wachstums ergibt sich, dass die vP-Konzentration im Futter im Verlaufe der Wachstumsperiode kontinuierlich reduziert werden kann (Abb. 3). Die Phasenfütterung ist somit der wirksamste Ansatz zur Reduzierung des P-Aufwandes in der Schweinemast.

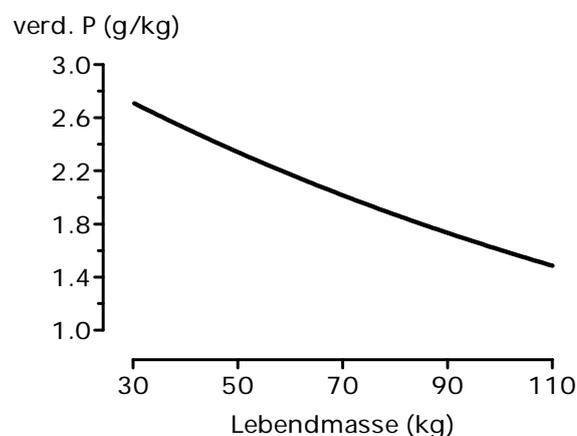


Abbildung 3: Notwendige Konzentration an verdaulichem P in Rationen in der Schweinemast in Abhängigkeit von der Lebendmasse der Schweine (basierend auf den Empfehlungen der GfE 2006)

Vor dem Hintergrund der Anpassungen im Düngemittelrecht hat sich die Gewichtung von P in Relation zum Stickstoff verschoben und die P-Ausscheidungen der Schweine können noch vor Stickstoff begrenzend wirken. Insbesondere bei Einsatz von Proteinträgern, die in Relation zu den Aminosäuren relativ viel P enthalten (z. B. Extraktionsschrote), ist die Fütterung in Phasen daher wichtig. Eine systematische Absenkung der Aminosäuregehalte im Verlaufe der Mast –gegebenenfalls mit dem Einsatz von freien Aminosäuren kombiniert– ermöglicht auch die Vermeidung von P-Überschüssen.

Gehalte an verdaulichem Phosphor in Futtermitteln

Die Futtermittelbewertung beginnt auch beim Schwein mit der Analytik. Es ist häufiger beschrieben worden, dass die Gehalte an Gesamt-P in Einzelfuttermitteln einer teilweise beträchtlichen Variation unterliegen. Die Ursachen sind noch unklar und können sowohl mit Standort- und Anbaubedingungen als auch mit den technologischen Details bei der Verarbeitung der Ernteprodukte zusammenhängen. Auf eine P-Analytik der Futtermittel kann daher nicht verzichtet werden, wenn die Rationsplanung optimiert werden soll.

Seit Etablierung des vP-Systems in Deutschland ist der Datenbestand zur P-Verdaulichkeit zwar langsam, aber kontinuierlich vergrößert worden, zuletzt durch umfangreiche Untersuchungen zur P-Verdaulichkeit von Getreide im Rahmen des GrainUp-Verbundes (R. Schemmer und K.-H. Südekum,

pers. Mitteilung). Der Anteil des Phytat-P und die pflanzeigene Phytaseaktivität sowie Löslichkeit unter den pH-Bedingungen des Verdauungstraktes, auch für die nicht-pflanzlichen P-Träger, sind die wesentlichen Einflussgrößen auf die P-Verdaulichkeit. Während bereits gut bekannt ist, wie unterschiedlich die P-Verdaulichkeit zwischen in der Schweinefütterung bedeutenden Einzelkomponenten sein kann, gibt es nur für wenige Einzelkomponenten gut abgesicherte Informationen zu Variabilität der P-Verdaulichkeit und zu den Gründen für die Variabilität. Eine Präzisierung der Versorgung mit vP wird davon abhängen, dass in weiteren Verdaulichkeitsbestimmungen und angepassten *in vitro*-Ansätzen die P-Verdaulichkeit einschließlich der Einflussgrößen besser charakterisiert wird.

Wirkung von Phytasen

Mit der Etablierung des vP-Systems und basierend auf dem damaligen Sachstand ging die Übereinkunft einher, bei Zusatz von Phytase mit einem Verdaulichkeitswert von 65% für die pflanzlichen Komponenten in der Mischung zu rechnen. Seitdem ist das Geschehen im Markt deutlich diversifizierter geworden: es gibt nun verschiedene Phytaseprodukte und es gibt eine Entwicklung hin zu höheren Dosierungen. In zunehmendem Maß gibt es auch Ergebnisse aus Versuchen, die sich mit der Wirkung verschiedener Phytasen auf die P-Verdaulichkeit von Einzelkomponenten befassen. Mithin darf hinterfragt werden, ob das Arbeiten mit einem konstanten Wert für die P-Verdaulichkeit pflanzlicher Komponenten (bei Phytasezusatz) zeitgemäß ist. Dieser Aspekt wird hier nicht weiter vertieft, weil er Thema eines anderen Beitrags dieser Tagung ist.

Werden die zuvor genannten Maßnahmen kombiniert (nährstoffangepasste Phasenfütterung, Berücksichtigung der Verdaulichkeit und Einsatz von Phytase), lassen sich die P-Ausscheidungen der Tiere minimieren. Bei Notwendigkeit zur Reduzierung der Stoffstrombilanz haben die betroffenen Betriebe also einen Handlungsspielraum. Schweinemast ist ohne Beeinträchtigungen der Leistung oder der Gesundheit der Schweine bei weitgehendem Verzicht auf mineralische P-Ergänzungen möglich. In der Anfangsmast kann –je nach verwendeten Futterkomponenten– die Ergänzung von mineralischem P trotz Einsatz von Phytase notwendig sein.

Fazit

Der Kenntnisstand zum P-Bedarf bei Rind und Schwein ist umfangreich und die Versorgungsempfehlungen sind gut abgesichert. Anpassungen der Versorgungsempfehlungen sind in Zeitabständen sinnvoll, derzeit aber nicht vordringlich nötig. Eine ressourcensparende und umweltverträgliche P-Versorgung ist geboten und kann umgesetzt werden. Wesentliche Herausforderungen, die dabei noch zu bestehen scheinen, sind aus Sicht des Autors:

- die konsequente Umsetzung lange bekannten Wissens und bewährter Konzepte in der Praxis;
- die Absicherung der Rationsplanung des Betriebes mit Mengenelementanalysen der Futtermittel;
- die Optimierung der Protein- und Aminosäureversorgung zur Vermeidung unnötiger P-Einträge durch Proteinfuttermittel;
- die bessere Charakterisierung und Ausnutzung des Potenzials von Phytase beim Schwein.

Literatur

Engelhard T., Meyer A., Rodehutscord M., Haese E., Bulang M. 2011. Reaktionen von Hochleistungskühen auf unterschiedliche Phosphorgehalte der Mischrationen. In Forum angewandte Forschung, Fulda, pp. 45-48.

Erickson G. E., Klopfenstein T. J., Milton C. T., Hanson D., Calkins C. 1999. Effect of dietary phosphorus on finishing steer performance, bone status, and carcass maturity. Journal of Animal Science 77, 2832-2836.

Erickson G. E., Klopfenstein T. J., Milton C. T., Brink D., Orth M. W., Whittet K. M. 2002. Phosphorus requirement of finishing feedlot calves. *Journal of Animal Science* 80, 1690-1695.

GfE 1995. Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 6: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Mastrinder. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

GfE 2001. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

GfE 2006. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

Haese E., Rodehutschord M. 2012. Optimale Phosphor- und Calciumversorgung bei Milchkühen. In 6. Leipziger Tierärztekongress, pp. 56-61.

Haese E., Möhring J., Steingass H., Schollenberger M., Rodehutschord M. 2017. Effect of dietary mineral phosphorus and phytate on in situ ruminal phytate disappearance from different concentrates in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 100, 3672-3684.

LfL 2016. Gruber Tabelle zur Fütterung in der Rindermast. 21. Auflage.

Rodehutschord M. 2008. Ansatzpunkte zur Schonung der begrenzten Phosphorressourcen. *Archiv für Tierzucht* 51 (Sonderheft), 39-48.

Autorenanschrift

Prof. Dr. Markus Rodehutschord
Universität Hohenheim
Institut für Nutztierwissenschaften
Emil-Wolff-Str. 10
70599 Stuttgart

Ich danke Frau Dr. Eva Haese und Frau Dr. Natascha Titze für ihre unterstützenden Recherchen zur Rindermast.

Phosphor – Versorgung mit dem Futter: Entwicklung bei Einzel- und Mischfutter

Karl-Hermann Grünwald

Verein Futtermitteltest e.V. (VFT), Bad Sassendorf

Einleitung

Für gute Leistungen bei Milch-, Fleisch- und Eiproduktion ist eine ausreichende Nährstoffversorgung der Nutztiere notwendig. Lange Jahre wurden daher im Hinblick auf die Erreichung einer Mindestversorgung knappe Nährstoffe durch Ergänzung ausgewählter Komponenten bzw. Zusatzstoffe ergänzt.

Im Rahmen der Diskussion zu Umwelt, Nährstoffeffizienz und Ressourcenschonung wurde in den letzten zwei Jahrzehnten aber auch die Vermeidung von Überversorgung mit einzelnen Nährstoffen erkannt und eine Optimierung der Nährstoffversorgung angestrebt. Seitdem wird versucht über die Forschung und Beratung die Beschränkung der Nährstoffausscheidungen zur Vermeidung/Begrenzung von Umweltproblemen in die Praxis umzusetzen. Dabei sind folgende Schritte zu berücksichtigen:

Bedarfsermittlung

Kenntnis Futtermittel bzgl. der Nährstoffgehalte

Verzicht auf Überschuss (Vorhalte-Mentalität)

Einstellen notwendiger Gehalte an Nährstoff in der Ration/ Mischung

Fütterung in an den Bedarf angepassten Phasen

Berücksichtigung Verdaulichkeit der Nährstoffe

Durch den Strukturwandel ist die Tierhaltung heute regional teils sehr konzentriert, wobei nicht mehr die Versorgung der Tiere, sondern die „Entsorgung“ (Verteilung) des anfallenden Wirtschaftsdüngers (v.a. Gülle) von vorrangiger Bedeutung ist. Da die Verminderung von Nährstoffausscheidungen in die Umwelt am wirksamsten durch eine Reduzierung des Inputs ist, kommt der Fütterung weiterhin eine zentrale Bedeutung zu.

Für die Optimierung von Rationen / Mischungen ist die Kenntnis der Nährstoffgehalte der verwendeten Futtermittel von zentraler Bedeutung. Daher wird seit einer Reihe von Jahren seitens der Beratung auf die Notwendigkeit von Futtermittelanalysen bei den verwendeten Komponenten hingewiesen. Nachdem früher Getreide und Grundfutter v.a. auf Energie und Rohprotein untersucht wurde, werden zunehmend auch weitere Nährstoffe u. a. die Mineralstoffe in die Untersuchung mit einbezogen.

Frage: Welche P-Gehalte sind nun für die wichtigsten Einzelfuttermittel und Mischfutter anzunehmen und wie haben sich die Futter und deren P-Gehalte in den letzten Jahren verändert /entwickelt?

Material und Methoden

Im Rahmen des Warentest Mischfutter prüft und bewertet der Verein Futtermitteltest e. V. (VFT) seit über 20 Jahren verschiedene Mischfuttermittel. Die Futtermittel stammen aus verschiedenen Regionen Deutschlands. Für die aktuelle Auswertung erfolgt ein Vergleich der P-Gehalte verschiedener Futtertypen im Zeitraum der Jahre 2000 – 2016.

Für die wichtigsten Einzelfuttermittel wurden Daten verschiedener Einrichtungen berücksichtigt.

Einzelfuttermittel

Im Gegensatz zur Analyse auf Energie, Rohprotein und Aminosäuren wurde die Analyse auf Mineralstoffe bei Getreide und diversen Nebenprodukten (der Lebensmittelproduktion) seitens der Landwirte und auch im Rahmen der Beratung früher nicht regelmäßig durchgeführt. In den letzten Jahren gibt es dazu mehr Daten. Gleiches gilt für Grobfutter, wobei dort die Mineralstoffe schon etwas länger untersucht werden (Pries, 2017).

Für Änderungen der P-Gehalte in den Ernteprodukten im Zeitverlauf werden verschiedene Gründe diskutiert:

Züchtung (Sorteneffekte)

Veränderte Düngung (weniger P-Düngung → reduzierte Gehalte)

Verdünnungseffekt (höherer Ertrag → reduzierte Gehalte)

Bearbeitung des Ernteproduktes (bei Nebenprodukten: veränderte Verarbeitung)

Die Tabellen 1 und 2 zeigen die im Rahmen dieser Auswertung verfügbaren P-Gehalte für die wichtigsten Getreidearten sowie für die Extraktionsschrote von Sojabohne und Raps auf (Patzelt 2017, Schneider 2017, Weber 2015). Die Tabellen 3 und 4 zeigen die ermittelten P-Gehalte von Gras- und Maissilage im Zeitverlauf und im Vergleich verschiedener Regionen auf.

Tabelle 1: P-Gehalte ausgewählter Getreidearten, g/kg TM

		Bayern			NRW		
		2014	2015	2016	2014	2015	2016
Weizen	n	54	32	11	16	27	39
	Mittel	3,5	3,4	3,8	3,4	3,3	3,6
	Spanne	2,4-4,8	2,2-4,4	3,1-4,4	2,7-4,4	3,0-3,6	2,3-4,2
Gerste	n	70	70	17	13	26	69
	Mittel	4,1	3,8	4,0	3,7	3,2	3,6
	Spanne	2,5-5,3	2,0-4,5	3,4-4,4	3,2-4,4	2,8-3,6	2,6-4,6
Roggen +Tritikale	n				17	33	22
	Mittel				3,4	3,3	3,7
	Spanne				3,0-3,9	2,9-3,8	3,1-4,2
Körnermais	n	10	15	-			
	Mittel	3,6	3,8				
	Spanne	2,3-4,8	2,6-5,0				

Die Werte für Getreide streuen zum Teil deutlich (Weizen 2,2-4,8, Gerste 2,0-5,3, Roggen 2,9-3,6, Triticale 2,9-4,2, Körnermais 2,3-5,0 g/kg). Die Gehalte liegen im Mittel bei ca. 3,3-3,8 g P/ kg Trockenmasse. Dabei ist die Varianz innerhalb der Getreidearten größer als zwischen den Getreidearten, den Jahren und den Regionen.

Tabelle 2: P-Gehalte von Soja- und Rapsextraktionsschrot, g/kg TM

		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Sojaex.	n					15	14	8
schrot	Mittel					8,5	8,3	7,7
	Spanne					6,6-10,2	7,2-9,2	6,8-8,4
Rapsex.	n	10	10	32	16	17	10	3
schrot	Mittel	12,4	11,1	11,7	11,8	11,8	12,2	11,5
	Spanne	11,6-13,2	9,9-11,9	10,6-13,0	10,3-13,0	11,0-12,5	11,1-12,8	10,8-12,4

Bei Rapsextraktionsschrot wurden im Rahmen eines UFOP-Monitorings bundesweit von 2001-2014 Nährstoffgehalte untersucht, die Mineralstoffe waren seit 2010 einbezogen (Weber 2015). Für Sojaextraktionsschrot gibt es nur wenige Analyseergebnisse (Daten) zu P-Gehalten (Schneider 2017). Für Raps- und Sojaextraktionsschrot können im Mittel 11,7 bzw. 8,3 g P/kg angenommen werden. Die P-Gehalte streuen deutlich weniger als beim Getreide.

Tabelle 3: P-Gehalte von Gras- und Maissilage in NRW in g/kg TM

	2004		2006		2012		2014		2016	
	MW	s								
Grassilage 1. Schnitt	3,8	0,50	3,2	0,48	3,7	0,53	3,4	0,50	3,3	0,47
Grassilage 2. Schnitt	3,4	0,48	3,4	0,56	3,6	0,59	3,5	0,56	3,4	0,57
Maissilage	2,1	0,30	2,1	0,32	2,0	0,24	2,1	0,29	2,1	0,32

Bei Grobfutter sind insbesondere Grassilage und Maissilage von besonderer Bedeutung. Die Daten aus NRW (Tabelle 3) zeigen lediglich ungerichtete Veränderungen im Zeitverlauf auf (Pries 2017), wogegen in Baden-Württemberg (Tabelle 4) tendenziell abnehmende P-Gehalte festzustellen waren (Leberl et al. 2005, Leberl 2014). Weitere Daten zeigen einen Einfluss der Düngung (Leberl 2010). Als Ursachen für regionale Unterschiede sind v. a. Standortfaktoren (Böden, botanische Zusammensetzung) und pflanzenbauliche Maßnahmen anzusehen.

Tabelle 4: Mittlere P-Gehalte von Grassilage in Baden-Württemberg, g/kg TM

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2013
GS 1. Schnitt	4,0	3,6	3,8	4,3	3,9	4,1	4,2	3,6	3,4	3,7	3,5
GS Folgeschnitte	4,0	3,9	3,9	3,8	4,0	4,0	3,9	3,6	3,6	3,7	3,3

Grundsätzlich ist zu empfehlen, das Erntegut (Getreide, Grobfutter) zu beproben und neben Energie und Protein (für Schweine- und Geflügelfütterung auch Aminosäuren) auch die Mineralstoffe zu untersuchen, ansonsten sollten möglichst aktuelle regionale Daten aus Futterwerttabellen berücksichtigt werden. Insbesondere bei Grassilage zeigen sich große Schwankungen beim Phosphor. Im Rahmen der Nährstoffbilanzierung sind solche Analysen des eigenen Erntegutes v.a. dann angebracht, wenn aufgrund der betrieblichen Situation (Futtergrundlage) niedrigere P-Bilanzen resultieren, um dies mit den Erntemengen und P-Gehalten nachzuweisen zu können.

Mischfuttermittel

Aufgrund stärkerer Spezialisierung in der Tierhaltung wird seit Jahrzehnten nach dem Prinzip der Arbeitsteilung in kommerziellen Mischfutterwerken Allein- und Ergänzungsfutter für unterschiedliche Tierkategorien und Einsatzzwecke produziert. Vorteile sind die Nutzung einer großen Bandbreite von Einzelfuttermitteln mit unterschiedlichsten Eigenschaften und Nährstoffgehalten, die Verarbeitung von in der Lebensmittelindustrie anfallenden Nebenprodukten, die bessere Kenntnis der Qualitäten (regelmäßige Analysen für eingelagerte große Partien), Nutzung aktueller Mischtechnik, Nutzung Know-how etc.

Die Qualität der Mischfutter wird regelmäßig im Rahmen der amtlichen Kontrolle (Prüfung v.a. sicherheitsrelevante Parameter, Salmonellen, Zusatzstoffe, tierisches Protein, teils Deklarationseinhaltung Nährstoffe) sowie im Rahmen des DLG Gütezeichens (Mineralfutter, teils Mischfutter) und des VFT-Warentests (Mischfutter für Rinder, Schafe, Schweine, Legehennen, Pferde; kein Mineralfutter) geprüft. Die Daten aus dem Gütezeichen und dem Warentest werden mit Namensnennung veröffentlicht.

Im Hinblick auf die Verminderung der P-Ausscheidungen konnten im Verlauf der letzten zwei Jahrzehnte verschiedene Entwicklungen festgestellt werden:

- Umstellung der P-Empfehlungen beim Schwein auf verdaulichen Phosphor (vP)
- Verzicht auf überhöhte-P-Gehalte → Konzeption auf niedrigere / optimierte P-Gehalte
- Einsatz von Phytase im Schweine- und Legehennenfutter
- Einsatz freier Aminosäuren, dadurch weniger P aus Ölschroten
- Konzeption verschiedener aufeinander folgender Phasenfutter mit angepassten Gehalten
- Vermeidung von GVO → Ersatz von Sojaextraktionsschrot durch Rapsextraktionsschrot (mehr P)

Im Rahmen der vorliegenden Auswertung wurden die Mischfutter der Jahre 2000-2016 betrachtet. Um Änderungen im Zeitverlauf darzustellen, wurde jedes 4. Jahr betrachtet.

Aus Abbildung 1 wird die im Zeitverlauf steigende Bedeutung des Phytaseeinsatzes deutlich. Beim Schweinefutter hat sich der Phytaseeinsatz etabliert (mehr als 90 % der Futter mit Phytase), wogegen beim Futter für Legehennen nur ca. 75 % einen entsprechenden Zusatz enthalten. Im Verlauf der Jahre nahm die Anzahl der beprobten „Universalfutter“ ab, die Zahl spezieller Phasenfutter (Trage- und Säugefutter, Anfangs-, Mittel- und Endmastfutter) stieg, was auf eine wachsende Bedeutung der Phasenfütterung in der Praxis hinweist.

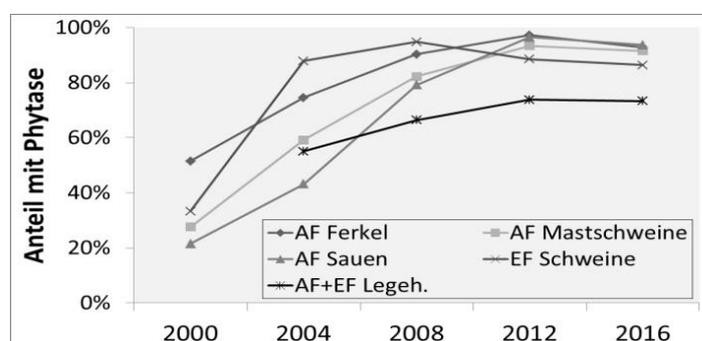


Abbildung. 1: Anteil verschiedener Mischfutter mit Phytasezusatz

Die P-Gehalte einzelner Futtertypen sind in Tabelle 5 und 6 für die ausgewählten Jahre dargestellt.

Tabelle 5: Mittelwert und Spanne der P-Gehalte verschiedener Rinder-, Schaf- und Pferdefutter, g/kg

Futtertyp	2000		2004		2008		2012		2016	
	MW	Spanne								
EF Milchkühe										
- ausgegl. MLF	5,7	3,5-9,2	5,9	3,6-9,5	5,9	3,1-8,5	6,0	3,9-8,5	6,2	4,1-10,0
- z. Ausgleich	7,6	5,3-9,5	7,4	2,7-10,2	7,1	2,1-10,3	6,9	3,1-11,3	7,4	1,3-11,3
- z. Verschnitt	7,8	4,6-10,8	8,0	5,3-10,8	8,1	5,3-9,8	8,7	5,2-10,9	8,8	6,2-11,1
Typ 18/3	5,8	4,0-8,5	6,0	4,1-7,8	6,2	4,4-8,5	6,1	3,9-8,1	6,5	4,6-10,0
Typ 20/4	5,8	4,5-7,8	5,6	4,4-7,0	5,6	3,8-7,2	6,0	4,0-7,8	6,3	4,3-8,5
EF Mastrinder			7,1	4,2-10,7	7,2	4,8-9,2	6,9	5,5-9,0	7,1	4,6-11,0
EF Kälber					5,5	3,5-7,9	5,6	3,1-7,8	5,5	3,6-8,5
EF Schafe							5,6	4,4-7,1	5,5	4,1-7,1
EF Pferde							4,6	2,7-6,3	4,5	3,1-7,9

EF = Ergänzungsfutter

Ergänzungsfutter sollen die betrieblich vorliegende Futtersituation, ggf. unter Berücksichtigung weiterer Mineralfuttergaben, ergänzen. Bei Milchkühen werden dazu unterschiedliche Mischfuttertypen eingesetzt. Da die betriebliche Futtersituation und Rationsgestaltung variiert, sind die geprüften Futter für den Ausgleich bzw. den Verschnitt mit Getreide u. a. vielseitig und die Mittelwerte der P-Gehalte somit nicht vergleichbar. Milchleistungsfutter für den Einsatz nach Leistung sind ähnlicher und variieren nur in der Nährstoffkonzentration. Früher war der Typ „18/3“ (18 % Rohprotein, Energiestufe 3) am häufigsten, heute ist der Typ „20/4“ mehr verbreitet. Bei den ausgeglichenen Milchleistungsfuttern zeigt sich ein Anstieg der P-Gehalte. Dies kann u. a. durch den Einsatz von Sojaextraktionsschrot durch Rapsschrot bedingt sein. Mangels langfristiger Kontrolle und wegen geringem Prüfumfang kann zu Veränderungen in P-Gehalten bei Ergänzungsfuttern für Mastrinder, Kalb, Schafe und Pferde keine Aussage getroffen werden.

Bei Schweinen und Geflügel wird häufig zugekauft Alleinfutter eingesetzt. Hier können die Nährstoffgehalte direkt verglichen werden (Tabelle 6). Für Ergänzungsfutter gilt, dass die P-Gehalte in Abhängigkeit vom vorgesehenen Mischungsanteil variieren. Daher wurden die Ergänzungsfutter in Tabelle 6 nicht mit aufgeführt.

Für Schweine- und Geflügelfutter zeigen sich im Zeitverlauf auch Änderungen in der Konzeption der Energie- und Proteingehalte etc. Da Energiegehalt und Futterzuteilung korrespondieren, sind für eine Beurteilung der ausgewogenen Nährstoffversorgung die P-Gehalte auf die Energie zu beziehen. Für Ergänzungsfutter erfolgt die Bewertung der Nährstoffgehalte beim VFT auf Basis der zu fütternden Mischung (Summe aus anteiligen P-Gehalten des Ergänzers und des Getreides). Die so erstellten P-Werte (g P / MJ ME) sind dann auch bei unterschiedlichen Energiegehalten sowie bei Allein- und Ergänzungsfutter miteinander vergleichbar.

Bei Schweine- und Legehennenfutter zeigt sich, dass die P-Gehalte leicht zurückgehen. Es wird deutlich, dass die P-Gehalte im Futter auf einander folgender Phasen meist abgestuft sind, v.a. beim Mastfutter. Gleiches zeigt sich auch bei den auf die Energie bezogenen P-Gehalten (g P / MJ MJ).

Eine tiefergehende Auswertung zeigt, dass bei Differenzierung nach Phytasezusatz im Mischfutter für Schweine mit entsprechendem Zusatz die P-Gehalte im Durchschnitt der Jahre um ca. 0,2-1,0 g/kg bzw. 0,01-0,07 g/MJ ME niedriger als in Futtermischungen ohne Phytasezusatz sind. Beim Legehennenfutter ist diese Differenzierung etwas größer (P Reduzierung von 0,8 g/ kg bzw. 0,09 g/MJ ME) für Futter aus dem Jahr 2016. Die mögliche Reduzierung der Brutto-P-Gehalte scheint v. a. bei den Ergänzungsfuttern noch nicht ausgeschöpft zu sein.

Tabelle 6: Mittelwert und Spanne der P-Gehalte verschiedener Schweine- und Legehennenfutter, g/kg

Futtertyp	2000		2004		2008		2012		2016	
	MW	Spanne	MW	Spanne	MW	Spanne	MW	Spanne	MW	Spanne
AF Ferkel										
- FAZ I	6,1	3,9-8,5	5,7	4,0-7,7	5,6	3,6-7,1	5,5	4,4-6,9	5,3	3,8-6,2
- FAZ II	6,2	4,6-7,9	5,7	4,2-7,5	5,4	3,4-7,6	5,3	3,8-6,3	5,2	3,6-6,3
AF Sauen										
- Säugef.	6,4	4,7-9,0	5,8	4,0-6,8	5,6	4,4-7,0	5,6	4,6-6,8	5,5	4,4-6,6
- Tragef.	5,9	4,4-7,5	5,5	3,8-7,9	5,4	3,6-6,8	5,2	3,6-6,9	5,1	3,8-6,9
AF Mastschweine										
- Uni-Mast	5,7	4,0-9,0	5,0	3,4-6,8	4,9	3,6-7,2	4,8	3,5-7,4	4,7	3,8-6,6
- AM	6,1	4,6-7,7	5,1	3,8-6,4	5,0	4,2-5,6	4,8	3,7-5,8	4,9	4,0-6,1
- MM	5,8	4,4-8,6	4,9	3,9-7,6	5,1	4,0-7,6	4,8	3,6-6,9	4,7	3,7-5,8
- EM	5,3	4,3-5,8	4,9	3,8-6,2	4,7	3,8-5,3	4,7	3,6-5,8	4,4	3,5-5,7
Legehennenfutter										
- AF I	6,4	4,5-9,0	5,2	3,5-7,6	5,1	3,7-6,8	5,0	4,0-7,5	5,1	3,3-8,6
- EF			7,4	5,1-10,3	6,9	3,9-9,3	6,7	5,3-9,4	6,2	4,5-8,6

AF = Alleinfutter; EF = Ergänzungsfutter

für Ergänzungsfutter müssen zur Beurteilung die P-Gehalte in der verfütterten Mischung betrachtet werden

Während bei selbst produzierten Einzelfuttermitteln aktuelle Analysen oder Tabellendaten für die Berücksichtigung der P-Gehalte im Rahmen der Optimierung und Bilanzierung nötig sein, sind bei Zukauffutter die wichtigsten Nährstoffgehalte deklariert. Für Alleinfutter ist die Angabe von P verpflichtend, bei Ergänzungsfutter gilt zwar erst bei Gehalten $\geq 2\%$ P, aber auch darunter ist die Angabe schon üblich. Die Einhaltung der Deklarationsangaben wird regelmäßig geprüft. Ergebnisse der amtlichen Kontrolle und des VFT-Warentests zeigen, dass die Deklarationen v. a. zu P, gut eingehalten werden (Grünewald 2016).

Zusammenfassung / Fazit

Bei den hier angesprochenen Einzelfuttermitteln sind überwiegend keine zielgerichteten Änderungen im P-Gehalt festzustellen. Allerdings gibt es große Schwankungen zwischen einzelnen Erntepartien (Region/ Fläche/ Erntejahr). Einzelne Daten zeigen auch einen Rückgang der P-Gehalte im Zeitverlauf. Daher wird insbesondere beim Grobfutter empfohlen, größere Erntepartien zu untersuchen und dabei auch die Mineralstoffe einzubeziehen.

Der Zukauf von Mischfutter sollte unter Berücksichtigung der Nährstoffbilanzierung moderner Futterkonzeptionen (Phasenfutter, Phytasezusatz) erfolgen. Im Hinblick auf die betriebliche Situation könnten ggf. stark N- und P-reduzierte Futtertypen ausgewählt werden. Die Deklarationsangaben können für die Kalkulation der Fütteration und die Nährstoffbilanzierung berücksichtigt werden.

Literatur

DLG (2014) Bilanzierung der Nährstoffausscheidung landwirtschaftlicher Nutztiere. Arbeiten d. DLG, Band 199, DLG-Verlag GmbH, Frankfurt

Grünewald, K.-H., Apel, B. (2016) Mischfutter – Genauigkeit der N- und P-Angaben der Hersteller. VDLUFA-Schriftenreihe Bd. 73, 418-425, Kongressband 2016 Rostock, VDLUFA-Verlag

Leberl P., Kiefer S., Schenkel, H. (2005) Vergleich futterwertbestimmender Eigenschaften von Grassilagen der Jahre 1995-2004 in Baden-Württemberg. In: Proceedings of the 14th International Science Symposium on Nutrition of Domestic Animals, Zdravec-Erjavec days, S. 126-132

Leberl, P. (2010) Einfluss der Grundnährstoffversorgung der Dauergrünlandes auf verschiedene Mineralstoffgehalte von Grassilagen. In: 122. VDLUFA-Kongress (21.-24.09.2010, Kiel) Kurzfassung der Referate, 73, VDLUFA-Verlag, Darmstadt

Leberl, P. (2014) Grundfutterqualität des Jahres 2013. In: Tätigkeitsbericht 2013, 32-37, Landesanstalt für Landwirtschaftliche Chemie

Patzelt, S. (2017) persönliche Mitteilung

Pries, M. (2017) persönliche Mitteilung

Schneider, S. (2017) persönliche Mitteilung

Spiekers, H., Ettle, T., Pries, M., Grünwald, K.-H. (2012) Kalkulation der Nährstoffausscheidungen beim Rind. VDLUFA-Schriftenreihe Bd. 68, 710-717, Kongressband 2012 Passau, VDLUFA-Verlag, Darmstadt

Weber, M. (2015) 10 Jahre Monitoring von Rapsfuttermitteln. In: Proteinmarkt.de, Neues für Fütterung und Management 2015, Nr. 11

Autorenanschrift

Dr. K.-H. Grünwald
Verein Futtermitteltest e.V.
Haus Düsse 2
59505 Bad Sassendorf
k-h.gruenewald@vlk-agrar.de

Bonimal

Gutes fürs Tier.



Futtermittel - Hygiene - Service

Aufeinander abgestimmte Sortimente sorgen für Gesundheit und Wohlbefinden Ihrer Tiere und somit für Ihren Erfolg.



Die Marke für
den professionellen
Nutztierhalter.

Phosphor – Bilanz: Anforderungen aus Dünge-Verordnung und Stoffstrombilanz

Matthias Wendland

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz

Einleitung

Am 2. Juni 2017 trat die neue Düngeverordnung in Kraft. Sie regelt die gute fachliche Praxis bei der Anwendung von Düngemitteln und setzt die Nitratrichtlinie der EU um, enthält aber auch Vorgaben für Phosphat. Sie enthält zahlreiche Regelungen für den Umgang mit organischen Düngern, die z. T. fachliche Aspekte einschränken. Wesentliche Ziele der neuen Verordnung sind die Vermeidung von Gewässerverunreinigungen, die bessere Verteilung von Wirtschaftsdüngern und die Reduzierung von Nährstoffüberschüssen. Die strengen Regelungen können besonders für intensive tierhaltende Betriebe und Biogasanlagen gravierende Auswirkungen haben. Die Regelungen für Phosphat sollen die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie unterstützen. Die Bestandsaufnahmen haben in Bayern für zahlreiche Oberflächengewässer eine schlechte Qualität ergeben. Bei den Ursachen spielt der Phosphatgehalt der Wirtschaftsdünger eine große Rolle.

Phosphatanfall und Bodenversorgung

Nach unseren Berechnungen aus dem Jahr 2012 werden in Bayern fast 43 kg/ha P₂O₅ über Wirtschaftsdünger und Biogasgärreste ausgebracht (Tab.1). Zusammen mit dem Verbrauch von Mineraldünger von 15,8 kg/ha führt das zu einer guten Versorgung der landwirtschaftlichen Böden.

Tabelle 1: Nährstoffanfall aus Tierhaltung und Biogasanlagen in Bayern 2012 in kg/ha LF

	N brutto	N netto	P₂O₅	K₂O
Rinder	73,2	59,3	25,2	89,0
Schweine	14,7	10,2	7,0	7,2
Geflügel	1,7	1,0	1,0	0,9
Sonstige Tiere	3,2	1,8	1,3	3,8
Biogas	20,4	19,4	8,4	23,8
Summe	113,2	91,7	42,8	124,7

Im Durchschnitt Bayerns liegen 46 % der Ackerflächen in der optimalen Versorgungstufe C (optimal), in den hoch versorgten Stufen D und E sind 34 % der Flächen. Auf Grünland liegt dieser Anteil bei 16 %. Das weist darauf hin, dass die Gülle, die von Grünlandflächen entstanden sind, vorzugsweise auf Ackerflächen ausgebracht werden. Bei einem Vergleich der Regierungsbezirke fällt auf, dass traditionell viehstarke Gebiete weniger Flächen in den niedrigen Versorgungsstufen A und B haben (Abb.1).

	Acker					Grünland				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Oberbayern	2	13	46	23	17	8	31	41	13	8
Niederbayern	2	13	48	24	13	17	37	34	8	4
Oberpfalz	4	16	45	21	13	26	33	29	7	5
Oberfranken	7	20	44	19	10	36	33	23	6	3
Mittelfranken	4	16	47	21	12	19	33	34	9	5
Unterfranken	6	23	45	16	10	35	30	23	7	4
Schwaben	3	17	48	20	12	8	34	42	10	5
Bayern	4	16	46	21	13	16	33	36	10	6

Abbildung 1: Bodenversorgung mit Phosphat in % der untersuchten Flächen

Von den hoch versorgten Flächen geht besonders das Risiko einer Gewässerbelastung aus, wenn Bodenmaterial durch Erosion abgeschwemmt wird. Daher beinhaltet die Düngeverordnung auch Regelungen zur Ausbringung von Phosphatdüngern.

Düngebedarfsermittlung für Phosphat

Grundsätzlich gelten die fachlichen Regeln des VDLUFA, nach denen je nach Versorgungstufe des Bodens Zu- bzw. Abschläge zum Entzug berücksichtigt werden. Die neuen Regelungen der Düngeverordnung lassen unabhängig von der Bodenversorgung nur noch einen Bilanzüberschuss von 20 kg (ab 2018 nur noch 10 kg) P_2O_5 zu. Damit kann im Prinzip nur noch die Nährstoffabfuhr gedüngt werden. Soll eine niedrig versorgte Fläche auf gedüngt werden, muss das auf einer anderen, besser versorgten Betriebsfläche eingespart werden. Auf Flächen mit einer Bodenversorgung über 20 mg P_2O_5 darf nur noch die Abfuhr gedüngt werden. Für viehstarke Betriebe wird eher Phosphat als Stickstoff der begrenzende Faktor sein.

Für die Landwirte hat das die Konsequenz, dass A und B-Flächen nicht mehr auf gedüngt werden können, außer durch reduzierte Düngung der D und E-Flächen. In manchen Fällen muss der Mineraldüngerzukauf reduziert werden, dabei gilt es besonders die Unterfußdüngung bei Mais zu überdenken. Zudem müssen die Wirtschaftsdünger auf den Betriebsflächen anders verteilt und auch hofferne Flächen stärker berücksichtigt werden.

Nährstoffbilanzierung nach der Düngeverordnung

Der Nährstoffvergleich erfolgt vorerst weiterhin auf Feld-Stall-Basis. Dabei werden die Zufuhren auf die einzelnen Schläge und die Abfuhren berücksichtigt (Abb. 2)

Feld-Stall-Bilanz

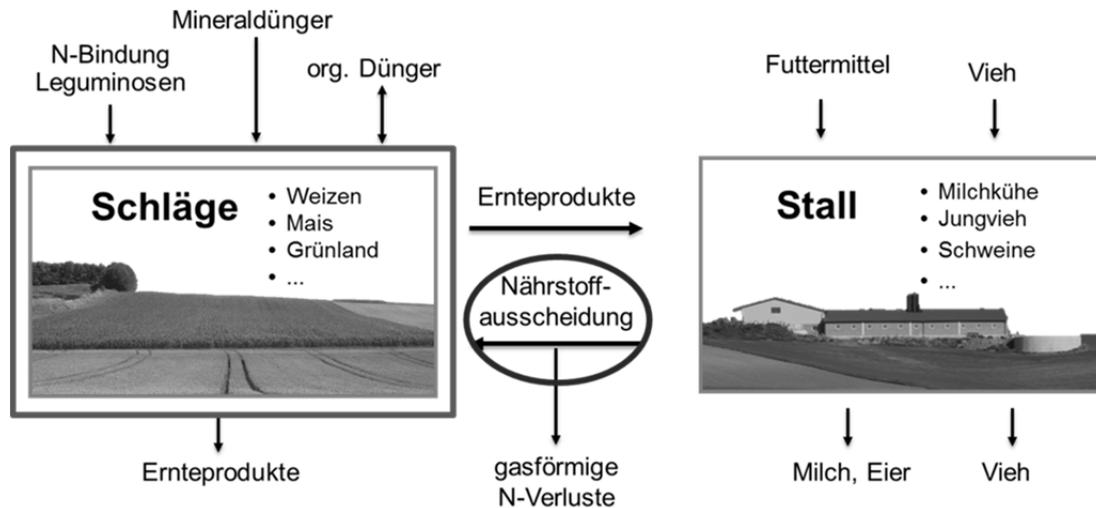


Abbildung 2: Prinzip der Feld-Stall-Bilanz

Zu den Zufuhren zählen auch die auf den Flächen ausgebrachten Wirtschaftsdünger. Die Nährstoffe werden aus der Menge/ha und den jeweiligen Nährstoffgehalten berechnet. Die Nährstoffgehalte sind entweder aus eigenen Untersuchungen bekannt oder können bei den wichtigsten Tierarten als Durchschnittswerte aus Tabellen entnommen werden. Diese Durchschnittswerte geben die Nährstoffgehalte bei standardisierten Fütterungsverfahren an. Weicht die tatsächliche Fütterung davon ab, können auch die Nährstoffgehalte der Wirtschaftsdünger abweichen. Besonders auffällig wurde das bei Untersuchungen von Schweinegülle in Hohenthann. Die dort ansässigen Betriebe verwenden besonders viele Nebenprodukte (Tab. 2), die Nährstoffgehalte weichen daher stark von den Basisdaten ab. Werden bei der Berechnung der Bilanz unpassende Daten verwendet, verliert das Ergebnis an Aussagekraft. Eine Aussage, ob die Grenzwerte von 50 kg N/ha und Jahr bzw. 10 kg P₂O₅, die ab 2018 eingehalten werden müssen, wirklich unterschritten werden, ist somit ohne Kenntnis des Fütterungsregimes nur schwer möglich.

Tabelle 2: Nährstoffgehalte (kg/m³) in Schweinegülle (Hohenthann) und Standardwerte nach Basisdaten

Jahr	N gesamt	Ammonium	P ₂ O ₅	TS
2014	4,9	3,8	3,7	5,0
2015	6,1	4,8	3,8	5,0
2016	5,5	4,0	3,5	5,0
Standard	3,8	2,7	2,5	5,0
NP reduziert	3,3	2,3	2,4	5,0

Im Düngegesetz ist festgelegt, dass ab dem 1. Januar 2023 die Zufuhr von Nährstoffen in den Betrieb und die Abgabe von Nährstoffen aus dem Betrieb in einer Stoffstrombilanz zu berechnen sind. Das gilt für Betriebe mit mehr als 20 Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche oder mehr als 50

Großvieheinheiten. Betriebe mit mehr als 50 Großvieheinheiten je Betrieb oder mit mehr als 30 ha LF und mehr als 2,5 GV je ha müssen diese Bilanz bereits ab dem 1. Januar 2018 berechnen. Das gilt auch für tierhaltende Betriebe oder Biogasanlagen, die Wirtschaftsdünger aufnehmen. Im Gegensatz zur Feld-Stall-Bilanz ist die Stoffstrombilanz als Brutto-Bilanz ausgelegt, d. h., dass die Verluste der organischen Dünger nicht abgezogen werden. Nachdem der Tierbesatz in den Betrieben unterschiedlich hoch ist, werden betriebspezifische Obergrenzen ausgewiesen. Genauere Regelungen zur Berechnung und Bewertung müssen der Verordnung entnommen werden.

Stoffstrombilanz

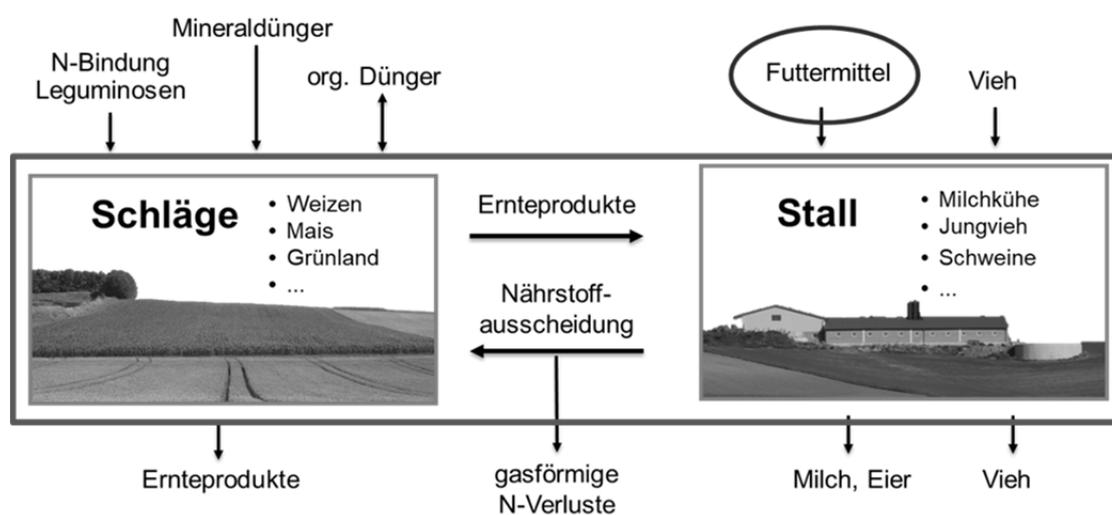


Abbildung 3: Prinzip der Stoffstrombilanz

Aus der Abbildung 3 wird offensichtlich, dass das Ergebnis der Stoffstrombilanz direkt vom Zukauf von Futtermitteln abhängig ist. Dafür müssen die Nährstoffgehalte der Futtermittel bekannt sein, was insbesondere bei Nebenprodukten nicht immer gegeben ist.

Um die Bilanzwerte einhalten zu können, müssen Betriebe bei der Fütterung darauf achten, nur die für das Wachstum und die Leistung der Tiere absolut notwendigen Mengen an Phosphat einzusetzen.

Fazit

Viele Oberflächengewässer Bayerns sind nach der Wasserrahmenrichtlinie durch den Eintrag von Phosphat in einem schlechten Zustand. Die neue Düngeverordnung enthält daher auch Regelungen für die Anwendung phosphathaltiger Düngemittel. Der zulässige Bilanzüberschuss für Phosphat wird ab 2018 auf 10 kg/ha/Jahr begrenzt. Als Bilanzmethode wird bis 2023 weiterhin die Feld-Stall-Bilanz berechnet, viehstarke Betriebe müssen bereits ab 2018 die Stoffstrombilanz zusätzlich rechnen. Bei beiden Bilanzen spielt der Phosphatgehalt der eingesetzten Futtermittel eine große Rolle. Überversorgungen führen dazu, dass die Bilanzwerte nicht eingehalten werden können. Es gilt daher in Zukunft Phosphat in den Futtermitteln und den Rationen zu reduzieren.

Literatur

Nährstoffbericht in Bezug auf Wirtschaftsdünger für Niedersachsen 2012/2013 (2013). Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenburg

Vorstellung Nährstoffbericht für Wirtschaftsdünger in Niedersachsen 2012/2013 (2013) Präsentation zum Nährstoffbericht. Landwirtschaftskammer Niedersachsen.

http://www.ml.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=1810&article_id=119091&psmand=7

Bund-Länder-Arbeitsgruppe zur Evaluierung der Düngeverordnung (2012). Evaluierung der Düngeverordnung - Ergebnisse und Optionen zur Weiterentwicklung, Braunschweig

Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere, 2. Auflage (2014). Arbeiten der DLG Band 199, Frankfurt am Main

Bayerischer Agrarbericht 2012. www.agrarbericht-2012.bayern.de

Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland, Gelbes Heft. 10. unveränderte Auflage 2012, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising

Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung. Statistik kommunal 2012, Gebiet und Flächennutzung 2012, <https://www.statistik.bayern.de/>, Biogas in Zahlen – Statistik zur bayerischen Biogasproduktion 2012. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft <http://www.lfl.bayern.de/iba/energie/031607/>

Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung DÜV) vom 10. Januar 2006, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2006 Teil I Nummer 2, ausgegeben zu Bonn am 13. Januar 2006

Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV), Bundesgesetzblatt Jahrgang 2017 Teil I Nr. 32, ausgegeben zu Bonn am 01. Juni 2017

Erste Verordnung zur Änderung des Düngegesetzes und anderer Vorschriften, Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 26, ausgegeben zu Bonn am 15. Mai 2017

Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere, 2. Auflage (2014). Arbeiten der DLG Band 199, Frankfurt am Main

Autorenanschrift

Dr. Matthias Wendland
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur
und Ressourcenschutz
Lange Point 12
85354 Freising-Weihenstephan
matthias.wendland@Lfl.bayern.de

P-Versorgung: Ergebnisse der Ringauswertungen

Stephan Schneider¹, Eva-Maria Brunlehner¹, Josef Bergermeier²

¹Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft

²Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V.

Einleitung

Im ersten Halbjahr des Jahres 2017 wurden die ersten beiden Teile des sogenannten Düngepakets, die Novellierung des Düngegesetzes (DüngG) und der Düngeverordnung (DüV), verabschiedet. Der Entwurf der Stoffstrombilanzverordnung (StoffBiV-E), welcher am 22.09.2017 im Bundesrat verabschiedet werden soll, komplettiert das Düngepaket. Die Neuordnung der Düngevorschriften verschärfen den Umgang mit Stickstoff (N) und beinhalten auch weitreichende Konsequenzen im Bereich des Phosphors (P).

Zu den wesentlichen Änderungen der DüV-Novellierung zählt beispielsweise die Einführung sog. roter Gebiete. In Gebieten mit hoher Nitratbelastung sowie in Gebieten, in denen stehende oder langsam fließende oberirdische Gewässer durch Phosphat, welches nachweislich aus der Landwirtschaft stammt, eutrophiert sind (sog. rote Gebiete), schreiben die Länder mindestens drei zusätzliche Anforderungen aus einem vorgegebenem Katalog vor (§ 13 Abs. 2 DüV). Hiernach kann z. B. angeordnet werden, dass nur geringe Phosphatmengen aufgebracht werden dürfen oder das Aufbringen phosphathaltiger Düngemittel komplett untersagt wird, wenn schädliche Gewässerveränderungen in Folge des Aufbringens phosphathaltiger Düngemittel festgestellt werden (§ 13 Abs. 2 S. 4 Nr. 3 DüV).

Durch die geplante zweistufige Einführung der Stoffstrombilanzverordnung wird insbesondere die P-Zufuhr durch Zukauffuttermittel auf die Betriebe stärker in den Fokus gerückt, da in dieser Verordnung neben N auch die gesamte Zu- und Abfuhr von P auf betrieblicher Ebene bilanziert und zukünftig auch bewertet werden soll. Außerdem beinhaltet der derzeitige Stand der Überarbeitung der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) auch Vorgaben zur nährstoffreduzierten Fütterung, wobei erstmals auch einzuhaltende P-Gehalte in der Fütterung genannt werden.

Auch beim jährlich zu erstellenden Nährstoffvergleich, der Differenz von Zu- und Abfuhr pro Flächeneinheit, ergeben sich durch die Novellierung der DüV grundlegende Änderungen. Die Fütterungsstrategie der Betriebe wird in Abhängigkeit des Rohprotein- und P-Gehaltes der Futtermittel einer der drei Kategorien, Universalfütterung, N-/P-reduzierte Fütterung oder stark N-/P-reduzierte Fütterung zugeordnet (§ 8 Abs. 4 i.V.m. Anlage 1 Tab. 1 DüV). Die Kategorisierung der Fütterungsstrategie ist für die Höhe der anfallenden Nährstoffausscheidungen und in letzter Konsequenz für die benötigte Fläche zur fachgerechten Wirtschaftsdüngerausbringung maßgeblich. Zudem wurde der Kontrollwert von 20 kg P₂O₅ auf 10 kg P₂O₅ pro Hektar halbiert (§ 9 Abs. 3 S. 2 DüV).

Durch die genannten Regelungen wird der Druck auf die Landwirtschaft, den Nährstoffanfall zu reduzieren, wachsen. Die Einhaltung der genannten Vorgaben ist nur durch eine angepasste, nährstoffreduzierte Fütterung zu schaffen, da die Nährstoffzufuhr über die Fütterung direkt mit den Nährstoffausscheidungen der Tiere korreliert. Aufgrund dessen werden in diesem Beitrag folgende Fragen untersucht: (i) Wie sieht die P-Versorgung der bayerischen Schweinefütterungen aus, (ii) wie sehen die in der Beratung tätigen Ringberater des LKV Bayern e.V. die aktuelle und zukünftige

Situation im Bereich der P-Versorgung und (iii) welche Handlungsempfehlungen können aus den Ergebnissen abgeleitet werden?

Material und Methoden

Zur Beantwortung der oben dargestellten Fragen wird auf die Auswertungen der Fleischleistungsprüfung 2015 des LKV Bayern (LKV Bayern 2016) sowie die Futteruntersuchungsergebnisse des LKV-Labors in Grub (LfL 2017) zurückgegriffen.

Zudem wurden die Ringberater des LKV Bayern e.V., welche in der Beratung der bayerischen Schweinebetriebe tätig sind, zum Thema P befragt. Die Befragung erfolgte im Juli 2017 internetbasiert (www.umfrageonline.com) in anonymisierter Form. An der Befragung nahmen 49 Ringberater, 21 Ringberater Ferkelerzeugung und 28 Ringberater Schweinemast, teil. Insgesamt sind in Bayern im Schweinebereich 78 Ringberater tätig (Stand Juli 2017), sodass die Rücklaufquote der Umfrage bei 63% lag. Bei der Umfrage wurden die Ringberater gefragt, in welcher Sparte sie überwiegend tätig sind, damit das Ergebnis nach Sparten getrennt ausgewertet werden konnte. Neben geschlossenen Fragen wurde den Ringberatern auch die offene Frage gestellt, wie der Verbundpartner, die Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), sie bei der Beratung und Umsetzung dieser Thematik unterstützen kann.

Ergebnisse und Diskussion

Die Kenntnis der P-Gehalte in den Einzelfuttermitteln und Futtermischungen ist die Grundvoraussetzung einer bedarfsgerechten, nährstoff- und phosphorreduzierten Fütterungsstrategie. Zwar wurden im WJ 2015/16 in Bayern von den schweinehaltenden Ringbetrieben insgesamt 2.240 Futtermittelproben auf Rohnährstoffe untersucht, jedoch nur 250 auf Mineralstoffe (Mineralstoffpaket 1 incl. P). Dies entspricht bei 2.891 organisierten LKV-Betrieben im Schweinebereich bei Getreide incl. Körnermais und Maiskornsilage einer Mineralstoffanalysehäufigkeit von 0,02 Proben je Betrieb (Schneider et al. 2016, S. 40-41). Bei der Ermittlung der Häufigkeit der Futtermitteluntersuchungen ist zu beachten, dass diese nur auf der Anzahl der im LKV-Labor in Grub untersuchten Futtermittel basiert. Die Daten spiegeln somit nicht alle Futteruntersuchungen der bayerischen Ringbetriebe wieder, da Futteruntersuchungen in anderen Laboren nicht erfasst wurden.

Im WJ 2016/17 wurden zwar immer noch wenige Alleinfutter auf deren P-Gehalt untersucht, jedoch hat sich die Zahl binnen eines Wirtschaftsjahres um das 2,5-fache gesteigert. Diese Steigerung ist vor allem auf die Bemühungen und Aktionen einiger Fleischerzeugerringe zurückzuführen, welche die Futteruntersuchungen im Bereich der Ferkelerzeugung stark forcierten und finanziell unterstützten (Tabelle 1).

Ein Vergleich der P-Gehalte der Alleinfutter des WJ 2016/17 zum WJ 2015/16 zeigt, dass das Thema P in der Beratung vor allem im Bereich der Ferkelerzeugung langsam eine höhere Beachtung erfährt (Tabelle 1). Bis auf die Kategorie Alleinfutter Mast (n = 16) verringerte sich in allen Alleinfuttern der Mittelwert des P-Gehaltes. Die Reduktion beim Alleinfutter Zuchtsau säugend ist mit fast 0,2 g/kg TF am höchsten.

Zur Darstellung eines umfassenderen Bildes der bayerischen Schweineproduktion wurden die P-Gehalte der mittleren Mastmischung des WJ 2016/17, welche die Ringberater Schweinemast des LKV Bayern e.V. in ihrem Beratungsprogramm „RingmastSchwein“ erfassen, ausgewertet (Abbildung 1).

Tabelle 1: Vergleich der P-Gehalte verschiedener Futtermittelkategorien WJ 2016/17 vs. WJ 2015/16. [Quelle: LfL 2017]

Futtermittel- kategorie	WJ 2016/17		WJ 2015/16	
	Anzahl Proben	P-Gehalt, g/kg TF MW \pm SD	Anzahl Proben	P-Gehalt, g/kg TF MW \pm SD
Alleinfutter Schwein Anfangsmast	25	4,75 \pm 0,71	14	4,80 \pm 0,57
Alleinfutter Schwein Endmast	14	4,63 \pm 0,51	9	4,61 \pm 0,36
Alleinfutter Schwein Mast	16	4,84 \pm 0,57	6	4,68 \pm 0,63
Alleinfutter Zuchtsau tragend	93	4,59 \pm 0,47	31	4,67 \pm 0,52
Alleinfutter Zuchtsau säugend	76	4,81 \pm 0,42	29	4,98 \pm 0,55

TF, Trockenfutter (88% Trockenmasse); MW, Mittelwert; SD, Standardabweichung.

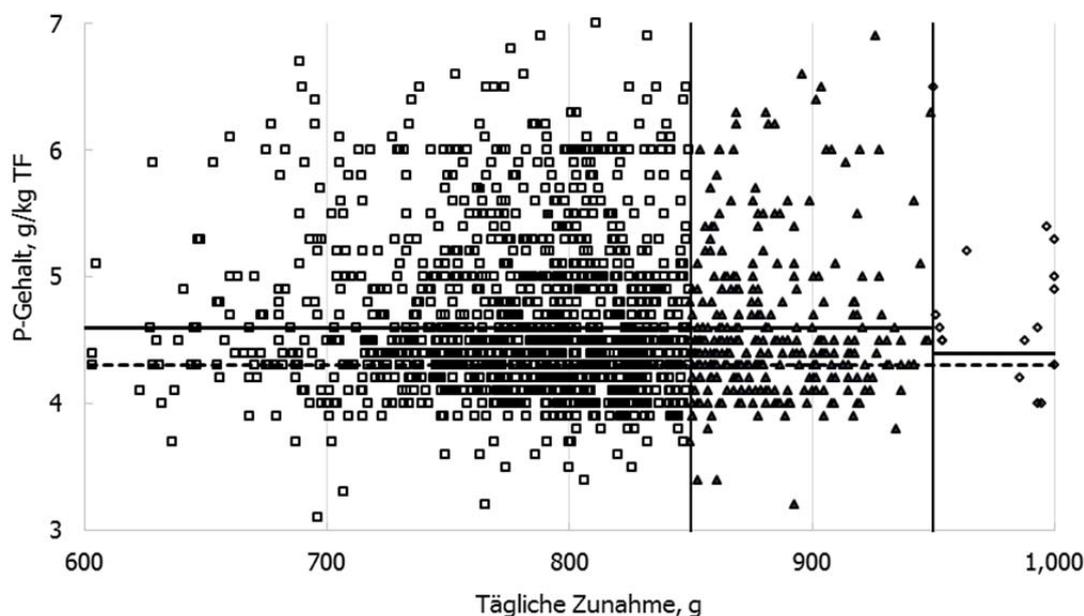


Abbildung 1: P-Gehalt der mittleren Mastmischung der bayerischen Ringbetriebe in Abhängigkeit der täglichen Zunahme. Wirtschaftsjahr 2016/17, n = 1.535; 21 Betriebe außerhalb von 3-7 g P/kg TF wurden eliminiert. Die untere gestrichelte Linie zeigt die Grenze der stark P-reduzierten, die durchgezogenen Linien die Grenzen zur P-reduzierten Fütterung laut DüV. Betriebe, welche die gleiche tägliche Zunahme und den gleichen P-Gehalt je kg TF aufweisen, werden als ein Punkt dargestellt. [Quelle: LKV Bayern 2017]

Im WJ 2016/17 hielten 37% der insgesamt 1.556 ausgewerteten Betriebe die Grenzwerte der stark P-reduzierten Fütterung und 25% die Grenzwerte der P-reduzierten Fütterung ein. Die restlichen 38%, also 574 Betriebe, würden der Kategorie Universalfütterung zugeordnet werden. Unter Berücksichtigung der geänderten gesetzlichen Vorgaben (Nährstoffvergleich laut DüV) hätten diese Betriebe einen erhöhten Flächenbedarf, der sich in der Praxis nur schwer bewerkstelligen ließe. Die Daten zeigen, dass das Thema P-Versorgung bzw. P-Reduzierung – in Verbindung mit einer Rohproteinreduzierung – insbesondere in der Schweinemast ein Schwerpunktthema in der Beratung werden muss. Um belastbare Auswertungen und Beratungsempfehlungen für die Betriebe bereitstellen zu können, ist eine hohe Datenqualität im Bereich P unabdingbar.

Ergebnis der Befragung der Ringberater des LKV

Den Ringberatern kommt bei der Unterstützung der schweinehaltenden Betriebe zur Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben und den damit verbundenen Herausforderungen eine zentrale Rolle zu. Aufgrund dessen wurde ihre Einschätzung zur P-Versorgung bayerischer Schweinebetriebe abgefragt.

Die Frage, ob die aktuell gefütterten Rationen geringere P-Gehalte als vor fünf Jahren aufweisen, beantworteten die Ringberater Ferkelerzeugung (RB FE) zu 76% und die Ringberater Schweinemast (RB SM) zu 82% mit Ja. Als wichtigsten Grund für die P-Reduzierung gaben sowohl die RB FE als auch die RB SM den vermehrten Einsatz von Phytase (94% bzw. 75%) an. Als weitere Gründe wurde die Reduzierung der P-Ausscheidungen und die Verringerung der Futterkosten genannt. Eine veränderte Futtergrundlage wurde nur von drei Teilnehmern aus dem Bereich Schweinemast angeführt.

Auf die Frage nach einer weiteren P-Absenkung wurde von den RB SM ein größeres Potential in den Schweinemastbetrieben gesehen als von den RB FE in der Ferkelerzeugung (Abbildung 2).

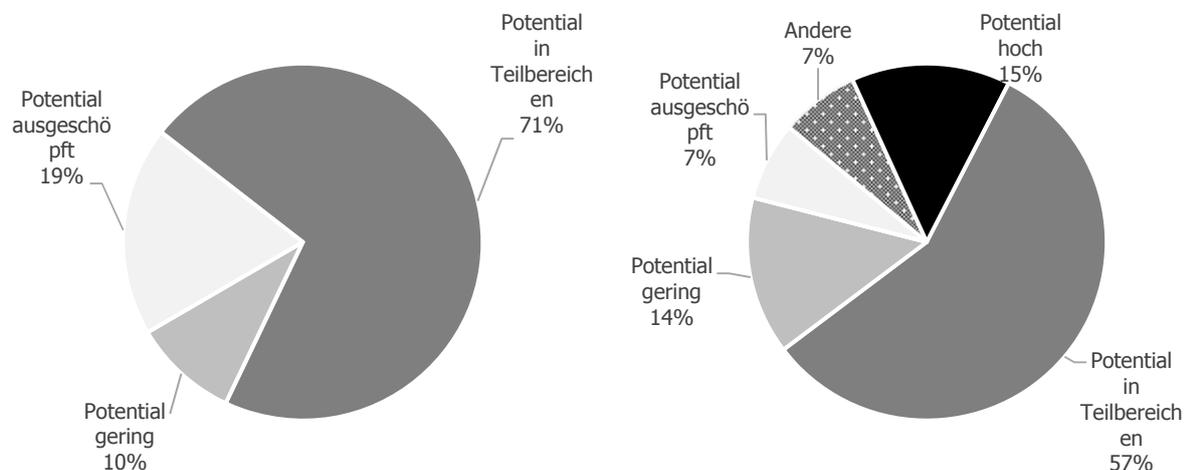


Abbildung 2: Umfrageergebnis zum Potential einer P-Absenkung in den Beratungsbetrieben, links Ferkelerzeugung, rechts Schweinemast.

Als Gründe für den – im Vergleich zu anderen Bundesländern – höheren P-Gehalt in den Rationen gaben die Teilnehmer Vorbehalte der Landwirte, schlechte Erfahrungen der Landwirte, aber auch eigene Vorbehalte und/oder schlechte Erfahrungen an. Auch die Argumentation einiger firmengebundener Berater wurde genannt. Die fehlende Risikobereitschaft der Landwirte zur Absenkung der P-Gehalte wurde am häufigsten angeführt und scheint ein wichtiger Ansatzpunkt in der Beratung zu sein.

Die Maßnahmen, um eine weitere Reduzierung der P-Gehalte erfolgreich auf den Betrieben umzusetzen, unterscheiden sich zwischen den Sparten (Abbildung 3). Im Bereich Schweinemast wurde insbesondere die vermehrte Phasenfütterung genannt.

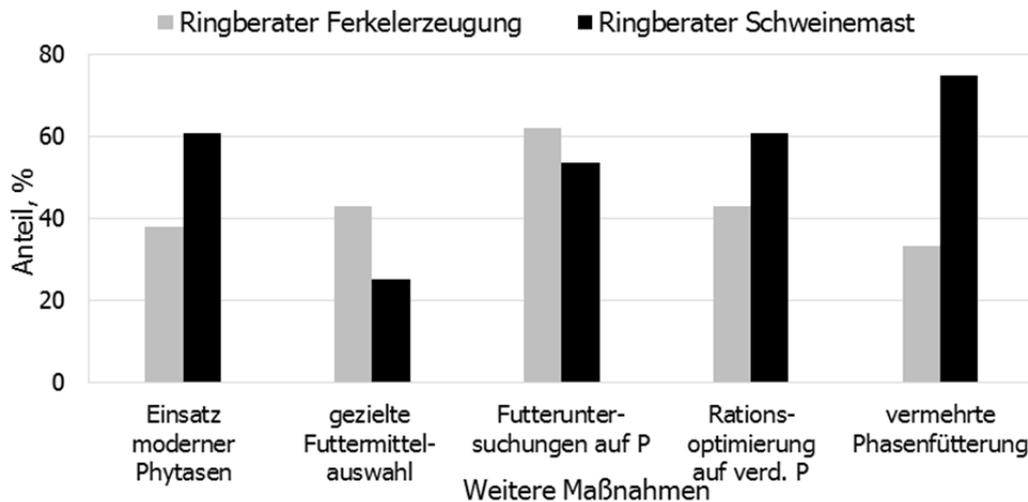


Abbildung 3: Weitere Maßnahmen für Reduzierung des P-Gehaltes in den Rationen. Mehrfachnennungen waren möglich.

Bei der offenen Frage, was die LfL als Verbundpartner zur Unterstützung der Ringberater tun könnte, wurde mit Abstand am häufigsten angegeben, dass unabhängige Fütterungsversuche mit reduzierten P-Gehalten in den Rationen durchzuführen sind, um die Ringberater und die Landwirte von der Möglichkeit einer weiteren Reduzierung zu überzeugen. Wichtig hierbei sei, dass die biologische Leistung und die Wirtschaftlichkeit unter der P-Reduzierung nicht leiden.

Getreide stellt in Bayern den Hauptbestandteil der Schweinerationen dar (LKV Bayern 2016, S. 29). Hohe Getreideanteile in der Gesamtration können einen erheblichen Beitrag zur Deckung des P-Bedarfs der Tiere leisten (Myrie et al. 2008, S. 609). Ein Vorteil der P-reduzierten Fütterung ist neben der Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften die Tatsache, dass die Schweinefütterung durch geringere P-Gehalte in den Rationen kostengünstiger wird, da entweder weniger teure Eiweißfuttermittel (mit hohen P-Gehalten) eingesetzt werden müssen oder der P-Gehalt im Mineralfutter gesenkt werden kann.

Eine gute Möglichkeit die Landwirte an die Thematik heranzuführen, ist beispielsweise, den P-Gehalt in der Endmast zu reduzieren. Dies bietet zwei entscheidende Vorteile. Auf der einen Seite wird in diesem Gewichtsabschnitt durch den hohen Futteraufwand je kg Zuwachs viel Futter verbraucht, was bei einer Absenkung zu einer deutlichen Reduzierung der P-Zufuhr führt und auf der anderen Seite sind in diesem Gewichtsabschnitt die Vorbehalte der Landwirte häufig geringer als in der Vor-, Anfangs- oder Mittelmast. Des Weiteren muss in der Beratung die Anstrengung erhöht werden, im Bereich P aus ökologischen und ökonomischen Gründen immer mit verdaulichem Phosphor zu rechnen (Wiesemüller und Leibetseder 1993). Dadurch können die Brutto-P-Gehalte gesenkt und die Ausscheidungen reduziert werden (Kamphues et al. 2014).

Fazit und Ausblick

Die gesetzlichen Vorgaben zur Düngung, aber auch die Notwendigkeit eines nachhaltigen Umgangs mit der endlichen Ressource P, werden das Thema P zukünftig verstärkt in den Fokus der Beratung rücken. Jedoch wird nicht nur der P-Gehalt in der Fütterung, sondern das Thema N-/P-reduzierte Fütterung und dessen Umsetzung in die Praxis eine große Herausforderung, da im Rahmen der Kategorisierung der Fütterungsstrategie der Betriebe neben P auch Rohprotein bzw. N betrachtet wird. Die Wichtigkeit ergibt sich insbesondere auch vor dem Hintergrund, dass derzeit nur ca. 29% der Schweinemastbetriebe eine stark N-reduzierte oder N-reduzierte Fütterungsstrategie (LKV Bayern 2017) laut den neuen Vorgaben der DüV aufweisen. Der Einsatz von Phytasen und deren Weiterentwicklung zur besseren Ausnutzung des nativen P ist ein weiterer wichtiger Baustein zur Erreichung der Ziele.

Sowohl die Forschung, Lehre und Beratung als auch die Futtermittelindustrie müssen den Landwirten die Notwendigkeit von nährstoff- und phosphorreduzierten Fütterungsstrategien aufzeigen und somit gemeinsam mit den Landwirten einen Beitrag zum Gemeinwohl leisten. Dies ist in Übereinstimmung mit Lindermayer (2014, S. 16) zu sehen, der formulierte, dass die N- und P-Mengen, die erst gar nicht in den Betriebskreislauf kommen, die Umwelt auch nicht belasten können.

Literaturverzeichnis

DüngG: Düngegesetz vom 09.01.2009 (BGBl. I S. 54, 136), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 05.05.2017 (BGBl. I S. 1068) geändert worden ist.

DüV: Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung) vom 26.05.2017 (BGBl. I S. 1305).

Kamphues, J.; Coenen, M.; Wolf, P.; Liesegang, A.; Eder, K.; Männer, K. et al. (2014): Supplemente zur Tierernährung. Für Studium und Praxis. Begründet von Helmut Meyer. 12. Aufl. Hannover: M. & H. Schaper.

LfL (2017): webFuLab. Onlineanwendung zur Futteruntersuchung für LKV-Betriebe. Online verfügbar unter <https://www.stmelf.bayern.de/neofulab/?jsessionid=9341294A5AF5D308B639E2EFF5713C9B?0>, zuletzt geprüft am 16.08.2017.

Lindermayer, H. (2014): Emissionen von N und P aus der Schweinehaltung in Bayern. In: Carmen Fahn und Wilhelm Windisch (Hg.): 52. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V. Tierernährung und Umwelt. Tagungsband, Freising, 16.10.2014. Freising: BAT, S. 16–21.

LKV Bayern (2016): Fleischleistungsprüfung in Bayern 2015. Ergebnisse und Auswertungen. München: LKV Bayern.

LKV Bayern (2017): N- und P-Gehalte der mittleren Mastmischung des WJ 2016/17.

Myrie, S. B.; Bertolo, R. F.; Sauer, W. C.; Ball, R. O. (2008): Effect of common antinutritive factors and fibrous feedstuffs in pig diets on amino acid digestibilities with special emphasis on threonine. In: *Journal of animal science* 86 (3), S. 609–619.

Schneider, S.; Brunlehner, E.-M.; Fuhrmann, S.; Propstmeier, G. (2016): Futteruntersuchung: Was ist wichtig? In: Carmen Bolduan und Wilhelm Windisch (Hg.): 54. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V. Futterqualität - Bewertung, Aufwertung, Wertschöpfung. Tagungsband, Freising, 26.09.2016. Freising: BAT, S. 39–48.

StoffBilV-E: Entwurf der Verordnung über den Umgang mit Nährstoffen im Betrieb und betriebliche Stoffstrombilanzen (Stoffstrombilanzverordnung) vom 15.06.2017, BMEL.

TA Luft: Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft-TA Luft) vom 24.07.2002.

Wiesemüller, W.; Leibetseder, J. (1993): Ernährung monogastrischer Nutztiere. Jena, Stuttgart: G. Fischer.

Autorenanschrift:

Stephan Schneider
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft (ITE)
Prof.-Dürrwachter-Platz 3
85586 Poing
Tel. 089 99141 420
Stephan.Schneider@LfL.bayern.de



SCHAUMANN
– Erfolg im Stall

**Gemeinsam zum Ziel: Mehr Effizienz
durch intelligente Fütterungskonzepte.**

Fragen Sie Ihren SCHAUMANN-Fachberater!



Die SCHAUMANN-Fütterungskonzepte basieren auf praxisorientierter Forschung, leistungsstarken Produkten und individueller Beratung. Überzeugen Sie sich!

Tel. 04101 218-2000 · www.schaumann.de

Nährstoffvergleich und Stoffstrombilanz in Veredlungsbetrieben

Matthias Wendland, Konrad Offenberger

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Ökologischen Landbau,
Bodenkultur und Ressourcenschutz

Einleitung

Seit dem 2. Juni 2017 ist die neue Düngeverordnung mit neuen strengeren Regelungen in Kraft. Auf Veredelungs- und Biogasbetriebe kommen damit große Herausforderungen zu. Zum einen wird durch die neue Berechnung der Obergrenze von 170 kg N/ha unter Berücksichtigung der pflanzlichen Anteile die Tierbesatzdichte/ha eingeschränkt, zum anderen werden die erlaubten Überschüsse im Nährstoffvergleich reduziert. Besonders viehstarke Betriebe werden sich damit auseinandersetzen müssen, wie die Nährstoffzufuhren in den Betrieb reduziert werden können, wenn die Abstockung der Tierzahlen vermieden werden soll. 2017 wurde auch das Düngegesetz novelliert. Darin ist festgelegt, dass bestimmte viehstarke Betriebe bereits ab 2018 die Stoffstrombilanz rechnen müssen, ab 2023 wird das für alle Betriebe über 20 ha oder über 50 GV Pflicht.

Nährstoffkreislauf im Veredelungsbetrieb

Nährstoffkreisläufe können mit unterschiedlichen Ansätzen berechnet werden. Die Düngeverordnung schreibt grundsätzlich die Feld-Stall-Bilanz vor. Bei diesem Ansatz werden die Abfuhren von den einzelnen Flächen mit dem Erntegut die Zufuhren über Mineraldünger und organische Dünger gegenüber gestellt. Das Bilanzergebnis hängt wesentlich von dem Verhältnis der Ernteerträge zu den eingesetzten Düngemitteln ab. Dabei spielen sowohl die Mengen als auch die Nährstoffgehalte der Wirtschaftsdünger eine große Rolle. Wie die Untersuchungen in einem intensiven schweinehaltenden Gebiet gezeigt haben, hält ein Teil der Betriebe die vorgegebenen Grenzen von 60 kg N/ha und Jahr bzw. 20 kg Phosphat/ha und Jahr ein, ein anderer Teil überschreitet diese (Abb. 1 und 2). Einen wesentlichen Anteil am Ergebnis der Bilanzen hat neben dem Tierbesatz/ha der Futtermittelzukauf.

Im Düngegesetz ist festgelegt, dass ab dem 1. Januar 2023 die Zufuhr von Nährstoffen in den Betrieb und die Abgabe von Nährstoffen aus dem Betrieb in einer Stoffstrombilanz zu berechnen sind. Das gilt für Betriebe mit mehr als 20 Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche oder mehr als 50 Großvieheinheiten. Betriebe mit mehr als 50 Großvieheinheiten je Betrieb oder mit mehr als 30 ha LF und mehr als 2,5 GV je ha müssen diese Bilanz bereits ab dem 1. Januar 2018 berechnen. Das gilt auch für tierhaltende Betriebe oder Biogasanlagen, die Wirtschaftsdünger aufnehmen. Im Gegensatz zur Feld-Stall-Bilanz ist die Stoffstrombilanz als Brutto-Bilanz ausgelegt, d. h., dass die Verluste der organischen Dünger nicht abgezogen werden. Nachdem der Tierbesatz in den Betrieben unterschiedlich hoch ist, werden betriebspezifische Obergrenzen ausgewiesen. Genauere Regelungen zur Berechnung und Bewertung sind noch nicht bekannt, entsprechen aber vom Grundsatz der Hoftor-Bilanz. In Abbildung 3 sind die Bilanzenebene und die Bilanzflüsse für die Hoftor-Bilanz dargestellt. Bei diesem Bilanztyp haben die innerbetrieblichen Kreisläufe keinen Einfluss auf das Ergebnis, dafür gewinnt der Futtermittelzukauf noch mehr an Bedeutung.

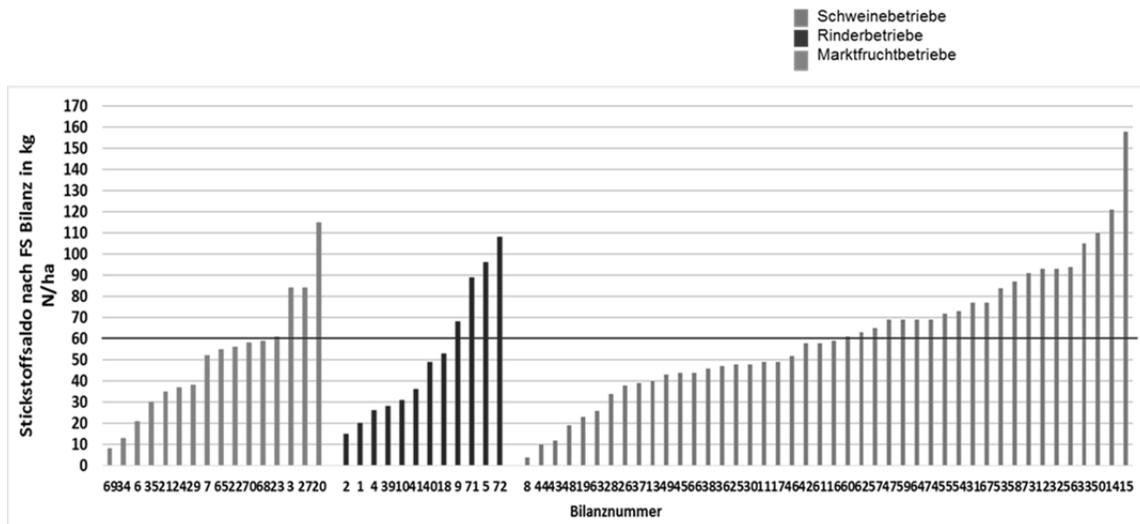


Abbildung 1: Feld-Stall-Bilanzen für Stickstoff in den Gemeinden Hohenthann, Rottenburg, Pfeffenhausen

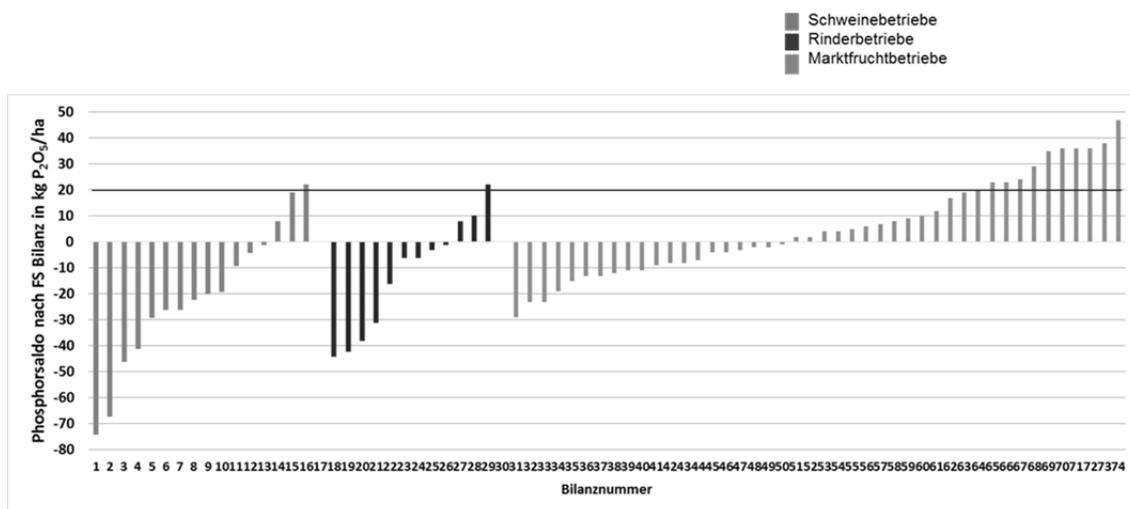


Abbildung 2: Feld-Stall-Bilanzen für Phosphat in den Gemeinden Hohenthann, Rottenburg, Pfeffenhausen

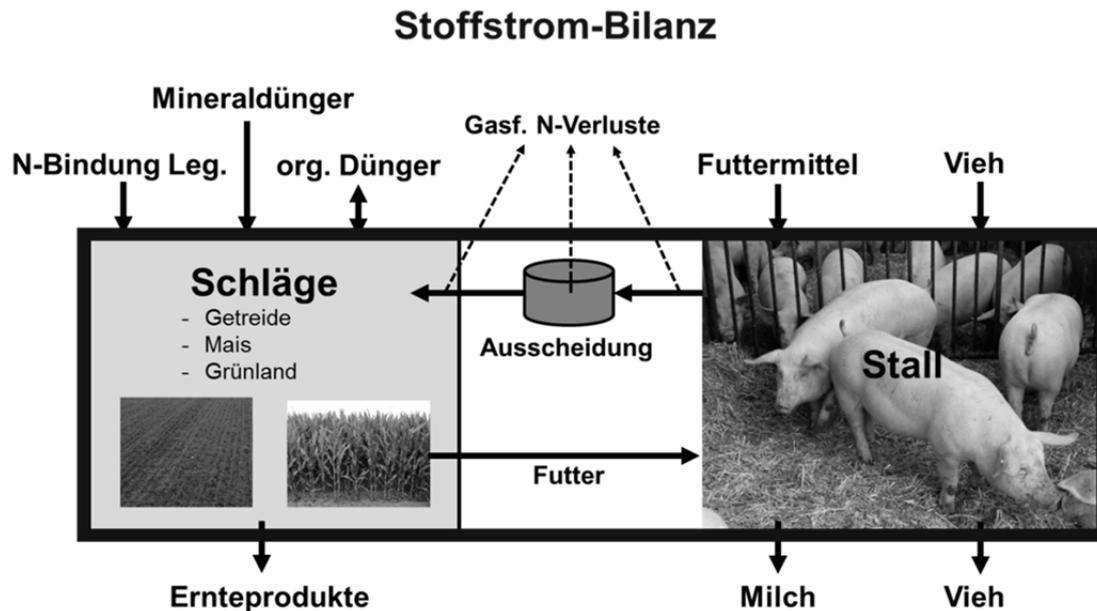


Abbildung 3: Schema der Hoftor-Bilanz

Nährstoffvergleiche in Beispielsbetrieben

Nach den Vorgaben der neuen Düngeverordnung darf das Bilanzergebnis bei der Feld-Stall-Bilanz ab 2018 50 kg Stickstoff/ha und Jahr und bei Phosphat 10 kg/ha und Jahr nicht überschreiten. Nachdem die Rechenwege der Stoffstrombilanz noch nicht geklärt sind, das Prinzip jedoch der Hoftor-Bilanz entspricht, werden im Folgenden die Ergebnisse dieser beiden Bilanzarten verglichen.

Ausgangspunkt für die Vergleiche ist ein Betrieb mit einem Hektar Ackerfläche. Bei einer N/P-reduzierten Fütterung kann der Betrieb nach der neuen Düngeverordnung 15 Mastschweine bei einer täglichen Zunahme von 800 g je ha halten (Grenze von 170 kg/ha/Jahr). Bei einer Standardfütterung würde die Grenze von 170 kg überschritten, um vergleichbar zu bleiben, wird mit der höheren Tierzahl gerechnet. Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, hätte der Betrieb bei Standardfütterung einen Saldo von 61 kg N und 23 kg P₂O₅ und liegt somit weit über den zulässigen Werten. Bei der N/P-reduzierten Fütterung kann nur der Wert bei Phosphat eingehalten werden. Bei der Hoftor-Bilanz werden aufgrund des hohen Futtermittelzukaufs die schlechtesten Werte erreicht. Der Futterzukauf entspricht dem eines realen Betriebes.

Tabelle 1: Nährstoffvergleich eines Beispielbetriebes in kg/ha, Mastschweinebetrieb mit 15 Mastschweinen/ha, Praxisfütterung

	Feld-Stall-Bilanz Standardfutter		Feld-Stall-Bilanz N- und P-reduziert		Hofator-Bilanz	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
Zufuhr						
Mineraldüngung:	57		61		61	
Nährstoffausscheidung:	221	92	212	79		
Futterzukauf:					350	160
Ferkel:					35	16
Abfuhr						
Ernteprodukte:	-151	-69	-151	-69	-151	-69
Mastschweine:					-147	-67
Gasf. Verluste	-66		-63		-63	
Saldo	61	23	59	9	85	39

Ein intensiver Schweinemastbetrieb muss demnach, wenn eine Abstockung des Bestandes nicht in Frage kommt, die Zupacht von Flächen und die Abgabe von Wirtschaftsdünger an andere schwierig ist, seine Futterzukäufe deutlich reduzieren. Dabei reicht es nicht, die Futterrationen nach dem DLG-Heft von 2014 für N/P-reduzierte Rationen einzuhalten. Die Nährstoffzufuhren über die Futtermittel müssten auf 315 kg N und 131 kg Phosphat reduziert werden, um die Hofator-Bilanz einhalten zu können (Tab. 2). Ob damit noch eine tiergerechte Fütterung möglich ist, muss die Tierernährung entscheiden.

Tabelle 2: Nährstoffvergleich eines Beispielbetriebes in kg/ha, Mastschweinebetrieb mit 15 Mastschweinen/ha, sehr stark N/P-reduzierte Fütterung

	Feld-Stall-Bilanz Standardfutter		Feld-Stall-Bilanz N- und P-reduziert		Hofator-Bilanz	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
Zufuhr						
Mineraldüngung:	57		61		61	
Nährstoffausscheidung:	221	92	212	79		
Futterzukauf:					315	131
Ferkel:					35	16
Abfuhr						
Ernteprodukte:	-151	-69	-151	-69	-151	-69
Mastschweine:					-147	-67
Gasf. Verluste	-66		-63		-63	
Saldo	61	23	59	9	50	10

Intensive Zuchtschweinebetriebe haben mit den Regelungen der neuen Düngeverordnung ähnliche Probleme wie Mastschweinebetriebe. Als Beispiel wird ein Betrieb mit 1 ha und 5,8 Zuchtschweinen und 25 Ferkel bis 28 kg betrachtet. Mit diesem Tierbesatz wird die Grenze von 170 kg N/ha erreicht. Eine N/P-reduzierte Fütterung führt bei der Feld-Stall-Bilanz und der Hofator-Bilanz insbesondere bei Phosphat zu weit überhöhten Werten (Tab. 3). Um die Kontrollwerte der Düngeverordnung einhalten

zu können, müsste die Nährstoffzufuhr über Futtermittel auf 308 kg N/ha und 127 kg P₂O₅/ha reduziert werden (Tab. 4).

Tabelle 3: Nährstoffvergleich eines Beispielbetriebes mit Zuchtschweinehaltung, N/P-reduzierte Fütterung

	Feld-Stall-Bilanz Standardfutter		Feld-Stall-Bilanz N- und P-reduziert		Hoftor-Bilanz	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
Zufuhr						
Mineraldüngung:	50		60		60	
Nährstoffausscheidung:	238	103	213	93		
Futterzukauf:					317	141
Abfuhr						
Ernteprodukte:	-151	-69	-151	-69	-151	-69
Ferkel:					-104	-48
Gasf. Verluste	-72		-64		-64	
Saldo	66	34	59	24	59	24

Tabelle 4: Nährstoffvergleich eines Beispielbetriebes mit Zuchtschweinehaltung, sehr stark N/P-reduzierte Fütterung

	Feld-Stall-Bilanz Standardfutter		Feld-Stall-Bilanz N- und P-reduziert		Hoftor-Bilanz	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
Zufuhr						
Mineraldüngung:	50		60		60	
Nährstoffausscheidung:	238	103	213	93		
Futterzukauf:					308	127
Abfuhr						
Ernteprodukte:	-151	-69	-151	-69	-151	-69
Ferkel:					-104	-48
Gasf. Verluste	-72		-64		-64	
Saldo	66	34	59	24	50	10

Fazit

Nährstoffkreisläufe in Veredlungsbetrieben hängen sehr stark von den über Futtermittel zugekauften Nährstoffen ab. Die Grenzwerte der neuen Düngeverordnung können in intensiven Betrieben, die den möglichen Viehbesatz (170 kg N/ha) ausnutzen, nur sehr schwer eingehalten werden. Selbst eine N/P-reduzierte Fütterung reicht hier oft nicht aus. Es ist zu prüfen, wie weit die N- und P₂O₅-Gehalte in den Futtermitteln weiter reduziert werden können. Als Alternativen bleiben sonst nur Flächenzupacht oder Gülleabgabe.

Literatur

Nährstoffbericht in Bezug auf Wirtschaftsdünger für Niedersachsen 2012/2013 (2013). Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenburg

Vorstellung Nährstoffbericht für Wirtschaftsdünger in Niedersachsen 2012/2013 (2013) Präsentation zum Nährstoffbericht. Landwirtschaftskammer Niedersachsen
http://www.ml.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=1810&article_id=119091&_psmand=7

Bund-Länder-Arbeitsgruppe zur Evaluierung der Düngeverordnung (2012). Evaluierung der Düngeverordnung - Ergebnisse und Optionen zur Weiterentwicklung, Braunschweig

Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere, 2. Auflage (2014). Arbeiten der DLG Band 199, Frankfurt am Main

Bayerischer Agrarbericht 2012. www.agrarbericht-2012.bayern.de

Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland, Gelbes Heft. 10. unveränderte Auflage 2012, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising

Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung. Statistik kommunal 2012, Gebiet und Flächennutzung 2012, <https://www.statistik.bayern.de/>, Biogas in Zahlen – Statistik zur bayerischen Biogasproduktion 2012. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft <http://www.lfl.bayern.de/iba/energie/031607>

Autorenanschrift

Dr. Matthias Wendland
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur
und Ressourcenschutz
Lange Point 12
85354 Freising-Weißenstephan
matthias.wendland@LfL.bayern.de

Entwicklungen zur Phytase

Dieter Feuerstein

BASF SE, Lampertheim

Einleitung

Etwa 60-90 % des gesamten Phosphors in Pflanzensamen sind in Form von Phytat gebunden (Cheryan, 1980). Dieser Phytat-Phosphor ist für Schweine nur sehr eingeschränkt verfügbar (Cromwell, 1980; Jongbloed, 1987). Insbesondere in Gebieten mit intensiver Tierhaltung lieferte dieser Phosphor deshalb einen erheblichen Beitrag zur Belastung von Böden und Gewässern. Seit Beginn der 90er Jahre des letzten Jahrhunderts wird in Europa und weltweit im Futter für Schweine und Geflügel deshalb das mikrobiell hergestellte Enzym Phytase zur Verbesserung der Verfügbarkeit des pflanzlichen Phosphors eingesetzt. (Haefner et.al., 2005)

Anfänglich waren es noch ausschließlich Umweltgründe, namentlich die Reduzierung der Phosphorausscheidungen aus der tierischen Produktion, die den Einsatz dieses Futterzusatzstoffes vorantrieben. Mit dem Verbot der tierischen Futtermittel in der europäischen Nutztierfütterung (VO (EG) 999/2001) als kostengünstigster Phosphorquelle und dem damit verbundenen Mehrbedarf und Kostenanstieg bei hochwertigen, mineralischen Futterphosphaten, rückte die Verwendung der Phytase unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten in den Vordergrund. (Barletta, 2011)

Die erhöhten Anforderungen der aktuellen Novelle der Düngeverordnung (Düngeverordnung vom 26. Mai 2017) hinsichtlich der Absenkung der Phosphatsalden in der Nährstoffbilanz, haben die Diskussion um die Reduzierung der Phosphoreinträge durch angepasste Fütterungskonzepte in der Schweinehaltung erneut intensiviert. Hierbei stehen die Anwendung bedarfsgerechter Versorgungsempfehlungen für Phosphor, die korrekte Phosphorbewertung von Futtermitteln, die Anwendung von Phasenfütterungskonzepten und der Einsatz mikrobieller Phytasen als probate Mittel zur Verfügung. Dass durch angepasste Fütterungskonzepte eine deutliche Reduktion der Umweltbelastung durch Phosphor aus dem Schweinebereich möglich ist, zeigte schon der Vergleich der Phosphorausscheidungen je produziertem Mastschwein in Frankreich, den Niederlanden und Dänemark von Poulsen et al. (1999) aus dem Jahr 1999.

Das maximale Potenzial einer Phytase, Phosphor aus Phytat freizusetzen kann *in vitro* bei idealen pH und Temperaturbedingungen demonstriert werden. Unter solchen idealen Bedingungen wurde schon in der grundlegenden Studie von Simons et al. (1990) zum Einsatz mikrobieller Phytase gezeigt, dass dieses Enzym *in vitro* 85-100 % des Phytats innerhalb einer Stunde abbauen kann. In keinem Teil des Verdauungstrakts des Schweines finden sich jedoch diese optimalen Bedingungen. Dies gilt umgekehrt auch für die für einen vollständigen Abbau notwendige Retentionszeit im Verdauungstrakt. Im folgenden Beitrag wird auf die Möglichkeiten eingegangen, das Potenzial der mikrobiellen Phytase im Hinblick auf eine verbesserte Phosphorverwertung in der Schweinefütterung bestmöglich auszuschöpfen und eine möglichst hohe Phosphorverdaulichkeit sicherzustellen.

Höhe der Dosierung im Futter

Die Verwendung von mikrobieller Phytase in Deutschland hat sich in den letzten Jahren kontinuierlich gesteigert. Der Anteil des Schweinefutters mit Phytasezusatz stieg von 29 % im Jahr 1999 auf 68% im

Jahr 2004 (Grünwald et al., 2006). Im Jahr 2012 wurde Phytase in mehr als 95 % der Alleinfutter für Schweine eingesetzt (Grünwald et al., 2013).

Von GfE und DLG (GfE 1997, DLG 1999) wurden für eine 3-Phytase 500 U/kg und für eine 6-Phytase 750 U/kg Mischfutter empfohlen. Diese Dosierempfehlungen spiegeln sich in den Ergebnissen deutschlandweiter Futteruntersuchungen wider. Bei insgesamt 437 untersuchten Ferkel- und Schweinemastfuttern lag der durchschnittliche Gehalt bei der Verwendung von 3-Phytase bei 474 U/kg und bei der Verwendung von 6-Phytase bei 688 U/kg (Grünwald et al., 2013).

Auch wenn die Effizienz zugesetzter Phytasen mit zunehmender Dosierung kontinuierlich geringer wird (Paditz et al., 2005), kann eine Erhöhung der Dosierung über die von GfE und DLG empfohlenen Werte hinaus, zur weiteren Reduzierung der Phosphorausscheidung in der Schweinehaltung von Interesse sein. Während Dünghoff und Rodehutschord (1995) auf Basis von Literaturlauswertungen davon ausgingen, dass durch Zusatz mikrobieller Phytase keine Verdaulichkeitswerte über 60 % erreicht werden können, erzielten Kies et al. (2006) bei wachsenden Schweinen durch Zusatz von 1500 FTU/kg *Aspergillus* 3-Phytase Phosphorverdaulichkeiten von 71,5 %. Bei einer 10-fachen Steigerung dieser Dosierung auf 15.000 FTU/kg lag die Verdaulichkeit des Phosphors sogar bei 83,8 %.

Trautwein et al. (2017) konnten in aktuellen Untersuchungen mit einer neuartigen Hybridphytase beim Ferkel Verdaulichkeitswerte des Phosphors von 70 % schon mit einer Dosierung von 1000 FTU/kg Futter erzielen und die gemessenen Phosphorausscheidungen im Vergleich zu einer nicht supplementierten Kontrolle um 57 % senken. In einer Fütterungsstudie ersetzten Nethe et al. (2013) im Schweinemastfutter ab 40 kg Lebendgewicht bei einer Phytasedosierung von 1000 FTU/kg den mineralischen Phosphor vollständig ohne Unterschiede in der Mastleistung und Knochenmineralisierung zur Positivkontrolle mit mineralischem Phosphor zu finden. Die Erkenntnis von Meyer und Weber (2011) aus praxisnahen Fütterungsversuchen, dass mineralischer Phosphor in der Mast ab 34 kg Lebendgewicht bei entsprechender Phytasezulage ohne Nachteile für die Mastleistung vollständig ersetzt werden kann, wird durchaus schon in der landwirtschaftlichen Praxis in Fütterungskonzepten umgesetzt und findet erfolgreich Anwendung in der modernen Schweinemast (Schnippe, 2017). Eine Erhöhung der Phytasedosierung über die lange Zeit üblichen Standardwerte hinaus, kann einen deutlichen Beitrag zur weiteren Reduzierung der Phosphorausscheidung aus der Schweinehaltung und damit zur Verbesserung der Nachhaltigkeit in der Schweineproduktion leisten.

Kombination mit organischen Säuren

Die Säureverhältnisse im Verdauungstrakt der Schweine sind nicht immer ideal für eine effizienten Phytatabbau durch Phytase. Bereits 1987 wies Jongbloed (1987) darauf hin, dass eine Erniedrigung des intestinalen pH-Wertes beim Schwein die Löslichkeit des Phosphors und des Phytats verbessert und die Phosphorabsorption im Dünndarm erhöht. Organische Säuren werden dem Schweinefutter zur Verbesserung der Futterhygiene zugesetzt. Sie setzen den pH-Wert im Futter und im Verdauungstrakt in unterschiedlichem Maß herab und können dadurch auch zur Verbesserung der Wirkung der mikrobiellen Phytase beitragen. Zusätzlich zu ihrem Effekt auf den intestinalen pH, können diese organischen Säuren auch als Chelatbildner wirken (Ravindran und Kornegay, 1993) und sich so in einer verbesserten intestinalen Absorption von Mineralstoffen auswirken. Durch Ansäuerung wird auch die potenzielle Hemmung der Phytathydrolyse durch hohe Gehalte an zweiwertigen Metallionen im Futter reduziert (Maenz et al., 1999). Der Zusatz von Zitronensäure oder Benzoesäure konnte allerdings in Versuchen von Radcliffe et al. (1998) und Bühler et al. (2010) die Wirkung der mikrobiellen Phytase auf die Phosphorverdaulichkeit nicht verbessern. Im Gegensatz dazu zeigten Kemme et al. (1999) in Versuchen mit wachsenden Schweinen synergistische Effekte von Milchsäure und mikrobieller Phytase auf die Phosphorverdaulichkeit. Auch Jongbloed et al. (2000) führten Versuche mit und ohne Phytase und Milchsäure oder Ameisensäure durch. Der Effekt des Zusatzes von Milch- oder Ameisensäure entsprach jeweils 0,2 g verdaulichem Phosphor/kg Futter. Der Zusatz von Ameisensäure zeigte

zusammen mit der Phytase einen synergistischen Effekt auf die scheinbare Verdaulichkeit des Phosphors, der nochmals bei 0,2 g verdaulichem Phosphor je kg Futter lag. Weitere Untersuchungen konnten bestätigen, dass insbesondere durch den Zusatz von Ameisensäure zum Futter die Wirksamkeit der mikrobiellen Phytase auf die Phosphorverdaulichkeit beim Ferkel und Mastschwein verbessert wird (Balios and Stravogianni, 2003; Omogbenigun et al., 2003; Blank et al. 2012; Naatjes et al. 2013; Baum et al. 2015). Neben der beschriebenen Verbesserung der Phosphorverdaulichkeit konnten in einigen Untersuchungen bei der Kombination von Ameisensäure und Phytase positive Effekte auch auf Leistungsparameter gezeigt werden. (Callesen 1999; Balios and Stravogianni, 2003; Omogbenigun et al.; 2003, Guy et al., 2008). Diese Beobachtungen zeigen, dass die Wirksamkeit mikrobieller Phytasen durch organische Säuren und hier insbesondere durch Milch- und Ameisensäure verstärkt werden kann.

Einweichen und Fermentierung

Um ihre Wirkung entfalten zu können, benötigt mikrobielle Phytase nicht notwendigerweise den Verdauungstrakt des Tieres. Bei geeigneten pH- und Temperaturbedingungen sowie ausreichendem Feuchtegehalt kann sie ihre Wirkung schon vor Aufnahme durch das Tier entfalten. Werden phytasehaltige Futterrationen für einige Stunden mit Wasser eingeweicht, kann die Hydrolyse des Phytats bereits beginnen. Dieser Effekt wurde schon von Kemme und Jungbloed (1993) gezeigt, die Futterrationen mit und ohne 500 FTU Phytasezusatz je kg Futter trocken oder nach mehr als 8-stündigem Einweichen bei 18°C an wachsende Schweine verfütterten. Einweichen ohne Phytasezusatz hatte keinen Effekt auf die Phosphorverdaulichkeit. In dem Futter mit Phytasezusatz konnte dagegen durch das Einweichen die Phosphorverdaulichkeit gegenüber der trockenen Verfütterung um 18 Prozentpunkte erhöht werden, was 0,39 g verdaulichem Phosphor je kg Futter entsprach. Durch Einweichen phytasehaltigen Futters vor Verfütterung kann der Effekt der mikrobiellen Phytase auf die Phosphorverdaulichkeit deutlich verbessert werden. Die Verbesserung durch das Einweichen liegt bei 5 bis 14 Prozentpunkten (Kemme und Jungbloed, 2003).

Schwedische und dänische Arbeitsgruppen befassten sich mit dem Einfluss eines langzeitigen Einweichens und der Fermentierung von Futter auf die Phosphorverdaulichkeit bei Schweinen. Lyberg et al. (2006) erreichten durch eine Fermentierungszeit von 23,5 Stunden eine Verbesserung von 18 Prozentpunkten während ein nur einstündiges Einweichen in 10°C kaltem Wasser keinen Effekt zeigte. Blaabjerg et al. (2010) untersuchten *in vitro* den Effekt der Einweichdauer bei 20°C auf den Abbau von Phytat unter Zusatz von mikrobieller Phytase bei Rapskuchen, Sojaextraktionsschrot und Kombinationen daraus mit erhitztem oder unbehandeltem Weizen. Am schnellsten wurde das Phytat in Sojaextraktionsschrot abgebaut, wo bereits nach 2 Stunden Einwirkdauer nur noch 60% des Ausgangsgehaltes vorhanden waren. Nach 8 Stunden waren bei allen Futtermitteln zwischen 21 und 60 % und nach 24 Stunden zwischen 66 und 92 % des Ausgangsgehaltes an Phytat abgebaut (Blaabjerg et al., 2010). In einem Fütterungsversuch mit cannulierten Schweinen prüften Blaabjerg et al. (2011) den Einfluss von Phytasezusatz und Futterfermentierung auf den Abbau des Phytats bis zum Magen. Schon eine Stunde nach Fütterung waren nach Phytasezusatz von 750 FTU/kg zum nicht fermentierten Futter 66 % des Phytats im Mageninhalt abgebaut, nach 2 Stunden waren es 69 % und nach 3 Stunden 80%. In dem mit Phytase versetzten Futter, das vorab fermentiert wurde, war das Phytat bereits vor Verfütterung vollständig abgebaut. Auch der Abbau der Phytat Metaboliten (InsP₅-P – InsP₂P) wurde durch die Kombination von Phytasezusatz und Fermentierung im Vergleich zum nicht fermentierten Futter mit Phytasezusatz signifikant erhöht.

Es wird davon ausgegangen, dass bei Fütterung von Mastschweinen mit Flüssigfutter durch das Einweichen eine verbesserte Wirkung mikrobieller Phytase durch Hydrolyse des Phytats schon vor Aufnahme durch das Tier stattfindet, die bis zum vollständigen Phytatabbau führen kann. Das Ausmaß dieser Verbesserung hängt von der Einweichdauer, der Temperatur und dem pH-Wert des Flüssigfutters ab.

Gehalt des Futters an Zink und Calcium

Zur Prävention von Ferkeldurchfällen nach dem Absetzen werden in einigen Ländern pharmakologische Dosierungen von Zink in einer Größenordnung von 1.000 bis 3.000 mg/kg aus Zinkoxid über einen Zeitraum von ca. zwei Wochen verwendet (Sales, 2013). Zweiwertige Metallionen können jedoch Phytat binden und die Hydrolisierung des Phytat durch Phytase erschweren. Bereits Augspurger et al. (2004) untersuchten beim Ferkel und Broiler den Effekt hoher Zinkdosierungen am Parameter Knochenaschegehalt als Maß für die Phosphorverfügbarkeit. Bei beiden Tierarten wurden bei der Verabreichung hoher Zinkgehalte über das Futter signifikant negative Auswirkungen auf den Knochenaschegehalt gefunden. Augspurger et al. (2004) gehen davon aus, dass die niedrigere Knochenasche bei hoher Zinkgabe durch die Bildung von Zink-Phytat-Komplexen verursacht wird. Diese Komplexe können durch Phytase nicht hydrolisiert werden (Maenz et al., 1999).

Mehrere neuere Studien befassen sich mit dem Einfluss hoher Zinkdosierungen auf die Phosphorverdaulichkeit, was einen gewissen Hinweis auf die Aktualität dieser Fragestellung in der Schweinefütterung liefert. Walk et al. (2013) fanden bei hohen Zinkgehalten von bis zu 3.500 ppm Zinkoxid (entsprechend ca. 2800 ppm Zink) im Ferkelfutter erhöhte Serumkonzentrationen bei Zink aber erniedrigte bei Phosphor. Eine Phytasezulage von 2500 FTU/kg zu den Zinkoxid haltigen Rationen konnte die Phosphorserumkonzentration nicht über das Niveau der Zinkoxid freien Kontrolle hinaus verbessern. Erst kürzlich untersuchten Blavi et al. (2017) die Wirkung von 2.400 ppm Zink aus Zinkoxid an 15 kg schweren, wachsenden Schweinen. Die Zinkzugabe führte zu einer signifikanten Reduzierung der scheinbaren Phosphorverdaulichkeit. Die Verbesserung der Verdaulichkeit des Phosphors durch den Zusatz von Phytase (1000 oder 3000 FTU/kg Futter) war in den Rationen mit Zinkzusatz signifikant geringer als in denen ohne Zinkzusatz. Durch Zusatz von 3000 FTU/kg zu der mit Zink angereicherten Ration konnte lediglich das Verdaulichkeitsniveau der Gruppe mit 1000 FTU/kg ohne Zinkzusatz erreicht werden. In einem dänischen Verdaulichkeitsversuch mit wachsenden Schweinen prüften Poulsen et al. (2016) ebenfalls den Einfluss von hohen Zinkzulagen auf die scheinbare Verdaulichkeit des Phosphors. Futter, das Phytase (1000 FTU/kg) enthielt, wurde ohne und mit Zusatz von 100 oder 2.500 mg/kg Zink (als Zinkoxid) eingesetzt. Während 100 mg/kg zugesetzten Zinks die gemessene Phosphorverdaulichkeit nicht beeinflussten, wurde durch die pharmakologische Zinkdosierung die Phosphorverdaulichkeit signifikant verringert. Die scheinbare Verdaulichkeit des Phosphors wurde durch die 2500 ppm Zink in der Ration um 16 % vermindert, was in einer mit Phytase ergänzten Ration etwa 0,6 g verdaulichem Phosphor/kg Futter entspricht (Poulsen et al., 2016). In Dänischen Fütterungsempfehlungen für Schweine aus dem Jahr 2012 (Tybirk et al., 2012) wurde bereits darauf hingewiesen, bei hohen Zinkgehalten von 2.500 ppm den verdaulichen Phosphor gegenüber dem Standard um 0,3 g per FUgp¹ zu erhöhen und gleichzeitig die Höhe der Phytasedosierung beizubehalten. Die Höhe dieser Empfehlung scheint in Anbetracht der Ergebnisse von Poulsen et al. (2016) durchaus überprüfenswert.

Auch Calcium gehört zu den zweiwertigen Metallionen, welche die Phytathydrolyse durch Phytase hemmen können (Maenz et al., 1999). Mit der Diskussion um eine bedarfsorientierte Ausstattung des Futters für wachsende Schweine an verdaulichem Phosphor und folglich der steigenden Verwendung mikrobieller Phytase und Reduzierung der Phosphorgehalte in der Schweinefütterung seit Beginn der 1990er Jahre (GfE, 1994, GfE 1997), wurde die Höhe der Calciumgehalte und deren mögliche negative Einflüsse auf die Phosphorverdaulichkeit zunehmend diskutiert.

In dieser Zeit untersuchten verschiedene Wissenschaftler in Rationen, die zwischen 500 und 1000 FTU/kg Phytase enthielten, den Effekt eines ansteigenden Calciumgehaltes. Eine Erhöhung des Calcium-Phosphor-Verhältnisses führte hierbei nicht nur zu einer signifikanten Verschlechterung der Phosphorverdaulichkeit (Lei et al., 1994; Kirchgessner und Windisch, 1995; Lantzsch et al., 1995;

¹ FUgp=Dänisches Energiebewertungssystem basierend auf Nettoenergie =12,8 MJ ME per kg.

Quian et al., 1996 und Liu et al., 1998), sondern hatte auch einen negativen Einfluss auf die Zunahmen und die Futtermittelverwertung der Schweine zur Folge (Lei et al., 1994; Quian et al., 1996, Liu et al., 1998). Dass die negativen Effekte steigender Calciumgehalte auf die Phosphorverdaulichkeit nicht auf die Verwendung mikrobieller Phytase zurückzuführen sind, zeigen Arbeiten von Mroz et al. (1994) und Jongbloed et al. (1995). Sowohl bei Rationen mit als auch ohne Zusatz von 440 bis 800 FTU/kg mikrobieller Phytase führte die abgestufte Erhöhung der Calciumgehalte von 0,4 auf 0,8 % bzw. von 0,2 auf 1,0 % zu einer linearen Reduzierung der Phosphorverdaulichkeit, wobei keine signifikanten Interaktionen mit dem Phytasegehalt der Rationen vorlagen. Auch neuere Arbeiten weisen auf den negativen Effekt ansteigender Calciumgehalte hin, unabhängig davon ob mikrobielle Phytase verwendet (Narcy et al., 2012) oder Phosphor ausschließlich über anorganische Phosphatquellen (Stein et al., 2011) ergänzt wurde. Lediglich in einer dänischen Studie von Poulsen et al. (2010) wurde kein Einfluss eines von vier auf acht g Calcium je kg Futter ansteigenden Calciumgehaltes auf die Phosphorverdaulichkeit festgestellt.

Die Vielzahl der Studien zu diesem Thema über zwei Jahrzehnte weist auf die Bedeutung des Calciumgehaltes bei der Konzeption von Schweinefutter hin. Hieraus ließe sich die Notwendigkeit ableiten, Calciumversorgungsempfehlungen und das Calcium-Phosphor-Verhältnis im Futter zu überdenken und gegebenenfalls anzupassen, insbesondere auch dann, wenn sich unter Erwartung verschärfter Umweltaforderungen die tatsächlichen Gehalte an verdaulichem Phosphor zunehmend am ernährungsphysiologischen Bedarf der Schweine orientieren werden müssen.

Ausblick

Futtermittelzusatzstoffe haben sich zu einer unverzichtbaren Komponente einer effizienten und nachhaltigen Nutztierfütterung entwickelt, deren hohes Qualitäts- und Sicherheitsniveau durch entsprechende Hürden bei der EU-weiten Zulassung sichergestellt ist. Ernährungsphysiologische Zusatzstoffe wie Phytasen tragen maßgeblich dazu bei, die nativen Nährstoffe des Futters effizienter zu verwerten (Windisch, 2016). Dieses natürliche Potenzial bestmöglich ausschöpfen zu können, erfordert nicht nur sichere, verlässliche und effiziente mikrobielle Phytaseprodukte, sondern auch gute fachliche Kenntnisse bei der Futterkonzeption und Rezepturgestaltung. Die Begleitung der zumeist industriellen Entwicklung von Phytasen durch die wissenschaftliche Tierernährung ist ein unerlässlicher Baustein für die erfolgreiche und verlässliche Anwendung eines solchen innovativen Zusatzstoffes.

An dieser Stelle wurde lediglich auf das Potenzial der Phytase abgehoben, die Verdaulichkeit des pflanzlichen Phosphors zu verbessern. Auf weitere Punkte wie den positiven Einfluss auf die Verdaulichkeit weiterer Mineralstoffe wie z.B. Zink (Bikker et al., 2012) oder Magnesium (Kies et al., 2006) wurde hier nicht eingegangen.

Die in diesem Beitrag zusammengestellten Aspekte der Entwicklung zur Phytase und deren anwendungstechnische Qualifizierung über mittlerweile mehr als 25 Jahre zeigen auf, welche natürlich vorhandenen Potenziale durch diesen Zusatzstoff im Sinne einer nachhaltigen Tierproduktion gehoben werden können. Im Vordergrund der Entwicklung und Vermarktung neuer Phytaseprodukte und der damit einhergehenden Anwendungstechnik stehen der sichere Einsatz der Produkte, die Effizienz der Wirkstoffe, die Verlässlichkeit der Empfehlungen und die Wirtschaftlichkeit der Anwendung.

Literatur

Augspurger N.R., Spencer J.D., Webel D.M. und Baker D.H. (2004): Pharmacological zinc levels reduce the phosphorus-releasing efficacy of phytase in young pigs and chickens. *J. Anim. Sci.* 82, 1732-1739

Balios J. und Stravogianni V. (2003): Effects of supplemental phytase and formic acid on the performance of weaning piglets and on excretion of P, Ca, and N. *Book of abstracts of the 54th EAAP Annual Meeting*, vol 9, 368.

- Barletta A. (2011): Introduction: current market and expected developments. In: Bedford M.R. and Partridge G.G.: Enzymes in farm animal nutrition, 2nd edition, 1-11.
- Baum C., Blank R., Ader P., Oberfrank U. und Susenbeth A. (2015): Comparison of the effect of two phytases alone and in combination with formic acid on phosphorus-, calcium- and zinc retention in pig. Proc. Soc. Nutr. Physio 24, 74.
- Bikker P, Jongbloed AW und Thissen JTNM (2012): Meta-analysis of effects of microbial phytase on digestibility and bioavailability of copper and zinc in growing pigs. J. Anim. Sci., 90 Suppl 4, 134-136.
- Blaabjerg K., Carlsson N.-G., Hansen-Møller J. und Poulsen H.D. (2010): Effect of heat-treatment, phytase, xylanase and soaking time on inositol phosphate degradation in vitro in wheat, soybean meal and rapeseed cake. Animal Feed Science and Technology 162, 123-134.
- Blaabjerg K., Jørgensen H., Tauson A.-H. und Poulsen H.D. (2011): The presence of inositol phosphates in gastric pig digesta is affected by time after feeding a nonfermented or fermented liquid wheat- and barley-based diet. J. Anim. Sci. 89, 10, 3153-3162.
- Blank R., Naatjes M., Baum C., Köhling K., Ader P., Roser U. und Susenbeth A. (2012): Effects of formic acid and phytase supplementation on digestibility and use of phosphorus and zinc in growing pigs. J Anim Sci. 90, 212-214.
- Blavi L., Sola-Oriol D., Perez J.F. und Stein H.H. (2017): Effects of zinc oxide and microbial phytase on digestibility of calcium and phosphorus in maize-based diets fed to growing pigs. J. Anim. Sci. 95 (2), 847.
- Bühler K., Liesegang A., Bucher B., Wenk C. und Broz J. (2010): Influence of benzoic acid and phytase in low-phosphorus diets on bone characteristics in growing-finishing pigs. J. Anim. Sci. 88, 3363-3371.
- Callesen J. (1999): Commercial feed products for piglets: Alimet, Luprocid and Natuphos. Danish Pig Production - Report no. 409.
- Cheryan M. (1980): Phytic acid interactions in food systems. CRC Crit. Rev. Food Sci. 13, 297-335.
- Cromwell G.L. (1980): Biological availability of phosphorus in feedstuffs for swine. Feedstuffs 52:(9),14-16.
- DLG (1999): Schweinefütterung auf der Basis des Verdaulichen Phosphors, DLG-Information 1/1999.
- Düngelhoef M. und Rodehutschord M. (1995): Wirkung von Phytasen auf die Verdaulichkeit des Phosphors beim Schwein. Übers. Tierernähr. 23, 133-157.
- Düngeverordnung vom 26. Mai 2017, BGBl. I S. 1305.
- GfE (1994): Die Bestimmung des Verdaulichen Phosphors beim Schwein: Proc. Soc. Nutr. Physiol. 2,113-119.
- GfE (1997): Überarbeitete Empfehlungen zur Versorgung von Schweinen mit Phosphor, Proc. Soc. Nutr. Physiol. 6,193-200.
- Grünewald K.-H., Staudacher W. und Steuer G. (2006): Verbreitung unterschiedlicher mikrobieller Phytasen bei der Konzeption von Mischfutter, VDLUFA-Kongress 2006, Freiburg, VDLUFA-Schriftenreihe Band 62, 604-608.
- Grünewald K.-H., Danier J. und Steuer G. (2013): Phytasezusatz im Mischfutter, VDLUFA-Kongress 2013, Berlin, VDLUFA-Schriftenreihe Band 69, 528-533.
- Guy J.H., Edge H.L., Blanchard P.J., Isley S.E., Coonan C. und Feuerstein D. (2008): A note on the effect of supplementation with microbial phytase and organic acids on feed intake and growth performance of growing pigs. Irish Journal of Agricultural and Food Research 47, 93-97.
- Haefner S., Knetsch A., Scholten E., Braun J., Lohscheidt M. und Zelder O. (2005): Biotechnological production and applications of phytases. Appl Microbiol Biotechnol 68, 588-597.
- Jongbloed A.W. (1987): Phosphorus in the feeding of pigs. Effect of diet on absorption and retention of phosphorus by growing pigs. PhD thesis, Report IVVO-DLO nr. 179, Lelystad, The Netherlands, 343 pp.
- Jongbloed A. W., Kemme P.A, Mroz Z. und Bruggencate R. ten (1995): Apparent total tract digestibility of organic matter, N, Ca, Mg and P in growing pigs as affected by levels of Ca, microbial phytase and phytate. Pages 198-204 in Proc. 2nd Eur. Symp. Feed Enzymes. W. van Hartingsveldt, M. Hessing, J. P. van der Lugt, and W. A. C. Somers, ed. TNO, Zeist, The Netherlands.
- Jongbloed A.W., Mroz Z., Van der Weij-Jongbloed R. und Kemme P.A. (2000): The effects of microbial phytase, organic acids and their interaction in diets for growing pigs. Livest. Prod. Sci. 67, 113-122.
- Kemme P.A. und Jongbloed A.W. (1993): Effect of *Aspergillus niger* phytase and soaking and age on the apparent digestibility of P in diets for pigs. Journal of Animal Science 71 Supplement 1, 181.
- Kemme P.A., Jongbloed A.W., Mroz Z., Kogut J. und Beijnen, A.C. (1999): Digestibility of nutrients in growing-finishing pigs is affected by *Aspergillus niger* phytase, phytate and lactic acid levels. 2. Apparent total tract digestibility of phosphorus, calcium and magnesium and ileal degradation of phytic acid. Livest. Prod. Sci. 58, 119-127.

- Kemme P.A. und Jongbloed A.W. (2003): Inventory of effects of organic acids and soaking either or not in combination with phytase on phosphorus and calcium digestibility in pigs. Rapport Nutrition and Food, ASG 03/0028550.
- Kies, A.K., Kemme, P.A., Sebek, L.B.J., Diepen, J.Th.M. van und Jongbloed, A.W. (2006): Effect of graded doses and a high dose of microbial phytase on the digestibility of various minerals in weaner. *J. Anim. Sci.* 84, 1169-1175.
- Kirchgessner M. und Windisch W. (1995): Zum Einfluss von mikrobieller Phytase auf zootechnische Leistungen und die Verdauungsquotienten von Phosphor, Calcium, Trockenmasse und Stickstoff bei abgestufter Ca-Versorgung in der Ferkelaufzucht. *Agribiol. Res.* 48, 309-318.
- Lantzsch H.J., Wjst, S und Drochner, W. (1995): Effect of dietary calcium on the efficacy of microbial phytase in rations for growing pigs. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 73, 19-26.
- Lei X.G., Ku P.K., Miller E.R., Yokoyama M.T. und Ullrey D.E. (1994): Calcium level affects the efficacy of supplemental microbial phytase in corn-soybean meal diets of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 72, 139-143.
- Liu D., Bollinger D.W., Ledoux D.R. und Veum T.L. (1998): Lowering the dietary calcium to total phosphorus ratio increases phosphorus utilization in low-phosphorus corn-soybean meal diets supplemented with microbial phytase for growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 76, 808-813.
- Lyberg K., Lundh T., Pedersen C. und Lindberg J.E. (2006): Influence of soaking, fermentation and phytase supplementation on nutrient digestibility in pigs offered a grower diet based on wheat and barley. *Animal Science* 82, 853-858.
- Maenz D.D., Engele-Schaan R.W., Newkirk R.W. und Classen H.L. (1999): The effect of minerals and mineral chelators on the formation of phytase-resistant and phytase-susceptible forms of phytic acid in solution and in a slurry of canola meal. *Anim. Feed Sci Technol.* 81, 177-192.
- Meyer A und Weber M. (2011): Ohne anorganischen Phosphor. *DGS Magazin* 39/2011, 43-45. Ulmer Verlag Stuttgart.
- Mroz Z., Jongbloed A.W. und Kemme P.A. (1994): The influence of graded calcium supply on microbial phytase efficacy in starter diets for pigs. In: 45th Annual Meeting of the EAAP, Edinburgh; 322.
- Naatjes M., Blank R., Ader P. und Susenbeth A. (2013): Effects of formic acid and phytase supplementation on digestibilities and utilisation of phosphorus and zinc in growing pigs. *Proc. Soc. Nutr. Physio* 22, 47.
- Narcy A., Létourneau-Montminy M. P.; Bouzouagh E.; Mème N.; Magnin, M. und Dourmad, J. Y. (2012): Modulation de l'utilisation digestive du phosphore chez le porcelet sevré: influence de l'apport de calcium et de phytase sur le pH et la solubilité des minéraux au niveau gastro-intestinal. *Journées de la Recherche Porcine en France 2012 Vol.44*, 159-164.
- Nethe L., Patzelt S., Norda C., Feuerstein D., Stalljohann G., Walgern B, und Tönhardt H. (2013): Einfluss abgesenkter Phosphorgehalte in Ferkelaufzucht und Mast auf Leistung und Knochenparameter bei Mastschweinen; *Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung*, 130-134.
- Omogbenigun F. O., Nyachoti C. M und Slominski B. A. (2003): The effect of supplementing microbial phytase and organic acids to a corn-soybean based diet fed to early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 81, 1806-1813.
- Paditz K., Kluth H. und Rodehutsord M. (2005): Dosis-abhängige Effizienz von mikrobieller Phytase bei Schweinen mit 40, 70 und 100 kg Lebendmasse. *Züchtungskunde* 77, 47-57.
- Poulsen H. D., Jongbloed A.W, Latimier P. und Fernandez J.A. (1999): Phosphorus consumption, utilisation and losses in pig production in France, The Netherlands and Denmark. *Livestock Production Science*, 58, 251-259.
- Poulsen H.D., Carlson D., Nørgaard J.V. und Blaabjerg K. (2010): Phosphorus digestibility is highly influenced by phytase but slightly by calcium in growing pigs. *Livestock Science* 134, 100-102.
- Poulsen H.D., Blaabjerg K. und Sørensen K.U. (2016): High dietary zinc supply reduces the digestibility of phosphorus in pig diets. *J. Anim. Sci.*, 94, 332-334.
- Qian H., Kornegay E.T. und Conner, D.E. (1996): Adverse effects of wide calcium:phosphorus ratios on supplemental phytase efficacy for weanling pigs fed two dietary phosphorus levels. *J. Anim. Sci.* 74, 1288-1297.
- Radcliffe J.S., Zhang Z. und Kornegay E.T. (1998): The effects of microbial phytase, citric acid, and their interaction in a corn-soybean meal-based diet for weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 76 1880-1886.
- Ravindran V. und Kornegay E.T. (1993). Acidification of weaner pig diet: A review. *J. Sci. Food Agric.* 62, 313-322.
- Sales J. (2013): Effects of pharmacological concentrations of dietary zinc oxide on growth of post-weaning pigs: A meta-analysis. *Biological Trace Element Research*, 152, 343-349.
- Schnippe F. (2017): Reportage „Wir mästen ohne mineralischen Phosphor“. *Schweinezucht und Schweinemast*, 4/2017, 24-27. Landwirtschaftsverlag Münster.

Simons P.C., Versteegh H.A.J., Jongbloed A.W., Kemme P.A., Slump P., Bos K.D., Wolters M.G.E., Beudeker R.F. und Verschoor G.J. (1990): Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. *Brit. J. Nutr.* 64, 525-540.

Stein H.H., Adeola O., Cromwell G.L., Kim S.W., Mahan D.C. und Moller P.S. (2011): Concentration of dietary calcium supplied by calcium carbonate does not affect the apparent total tract digestibility of calcium, but decreases digestibility of phosphorus by growing pigs. *J Anim. Sci.* 89, 2139-2144.

Trautwein J., Feuerstein D., Ader P. und Dusel G. (2017): Effect of Phytase on apparent total tract digestibility (ATTD) of P, Ca and gross energy in piglets. 14. Tagung Schwein- und Geflügelernährung, Lutherstadt Wittenberg, 21. – 23. November 2017. Manuskript eingereicht.

Tybirik P., Sloth N.M. and Jørgensen L. (2012). Danish nutrient standards, 17 th edition, Retrieved on August 10, 2012, from <http://www.pigresearchcentre.dk/About%20us/Nutrient%20standards.aspx>

VO (EG) Nr. 999/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Mai 2001 mit Vorschriften zur Verhütung, Kontrolle und Tilgung bestimmter transmissibler spongiformer Enzephalopathien. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 147 vom 31.05.2001, S. 1-40.

Walk CL, Srinongkote S, Wilcock P (2013): Influence of a microbial phytase and zinc oxide on young pig growth performance and serum minerals. *J Anim Sci.* 91. 286-291.

Windisch W. (2016): Futtermittelzusatzstoffe und Futterqualität.- In: Bolduan C, Windisch W (2016): 53. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V. - "Futterqualität - Bewertung, Aufwertung, Wertschöpfung", Eigenverlag, BAT e.V., Freising, 26. September 2016., 10-16.

Autorenanschrift

Dr.Dieter Feuerstein
BASF SE
Chemiestr. 22
68623 Lampertheim
dieter.feuerstein@basf.com

Your partner for Feed Additives

Our Expertise - Your success



Visit us online at
www.btc-europe.com

BTC for Nordic/Baltics
Tel. +4532660750

BTC for UK/Ireland
Tel. +44 161 488 52 23

BTC for Poland
Tel. +48 225 709 724

BTC for Germany/
Austria/Eastern
Europe/Switzerland
Tel. +49 9843 98280

BTC for Benelux
Tel. +32 2373 22 18

BTC for Italy
Tel. +39 0362 51 21

BTC for Iberia
Tel. +34 93 521 42 99

BTC for Greece
Tel. +30 210 686 02 05

A brand of

BASF

We create chemistry

Fütterungskonzepte der Zukunft zur Mineralstoffversorgung

Gerhard Stalljohann

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

Einleitung

Gestiegene Tierleistungen, die novellierten bzw. noch zu novellierenden Umweltvorschriften nach Düngeverordnung und TA-Luft und die Fortschritte bei den verschiedenen Forschungen zur Steigerung der Futtereffizienzen u.a. in den Bereichen Futteraufbereitung sowie bei Futterzusatzstoffen erfordern eine regelmäßige Anpassung von richtungsgebenden Fütterungsempfehlungen.

Im Folgenden wird die Ableitung eines zukünftigen Mineralstoffkonzeptes für eine stark Stickstoff(N)- und Phosphor(P)- reduzierte Mastschweinefütterung für hohe Leistungen (> 900 g TZ) aufgezeigt.

Material und Methode

Bei den durchgeführten Berechnungen zur Ermittlung der notwendigen Ausgestaltung leistungsgerechter Mineral- bzw. Ergänzungsfuttermittel für eine stark N- und P-reduzierte Mastschweinefütterung auf Basis von Getreide oder Corn Cob Mix (CCM) plus Getreide für ein hohes Zunahmenniveau von 950 g Tageszunahmen (TZ) im Mittel der Mast, wurden einerseits die Versorgungsempfehlungen der GfE (Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen (2006) und die daraus abgeleiteten Fütterungsempfehlungen der DLG (2010) und andererseits die Futtergehaltsangaben aus der DLG-Futterwerttabelle (2014) bzw. die im Rechenmeister für die Schweinefütterung (2016) der Landwirtschaftskammer NRW herangezogen.

Die berücksichtigten Versorgungsempfehlungen an Gesamt-Calcium sowie verdaulichem Phosphor pro Tag sowie je kg Futter für eine mittlere Zunahme von 950 g sind in den Übersichten 1 aufgeführt. Für die Berechnung der Gehalte je kg Futter sind der tägliche Energiebedarf für den jeweiligen Wachstumsabschnitt und der angenommene Energiegehalt der Futtermischungen von 13,2 bis 60 und 13,0 MJ ME/kg ab 60 kg LM herangezogen sowie die daraus resultierenden Tagesfuttermengen kalkuliert worden.

Die Begründung für die gewählte Ausrichtung der Berechnungen auf stark N-P-reduzierte Mastverfahren lässt sich mit den restriktiver zukünftig wirkenden Umweltvorschriften erklären bzw. mit einer zu erwartenden Ausweitung dieser Fütterungsstrategie bis hin zum zukünftigen Standardverfahren.

Die Vorgaben zu den maximal erlaubten Rohprotein- und Phosphorgehalten dieses Verfahrens sind hierzu aus dem DLG Band 199 2. Auflage „Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere“ (2014) bzw. dem DLG Merkblatt 418 (2016) entnommen und zwar die Vorschriften für die Anerkennung einer 4-phasigen Fütterung (siehe Übersicht 2).

Die Berechnungen bzw. Futteroptimierungen sind zu dem auf einem vergleichsweise hohem Zunahmenniveau von 950 g TZ im Mittel der Mast konzipiert bzw. ausgerichtet worden – auch wenn derzeit erst durchschnittlich 810 g TZ in deutschen Mastbetrieben erreicht werden, kann somit einerseits bei größeren Futter- und/oder krankheitsbedingten Zunahmeschwankungen und generell bei höheren in der nahen Zukunft zu erwartenden Zunahmemeistungen von über 900 g TZ genügend Versorgungssicherheit gegeben werden.

Übersicht 1: Empfehlung zur Versorgung wachsender Schweine mit Gesamt-Calcium und verd. Phosphor (g je Tag und je kg Futter, berechnet) aus GfE 2006, für ein Zunahmenniveau von 950 g TZ

	LM, kg							
	30	40	50	60	70	80	90	100
Zunahmen, g/Tag	900	950	975	1000	1050	1000	1000	900
g Ca /Tag	10,6	12,7	13,2	13,9	14,8	15,4	14,1	14,1
g vP /Tag	4,5	5,3	5,7	5,9	6,3	6,3	6,0	5,5
MJ ME/Tag	20	26	28,9	32	36	37,2	38,5	38,8
kg Futter/Tag	1,5	1,95	2,2	2,45	2,75	2,85	2,95	3
Ca g/kg Futter	7,05	6,5	6,1	5,65	5,4	5,4	4,75	4,7
vP g/kg Futter	3,0	2,7	2,6	2,4	2,3	2,1	2,05	1,8

Übersicht 2: DLG-Vorgaben für eine stark N-P-reduzierte Fütterung in der Mast mit einem Zunahmenniveau von 950 g tägliche Zunahmen , weitere Versorgungsempfehlungen nach DLG bzw. Rechenmeister NRW ergänzt

Leistungsabschnitt/ Leistung	MJ ME	max.		Versorgungsempfehlungen nach DLG bzw. Rechenmeister NRW				
		Rohprotein %	P g	pcv Lys/ MJ ME g	vP/MJ ME min. g	Ca g	pcv Lys : Met/Cys : Thr : Try	
28/30 kg LM / 800 g TZ	13,2	17,5	4,7	0,78	0,22	6-7	1 : 0,55 : 0,62 : 0,18	
40/45 kg LM / 950 g TZ	13,2	16,5	4,5	0,69	0,20	5,5-6,5	1 : 0,55 : 0,63 : 0,18	
60/65 kg LM / 1.050 g TZ	13,0	15,5	4,2	0,61	0,18	4,8-5,8	1 : 0,55 : 0,64 : 0,18	
90/95 kg LM / 950 g TZ	13,0	14,0	4,2	0,55	0,16	4-5	1 : 0,56 : 0,66 : 0,18	

Aufgrund der bereits erfolgten Weiterentwicklungen von Phytaseenzymen in den zurückliegenden 10 Jahren kann davon ausgegangen werden, dass die maximale Verdaulichkeit des organisch gebundenen Phosphors aus pflanzlichen Komponenten über die von der DLG empfohlene maximale Rate von 65 % bei gezielter Phytasezulage hinaus geht. Dies deuten aktuelle Versuche und Erfahrungen mit stark Phosphor abgesenkten Futtern an. Um die Auswirkungen der höheren Enzymaktivitäten bzw. P-Verdaulichkeiten aus organischen P-Quellen zu verdeutlichen, sind einerseits Optimierungen mit der bisherigen Empfehlung von max. 65 % und andererseits mit max. 75 % P-Verdaulichkeit des organisch gebundenen Phosphors gerechnet worden.

Da ein Zusatz von Phytaseenzymen bei heutigen Mastmischungen quasi dem Standard entspricht und bereits zu sehr deutlichen Phosphorgehaltsabsenkungen geführt haben, ist eine angemessene Senkung des Calciumangebotes mit dem Futter ebenfalls ratsam. Eine Reduktion von 0,5 bis 1 g Calcium kann und sollte je nach Phytasezulage bzw. Phosphorabsenkung nach bisherigen Erfahrungen ebenfalls erfolgen. Diese Maßgabe ist bei den hier durchgeführten Kalkulationen berücksichtigt. Die in den Phasen-Futter-Optimierungen verwendeten Zielgrößen für Gesamt-Ca und verdaulichem P sind in der Übersicht 1 und 2 aufgeführt.

Um den Einfluss von Mineralstoffschwankungen bzw. -unterschieden in deutschen Getreiden und CCM zu verdeutlichen erfolgten zudem Futteroptimierungen mit geringen Ca- bzw. P- Gehalten in betriebseigenem Getreide oder CCM nach Angaben im Rechenmeister für die Schweinefütterung der LWK 2016 sowie mit höheren Gehalten für Ca und P nach Gehaltsangaben der DLG Futterwerttabelle (2014). Die dafür verwendeten Gehalte an Calcium, Phosphor sowie verd. Phosphor bei 65 bzw. 75 % max. Verdaulichkeit des org. angebotenen Phosphors bei gezielter Phytasezulage sind in der Übersicht 3 aufgeführt.

Übersicht 3: Gegenüberstellung der Calcium- und Phosphorgehalte in Getreiden bzw. Corn Cob Mix (CCM) nach DLG- bzw. NRW-Rechenmeister-Futtertabellen (in g/kg Futter)

Tabelle Mineralstoffe	DLG-Werte				NRW-Werte			
	Ca	P	P		Ca	P	P	
			65 % VQ	75 % VQ			65 % VQ	75 % VQ
Gerste (FM)	0,6	3,5	2,3	2,6	0,5	3,25	2,1	2,44
Weizen (FM)	0,7	3,3	2,15	2,5	0,3	2,9	1,9	2,2
Triticale (FM)	0,4	3,2	2,1	2,4	0,45	2,95	1,9	2,2
Roggen (FM)	0,5	3,0	1,95	2,25	0,4	2,8	1,8	2,1
CCM (88 TM)	0,35	3,1	2,0	2,3	0,13	2,55	1,65	1,9
(64 FM)	0,25	2,25	1,46	1,69	0,10	1,85	1,20	1,38
SES	3,4	6,3	4,1	4,8	3,4	6,4	4,2	4,8
RES	7,7	10,7	6,95	8,0	8,1	10,5	6,8	7,9

Ergebnisse

In den nachfolgenden vier Übersichten 4 bis 7 sind die Mischfutteroptimierungsergebnisse für die vier Leistungsabschnitte ab 28, 40, 65 und 90 kg Lebendmasse nach DLG 2014 für eine 4-phasige stark N-P-reduzierte Fütterung dargestellt.

Es sind wie beabsichtigt Futtermischungen auf Basis betriebseigenen Getreides bzw. Getreide plus CCM, mit maximal unterstellten Phosphorverdaulichkeit von 65 bzw. 75 % des organisch gebundenen Phosphors aus pflanzlichen Komponenten und unterschiedlich hohen Ca- und Phosphorgehalten im Getreide bzw. CCM nach DLG Futterwerttabelle bzw. Rechenmeister NRW optimiert worden.

So sind für die ausschließliche Mast mit Getreide ab 28 kg LM z.B. 25 % Gerste, 32,5 % Weizen, 15 % Roggen mit 17,2 % Sojaextraktionsschrotfutter (SES mit 43 % Rohprotein), 5,5 %

Übersicht 4: Mischfutteroptimierungsergebnisse für den Leistungsabschnitt 28 kg LM und 800 g TZ

Fertigfuttermischungen		13,2 MJ ME; max. 17,5 % Rohprotein, bzw. 4,7 g Phosphor							
für stark N-P-reduziert		min. 0,78 g pcv Lys bzw. 0,22 g vP je MJ ME; (3,0 g verd. P); min. 6,0 g Ca							
nach GfE 2006, ergänzt		pcv Lys	:	Met/Cys	:	Thr	:	Try	:
		1	:	0,55	:	0,62	:	0,18	:
betriebliche Grundlage	Futter-	Getreide		Getreide plus CCM		Getreide		Getreide plus CCM	
unterstellter max. P-VQ für org. P-Quellen bei Phytaseeinsatz		65 %				75%			
Getreide/CCM-Mineralgehalte nach . . .		NRW	DLG	NRW	DLG	NRW	DLG	NRW	DLG
Ration									
CCM	%	-	-	37 // 30	37 // 30	-	-	37 // 30	37 // 30
Gerste	%	25	25	11,6 // 12,8	11,6 // 12,8	25	25	11,6 // 12,8	11,6 // 12,8
Weizen	%	32,5	32,5	21 // 22,8	21 // 22,8	32,5	32,5	21 // 22,8	21 // 22,8
Roggen	%	15	15	5 // 5,5	5 // 5,5	15	15	5 // 5,5	5 // 5,5
SES	%	17,2	17,2	17 // 19,1	17 // 19,1	17,2	17,2	17 // 19,1	17 // 19,1
RES	%	5,5	5,5	5 // 5,6	5 // 5,6	5,5	5,5	5 // 5,6	5 // 5,6
Min Futter (85 % P-VQ)	%	3,5	3,5	3,0 // 3,7	3,0 // 3,7	3,5	3,5	3,0 // 3,7	3,0 // 3,7
Öl	%	1,3	1,3	0,4 // 0,5	0,4 // 0,5	1,3	1,3	0,4 // 0,5	0,4 // 0,5
Gehalte in der Ration:									
TM	g	880							
Energie EFF ME	MJ	13,1							
Rohprotein	g	175							
pcv Lysin	g	10,6	10,6	10,5	10,5	10,6	10,6	10,5	10,5
Ca	g	6,5	6,6	6,3	6,5	6,5	6,6	6,3	6,5
P	g	4,6	4,5	4,6	4,6	4,0	4,1	4,0	4,1
vP	g	3,1	3,0	3,0	3,0	3,05	3,15	3,05	3,05
Mineralniveau im eigenem Futter									
RP	%	180							
Ca	%	15,0	14,5	15,0	15,0	15,0	14,5	15,0	15,0
P	%	2,0	1,2	2,0	1,5	0,5	-	0,5	-
Lysin	%	11							
Methionin	%	2,5							
Threonin	%	4,5							
Tryptophan	%	0,5							

Übersicht 5: Mischfutteroptimierungsergebnisse für den Leistungsabschnitt 40 kg LM und 950 g TZ

Fertigfuttermischungen		13,2 MJ ME, max. 16,5 % Rohprotein bzw. 4,5 g Phosphor							
für stark N-P-reduziert		min. 0,69 g pcv Lys bzw. 0,20 g verd. P je MJ ME; (2,7 g verd. P); min. 5,5 g Ca							
nach GfE 2006, ergänzt		pcv Lys	:	Met/Cys	:	Thr	:	Try	:
		1	:	0,55	:	0,63	:	0,18	:
betriebl. Futter- grundlage		Getreide		Getreide plus CCM		Getreide		Getreide plus CCM	
unterstellter max. P-VQ für org. P-Quellen bei Phytaseeinsatz		65				75			
Getreide/CCM- Mineralgehalte nach . . .		NRW	DLG	NRW	DLG	NRW	DLG	NRW	DLG
Ration									
CCM	%	-	-	42,5 // 35	42,5 // 35	-	-	42,5 // 35	42,5 // 35
Gerste	%	25	25	15 // 16,9	15 // 16,9	25	25	15 // 16,9	15 // 16,9
Weizen	%	33,5	33,5	9,9 // 10,9	9,9 // 10,9	33,5	33,5	9,9 // 10,9	9,9 // 10,9
Roggen	%	17,7	17,7	9,9 // 11,0	9,9 // 11,0	17,7	17,7	9,9 // 11,0	9,9 // 11,0
SES	%	15	15	15 // 17,1	15 // 17,1	15	15	15 // 17,1	15 // 17,1
RES	%	4,8	4,8	4,8 // 5,5	4,8 // 5,5	4,8	4,8	4,8 // 5,5	4,8 // 5,5
Min Futter (85 % P-VQ)	%	2,8	2,8	2,4 // 3,0	2,4 // 3,0	2,8	2,8	2,4 // 3,0	2,4 // 3,0
Öl	%	1,2	1,2	0,5 // 0,6	0,5 // 0,6	1,2	1,2	0,5 // 0,6	0,5 // 0,6
Gehalte in der Ration:									
TM	g	880							
Energie EFF ME	MJ	13,2	13,2	13,1	13,1	13,2	13,2	13,1	13,1
Rohprotein	g	165							
pcv Lysin	g	9,4	9,4	9,3	9,3	9,4	9,4	9,3	9,3
Ca	g	6,0							
P	g	4,2	4,1	4,2	4,4	3,8	4,0	3,7	4,4
vP	g	2,8	2,8	2,8	2,8	2,85	3,05	2,85	3,05
Mineralniveau im eigenem Futter									
RP	%	180							
Ca	%	17,0	16,5	17,5	17,0	17,0	16,5	17,5	17,0
P	%	1,5	0,8	1,7	1,5	-	-	-	-
Lysin	%	11							
Methionin	%	2,0							
Threonin	%	4,5							
Tryptophan	%	0,5							

Übersicht 6: Mischfutteroptimierungsergebnisse für den Leistungsabschnitt 65 kg LM und 1.100 g TZ

Fertigfutturvorgaben		13,0 MJ ME, max. 15,5 % Rohprotein bzw. 4,2 g Phosphor							
bei stark N-P-reduziert		min. 0,61 g pcv Lys bzw. 0,18 g verd. P je MJ ME; (2,4 g verd. P); min. 4,8 g Ca							
nach GfE 2006, ergänzt		pcv Lys	:	Met/Cys	:	Thr	:	Try	
		1	:	0,55	:	0,64	:	0,18	
betrieblicher Futtergrundlage		Getreide		Getreide plus CCM		Getreide		Getreide plus CCM	
unterstellte max. P-VQ für org. P-Quellen bei Phytaseeinsatz		65				75			
Getreide/CCM-Mineralgehalte nach . . .		NRW	DLG	NRW	DLG	NRW	DLG	NRW	DLG
Ration									
CCM	%	-	-	58 // 50	58 // 50	-	-	58 // 50	58 // 50
Gerste	%	25	25	14,3 // 16,9	14,3 // 16,9	25	25	14,3 // 16,9	14,3 // 16,9
Weizen	%	36	36	4,4 // 5,1	4,4 // 5,1	36	36	4,4 // 5,1	4,4 // 5,1
Roggen	%	20	20	4,4 // 5,1	4,4 // 5,1	20	20	4,4 // 5,1	4,4 // 5,1
SES	%	8	8	9 // 10,8	9 // 10,8	8	8	9 // 10,8	9 // 10,8
RES	%	6,2	6,2	8 // 9,6	8 // 9,6	6,2	6,2	8 // 9,6	8 // 9,6
Min Futter (85 % P-VQ)	%	2,5	2,5	1,9 // 2,5	1,9 // 2,5	2,5	2,5	1,9 // 2,5	1,9 // 2,5
Öl	%	0,3	0,3	-	-	0,3	0,3	-	-
Gehalte in der Ration:									
TM	g	880							
Energie EFF ME	MJ	13,1	13,1	13,0	13,0	13,1	13,1	13,0	13,0
Rohprotein	g	146	150	150	150	146	150	150	150
pcv Lysin	g	7,8	8,0	7,9	7,9	7,8	8,0	7,9	7,9
Ca	g	5,5	5,6	5,3	5,3	5,5	5,6	5,3	5,3
P	g	3,7	3,9	3,8	4,2	3,7	3,9	3,8	4,2
vP	g	2,4	2,55	2,4	2,4	2,85	3,05	2,85	3,15
Mineralniveau im eigenem Futter			DLG	NRW	DLG	NRW	DLG	NRW	DLG
RP	%	155							
Ca	%	17,5	17,0	17,5	17,0	17,5	17,0	17,5	17,0
P	%	-							
Lysin	%	11,0							
Methionin	%	-							
Threonin	%	4,0							
Tryptophan	%	-							

Übersicht 7: Mischfutteroptimierungsergebnisse für den Leistungsabschnitt 90 kg LM und 900 g TZ

Fertigfutturvorgaben		13,0 MJ ME, max. 14,0 % Rohprotein bzw. 4,2 g Phosphor							
für stark N-P-reduziert		min. 0,55 g pcv Lys bzw. 0,16 g verd. P je MJ ME, (2,1 g verd. P); min. 4,0 g Ca							
nach GfE 2006, ergänzt		pcv Lys	:	Met/Cys	:	Thr	:	Try	:
		1	:	0,56	:	0,66	:	0,18	:
betriebliche Futtergrundlage		Getreide		Getreide plus CCM		Getreide		Getreide plus CCM	
unterstellter max. P-VQ für org. P-Quellen bei Phytaseeinsatz		65				75			
Getreide/CCM-Mineralgehalte nach . . .		NRW	DLG	NRW	DLG	NRW	DLG	NRW	DLG
Ration									
CCM	%	-	-	65 // 57,5	65 // 57,5	-	-	65 // 57,5	65 // 57,5
Gerste	%	25	25	12 // 14,5	12 // 14,5	25	25	12 // 14,5	12 // 14,5
Weizen	%	32,5	32,5	3,4 // 4,0	3,4 // 4,0	32,5	32,5	3,4 // 4,0	3,4 // 4,0
Roggen	%	28	28	3,4 // 4,0	3,4 // 4,0	28	28	3,4 // 4,0	3,4 // 4,0
SES	%	6,5	6,5	8,0 // 12,15	8,0 // 12,15	6,5	6,5	8,0 // 12,15	8,0 // 12,15
RES	%	5,5	5,5	6,6 // 8	6,6 // 8	5,5	5,5	6,6 // 8	6,6 // 8
Min Futter (85 % P-VQ)	%	2,2	2,2	1,6 // 2,15	1,6 // 2,15	2,2	2,2	1,6 // 2,15	1,6 // 2,15
Öl	%	0,3	0,3	-	-	0,3	0,3	-	-
Gehalte in der Ration:									
TM	g	880							
Energie EFF ME	MJ	13,1							
Rohprotein	g	140							
pcv Lysin	g	7,1							
Ca	g	4,5							
P	g	3,6	3,8	3,6	4,0	3,6	3,8	3,6	4,0
vP	g	2,3	2,5	2,3	2,35	2,75	2,95	2,75	3,05
Mineralniveau im eigenem Futter									
RP	%	155							
Ca	%	15,5	15,0	17,0	16,5	15,5	15,0	17,0	16,5
P	%	-							
Lysin	%	11							
Methionin	%	-							
Threonin	%	4,0							
Tryptophan	%	-							

Rapsextraktionsschrot (RES) sowie 3,5 % Mineralfutter und 1,3 % Futtermittel bei NRW bzw. DLG-Mineralniveau optimiert auf Basis 88 % TM. Diese beiden Mischungen weisen einen Energiegehalt von 13,1 MJ ME (Basis EFF 2006) 17,5 % Rohprotein, 10,5 bzw. 10,6 % pcv Lysin auf und differieren erwartungsgemäß bei den Ca- bzw. P-Gehalten, bedingt durch unterschiedlich gewählte Mineralniveaus nach NRW bzw. DLG und natürlich der gewählten Mineralfuttersausstattung für diesen Leistungsabschnitt ab 28 kg LM.

So weist das Mineralfutter für die NRW-Variante bei ausschließlichem Getreideeinsatz 2,0 % gegenüber 1,2 % Phosphor bei der DLG-Variante auf. Mit 15 bzw. 14,5 % Calcium reicht für diese beiden Mischungen die bedarfsgerechte Versorgung mit Calcium aus. Bei den Mischungen für den gleichen Mastbeginn ab 28 kg LM und Getreide plus CCM-Einsatz liegt die Calciumausstattung bei der NRW- und DLG-Variante um 0,5 % Punkt höher. Die Phosphorausstattung reicht trotz geringerer P-Gehalte im CCM wie bei ausschließlichem Getreideeinsatz aufgrund erhöhten Mischungsanteils von 3,7 gegenüber 3,5 % aus.

Für die ausreichende Versorgung mit den ersten 4 zuerst limitierend wirkenden Aminosäuren (AS) ist das Mineralfutter mit 11 % Lysin, 2,5 % Methionin, 4,5 % Threonin und 0,5 % Tryptophan ausgestattet worden. Mit diesen AS-Gehalten in Kombination mit den gewählten Einsatzmengen kann die leistungsgerechte AS-Versorgung bzw. die Vorgabe zu den maximal erlaubten Rohproteingehalten nach DLG-Vorgabe für die stark N-P-reduzierte Fütterung eingehalten werden.

Anhand der Ergebnisse der Berechnungen zur Mineralfuttersausstattung für die Leistungsabschnitte 40, 65 und 90 kg LM wird ersichtlich, dass die Calciumgehalte im Vergleich zum ersten Mastabschnitt ab 28 kg LM auf bis zu 17,5 % ansteigen. Generell liegen bei Optimierungen mit DLG-Gehalten die Ca-Gehalte um etwa 0,5 % Punkt niedriger. Eine P-Ergänzung erfolgte nur noch bei 40 kg LM von 0,8 bis 1,7 % Punkten bei max. 65 % unterstelltem Phosphor-Verdauungs-Quotient (P-VQ) für organisch gebundenen Phosphor. Bei unterstellten max. 75 % P-VG wurde kein anorganischer Phosphor mehr über das Mineralfutter zugesetzt.

Wenn die Lysinausstattung der optimierten Mineralfutters über alle Leistungsabschnitte von 28, 40, 65 und 90 kg LM mit 11 % gleich bleibt, ändert sich aber die erforderliche Ausstattung mit Methionin, Threonin und Tryptophan. Eine Tryptophanzulage war lediglich bei 28 kg LM erforderlich. Die Methioninzulagen erfolgten lediglich bei 28 und 40 kg LM mit 2,5 bzw. 2,0 % Methionin. Die Threoninzulagen betragen bei 28 und 40 kg LM jeweils 4,5 % und bei 65 und 90 kg LM jeweils 4,0 % Methionin.

Diskussion

Die durchgeführten Berechnungen mit unterschiedlich hohen Calcium-, Phosphorgehalten bzw. Gehalten an verd. Phosphor mit unterstellten max. erreichbaren Verdaulichkeiten bei organischen Phosphorquellen von 65 bzw. 75 % verdeutlichen, dass angepaßte Ausgestaltungen von Mineralfuttersmitteln in Abhängigkeit vom Zunahmestadium, Wachstumsstadium sowie Höhe der Calcium- und Phosphorgehalte in eingesetzten selbst erzeugten oder zugekauften Komponenten erforderlich sind. So kann z.B. festgestellt werden, dass bei einer ausschließlichen Fütterung von Getreide oder Getreide plus CCM mit SES- und RES-Ergänzungen im Verhältnis 3:1 in der Vormast bei einem 3,5 %igen Mineralfutterseinsatz in der Vormastphase ab 28 kg LM, bei einer max. P-VQ aus pflanzlichen Komponenten bis 65 %, das Mineralfutter 1,2-2,0 % und bei max. 75 % P-VQ 0,5 % Phosphor im Mineralfutter enthalten sein sollten, wobei ein Calcium-Gehalt zwischen 14 und 15 % ausreichend ist.

Ab 40 kg LM sollte bei max. 65 % P-VQ org. gebundenen Phosphors und 2,8-3,0 %igen Mineraleinsatz ein Mineralfutter mit 0,8-1,7 % Phosphor sowie 16,5 – 17,5 % Calcium eingesetzt werden. Diese Größenordnungen zur notwendigen Phosphor- und Calciumergänzung aus mineralischen Ursprungs

bei max. 65 % P-VQ aus pflanzlichen Komponenten stimmen mit bereits früher erfolgten Optimierungsberechnungen zur N-P-reduzierten bzw. stark N-P-reduzierten von Stalljohann 2016 bzw. 2017 überein.

Bei angenommenen max. P-VQ von 75 % braucht ab 40 kg LM kein mineralischer Phosphor mehr eingesetzt werden. Ein von Nehle, Norda und Stalljohann (2012) in Haus Düsse in Zusammenarbeit mit den Firmen Agravis, vertreten durch Herrn Walgern und BASF, vertreten durch Herrn Herr Dr. Feuerstein durchgeführter Fütterungsversuch hat genauso wie hier ermittelt gezeigt, dass bei einer Erhöhung der P-VQ des org. gebundenen Phosphors aus Getreiden plus Soja durch einen gezielten Phytaseeinsatz auf 75 % keine anorg. P-Ergänzung ab 40 kg LM mehr erforderlich machte. Die damaligen Mast- und Schlachtleistungen in Versuchs- und Kontrollgruppe waren identisch auf hohem Niveau. Bei Untersuchungen der Knochenstrukturen waren ebenfalls keine Unterschiede feststellbar.

Mit den Optimierungsberechnungen für die Mischungen ab 65 kg LM konnte auf jeden Fall gezeigt werden, dass sowohl bei max. 65 als auch 75 %iger P-VQ für den org. Phosphor in pflanzlichen Komponenten durch gezielte Phytaseergänzungen über die Mineralfutter keine Ergänzung anorganischen Phosphors über ein Mineralfutter mehr notwendig ist.

Ob ein gänzlicher Verzicht auf Ergänzung von anorganischem Phosphor bereits ab Mastbeginn ab 28 kg LM erfolgen kann, sollte in Exaktversuchen geprüft werden. In einem jüngst von Schnippe 2017 per Interview befragten Mastbetrieb im westfälischen Münsterland wird bereits seit Jahren eine Strategie ganz ohne mineralischen Phosphor zu allen eingesetzten Mischungen in Vor-, Anfangs-, Mittel- und Endmast praktiziert. Es wird dabei darauf hingewiesen, dass alle Maßnahmen von hinreichender Tierbetreuung einschließlich Leistungserfassungen, genauer Futterdatenerfassung, Tierwohl fördernder Futteraufbereitungen bis hin zur Nutzung aller Maßnahmen zur Erreichung eines hohen Hygienestatus in Futter und Fütterung genutzt werden um u.a. eine hohe Magen- Darmgesundheit zu gewährleisten.

Die Calciumausstattung von Mineralfuttern ab 65 bzw. 90 kg LM sollte bei 2,5 bzw. 2,2 %igen Mischunganteil möglichst 17 % nicht überschreiten. Diese Größenordnung entspricht weitestgehend den Vorgaben für Mineralfutter der von Bunge 2017 fachlich betreuten Einkaufsgemeinschaft in den Kreisen ST/GT/WAF, persönliches Gespräch (2017).

Um neben den DLG - Vorgaben zu maximalen Phosphorgehalten bei stark N-P-reduzierter Fütterung auch die zu maximalen Rohproteingehalten erfüllen zu können, sind in den Mineralfuttern freie kristalline Aminosäuren optimiert worden. In allen Mineralfuttern sind 11 % Lysin sowie unterschiedliche Methionin-, Threonin- und Tryptophan-Gehalte ergänzt worden.

Für die praktische Umsetzung von Mineralstoffkonzepten für die Durchführung einer stark N-P-reduzierten Fütterung ist eine wie hier erfolgte Verfütterung von 4 Mineralfuttern nicht realistisch, weil auch technisch meistens gar nicht möglich ist 4 Mineralfutter exakt und zeitgerecht zu verfüttern. – deshalb wird vielerorts maximal mit 2 unterschiedlich konzipierten Mineralfuttern – eines für die Vormast bis 40/45 kg LM, eventuell bis Ende der Anfangsmast bis 65 kg LM und eines ab 65 kg LM bis Mastende eingesetzt. Es sind demzufolge gewisse Kompromisse bei einer absoluten Exaktausstattung erforderlich und diese könnten wie in der Übersicht 8 aussehen. Diese entsprechen denjenigen Berechnungen von Stalljohann (2016 und 2017) und Bunge (2017)

Übersicht 8: Vorschlag für ein zukünftiges Mineralfutterkonzept für stark N-P-reduzierte und sehr stark N-P-reduzierte Fütterungsverfahren in der Schweinemast

Konzepte für . . .		stark N-P-reduziert		sehr stark N-P-reduziert	
Mineralfutter für die Mast ab	kg	25	60/65	25	60/65
LM					
Ca	%	17	17	15	15
P	%	0,5 – (1)	-	0 – (0,5)	-
Na	%	5			
Mg	%	2,5 – (3)			
Phytase	FTU	nach Herstellerempfehlung 15.000 - 25.000			
Lysin		11	11	15	15
Methionin		2,5	-	3,5	1
Threonin		4,5	4	7,5	6,5
Tryptophan		0,5	-	1,5	1
Valin		-	-	1	-

Schlussfolgerungen/Empfehlungen

Für die Umsetzung eines Mineralstoffkonzeptes für eine stark N-P-reduzierte Fütterung mit hohen Leistungserwartungen von mehr als 900 g Tageszunahmen im Mittel der Mast von 25/28 bis 118/122 kg Lebendmasse können die nachfolgenden Schlussfolgerungen gegeben werden:

- Für die Optimierung der Ausstattung von Mineralfuttermischungen bzw. Ergänzungsfuttern sollten die Versorgungsempfehlungen der GfE 2006 und die DLG-Fütterungsempfehlungen 2010 genauestens umgesetzt werden – aktuelle Versuchsergebnisse und Praxiserfahrungen zeigen, dass eine leistungsgerechte Futtergestaltung und eine Minimierung von N- und P-Anfall damit erreicht werden.
- Für eine genaue Ausgestaltung von Mineral- und Ergänzungsfuttern mit und ohne Phosphor sowie freien kristallinen Aminosäuren und Phytasezusatz sind genaue Kenntnisse der Nähr- und Mineralstoffgehalte aller einzusetzenden Einzelkomponenten und die Einsatzempfehlungen für verschiedener Phytaseprodukte zwingend notwendig.
- Für stark N-P-reduzierte Mineralstoffkonzepte sollten die Calciumzulagen stets genauestens optimiert werden – derzeit erfolgt oft noch eine überhöhte Zulage – bei heutigen teils sehr niedrigen Phosphorgehalten in fertigen Mischungen mittels Einsatz weiterentwickelter Phytaseenzyme sollte neben der Phosphorabsenkung der Ca-Gehalt in der Gesamtmischung um mindestens 0,5 bis 1,0 g unter den GfE-Empfehlungen eingestellt werden.
- Für eine erfolgreiche Umsetzung stark N-P-reduzierter Mineralstoffkonzepte sind alle Maßnahmen von Tierbetreuung bis hin zur Stabilisierung eines hohen Hygienestatus in Futter und Fütterung systematisch anzuwenden um u.a. gut und harmonisch ablaufende Verdauungsvorgänge zu unterstützen.
- Für die Anerkennung stark N-P-reduzierter Fütterungsverfahren sind die erforderlichen Dokumentationen nach Vorgaben des DLG-Merkblattes 418 zu erbringen – für sehr stark N-P-reduzierte Verfahren ist eine Beratung autorisierter Fachkräfte zur Berechnung individueller Stallbilanzen zu nutzen.

- Ob eine stark N-P-reduzierte Fütterungsstrategie mit ein em mehr oder weniger an Futterkosten einhergeht, hängt vom Einzelfall ab – u.a. von den Einschränkungen hinsichtlich Auswahl kostengünstiger, aber Phosphor liefernder Nebenprodukte. Auf jeden Fall werden im Vergleich zu Ausgangssituationen die N- und P-Ausscheidungen um bis zu 30 %, im Einzelfall durchaus noch weiter gesenkt und damit die nachzuweisende Fläche bzw. Gülleabgabe für einen sinnvollen Einsatz in landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Kulturen.

Literatur

Bunge, Persönliche Auskunft, 2017

DLG –Merkblatt 418, Leitfaden zur nachvollziehbaren Umsetzung stark N-/P-reduzierter Fütterungsverfahren bei Schweinen (2016)

DLG-Futterwerttabellen Schweine (2014)

DLG-Band 199, Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere (2014)

DLG –Kompakt „Erfolgreiche Mastschweinefütterung“ (2010)

GfE „Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen“ (2010)

Nehle, Norda, Stalljohann et al: Einfluss abgesenkter Phosphorgehalte in Ferkelaufzucht und Mast auf Leistung und Knochenparameter bei Mastschweinen (2013), in: Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung

Rechenmeister für eine effizientere Schweinefütterung der LWK NRW (2016)

Schnippe: Interview mit Praktiker , SUS 4/2017

Stalljohann: Schweine vielseitig füttern, Wochenblatt für Landwirtschaft und Landleben, 44/2016; S. 30-31

Stalljohann/Patzelt: Immer die passende Mischung, Wochenblatt für Landwirtschaft und Landleben, 34/2016; S. 36-38

Stalljohann/Hilgers: Phasenfütterung lohnt sich, Wochenblatt für Landwirtschaft und Landleben, 49/2011; S. 33-35

Stalljohann: Schweine auf Wuchs und Fleisch füttern, Wochenblatt für Landwirtschaft und Landleben, 49/2011; S. 39-40

Walgern, B., G. Stalljohann, C. Schulze Langenhorst, et al (2011): Verzicht auf die Zugabe von anorganischem Phosphor in Schweinemastrationen mit niedrigem nativem Phosphorgehalt und Einsatz von Phytase, in: Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung

Autorenanschrift

Dr. Gerhard Stalljohann
LWK NRW, Fachbereich Tierproduktion
Haus Düsse
59505 Bad Sassendorf-Ostinghausen

Nährstoffausscheidung und P-Effizienz

Hubert Spiekers

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub

Einleitung

Phosphor ist beim Rind für die Bildung von Milch, den Zuwachs und die Reproduktion unverzichtbar (GfE 2001). Überschüssiger und nicht verwertbarer Phosphor wird mit Kot und Harn ausgeschieden und ist in Form von Mist, Jauche und Gülle ein wertvoller Wirtschaftsdünger. Bei hohem Tierbesatz und nicht angepasster Produktionstechnik, Fütterung und Düngung kann es jedoch zu Überschüssen kommen, die die Umwelt belasten (Taube 2016). Eine hohe P-Effizienz in der Erzeugung von Milch und Rindfleisch ist daher anzustreben. Die Ausgangssituation und Möglichkeiten zur Anpassung werden im Weiteren vorgestellt. Zunächst werden die aktuellen Daten zur Nährstoffausscheidung vorgestellt.

Nährstoffausscheidung

Bei den aktualisierten Standardwerten für die Nährstoffausscheidungen sind die heute üblichen Verfahren unterstellt. Die Werte sind Bestandteil der Dünge-Verordnung. Nähere Informationen zu den Verfahren und den angesetzten Werten sind der Broschüre der DLG (2014) zu entnehmen. Die Nährstoffausscheidung wird hierbei nach folgendem Schema kalkuliert:

$$\begin{array}{r} \text{Nährstoffaufnahme mit dem} \\ \text{Futter} \\ - \\ \text{Nährstoffansatz im Produkt} \\ \text{(Milch, Zuwachs)} \\ = \\ \text{Nährstoffausscheidung mit} \\ \text{Kot und Harn} \end{array}$$

Die größte Streuung liegt hierbei in der Futteraufnahme. Alles was an Rohprotein (N) und Phosphor (P) oberhalb des Bedarfs für Milch und Zuwachs aufgenommen wird, wird mit Kot und Harn wieder ausgeschieden. Die Futteraufnahme und der Nährstoffansatz hängen stark von der Leistung und der Futtergrundlage ab. Es wird daher nach Höhe der Milchleistung und Futtergrundlage unterschieden. Bei der Futtergrundlage wird auf Grund der Unterschiede in den Nährstoffgehalten zwischen Grasprodukten und Silomais (Rohprotein und NEL) in Grünlandbetriebe und Ackerfutterbaubetriebe unterschieden. Aus der Tabelle 1 sind die unterstellten Aufwendungen an NEL und der Verzehr an Rohprotein aus Grob- und Kraftfutter in Abhängigkeit von der Leistung zu ersehen. Es zeigt sich, dass

mit steigender Leistung verstärkt Eiweiß und damit auch Phosphor über das Kraftfutter in die Kuh gelangen. Im Ergebnis steigen mit der Leistung auch die Ausscheidungen an N und P je Kuhplatz und Jahr an (siehe Abbildung 1). Je kg Milch fällt allerdings die Ausscheidung, so dass je kg Milch eine effizientere Produktion gegeben ist. Die Ausscheidungen je kg ECM schwanken für N zwischen 12,6 und 19,1 g und für P zwischen 1,9 und 2,7 g. Im Vergleich zu den Werten der letzten Dünge-VO ergeben sich keine großen Unterschiede in den Standardwerten der Nährstoffausscheidung. Für Ackerfutterbaubetriebe erfolgte eine Fortschreibung auf 12.000 kg Milch/Kuh und Jahr. Im Mineralfutter sind für Grünlandbetriebe kein P und im Ackerfutterbaubetrieb 3 % P unterstellt.

Tabelle 1: Energie- und Rohproteinaufwand in der Milchviehhaltung in Abhängigkeit von der Milchleistung und der Grobfutterbasis in Anlehnung an DLG (2014); Variante ohne Weidegang; Angaben je Kuhplatz und Jahr

Milch , kg ECM	6.000		8.000		10.000		12.000
Futterbasis*	Gras*	Silomais #	Gras*	Silomais #	Gras*	Silomais #	Silomais#
NEL, MJ	36.500		43.500		50.000		57.000
Rohprotein aus: kg							
Grobfutter	610	483	609	525	633	556	587
Kraftfutter	274	344	439	465	583	613	755
Gesamt	884	827	1.048	990	1.216	1.169	1.342

* mindestens 75 % der Grobfutter-TM aus Grasprodukten; # Silomais und Grasprodukte
ECM – energiekorrigierte Milch

Aus der Tabelle 2 sind die Nährstoffausscheidungen in der Jungrinderaufzucht ersichtlich. Je nach Aufzuchttrate und Erstkalbealter im Betrieb schwankt der Anteil an den gesamten Ausscheidungen der Milcherzeugung zwischen 20 und 40 %. In der Praxis können die kalkulierten Nährstoffanfänge sehr genau berechnet werden, da der Tierbesatz und das Alter der Tiere über die Meldungen in HiTier taggenau vorliegen. Für die wachsenden Rinder sind die Nährstoffausscheidungen auch nach Altersgruppen tabelliert. Aus den P-Ausscheidungen kann durch Multiplikation mit 2,291 der Anfall an P₂O₅ berechnet werden.

Tabelle 2: Standardausscheidungen an Stickstoff (N) und Phosphor (P) in der Jungrinderaufzucht nach Futtergrundlage und Verfahren; Erstkalbealter 27 Monate; Angaben in kg je aufgezogenem Rind

Futterbasis	Grünland*		Ackerfutterbau	
Verfahren	konventionell	extensiv	konventionell	extensiv
Stickstoff (N)	129	121	109	102
Phosphor (P)	16,2	15,7	15,2	14,8

* mindestens 75 % der Grobfutter-TM aus Grasprodukten

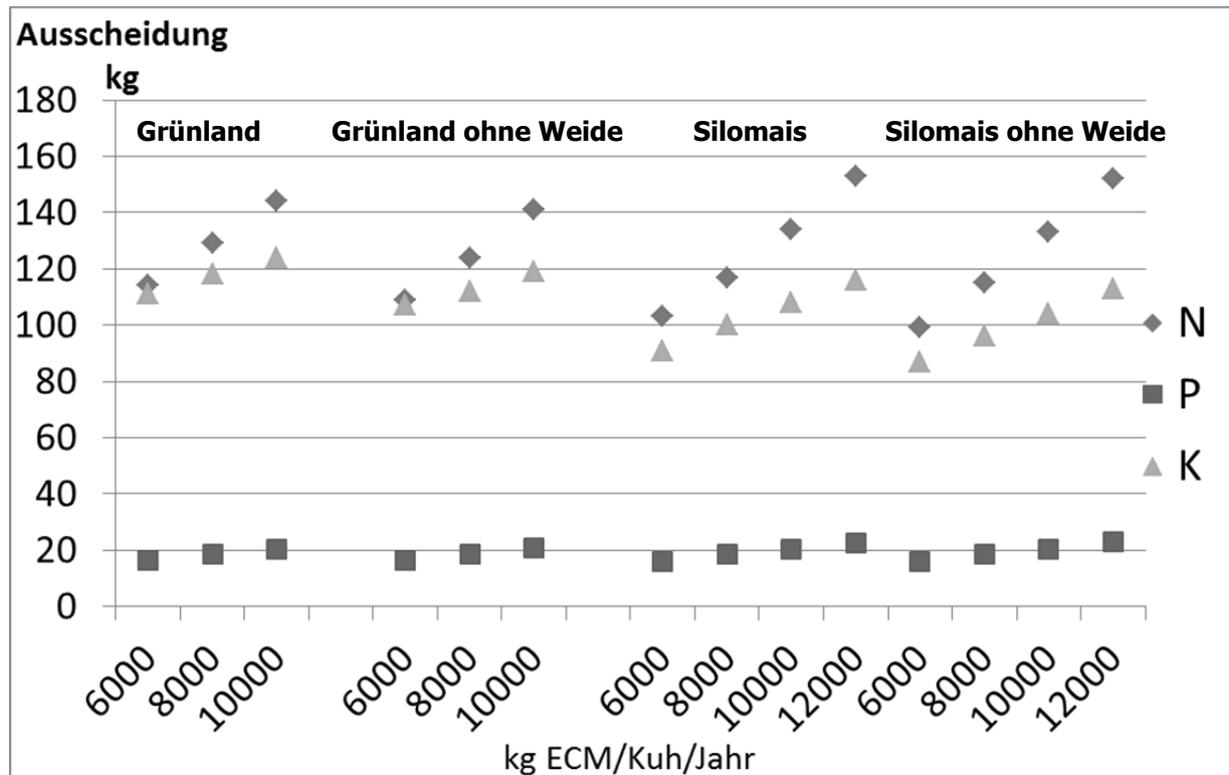


Abbildung 1: Nährstoffausscheidungen an Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) in Abhängigkeit von der Milchleistung und der betrieblichen Futterbasis; Standardwerte der Düngerverordnung (2017)

Spezielle Verfahren mit N/P-reduzierten Rationen sind im Gegensatz zu Schwein und Geflügel beim Rind bisher wenig etabliert. Eine Ausnahme ist die Fresserzeugung. In der Tabelle 3 sind die Vorgaben zur N-/P-reduzierten Fütterung zu ersehen. Unterstellt ist die Fütterung von Silomais, Heu, Milchaustauscher und Kraftfutter. Insbesondere beim Phosphor ergibt sich eine merkliche Absenkung der P-Ausscheidungen. Bei Mastbullen wird aktuell die Machbarkeit N/P-reduzierter Verfahren diskutiert, da bei Fütterung auf Basis Silomais hohe Tierbesätze je ha möglich sind und erhebliche Mengen an Eiweißfutter in die Betriebe gelangen.

Tabelle 3: Vergleich der Verfahren der Fresserzeugung in der Nährstoffausscheidung (DLG 2014)

Verfahren	Standard	N-/P-reduziert
<u>Gehalte im Kraftfutter für Fresser (g/kg)</u>		
- Rohprotein	200	185
- Phosphor	5,8	5,0
<u>Nährstoffausscheidung (kg je Platz und Jahr)</u>		
N	15,7	14,6
P	2,4	1,9

Auf Basis der aufgeführten Werte kann der einzelne Betrieb den Nährstoffanfall berechnen. Werden die Vorgaben von 170 kg N/ha aus Wirtschaftsdünger bzw. die zulässigen Sal den an N und P je ha überschritten, sind Wege zur Anpassung zu suchen. Neben der Anpassung der Mineraldüngung hat der einzelne Betrieb folgende Ansatzpunkte zur Veränderung der betrieblichen Nährstoffsituation:

- **Abgabe von Wirtschaftsdünger:** Gülle, Feststoffe (Nutzung der Separation) etc.
- **Erweiterung der Betriebsfläche:** Pacht, Zukauf, Bewirtschaftungsverträge etc.
- **Betriebliche Kooperation:** Auslagerung der Jungvieh aufzucht, Kooperation mit Ackerbaubetrieb etc.
- **Reduktion des Nährstoffanfalls im Betrieb:**
 - a) Reduktion der Produktion an Milch, Fleisch etc.
 - b) Reduktion der Futtertage in Bezug zur erzeugten Menge an Milch und Fleisch über Anpassung des Erstkalbealters, Optimierung der Nachersatzrate, Steigerung der Milchleistung, Erhöhung der täglichen Zunahmen in der Mast etc.
 - c) Einsatz von weniger **N** und **P** mit dem Futter bei Deckung des Bedarfs an Aminosäuren am Darm und **P** ⇒ nährstoffangepasster Futterbau und Fütterung

Wo möglich bietet sich die Abgabe von Wirtschaftsdünger an. Ein interessanter Ansatz ist die Gülleseparation und die Abgabe der Feststoffe an Biogasanlagen. Die Erweiterung der Betriebsfläche ist in den meisten Intensivgebieten kostenmäßig kaum darstellbar. Stärker zu verfolgen ist die betriebliche Kooperation. Dies betrifft insbesondere die Ausgliederung der Jungrinderaufzucht. Im Süden ist z.B. die Alpung eine interessante Variante. Die Weide der Jungrinder fördert die spätere Lebensleistung, wie aktuelle Auswertungen von Krogmeier (2016) zeigen.

P-Effizienz

Tabelle 4: „P-Effizienz“ in der Rinderhaltung: Verfahren nach DLG (2014)

Verfahren	Futterbasis	Leistung	% des Futter-P in Produkten	g P/kg essbares Protein*
Milcherzeugung	Grünland	6.000, kg ECM/Kuh/a 10.000, kg ECM/Kuh/a	27 33	109 89
	Ackerfutterbau	6.000, kg ECM/Kuh/a 12.000, kg ECM/Kuh/a	28 35	108 85
Jungrinderaufzucht	Grünland	Abkalbung mit 27 Monaten	18	344
	Ackerfutterbau		20	320
Bullenmast	Ackerfutterbau	milchbetont, 630 kg Zuwachs	28	222
		fleischbetont, 705 kg Zuwachs	32	216
Mutterkuhhaltung	Grünland	340 kg Zuwachs	12	495

* Berechnung in Anlehnung an DLG (2015), 34 g essbares Protein je kg ECM und 95 g/kg Zuwachs

In den zuvor beschriebenen Verfahren wird der Phosphor in unterschiedlichem Maße vom Tier genutzt. Aus der Tabelle 4 sind die kalkulierten „P-Effizienzen“ ersichtlich. Die P-Effizienz gibt hierbei den Anteil des vom Tier aufgenommenen Phosphors an, der in den Produkten Milch und Zuwachs erscheint. Zwischen 12 und 35 % des mit dem Futter aufgenommenen Phosphors werden in Milch und Zuwachs eingelagert. Die höchsten Werte zeigen sich in der Milchviehhaltung mit hohen Einzeltierleistungen und der intensiven Rindermast. Am wenigsten effizient ist die Mutterkuhhaltung. Zu beachten ist hierbei, dass die in 2012 (Spiekers et al. 2012) erhobenen Gehalte an P in den Grob- und Kraftfuttermitteln unterstellt wurden. Diese liegen beim Kraftfutter aktuell höher, wie die Auswertungen von Grünewald (2017) zeigen.

Die P-Effizienz kann auch anders berechnet werden. Von der DLG (2015) stammt der Vorschlag den Aufwand an Phosphor auf das kg essbares Protein zu beziehen. Bei der Milch ist das Eiweiß insgesamt als essbar anzusehen. Beim Zuwachs betrifft dies nur einen Teil. In den Berechnungen der Tabelle 4 wurden 95 g je kg Zuwachs unterstellt. Die Rangierung der Produktionsverfahren ist ähnlich.

Stark ist der Eintrag von P über das Eiweißfutter. Dies gilt insbesondere für die Ölschrote und Schlempen. Das Niveau der Versorgung mit Rohprotein wirkt sich daher stark auf die P-Effizienz aus. Beispielhaft ist dies aus den Versuchen in Grub zur gestaffelten Rohproteinversorgung bei Mastbullen aus der Tabelle 5 zu ersehen. Die höchste P-Effizienz ergibt sich hier bei einer mittleren Rohproteinversorgung von 12,3 % in der Trockenmasse. Zu beachten ist, dass versuchsbedingt keine Phasenfütterung durchgeführt wurde.

Tabelle 5: P-Effizienz in der Mast von Fleckviehbullen bei gestaffelter Versorgung mit Rohprotein, Versuch in Grub (Ettle et al. 2016)

Rohprotein, % der TM	8,3	10,3	12,3	14,4	16,4
Mastdauer, Tage	348	350	351	351	350
Zuwachs, kg je Bulle	328	458	525	564	525
TM-Aufnahme, kg/Tag	7,1	8,3	8,9	9,6	8,9
P-Gehalt der Ration, g/kg TM	3,7	3,8	3,9	4,0	5,0
P-Aufnahme, kg je Bulle	9,1	11,1	12,2	13,5	15,1
P-Ansatz, kg je Bulle	2,1	3,0	3,4	3,7	3,4
P-Ausscheidung, kg je Bulle	7,0	8,1	8,8	9,8	11,7
P-Effizienz, %	23,4	26,9	27,9	27,1	22,5

Wo bleibt der zusätzlich aufgenommene Phosphor? Aus der Tabelle 6 ist ein Beispiel für laktierende Milchkühe zu ersehen. Durch Herausnahme des P-Gehalts im Mineralfutter und in der Mineralisierung des Milchleistungsfutters (MLF) konnte die P-Versorgung um 8 g P je Kuh und Tag gesenkt werden. Dies steigerte die P-Effizienz und senkte die Ausscheidung mit dem Kot im gleichen Maß. Es wird deutlich, dass überschüssiger P vollständig ausgeschieden wird und im Wirtschaftsdünger zu entsprechenden Anreicherungen führt.

Tabelle 6: P-Effizienz im Fütterungsversuch zur Ableitung der aktuellen Empfehlungen zur P-Versorgung bei der Milchkuh (Brintrup 1992) – Teilversuch zur Verdaulichkeit mit je 10 Tieren je Gruppe

Versuchsgruppe	Kontrolle	Versuch
Laktationstage,	89	92
P-Versorgung:		
- Mineralfutter, %	6	0
- MLF, g/kg TM	4,5	3,5
gesamt, g P/Tag	68	60
Milch, kg/Tag	32,1	33,4
P-Ausscheidung:		
- Kot	55	43
- Milch	29	30
P-Effizienz *, %	34	41

* Anteil P-Aufnahme in Milch

Anpassung der Fütterung

Die Ausführungen zur Nährstoffausscheidung und zur P-Effizienz zeigen, dass die Ausgestaltung der Fütterung einen erheblichen Einfluss hat. Ein Grund liegt in den stark unterschiedlichen P-Gehalten der Futtermittel. Aus der Tabelle 7 sind die Bandbreiten für die Gehalte an Rohprotein und Phosphor einer Reihe wichtiger Futtermittel angeführt. Der Bedarf wird teils erheblich überschritten. Nach den Empfehlungen zur Versorgung der GfE (1995) und GfE (2001) wird beim Phosphor in unvermeidliche Verluste und Leistung für Milch und Zuwachs unterschieden. Je kg Futtertrockenmasse werden 1,43 g P als unvermeidlicher Verlust angesetzt. Pro kg Zuwachs sind je nach P-Gehalt (6 g milchbetont, 6,5 g/kg fleischbetont) 8,6 bis 9,3 g P zu füttern. Je kg Milch sind 1,43 g P erforderlich.

Tabelle 7: Abdeckung der P-Versorgung beim Rind

Futtermittel	Rohprotein %	P g/kg
Grasprodukte, in der TM	12 - 20	2,5 - 4,5
Maissilage, in der TM	7 - 9	2 - 3
Rapsextraktionsschrot	34 - 36	11 - 12
Sojaextraktionsschrot	41 - 48	7 - 8
Milchleistungsfutter	16 - 20	5 - 6
Getreide	9 - 13	2,8 - 3,5
Melasseschnitzel	10 - 11	1
Empfehlungen zur bedarfsgerechten Versorgung		
In der Gesamtration, in TM	11 - 16	2,5 - 4,0
Milchleistungsfutter mit 7,0 MJ NEL je kg	180 g nXP	4,4

In der Summe ergeben sich dann die erforderlichen Gehalte in der Gesamtration je nach Leistung von 2,5 bis 4,0 g P je kg TM. Bei niedrigleistenden Kühen reichen die 2,5 g und bei Leistungen über 40 kg je Tier und Tag sind die 4 g P je kg TM in der Gesamtration erforderlich. Im Grobfutter werden die 2,5 P je kg Trockenmasse in der Regel überschritten. Ein P-Ausgleich des Grobfutters ist daher nur selten erforderlich. Mineralfutter ohne Phosphor zum Ausgleich der Grundration sollten daher zur Regel werden. Um auf der sicheren Seite zu sein, empfiehlt sich die Analyse im Grobfutter (Obermeier et al. 2017).

Die Gehalte in der Gesamtration hängen stark von den eingesetzten Kraft- und Saftfuttermitteln ab. Bei Mischfuttern ist der Gehalt an P der Deklaration zu entnehmen. Über eine fundierte Rationsberechnung kann die P-Versorgung genau eingeschätzt werden (Loibl und Landzettel 2017). Im Milchleistungsfutter reicht ein Gehalt von 4,4 g P je kg. In der Praxis sind die Werte insbesondere bei Futtermitteln ohne Gentechnik höher, wie die Auswertungen des VFT zeigen.

Dies ist kein Problem, wenn der Phosphor im Betrieb über den Wirtschaftsdünger sinnvoll verwendet werden kann. Bei hohen Viehbesätzen können sich jedoch Überschüsse über die erlaubten 10 kg P₂O₅ je ha und Jahr hinaus ergeben. Ein Problem sind insbesondere intensive Rindermastbetriebe auf Basis Maissilage, da mit dem zugekauften Eiweißfutter größere Mengen an P in den Betrieb gelangen. Aus Sicht der Fütterung sind hier daher, wie bereits ausgeführt, N-/P-reduzierte Verfahren zu prüfen.

Bei erfolgreicher Einführung der Düngeverordnung und Zustimmung der EU ist auch eine Wiedereinführung der Derogation bei ertragreichem Grünland angedacht. Auf Grund des hohen Entzugs sind Wirtschaftsdüngergaben über 170 kg N/ha möglich. Dies ist z.B. in den Niederlanden erlaubt. Durch mehr Wirtschaftsdünger kommt auch mehr Phosphor auf die Flächen. Eine Begrenzung des P-Gehaltes im Zukauffutter ist hier anzustreben. Dies könnte z.B. eine Deckelung des P-Gehaltes im Milchleistungsfutter auf 4,5 kg P je kg bedeuten. Dass in diesen Fällen die Analyse des Grobfutters auf Mineralstoffe und die Wahl des richtigen Mineralfutters erforderlich ist, versteht sich selbstredend.

Fazit/Ausblick

Aus den Ausführungen ergeben sich folgende Schlussfolgerungen und Empfehlungen:

- mehr als 65 % des aufgenommenen Phosphors wird ausgeschieden (vornehmlich mit dem Kot)
- Produktionsverfahren und Ausgestaltung der Fütterung bestimmen die Ausscheidung
- mit dem zugekauften Futter kommt in der Regel mehr P in die Betriebe als mit Milch und Fleisch exportiert wird
- bei Masttieren empfehlen sich N-/P-reduzierte Verfahren
- bei Einführung der Derogation ist der Abbau von P-Überhängen in der Fütterung zu beachten
- Zukauf an P soweit möglich absenken durch:
 - Verwendung P-freie Mineralfutter
 - Anhebung der Leistungen aus dem Grobfutter
 - Absenkung der P-Gehalte im Kraftfutter
- Messen und Bewerten sind Voraussetzung zur Nutzung der Reserven; z.B. P-Analyse in Grassilage

Literatur

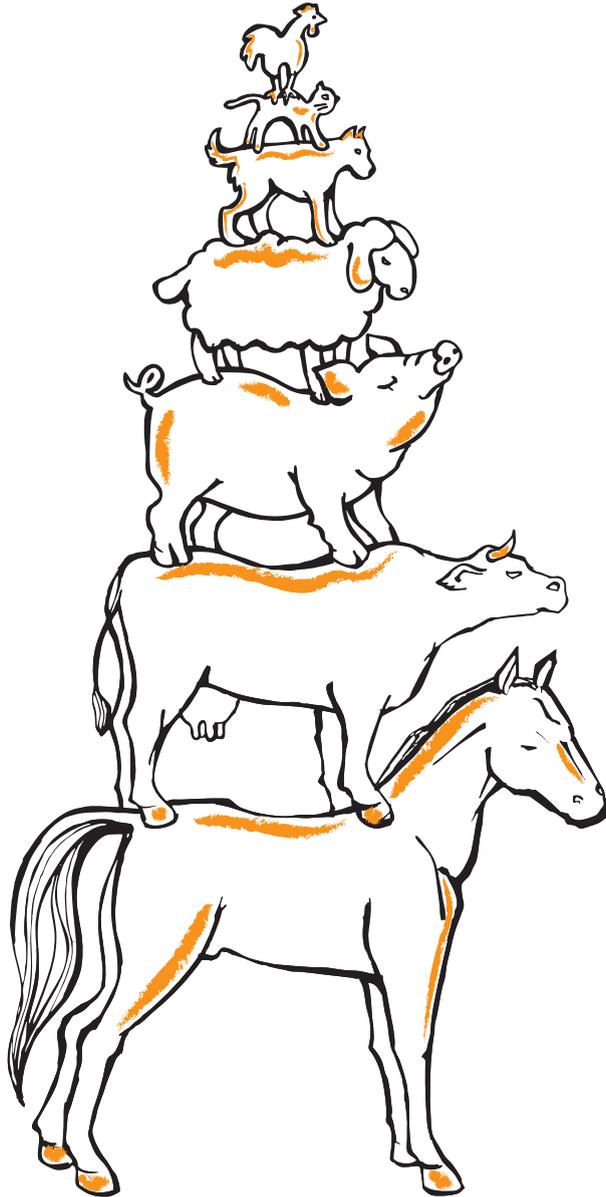
- Brintrup, R. (1992): Untersuchungen zum Phosphorbedarf von Milchkühen. Dissertation agr. der Universität Bonn
- DLG (2014): Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere **2. Auflage**. Arbeiten der DLG, Band**199**, DLG-Verlag, Frankfurt a.M.
- DLG (2015): Nachhaltigkeitsbewertung in der Rinderhaltung. Arbeiten der DLG/Band **206**, DLG-Verlag Frankfurt a.M.
- Ettle, T.; A. Obermaier; W. Windisch; H. Spiekers (2016): Untersuchungen zum Rohproteinbedarf von Fleckviehbulen. Herausgeber: HBLFA Raumberg-Gumpenstein. **43**. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2016, 63–69, ISBN: 978-3-902849-35-9.
- GfE (1995): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Mastrinder. Nr. **6**, DLG-Verlag Frankfurt a. M.
- GfE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. Nr. **8**, DLG-Verlag Frankfurt a. M.
- Grünewald, K.-H. (2017): Phosphor – Versorgung mit dem Futter. BAT-Tagungsband 2017 s. vor
- Krogmeier, D. (2016): Weidebetonte Aufzucht erhöht die Lebensleistung. LfL-Schriftenreihe **5/2016** Seite 48 – 60. ISSN 1611-4159
- Loibl, K., Landzettl, A. (2017): Beitrag der LKV Fütterungsberatung zur Phosphorreduzierung. BAT-Tagungsband 2017 s. vor
- Obermeier, M., Brandl, J., Schuster, H., Schuster, M. (2017): P-Untersuchungen ein Muss! BAT-Tagungsband 2017 s. vor
- Spiekers, H.; T. Ettle; M. Pries; K.-H. Grünewald (2012): Kalkulation der Nährstoffausscheidung beim Rind. VDLUFA-Kongressband 2012, VDLUFA-Schriftenreihe 68, 710 - 717
- Taube, F. (2016): Umwelt- und Klimawirkungen der Landwirtschaft. In: Moderne Landwirtschaft zwischen Anspruch und Wirklichkeit. Archiv der DLG Band **110**, 13 -38, DLG-Verlag Frankfurt a.M.

Autorenanschrift:

Prof. Dr. Hubert Spiekers
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft
Prof.-Dürrwaechter-Platz 3,
D-85586 Poing- Grub
Tel. 089 99141 400
Hubert.Spiekers@LfL.bayern.de

SANGROVIT®

DER PHYTOGENE ERTRAGSSTEIGERER



HÄLT IHRE TIERE IM GLEICHGEWICHT.

Seit mehr als 20 Jahren ist SANGROVIT® der patentierte und prämierte Ertragssteigerer mit voller Wirkung: von der Erhöhung der Futtermittelaufnahme über die Stimulierung der Verdauung bis hin zur Unterstützung von Futterverwertung und Fleischqualität. Nutztierfütterung mit IQ.

Nährstoffvergleich in rinderhaltenden Betrieben

Konrad Offenberger , Matthias Wendland

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz

Einleitung

Im Nährstoffvergleich werden die Nährstoffe, die einem landwirtschaftlichen Betrieb zugeführt werden mit den Nährstoffabgängen verglichen. Diese Berechnung erfolgt in der Regel einmal im Jahr. Die Differenz zwischen Nährstoffzufuhr und Nährstoffabfuhr sollte möglichst gering sein, da diese in vielen Fällen zu einer Umweltbelastung führen kann. Welche Umweltbelastungen die Nährstoffüberhänge verursachen kann aus dem Ergebnis nicht abgeleitet werden. Es können sowohl gasförmige Verluste (Ammoniak) in die Luft sein als auch Verluste die das Grund- oder Oberflächenwasser (Nitrat und Phosphat) belasten.

Material und Methoden

Zur Berechnung des Nährstoffvergleiches in einem landwirtschaftlichen Betrieb ist es notwendig die möglichen Nährstoffzufuhren und Nährstoffabfuhren zu kennen. In Abbildung 1 sind die Nährstoffströme eines rinderhaltenden Betriebes dargestellt.

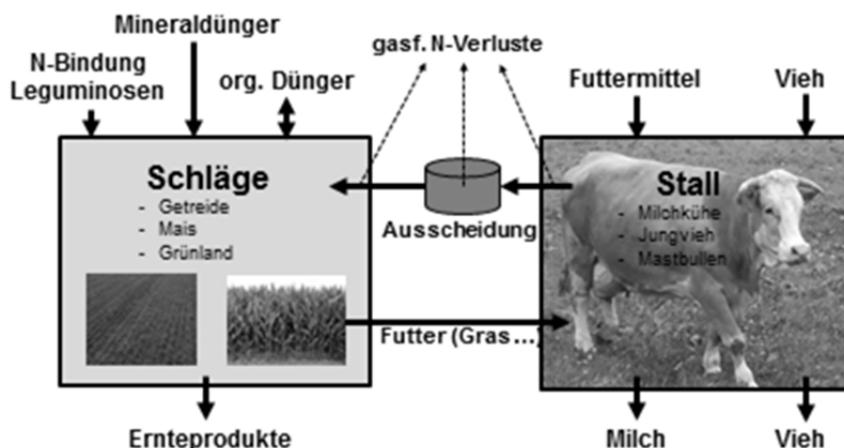


Abbildung 1: Nährstoffflüsse eines rinderhaltenden Betriebes

Der Nährstoffvergleich kann nach verschiedenen Ansätzen berechnet werden. In der „alten“ Düngeverordnung die bis zum 01.06.2017 gültig war, musste jeder Landwirt, der über 10 ha landwirtschaftliche Fläche hatte einen Nährstoffvergleich nach Feld-Stall-Ansatz rechnen. Bei diesem Ansatz wurden die Erträge vom Landwirt, soweit keine Messungen zur Verfügung standen, geschätzt bzw. abgeleitet. Die Grünlanderträge wurden aus der Nutzungshäufigkeit (Schnitte) bestimmt. Aus diesem Grund waren insbesondere bei Produkten, die in der Regel nicht verkauft werden wie die

Ernteerträge bei Grobfutterflächen (Grünland und Feldfutter) sehr ungenau bzw. überschätzt. Das Ergebnis dieser Bilanz hat deshalb nur eine geringe Aussagekraft für Betriebe mit grobfutterfressenden Tieren.

Nach der neuen Düngeverordnung, die seit 02.06.2017 gültig ist, muss der Landwirt eine plausibilisierte Flächenbilanz nach Feld-Stall-Ansatz rechnen. Bei diesem Bilanzansatz werden die Erträge der Grobfutterflächen wie Grünland und Feldfutter aus der Grundfutteraufnahme der Tiere abgeleitet. Dabei kann für Futterverluste bei Feldfutter ein Zuschlag von 15 % und bei Grünland ein Zuschlag von 25 % vorgenommen werden. Als Nährstoffzufuhr werden bei der plausibilisierten Flächenbilanz Mineraldünger, N-Bindung von Leguminosen und die Nährstoffausscheidung der Tiere unter Berücksichtigung von Verlusten berücksichtigt. Als Nährstoffabfuhr sind die Erträge der Flächen/Schläge, die sich zum einen aus dem im Betrieb verfütterten Futtermittel und zum anderen aus Verkaufsprodukten wie z. B. Qualitätsweizen und Zuckerrüben zusammensetzen, anzurechnen. In Abbildung 2 sind die Bilanzebene und die Bilanzflüsse für plausibilisierte Flächenbilanz dargestellt.

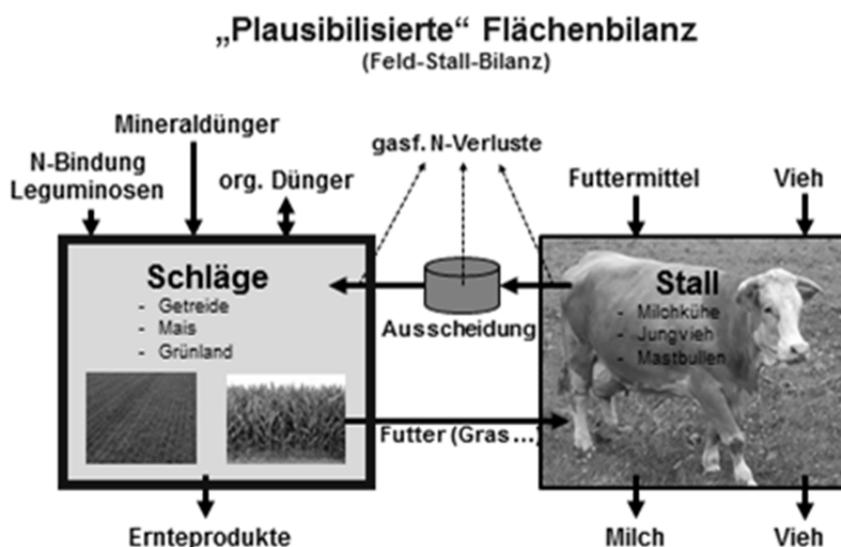


Abbildung 2: Bilanzflüsse für eine plausibilisierte Flächenbilanz

Im Düngegesetz ist festgehalten, dass ab 2018 für viehstarke Betriebe und ab 2023 für alle Betriebe ab 20 ha bzw. über 50 GV eine sogenannte Stoffstrombilanz gerechnet werden muss. Da der Rechengang der Stoffstrombilanz derzeit nicht genau bekannt ist, wird nachfolgend der Rechengang einer Hoftorbilanz erläutert. Die Stoffstrombilanz ist im Grundsatz der Hoftorbilanz gleichzusetzen.

Bei der Hoftorbilanz haben die innerbetrieblichen Nährstoffkreisläufe keinen Einfluss auf das Ergebnis. Dafür wird der Futtermittelzukauf, der Viehzu- und -verkauf als auch der Milchverkauf erfasst. Mit der Erfassung des Futtermittelzukaufs hat die Futterration einen entscheidenden Einfluss auf das Bilanzergebnis. In Abbildung 3 sind die Bilanzebene und die Bilanzflüsse für die Hoftorbilanz dargestellt.

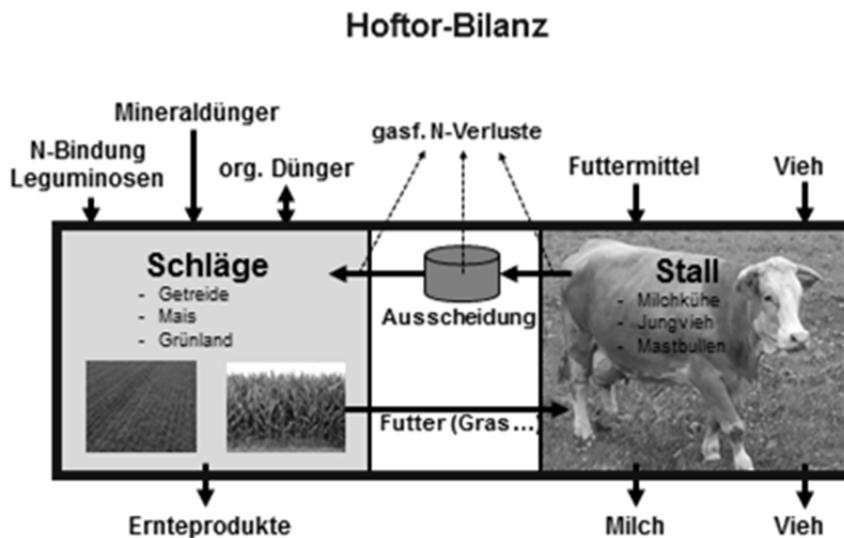


Abbildung 3: Bilanzflüsse einer Hofter-Bilanz

Ergebnis

Auf eine Berechnung der Feld-Stall-Bilanz nach alter Düngeverordnung wurde hier verzichtet, weil wie bereits oben beschrieben das Ergebnis für rinderhaltende Betriebe nur eine geringe Aussagekraft hat und in Zukunft deshalb nach Düngeverordnung nicht mehr verwendet werden darf.

Die plausibilisierte Flächenbilanz nach neuer Düngeverordnung muss mit Ausnahme der kleinen Betriebe unter 10 ha von allen Betrieben gerechnet werden. Das Ergebnis dieser Bilanz darf ab 2018 bei Stickstoff (N) 50 kg/ha und bei Phosphat (P_2O_5) 10 kg nicht übersteigen. Bei optimaler Produktionstechnik sowohl in der Tierernährung als auch im Pflanzenbau sollten die Vorgaben der Düngeverordnung eingehalten werden können. Die Zuschläge für Feldfutter von 15 % und die Zuschläge von 25 % bei Grünland sind dafür zwingend notwendig. Bei der Hofterbilanz haben die innerbetrieblichen Nährstoffflüsse (Futter, Nährstoffausscheidung) eine untergeordnete Bedeutung, entscheidend sind hier die Futtermittelzukäufe und die Verkäufe über Vieh und Milch. Eine optimierte Fütterung wirkt sich bei der Hofter-Bilanz direkt auf das Bilanzergebnis aus.

In Tabelle 1 sind die Bilanzergebnisse eines reinen Grünlandbetriebes zusammengestellt. Der Betrieb hat 1,34 Milchkühe mit Nachzucht je Hektar bei einer Milchleistung von 6000 kg Milch. Bei der Berechnung der plausibilisierten Bilanz ohne Berücksichtigung des Korrekturfaktors hätte der Betrieb mit 54 kg N/ha die Grenzen der Düngeverordnung um 4 kg/ha überschritten. Unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors von 1,25 (25 % Zuschlag) ist die Bilanz fast ausgeglichen. Bei einer Berechnung nach Hofteransatz ist trotz optimaler Fütterung ein Stickstoffüberschuss von ca. 50 kg zu erwarten.

Tabelle 1: Nährstoffvergleich eines Beispielsbetriebes in kg/ha, Grünlandbetrieb mit 1,34 Milchkühe mit Nachzucht je ha, Milchleistung 6000 kg

	plausibilisierte Feld-Stall-Bilanz		plausibilisierte Feld-Stall-Bilanz		Hofator-Bilanz	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
Zufuhr						
Mineraldüngung:	80		80		80	
Nährstoffausscheidung:	200	66	200	66		
Kraftfutter:					65	31
N-Bindung Leg.: Grünland	20		20		20	
Abfuhr				Faktor: 1,25		
Grundfutteraufnahme Tiere:	-187	-58	-234	-73		
Milchverkauf 8040 kg:					-43	-19
Viehverkauf (1/2 Kalb + 1/2 Kuh)					-8	-4
Gasf. Verluste org. Dünge	-60		-60		-60	
Saldo	53	8	6	-7	54	8

Betriebe mit höherer Milchleistung (Tab. 2) haben deutlich höhere Bilanzüberhänge. Ohne Berücksichtigung der Zuschläge für die Grundfutteraufnahme der Tiere hätten Grünlandbetriebe mit einer Milchleistung von 10000 kg Milch sowohl bei Stickstoff aus auch bei Phosphat die Grenzen der Düngeverordnung deutlich überschritten. Bei einer Berechnung nach neuer Düngeverordnung unter Berücksichtigung des Faktors können die Vorgaben der Düngeverordnung eingehalten werden, jedoch nur bei optimaler Produktionstechnik. Für diesen Beispielsbetrieb wurde eine mineralische Phosphatdüngung gänzlich verzichtet und die mineralische Stickstoffdüngung mit 80 kg N/ha sehr verhalten angesetzt. Nach Hofator-Bilanz sind die Bilanzüberhänge deutlich höher. Durch eine Reduzierung des Futterzukaufs und damit Optimierung der Fütterung kann der Bilanzüberhang reduziert werden.

Tabelle 2: Nährstoffvergleich eines Beispielsbetriebes in kg/ha, Grünlandbetrieb mit 1,11 Milchkühe mit Nachzucht je ha, Milchleistung 10000 kg

	plausibilisierte Feld-Stall-Bilanz		plausibilisierte Feld-Stall-Bilanz		Hofator-Bilanz	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
Zufuhr						
Mineraldüngung:	80		80		80	
Nährstoffausscheidung:	200	66	200	66		
Kraftfutter:					109	46
N-Bindung Leg.: Grünland	20		20		20	
Abfuhr				Faktor: 1,25		
Grundfutteraufnahme Tiere:	-157	-50	-196	-63		
Milchverkauf 11100 kg:					-59	-25
Viehverkauf (1/2 Kalb + 1/2 Kuh)					-7	-4
Gasf. Verluste	-60		-60		-60	
Saldo	83	16	44	4	83	17

Von der Grundaussage sind die Bilanzergebnisse bei Mastbullen ähnlich wie bei Milchkühen (siehe Tab. 3). Diese trifft aber nur dann zu, wenn der Betrieb hohe Erträge von den Flächen abfährt und damit nicht die gesamte Fläche für die Futtererzeugung der Mastbullen benötigt. In diesem Beispiel wurde davon ausgegangen, dass nur ca. 75 % der Flächenerträge für die Fütterung (Mais und Getreide) der Bullen verwendet wird und 25 % der Flächenerträge verkauft werden.

Tabelle 3: Nährstoffvergleich eines Beispielsbetriebes in kg/ha, Mastbullenbetrieb mit 4,9 Mastbullen (80 - 750 kg) je ha, Ackerbau mit Silomais, Winterweizen und Wintergerste

	plausibilisierte Feld-Stall-Bilanz		plausibilisierte Feld-Stall-Bilanz		Hoftor-Bilanz	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
Zufuhr						
Mineraldüngung:	80		80		80	
Nährstoffausscheidung:	200	72	200	72		
Kraffutter:					150	66
Viehzukauf:					6	2
Abfuhr						
Grundfutteraufnahme Tiere:	-103	-42	-103	-42		
Ernteprodukte:	-65	-29	-65	-29	-65	-29
Viehverkauf:					-59	-32
Gasf. Verluste	-60		-60		-60	
Saldo	52	2	37	-5	52	7

Fazit

Der Bilanzansatz hat einen entscheidenden Einfluss auf das Bilanzergebnis. Die nach Düngeverordnung vorgegebene plausibilisierte Flächenbilanz ist eine deutlich genauere Abbildung der Nährstoffflüsse im rinderhaltenden Betrieb als die Feld-Stall-Bilanz nach alter Düngeverordnung. Die Grenzwerte der neuen Düngeverordnung sind nur bei einer optimalen Pflanzenproduktion einzuhalten. Dies trifft insbesondere bei Milchkühen mit hoher Milchleistung zu. Bei der Hoftorbilanz kann durch die Optimierung der Fütterung das Ergebnis verbessert werden. Eine optimierte Pflanzenproduktion und eine optimierte Fütterung wird in Zukunft bei einer Stoffstrombilanz weiter an Bedeutung gewinnen.

Literatur

Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland, Gelbes Heft. 10. unveränderte Auflage 2012, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising

Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung DÜV) vom 10. Januar 2006, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2006 Teil I Nummer 2, ausgegeben zu Bonn am 13. Januar 2006

Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV), Bundesgesetzblatt Jahrgang 2017 Teil I Nr. 32, ausgegeben zu Bonn am 01. Juni 2017 Erste

Verordnung zur Änderung des Düngegesetzes und anderer Vorschriften, Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 26, ausgegeben zu Bonn am 15. Mai 2017

Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere, 2. Auflage (2014). Arbeiten der DLG Band 199, Frankfurt am Main

Autorenanschrift

Konrad Offenberger
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur
und Ressourcenschutz
Lange Point 12
85354 Freising-Weihenstephan
konrad.offenberger@LfL.bayern.de

P-Untersuchungen – ein Muss!

Maria Obermeier¹, Jennifer Brandl², Hubert Schuster², Manfred Schuster³

¹Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e. V. (LKV)

²Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft

³Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen 3 der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft.

Einleitung

Grundlage für eine bedarfs- und damit tiergerechte sowie wirtschaftliche Fütterung ist die Kenntnis der Rohnährstoffe der eingesetzten Futtermittel (Schneider et al, 2017). Doch nicht nur das Wissen über die Rohnährstoffe der eingesetzten Futtermittel ist relevant, auch die Mineralstoffgehalte der Futtermittel sind von großer Bedeutung. Vor allem ein Mineralstoff rückt dabei verstärkt in den Fokus - Phosphor. Für diese Entwicklung sind mehrere Aspekte verantwortlich. Zum einen erfüllt Phosphor wichtige Funktionen im menschlichen und auch tierischen Organismus. Er ist Bestandteil von Erbmaterial und Enzymen, ist am Energiestoffwechsel beteiligt und wird für die Knochen- und Zahnbildung benötigt (LfL 2016). Wegen dieser Funktionen spielt Phosphor eine wesentliche Rolle in der Fütterung. Ein weiterer Aspekt ist das limitierte Vorkommen des Rohstoffes. So werden die weltweiten Ressourcen an Rohphosphat in 10 – 20 Jahren zur Neige gehen. Deshalb sollte Phosphor nicht verschwenderisch verbraucht, sondern gezielt im notwendigen Maße eingesetzt werden (Schuster et al., 2017). Phosphor ist in Form von Phosphat sowohl in organischen als auch in mineralischen Düngemitteln enthalten. Laut der novellierten Fassung der Düngeverordnung (DüV), die seit 02.06.2017 gültig ist (LfL, 2017 a), ist vor der Düngung mit Phosphat der Düngebedarf zu ermitteln (Bundesgesetzblatt, 2017). Deshalb wird es immer wichtiger, Phosphor möglichst gezielt in der Fütterung einzusetzen und den nativen Gehalt in den verschiedenen Pflanzen und Futtermitteln genau zu kennen. Denn nur wenn der native Phosphorgehalt der Futtermittel bekannt ist, kann der Phosphorbedarf der Tiere gezielt gedeckt und gleichzeitig eine Phosphorübersversorgung vermieden werden (Schuster et al., 2017).

Der Phosphorgehalt von Futtermitteln kann durch Analyse im Labor bestimmt werden. Das LKV-Labor in Grub, das vom Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e. V. (LKV Bayern e. V.) betrieben wird, bietet diese Analyse für Futtermittel an. Hier werden jährlich bis zu 26.000 Futterproben untersucht. Ergänzend zur Futteruntersuchung bietet das LKV Bayern auch den Service der Fütterungsberatung, sowie andere Beratungsmodule an.

Das LKV Bayern e. V. arbeitet dabei im Rahmen der bayerischen Verbundberatung eng mit der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) zusammen. So wird das LKV-Labor z.B. durch die Analysenkompetenz der Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen 3 a der LfL unter Leitung von Herrn Dr. Manfred Schuster und durch das Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft (ITE) fachlich unterstützt.

Landwirte, die ihre Futterproben im LKV-Labor untersuchen lassen wollen, können diese über die LfL-Online-Anwendung zur Futteruntersuchung „webFuLab“ anmelden und die gewünschten Untersuchungspakete beauftragen (z. B. Untersuchung auf Mineralstoffe). Im LKV-Labor gibt es zwei verschiedene Untersuchungspakete für die Mineralstoffuntersuchung. Bei dem Untersuchungspaket 1 (Kosten 20 Euro zzgl. MwSt.) erhält der Landwirt Befunde für die Mineralstoffe Kalzium, Phosphor,

Natrium, Kalium, Magnesium, Kupfer und Zink. Bei dem Paket 2 (Kosten 16 Euro zzgl. MwSt) werden die Gehalte an Chlor, Schwefel, Mangan und Eisen analysiert. Nach erfolgter Untersuchung der Proben können die Ergebnisse online eingesehen werden. Zudem bekommt der Landwirt auch einen schriftlichen Ergebnisbericht zugesandt. Mit diesen Ergebnissen kann dann eine Ration berechnet werden, die genau an den Bedarf der Tiere angepasst ist.

Aber wie viele Futteruntersuchungen werden in der Praxis tatsächlich vorgenommen und wie viele davon werden auch auf Phosphor untersucht? Wie stark schwanken die Phosphorgehalte in den verschiedenen Futtermitteln? Muss ein Betrieb jeden Schnitt von jeder Fläche jedes Jahr auf Mineralstoffe untersuchen lassen? Diese Fragen werden in diesem Beitrag anhand der Untersuchungen im LKV-Labor erörtert, wobei der Fokus auf Grobfuttermittel gesetzt ist, da die Entwicklungen bei Einzel- und Mischfuttermitteln bereits im Beitrag von Hr. Dr. Grünewald, Verein Futtermitteltest (VFT) e.V. zur diesjährigen BAT-Tagung diskutiert werden.

Material und Methoden

Die im Beitrag dargestellten Phosphorwerte beruhen auf Futteruntersuchungen des LKV-Labors in Grub (LfL, 2017 b). Im LKV-Labor werden zwei verschiedene Methoden zur Bestimmung des Phosphorgehaltes in Futtermitteln angewandt. Die erste Methode ist die Bestimmung des Gesamtphosphors in Futtermitteln mittels Photometrie, die nach dem normierten Verfahren gemäß VDLUFA III 10.6.1 durchgeführt wird. Weitere Mineralstoffe wie z. B. Natrium, Kalium, Magnesium, Kalzium, Kupfer und Zink können mittels Atomabsorptionsspektroskopie gemessen werden. Sowohl die photometrische Bestimmung als auch die Atomabsorptionsspektroskopie sind durch viele Vorbereitungs- und Verdünnungsschritte relativ aufwändige Untersuchungsmethoden. Deswegen hat sich im Futtermittelbereich die Schnellmethode „Röntgenfluoreszenzanalyse“ (RFA) zur Mineralstoffuntersuchung etabliert – die zweite Methode zur Bestimmung von Phosphor im LKV-Labor. Diese Methode beruht auf der Grundlage der Methode vom VDLUFA Methodenbuch III 10.8.3. Bei dieser Analyse werden neben dem Phosphorgehalt parallel auch die Gehalte von weiteren Mengen- und Spurenelementen wie z.B. Natrium, Kalium, Kalzium, Kupfer und Zink gemessen.

Im Labor in Grub werden mehrere Maßnahmen zur Absicherung der Ergebnisse durchgeführt. So laufen bei den Untersuchungen regelmäßig Kontroll- und Standardproben mit, um die Ergebnisse zu validieren. Außerdem werden die Analysemethoden des LKV-Labors durch die Teilnahme an Ringversuchen mit anderen Laboren geprüft. Auch die Datenverarbeitung im LKV-Labor läuft vollautomatisch ab. So werden die Anmeldeinformationen der Landwirte aus webFuLab durch eine Schnittstelle an das Laborsystem übertragen. Nach Eingang der Probe im Labor erhält diese eine Labornummer unter der die Probe die gewünschten Untersuchungen durchläuft. Das Labor in Grub arbeitet mit dem Labor-Informations- und Management-System (LIMS) der Firma Pragmatis GmbH. In diesem System werden alle Zwischenschritte z. B. Einzelwiegungen im Rahmen der Analysen durch sogenannte Workflows automatisch erfasst. Dies wird dadurch ermöglicht, dass alle Analysengefäße mit einem Barcode versehen und alle Waagen an das System angeschlossen sind. Auch die individuellen Ergebnisberichte, die von den verschiedenen Analysegeräten bei den Messungen erstellt werden, werden automatisch durch eine Schnittstelle an das Laborsystem und von dort auch weiter an webFuLab übertragen. Diese Maßnahmen ermöglichen ein papierloses Arbeiten und vermeiden Fehler, die durch manuelle Übertragung von Daten erfolgen können. Zusätzlich durchlaufen alle Ergebnisse vor Herausgabe eine Plausibilitätskontrolle. Diese Plausibilitätskontrolle prüft, ob die jeweiligen Parameter mehr als zwei Standardabweichungen vom jeweiligen Mittelwert des Futtermittels abweichen. Der Mittelwert und die Standardabweichungen werden fortlaufend aus dem Datenpool aller seit 2013 im LKV-Labor untersuchten Proben gebildet.

Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 1 sind die mittleren Phosphorgehalte der im LKV-Labor auf Mineralstoffe untersuchten Silagen im Verlauf der letzten vier Jahre dargestellt.

Tabelle 1: Mittlere Phosphorgehalte von Silagen verschiedener Erntejahre (Anzahl Proben)

g pro kg TM	2013	2014	2015	2016
Grassilage 1. Schnitt	3,6 (714)	3,4 (791)	3,7 (591)	3,6 (457)
Grassilage Folgeschnitte	3,3 (631)	3,8 (387)	3,4 (256)	3,4 (433)
Maissilage	2,2 (376)	2,3 (411)	2,3 (322)	2,4 (229)

Die jährlichen Unterschiede der mittleren Phosphorgehalte bei den Silagen erscheinen relativ gering. Auch der Vergleich des 1. Schnitts mit den Folgeschnitten im jeweiligen Jahr weist keine großen Schwankungen auf. Ist daher eine Untersuchung von Silagen auf Phosphor überhaupt notwendig? Um diese Frage beantworten zu können, reicht eine Betrachtung der in Tabelle 1 dargestellten Phosphorgehalte nicht aus. Viel wichtiger als der jährliche Durchschnitt sind die Spannweiten der Phosphorgehalte, die Silagen innerhalb eines Jahres aufweisen. Diese Spannweiten sind in Tabelle 2 ersichtlich, in der die mittleren Phosphorgehalte und die Spannweiten verschiedener Grobfuttermittel für das Erntejahr 2016 dargestellt sind.

Tabelle2: Mittlere Phosphorgehalte und Spannweiten in Grobfuttermitteln der Ernte 2016 (LKV-Labor Grub)

g pro kg TM	Anzahl Analysen	Mittelwert	Minimum	Maximum
Grassilage 1. Schnitt	457	3,6	1,8	5,7
Grassilage Folgeschnitte	433	3,4	2,0	5,7
Kleegrassilage 1. Schnitt	31	3,7	2,7	5,3
Kleegrassilage Folgeschnitte	21	3,8	2,8	4,8
Heu 1.Schnitt	26	2,6	0,7	5,1
Heu Folgeschnitte	13	3,2	1,4	4,9
Maissilage	229	2,4	0,9	4,0

Die einzelnen Grobfuttermittel zeigen jeweils große Schwankungsbreiten auf. So wurden z. B. in den vom Erntejahr 2016 im LKV-Labor untersuchten Grassilagen des 1. Schnitts Phosphorwerte von 1,8 g/kg TM bis 5,7 g/kg TM gemessen. Ähnlich waren auch die Unterschiede bei den Folgeschnitten, die Werte von 2,0 g/kg TM bis 5,7 g/kg TM aufwiesen. Die Spannbreite bei den Kleegrassilagen war dagegen etwas geringer, aber trotzdem noch hoch. Dabei ist aber zu beachten, dass die Spannweiten der Kleegrassilagen mit wesentlich weniger Proben berechnet wurden als die Spannweiten der Grassilagen. Bei einer höheren Probenzahl wären breitere Spannweiten zu erwarten.

Doch auch der Anteil der Grassilagen die neben der Weender Analyse auch auf ihren Phosphorgehalt untersucht wurden, ist im Vergleich zu den insgesamt im LKV-Labor untersuchten Grassilagen relativ gering. Dies wird am Beispiel der untersuchten Grassilagen des 1. Schnitts deutlich. So wurden im Jahr 2016 lediglich 457 Grassilagen von insgesamt 3526 Grassilagen des 1. Schnitts im Labor auf Phosphor untersucht (Weender Analyse). Das entspricht einem Anteil von dreizehn Prozent. Noch extremer stellt sich die Situation der vom Erntejahr 2016 im LKV-Labor untersuchten Maissilagen dar, bei denen der Anteil der Phosphoruntersuchungen lediglich bei sechs Prozent liegt.

Doch woher kommen die Schwankungen in den Phosphorgehalten? Sie sind auf mehrere Ursachen zurückzuführen. Neben der Düngung haben auch das Klima und die Witterung einen großen Einfluss auf den Phosphorgehalt des Futtermittels. Bei Grassilagen ist darüber hinaus der Phosphorgehalt auch von der Bestandszusammensetzung abhängig. So haben beispielsweise Grassilagen, die einen hohen Anteil an Kräutern und Leguminosen aufweisen prinzipiell einen höheren Phosphorgehalt. Auch die Anteile an Obergräsern wie z. B. Wiesenfuchsschwanz oder Untergräsern wie z. B. Deutsches Weidelgras wirken sich auf den Phosphorgehalt aus, da Obergräser einen niedrigeren Phosphorgehalt haben als Untergräser. Auch der Schnittzeitpunkt entscheidet über den Phosphorgehalt. So nimmt mit zunehmenden physiologischem Alter des Grases der Phosphorgehalt ab, d. h. umso älter das Gras ist, umso niedriger ist der Phosphorgehalt (Diepolder et al., 2004; Diepolder et al., 2016). Das ist auch in der Abbildung 1, zu erkennen, in der die mittleren Phosphorgehalte der Grassilagen des 1. Schnitts im Erntejahr 2016 in Abhängigkeit vom Erntedatum aufgetragen sind. Die Graphik zeigt deutlich die Abhängigkeit des Phosphorgehaltes vom Schnittzeitpunkt.

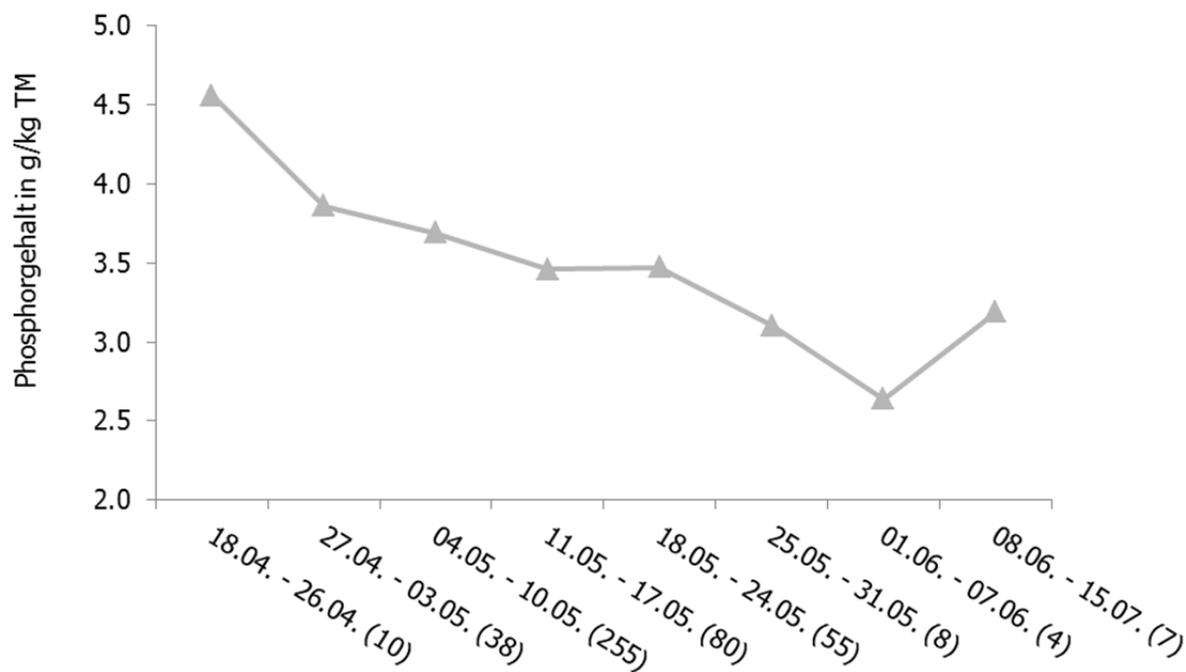


Abbildung 1: Phosphorgehalte von Grassilagen des 1. Schnitts (Erntejahr 2016) in Abhängigkeit vom Erntedatum (Anzahl Proben)

Der 1. Schnitt ist für diese graphische Darstellung nach Erntedatum besonders gut geeignet, da nur zu diesem Zeitpunkt jährlich der Wachstumszyklus des Grünlandes nach dem Winter neu beginnt. Bei späteren Schnitten kommt es zu einer Überlappung der Schnittzeitpunkte, weshalb keine eindeutige

Zuordnung mehr möglich ist. Neben dem Schnittzeitpunkt ist auch die Schnitthäufigkeit ein großer Einflussfaktor auf den Phosphorgehalt (Diepolder et al., 2016). Dies ist darauf zurückzuführen, dass mit zunehmender Schnitthäufigkeit das jeweils geschnittene Gras physiologisch jünger ist, da die Wachstumsphasen aufgrund geringerer zeitlicher Abstände zwischen den einzelnen Schnitten kürzer sind. Diese aufgezeigten Einflussfaktoren können von Jahr zu Jahr verschieden sein. Außerdem haben Veränderungen in den einzelnen Faktoren oft auch Veränderungen der anderen Faktoren zur Folge. So ist die Witterung jedes Jahr verschieden, diese hat aber wiederum einen Einfluss auf die Bestandszusammensetzung, da die verschiedenen Arten unterschiedliche Witterung bevorzugen. Zudem ist häufig auch der Schnittzeitpunkt von der Witterung abhängig. Regnet es beispielsweise mehrere Tage hintereinander, kann nicht geerntet werden und dementsprechend wird die Pflanze physiologisch älter, wodurch sich der Phosphorgehalt ändern kann. Deshalb ist es auch mit Kenntnis des Phosphorgehaltes einer bestimmten Fläche zu einem bestimmten Zeitpunkt (z. B. beim 1. Schnitt) nicht möglich, auf die Phosphorgehalte dieser Fläche zu anderen Zeitpunkten (z.B. Folgeschnitte) oder sogar auf den Phosphorgehalt anderer Flächen dieses Betriebes zu schließen. (Diepolder et al., 2016). Dies wird auch durch das in der Abbildung 2 graphisch dargestellte Praxisbeispiel bestätigt. In der Abbildung sind die Phosphorgehalte von Wiesengrasproben derselben Fläche eines Betriebes zu verschiedenen Schnitten in drei aufeinanderfolgenden Erntejahren dargestellt. Dabei erfolgte die Probenahme durch geschulte Probenehmer nach definierten Vorgaben. Die Phosphorgehalte des ersten Schnitts unterscheiden sich innerhalb der Jahre 2015, 2016 und 2017 deutlich. Dies veranschaulicht, dass das jeweilige jährliche Startniveau des Phosphorgehaltes nur durch Laboranalysen bestimmt werden kann. Und auch der weitere Verlauf des Phosphorgehaltes im jeweiligen Jahr ist stark unterschiedlich, wodurch deutlich wird, dass vom Phosphorgehalt des 1. Schnitts nicht auf die Phosphorgehalte der Folgeschnitte geschlossen werden kann.

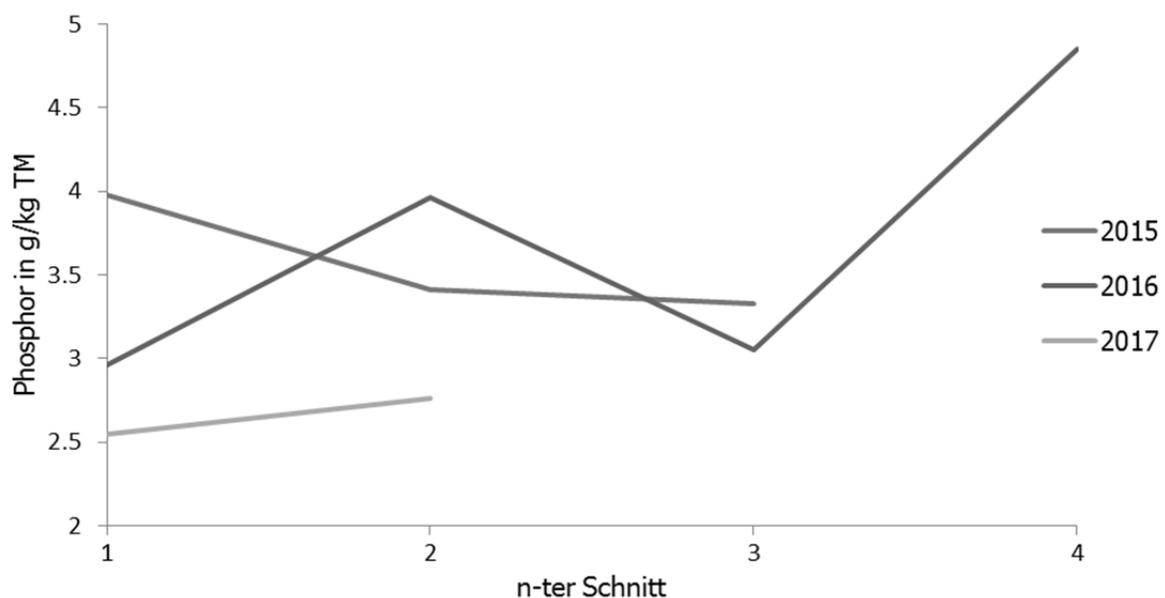


Abbildung 2: Phosphorgehalte von Wiesengrasproben verschiedener Schnitte derselben Fläche eines Betriebes in drei aufeinanderfolgenden Erntejahren

Durch eine Untersuchung der Futtermittel auf Phosphor können nicht nur Rationen so berechnet werden, dass der Phosphorbedarf der Tiere optimal gedeckt ist, sondern es kann in vielen Fällen auch Geld gespart werden. Bisher sind im Mineralfutter Gehalte von ca. zwei bis zwölf Prozent Phosphor enthalten. Durch Rationsberechnung mit Kenntnis der Phosphor-Gehalte der eingesetzten Futtermittel

können phosphorreduzierte bzw. phosphorfreie Mineralfuttermittel eingesetzt werden (Schuster et al. 2017, Loibl et al., 2017). Da Phosphor aufgrund seines limitierten Vorkommens teuer ist und zukünftig noch teurer werden kann, ist es möglich durch Phosphor-Reduzierung in der Fütterung Geld zu sparen. Je nach Kosten des Mineralfutters kann durch die Reduzierung mehr eingespart werden, als die Phosphoruntersuchungen pro Jahr kosten.

Fazit

Die in diesem Beitrag diskutierten Auswertungen haben gezeigt, dass die Schwankungen der Phosphorgehalte in den Grobfuttermitteln sehr stark sind, was auf viele Faktoren (z. B. Düngung, Witterung, Klima, Bestandszusammensetzung, Schnittzeitpunkt etc.) zurückzuführen ist. Diese Einflussfaktoren beeinflussen sich gegenseitig und können von Jahr zu Jahr unterschiedlich sein. Deswegen ist es nicht ausreichend Rationen mit Tabellenwerten zu berechnen. Jedes ertrags- und fütterungsrelevante Grobfuttermittel (auch die verschiedenen Schnitte) sollte auf Phosphor untersucht werden. Angesichts der aktuell geringen Anzahl an Phosphor-Untersuchungen und der dargestellten großen Schwankungsbreiten der Grobfuttermittel ist das Potential für eine bedarfsgerechtere damit auch umweltfreundliche Fütterung groß. Zusätzlich werden durch einen gezielteren Einsatz von Phosphor auch die Ressourcen geschont.

Literatur

- Bundesgesetzblatt, 2017 Teil I Nr. 32 vom 1. Juni 2017, S. 1305 ff.-
https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl#__bgbl__%2F%2F%5B%40attr_id%3D%27bgbl117032.pdf%27%5D__1503057367261.
- Diepolder, M., Raschbacher, S., 2016: Phosphorgehalte von Grünlandaufwüchsen auf bayerischen Flächen. - Schule und Beratung, 11-12, 34 ff.
- Diepolder, M., Hege, U., 2004: Mineralstoffe im Grünland. - Schule und Beratung, 7, 19 ff.
- LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2016: Gruber Tabelle zur Fütterung in der Rindermast. – Freising, 20.Auflage
- LfL - Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft 2017 a: Düngeverordnung. -
<https://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/032364/index.php?fontsize=1>.
- LfL - Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft 2017 b: webFuLab - Onlineanwendung zur Futteruntersuchung für LKV-Betriebe. - <https://www.stmelf.bayern.de/neofulab/?0>
- Loibl, K., Landzettel, A., 2017: Beitrag der LKV-Fütterungsberatung zur Phosphorreduzierung. - Tagungsband der 55. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V.
- Schneider, S., Obermeier, M., 2017: Sensibilisierung für das Thema Futteruntersuchung. - Schule und Beratung, 4, 66
- Schuster, H. Brandl, J., Rauch, P., 2017: Phosphor raus aus dem Mineralfutter. - Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt, 34, 72-73

Autorenanschrift:

Maria Obermeier
Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung (LKV) in Bayern e. V.
LKV-Labor
Prof-Zorn-Str. 20 c
85586 Poing - Grub
Tel.: 089 99141 542
Maria.Obermeier@lkv.bayern.de

Jennifer Brandl
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft (ITE)
Prof.-Dürrwächter-Platz 3
85586 Poing - Grub
Tel: 089-99 141 413
Jennifer.Brandl@lfl.bayern.de

FÜTTERUNGS- BERATUNG

Für gesunde und leistungsfähige Kühe

www.lkv-beratung.bayern.de



Maßnahmen zur Steigerung des Proteingehalts von Rapsfuttermitteln. HP-Raps – Möglichkeit oder Utopie?

Michael Raß

fjol GmbH, Münster

Einleitung

Die gesamte Wertschöpfungskette der Landwirtschaft steht vor der großen Herausforderung einen schleichenden Vertrauensverlust bei allen wichtigen Anspruchsgruppen (u.a. Handel, Verbraucher, Politik, NGO´s) durch eine glaubwürdige nachhaltige Neuausrichtung aller Prozesse zu begegnen. Das bezieht sich sowohl auf Themen wie Tierwohl, Umgang mit natürlichen Ressourcen, Gentechnik aber auch die nachhaltige und ökologisch verantwortliche Produktion von Futtermitteln. Alle Anspruchsgruppen mit Blick auf die Wertschöpfungskette der heimischen Fleisch- und Milchproduktion verlangen eine nachhaltige Neuausrichtung. In diesem Kontext existieren vielfältige Gründe und Notwendigkeiten, die Qualität einheimischer Eiweißfuttermittel zu verbessern und dabei alle relevanten Nachhaltigkeitsaspekte zu berücksichtigen.

Aufgrund der nicht zu leugnenden Folgen der intensiven Massentierhaltung ist die Politik zum Schutz der natürlichen Ressourcen genötigt dieser Entwicklung gegenzusteuern und den gesetzlichen Rahmen neu zu definieren, wie es z.B. mit der neuen Düngemittelverordnung zum Ausdruck kommt. Sie beinhaltet schärfere Regeln zugunsten des Gewässerschutzes und der Luftreinhaltung. Daraus leitet sich auch direkt die Notwendigkeit zur Reduktion von Stickstoff- und Phosphatausscheidungen der Tierbestände und damit von Rezepturveränderungen der Futtermittel ab.

Geprägt durch die Forderungen von Verbrauchern und Handel fordert auch der Markt eine Neuorientierung bei den bestehenden Fütterungskonzepten. Nachdem die gentechnikfreie Fütterung bei Geflügel in Deutschland schon gegen den Widerstand der Mehrzahl der Geflügelproduzenten realisiert wurde, erfolgt aktuell die nächste große Umstellung bei der Milchproduktion. Aufgrund des Marktdrucks des deutschen Handels mit dem Vorreiter Lidl und der überwiegenden Ablehnung der deutschen Verbraucher von gentechnisch veränderten Lebensmitteln wird die VLOG-zertifizierte Milch schon bald der flächendeckend umgesetzte Standard in Deutschland sein. Diese schon bald abgeschlossene Umstellung der Milchproduktion auf gentechnikfreie Fütterung wird den Einsatz von eiweißreichem gentechnisch verändertem Soja (GVO-Soja) in der Futtermittelproduktion weiter reduzieren. Rapsextraktionsschrot (RES), Sonnenblumenextraktionsschrot (geschält), Getreideschlempe (getrocknet) und Ackerbohnen und deutlich teurere GVO-freie Sojafuttermittel schließen bei der Milchproduktion die Lücke [Thomsen 2017].

Da die Austauschprodukte zudem in der Regel mehr Phosphor enthalten, belasten sie zusätzlich die Stoffbilanz des Betriebes. Dies trifft insbesondere auch auf das Rapsextraktionsschrot als das wichtigste heimische Eiweißfuttermittel zu [UFOP-Monitoring 2013, LfL 2014].

Hinsichtlich Eiweißqualität und Eiweißgehalt kommen die Austauschprodukte an das Sojaextraktionsschrot (SES) aber oft nicht heran. Um die GVO-freie Eiweißversorgung langfristig sicher zu stellen, haben die Landwirtschaftsminister aus 14 EU-Mitgliedstaaten, darunter Deutschland, eine gemeinsame Soja-Erklärung unterzeichnet. Sie zielt darauf ab, die nachhaltige, zertifizierte und gentechnikfreie Produktion, Verarbeitung und Vermarktung von Eiweißpflanzen (Leguminosen), insbesondere von Soja, in Europa zu stärken [BMEL 2017].

Dies bedeutet für nachhaltigere heimische Eiweißquellen wie die Rapssaat einen Rückschlag. Hier werden die technologischen und die züchterischen Potentiale der einheimischen Eiweißpflanzen, insbesondere der Rapssaat, nicht ausgenutzt und die Vorteile bei der Nachhaltigkeit verspielt.

Durch eine signifikante Anhebung des Proteingehalts ohne nennenswerte Steigerung des Phosphorgehalts würde sich die Einsatz- und Wettbewerbsfähigkeit von Rapsfuttermitteln bei gleichzeitiger Entastung der Stoffbilanz der Betriebe deutlich erhöhen. Daher sollen in diesem Beitrag die unterschiedlichen Möglichkeiten zur Steigerung des Proteingehalts von Rapsfuttermitteln und deren Potential näher betrachtet werden.

Maßnahmen zur Erhöhung des Proteingehalts von Rapsfuttermitteln

Im Hinblick auf die Zielsetzung, der Reduzierung von Phosphor in den Futtermittelrationen von Rindern, kann durch eine Erhöhung des Proteingehalts des phosphorreichen Rapsfuttermittels der prozentuale Anteil in der Ration reduziert werden ohne die Proteinmenge zu reduzieren.

Als Rapsfuttermittel bezeichnen wir sowohl Rapsexpeller (Rapspresskuchen) als auch Rapsextraktionsschrot RES aus ungeschälter bzw. geschälter Rapssaat. Mengenmäßig ist das RES von größerer Bedeutung.

Es bestehen drei wesentliche Einflussgrößen auf den Proteingehalt von Rapsfuttermitteln, die nachfolgend näher betrachtet werden sollen:

1. Die Ölmühlentechnologie (z.B. Rapsschälung).
2. Die Anbaubedingungen (z.B. ausreichende Stickstoffversorgung, Klima), die den Proteingehalt in der Rapssaat beeinflussen.
3. Die Varietät (Genetik) der Rapssaat und damit die Neigung Protein bei gleichzeitiger Reduktion des Rohfasergehaltes zu bilden.

Einfluss der Ölmühlentechnologie auf den Proteingehalt der Rapsfuttermittel

Die Schalen der Rapssaat sind wesentlicher Träger der Rohfaser [Wittkop 2012], ihre Entfernung vor der Verarbeitung durch Schälung [Schneider und Raß 1997] oder durch nachträgliche Entfernung aus dem Extraktionsschrot können den Proteingehalt signifikant erhöhen [Raß 2014].

Die Umsetzung der Schältechnologie im industriellen Maßstab erfolgte in Deutschland seit 2002 bisher nur durch die Teutoburger Ölmühle. Durch die head-end-Rapsschälung wurde die getrennte Verarbeitung von proteinreichen Rapskernen und rohfaserreichen Rapsschalen ermöglicht. In der Folge wurden nicht nur zwei verschiedene Ölqualitäten, sondern auch zwei unterschiedliche Presskuchen produziert: hochproteinhaltiger Rapskuchen (HP Rapskuchen) aus den zweifach gepressten Raps-Kernen und ein Rapskuchen mit niedrigem Proteingehalt (LP Rapskuchen) aus den gepressten Rapsschalen.

Der Futtermittelmarkt war jedoch erst ca. 10 Jahre nach Implementierung der Schältechnologie bereit, also ca. 2012, den Mehrwert des proteinreichen Kernkuchens angemessen zu bezahlen. Eingeleitet wurde diese Entwicklung durch die Suche nach proteinreichen Alternativen zu Sojafuttermitteln. Gründe für die zunehmende Kritik an Sojafuttermitteln aus Nord- und Südamerika lagen in der Verwendung von gentechnisch veränderten Sojasorten (GVO-Soja) einerseits und zum anderen auch in dem weniger nachhaltigen Anbau von Soja verglichen mit heimischen Eiweißpflanzen. Im Bereich

der Geflügelproduktion ist in Deutschland heute die gentechnikfreie Fütterung auf Betreiben des Marktes zum Standard geworden.

Eine, allerdings weniger wirkungsvolle Alternative zur head-end-Schälung ist die tail-end-Entfernung von Schalen aus dem Rapsextraktionsschrot durch mechanische Verfahren. Durch die Entfernung eines Teiles der Schalenpartikel lässt sich der Proteingehalt erhöhen. Einher geht dies aber mit einem unerwünschten erhöhten Gesamtgehalt an Phosphor [Mejicanos et al. 2017]. Diese Methode ist jedoch weniger effizient als die head-end Schälung, da der Grad der Schalenreduktion kleiner ist. Verfahrenstechnisch ist die Umstellung einer konventionellen Ölmühle auf die tail-end-Schälung einfacher, da lediglich das Rapsextraktionsschrot einer Nachbehandlung unterzogen wird.

Die head-end-Schälung führt zu zwei unterschiedlichen Fraktionen, die nachfolgend vollständig separat verarbeitet werden müssen, dies erhöht natürlich deutlich den technologischen Aufwand und damit die Kapitalinvestitionen einer Ölmühle. Hierin ist sicherlich ein wesentlicher Grund zu sehen, warum bis heute noch keine klassische Extraktionsölmühle die head-end-Rapsschälung implementiert hat.

Durch eine effiziente Schälung kann der überwiegende Teil der Rapsschalen (ca. 15 – 18 % des Saatgewichtes je nach Varietät) bis auf einen geringen Restschalengehalt (< 3%) reduziert werden [Schneider und Raß 1997]. Dadurch wird der Rohfasergehalt deutlich reduziert und der Proteingehalt entsprechend erhöht. Die Teutoburger Ölmühle hat durch die Technologie Proteingehalte zwischen 36 % und 38 % (in TS bei ca. 12 % Restölgehalt) im doppelt gepressten Presskuchen aus geschälter Rapssaat erzielt. Dieser HP-Rapsexpeller wird überwiegend als Substitut für gentechnikfreies Sojaextraktionsschrot im Geflügelfutter eingesetzt [Brüggemann 2015] [Reuter 2015].

Einfluss der Ölmühlentechnologie auf den Phosphorgehalt der Rapsfuttermittel

Die Ölmühlentechnologie kann auch direkt den Gehalt an Phosphor im Rapsfuttermittel beeinflussen. Der Phosphor der Rapssaat ist in den Phospholipiden (Lecithine) gebunden. Die Phospholipide sind Bestandteil der Zellmembranen und in der unverarbeiteten Saat daher an den Feststoff gebunden [Pardun 1988]. Die Rapsschälung allein führt nicht zu einer Erniedrigung des Phosphorgehalts, wie auch Untersuchungen von M. Bournazel et al belegen. Die Rapsschalen ohne das Speichergewebe der Rapskerne enthalten spezifisch weniger Phosphor als die Rapskerne [Bournazel et al. 2017].

Die Phospholipide können sich nach Intensität der Verarbeitung, das heißt in Abhängigkeit von Temperatur und Zeit, unterschiedlich stark im Öl als Schleimstoffe anreichern [Eggers et al. 2004]. Eine Reduktion des Phosphorgehalts im Rapsfuttermittel ist auch durch technologische Maßnahmen in der Ölmühle möglich. Dabei sind die Verfahrensschritte der Konditionierung vor der Pressung, die Pressung selbst und die Lösemittelextraktion näher zu betrachten. Jeder dieser Verfahrensschritte erhöht den Anteil der Phosphorlipide im Öl und erniedrigt dadurch den Phosphorgehalt im Presskuchen oder Extraktionsschrot. Durch gezielte Wahl der Prozessparameter, insbesondere der Konditionierung, kann so Einfluss auch auf den Phosphorgehalt des Extraktionsschrots genommen werden [Zacchi und Eggers 2008]. Dabei ist natürlich zu berücksichtigen, dass die Anreicherung der Störkomponente Phosphor (Schleimstoffe, Lecithin) im gewonnenen Öl zu Mehraufwendungen in der Ölreinigung führen. Die gewonnenen Lecithine können aber als Wertstoff vermarktet werden. Gentechnikfreie Raps-Lecithine mit geringem allergenen Potential erfreuen sich, auch als Alternative zu Soja-Lecithin, einer steigenden Nachfrage. Sie stellen auch eine Quelle zur Rückgewinnung von Phosphor dar.

Einfluss der Anbaubedingungen auf den Proteingehalt der Rapsfuttermittel

Durch optimierte Anbaubedingungen und eine optimale Stickstoffversorgung kann auf den ha-Ertrag und in geringem Umfang Einfluss auf den Rohproteingehalt der Rapssaat genommen werden. Die durch die neue Düngeverordnung reduzierte Stickstoffdüngung steht allerdings nicht nur maximalen Erträgen, sondern einer für einen erhöhten Proteingehalt optimierten Stickstoffversorgung der Rapspflanze im Wege. Daher ist dieser Weg als eher nachrangig zu sehen und wird hier nicht intensiver betrachtet [Wellmann 2015].

Neuzüchtungen von Rapsorten mit hohen Proteingehalten

Die weltweite Erfolgsgeschichte der Rapssaat ist auf die Züchtungserfolge durch die 00-Sorten (Verminderung der Gehalte an Erucasäure und Glucosinolaten) zurückzuführen. Insbesondere der Boom in den letzten 15 Jahren der Biokraftstoffe auf Basis Rapsmethylester haben dem europäischen Rapsanbau immensen Auftrieb verliehen. Der Bedarf an Rapsöl für Biokraftstoffe hat die Anbauflächen bestimmt. Die verwendete Rapsölmenge in der Lebensmittelindustrie ist im Vergleich zur energetischen Verwendung nicht deutlich angestiegen. Der Siegeszug des Rapspeiseöls in den deutschen Haushalten ist bezogen auf die Gesamtmenge an produziertem Rapsöl vernachlässigbar. So fanden und finden ca. 2/3 bis 3/4 des in Deutschland produzierten Rapsöles den Weg in den Tank. Das Koppelprodukt Rapsextraktionsschrot RES (ca. 60 % der verarbeiteten Rapssaat) hat nach anfänglichen Schwierigkeiten seinen Weg in die Futtermittel gefunden und zunehmend mehr Sojafuttermittel substituiert. RES ist aber hinsichtlich des deutlich niedrigeren Proteingehalts und antinutritiver Inhaltsstoffe, trotz deutlich günstigerem Proteinpreis, nach wie vor im Hintertreffen zu Sojaschrot. Zur Wertschöpfung der Ölmühlen hat das RES im Vergleich zum Rapsöl lange Zeit nur einen geringen Beitrag geleistet. Über viele Jahre lagen die Verkaufspreise für raffiniertes Rapsöl ca. fünfmal höher als die Preise für RES. Neben den Zielen Ertragserhöhung und Resistenzen stand daher die Erhöhung des Ölgehaltes im Mittelpunkt der züchterischen Maßnahmen. Ein höherer Ölgehalt wurde und wird noch durch die Abrechnungsbedingungen (Allgemeine Ölmühlenbedingungen) der Ölmühlen incentiviert. Für höhere Proteingehalte gibt es bis heute keinerlei Prämien. Es gab daher auch für die Rapszüchter in Europa keinen Anreiz in die Züchtung von proteinreichen Rapsorten zu investieren, da diese vom Markt nicht verlangt wurden. Diese Situation hat sich deutlich geändert.

Aufgrund der weltweiten Angebots- und Nachfrageverschiebung bei pflanzlichen Ölen und Proteinfuttermitteln ist seit einigen Jahren ein Paradigmenwechsel festzustellen. Die Preise für Pflanzenöle sind nicht zuletzt aufgrund des weltweit steigenden Angebots an günstigem Palmöl einhergehend mit günstigen Mineralölnotierungen fallend bzw. bestenfalls stagnierend. Mit der weltweit steigenden Fleischproduktion geht ein steigender Bedarf an Futtermitteln einher. Dies hat unabhängig von kurzfristigen Schwankungen in der Tendenz zu steigenden Proteinpreisen geführt.

Durch diese Werte-Verschiebung legt die gesamte Wertschöpfungskette seit einiger Zeit einen deutlich höheren Fokus auf die Rapsfuttermittel als Koppelprodukte der Ölproduktion. Da auch Rapsproteine für die Humanernährung weltweit ein zunehmendes Interesse erfahren haben, hat das Zuchtziel hochproteinhaltige Rapssaaten (HP-Raps) bei den Züchtern einen neuen Stellenwert bekommen [Janitha et al. 2016].

Die Proteingehalte der deutschen Winterrapsorten lagen nach eigener Beobachtung in den letzten 10 Jahren deutlich unter 20 % (17 – 19 %). Veröffentlichte Auswertungen zu den durchschnittlichen Proteingehalten der deutschen Rapserten lagen dem Autor leider nicht vor. Dies ist auch ein Anzeichen für den bis dato geringen Stellenwert des Proteingehalts in der wirtschaftlichen Betrachtung. Mit der bestehenden Ölmühlentechnologie und den derzeit geringen Proteingehalten

lassen sich daher nur Proteingehalte im RES von ca. 35 % (34 - 36 %) realisieren [Lfl Gruber-Tabelle 2015].

In Kanada und Nordamerika ist die Züchtung und der Anbau von proteinreichen Rapsorten deutlich weiter und wird systematisch verfolgt. In Kanada werden aufgrund der klimatischen Verhältnisse mit langen und kalten Wintern fast ausschließlich Sommerrapsorten angebaut, die tendenziell einen höheren Proteingehalt haben als die in Europa fast ausschließlich angebauten Winterrapsorten. Der durchschnittliche Proteingehalt lag in den Jahren 2000 bis 2015 in Kanada zwischen 19,6 % und 23,5 % (bei 8,5 % Wassergehalt). Die Rapsextraktionsschrote lagen demzufolge zwischen 37,0 % und 41,4 % (12 % Wassergehalt) [CCC 2016]. Beide Werte liegen deutlich über den europäischen Mittelwerten.

Die Firma DOW AgroScience hat auf Basis einer GVO-freien Sommerraps-HP Proteinsorte „Nexera™“ mit dem Produkt ProPound™ im März 2016 ein HP Extraktionsschrot in den Markt eingeführt. Ab 2017 sollen ProPound™ Extraktionsschrote auch auf Basis der GVO-Sorten New Roundup Ready® und Clearfield® Nexera™-Hybriden mit höheren Proteingehalten verfügbar sein. Bei verringertem Rohfasergehalt liegt der Proteingehalt bei ProPound™ nach Angaben von DOW AgroScience bei durchschnittlich 44 % schon auf dem Niveau von Sojaextraktionsschrot SES und deutlich über dem angegebenen Gehalt von 36% von konventionellem RES [DOW AgroScience, 2017].

Da der Anbau von Sommerraps in Europa, bis auf die Ausnahme der baltischen Staaten, nicht wirtschaftlich ist, sind diese HP-Rapsorten für die Verarbeitung in Europa derzeit nicht relevant. Da die Züchtung von nicht GVO-Rapsorten bis zur Zulassung aber ein langwieriger Prozess ist, wird die Einführung von HP-Winterungen sich in Europa noch einige Jahre hinziehen. Die großen Saatzuchtunternehmen haben aber aufgrund der zuvor aufgezeigten Markt-Entwicklungen und der Bedeutung von Winterrapsorten die Entwicklung von hochproteinhaltigen Sorten auf die Agenda genommen.

Die Anwendung der Rapsschälung auf HP-Rapsorten eröffnet Rapsfuttermitteln der zweiten Generation neue Dimensionen

Um mit Rapsfuttermitteln langfristig gegen Sojafuttermittel wettbewerbsfähig zu sein, ist es erforderlich die Möglichkeiten der Ölmühlentechnologie mit der Rapsschälung zur Reduzierung der Rohfaser auf die zukünftigen hochproteinhaltigen Rapsorten anzuwenden. Die Tabelle 1 zeigt in einer Modellrechnung die Proteingehalte von Rapspresskuchen aus geschälter Rapssaat in Abhängigkeit vom Restölgehalt bezogen auf die Trockenmasse. Die weitere Reduzierung des Restölgehaltes durch Extraktion würde den Proteingehalt eines RES aus geschälter Saat auf Basis einer hochproteinhaltigen Rapssaat auf über 50 % erhöhen.

Tabelle 1: Modellrechnung: Proteingehalte von Rapspresskuchen aus geschälter Saat in Abhängigkeit vom Ölgehalt und Rohproteingehalt der Saat [Raß 2014]

Modellrechnung für Proteingehalte in Rapskuchen aus geschälter Saat	Öl	Protein
	[% TM]	[% TM]
HP Rapskuchen (19 % Rohprotein Saat)	12,5	38,8
HP Rapskuchen (19 % Rohprotein Saat)	6,7	40,0
HP Rapskuchen (25 % Rohprotein Saat)	12,5	45,7
HP Rapskuchen (25 % Rohprotein Saat)	6,1	49,0

Ausblick und Zusammenfassung

Heimische Rapsfuttermittel der zweiten Generation auf Basis hochproteinreicher Rapsorten bieten in der Zukunft noch ein großes Potential, da sie sowohl unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten als auch ernährungsphysiologischen Aspekten gegenüber den Sojafuttermitteln punkten können. Notwendig ist die Kombination von sowohl technologischen Maßnahmen, wie die Rapsschälung und die Neuorientierung bei Züchtungszielen, wie die bereits angestoßene Entwicklung von hochproteinhaltigen Rapsorten. Die Ergebnisse aus Kanada von DOW AgroScience mit ProPound™ und die Erfahrungen der Teutoburger Ölmühle mit geschälten Rapsfuttermitteln zeigen, dass bei gezielter Kombination von Technologie und Züchtung Rapsextraktionsschrote mit mehr als 50 % zeitnah produziert werden können. Durch die damit ermöglichte geringere Dosierung in der Ration kann auch der höhere Phosphorgehalt von Raps-Futtermitteln weitestgehend kompensiert werden.

Ein heimisches GVO-freies HP-Rapsextraktionsschrot wäre als Alternative zum Ausbau des unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten kritischen Sojaextraktionsschrot von großem Vorteil für die gesamte Wertschöpfungskette der heimischen Fleischproduktion.

Unabhängig von langfristigen Verbesserungen beim Proteingehalt durch züchterische Maßnahmen wurden und werden derzeit die technologischen Potentiale bei der heimischen Rapssaat zur Verbesserung der Futtermittelqualität nicht konsequent genutzt. Die Ölmühlen haben noch vielfältige Möglichkeiten mit ihrer Technologie positiv auf die Qualität der Rapsfuttermittel einzuwirken.

Literatur

- Thomsen, Johannes: Was kostet die Milcherzeuger die GVO-freie Fütterung? <https://www.proteinmarkt.de/rinder/fachartikel/Zugriff> 20.08.2017
- UFOP-Monitoring, 2013; LfL- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2014) Futterberechnung für Schweine, 2014
- Pressemitteilung Nr. 61 vom 17.07.17 des BMEL
http://www.bmel.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/pressemitteilungen_node.html, Zugriff 20.08.17
- Schneider, F. H. und M. Raß: Trennpresen geschälter Rapssaat - Zielsetzung und verfahrenstechnische Probleme. *Fett/Lipid* 99(1997)3, 91-98
- Raß, Michael: Zukünftige Verwendungsperspektiven von Rapssaat, Vortrag anlässlich der Jubiläumsveranstaltung 40 Jahre Rapool, Magdeburg, 2014
- Mejicanos, G. A., J. W. Kim, and C. M. Nyachoti. 2017. 199 Effect of tail-end dehulling of canola meal on apparent and standardized total tract digestibility of phosphorus when fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 95(Suppl2):95-95. doi:10.2527/asasmw.2017.12.199
- Brüggemann, Christian: Raps optimal verwertet, top agrar 8/2015
- Reuter, Bertram: Teutoburger Perspektiven - Rapsprotein ist das Zukunftsthema; *Raps* 4/2015 (33. Jg.)
- Pardun, Hermann: Pflanzenlecithine. Gewinnung, Eigenschaften, Verarbeitung und Anwendung pflanzlicher Phosphatidpräparate. Ziolkowsky, Augsburg 1988, ISBN 3-87846-128-3.
- Bournazel, M., Lessire, M., Duclos, M., Magnin, M., Mème, N., Peyronnet, C., . . . Narcy, A: 2017. Effects of rapeseed meal fiber content on phosphorus and calcium digestibility in growing pigs fed diets without or with microbial phytase. *Animal*, 1-9. doi:10.1017/S1751731117001343
- Eggers R., Jaeger P., Ambrogi A.: Qualitative Vorteile /Kurzzeitige Hochtemperaturkonditionierung von Rapssaaten/ *Lebensmitteltechnik*, 11/2004, S. 58-59
- Zacchi, P. and Eggers, R.: (2008), High-temperature pre-conditioning of rapeseed: A polyphenol-enriched oil and the effect of refining. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 110: 111–119. doi: 10.1002/ejlt.200700135
- Wellmann, Nadine: Ackerbautagung DSV, 10. Dezember 2015
<https://www.dsv-saaten.de/export/sites/dsv-saaten.de/service/downloads/fachvortraege/mit-dsv-zuechtungen-neue-anforderungen-meistern.pdf>. Zugriff am 18.10.2017

Janitha P.D. Wanasundara, Tara C. McIntosh, Suneru P. Perera, Thushan S. Withana-Gamage, Pranabendu Mitra:
Canola/rapeseed protein-functionality and nutrition. OCL 2016, 23(4) D407.

CCC. Canola Council of Canada 2016. Canola Meal Feeding Guide.
www.canolacouncil.org/media/516716/2015_canola_meal_feed_industry_guide.pdf, Zugriff am 18.10.2017

LfL-Informationen: Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe Zuchtrinder Schafe Ziegen; 41. unveränderte Auflage / Stand:
2015

Firmenbroschüre der Firma DOW-AgroScience: ProPound™ – Advanced Canola Meal, A New, Cost Effective Protein Replacement
for Soybean Meal in Swine Diets,
<https://www.dowagro.com/en-us/newsroom/pressreleases/2016/3/propound-canada>, Zugriff am 11.08.2017

Autorenanschrift

Dr. Michael Raß
fjol GmbH
nachhaltigkeit fundiert umsetzen
Von-Flotow-Straße 5
48165 Münster
Tel. +49 157 30188034
michael.rass@fjol.de
www.fjol.de

Effekt von verschiedenen Zinkoxid-Quellen auf die Darmschleimhaut beim Absetzferkel

J. Michiels¹, N. Van Noten¹, J. Degroote¹, W. Wang¹, E. Zißler², A. Roméo³

¹ Universität Ghent, Gent, Belgien

² Pulte GmbH & Co. KG, Rimsting, Deutschland

³ Animine, Sillingy, Frankreich

Einleitung

Zinkoxid (ZnO) wird häufig in pharmakologischer Dosierung (> 3.000 mg ZnO/kg) dem Futter von Absetzferkeln zugesetzt, um die Leistung der Tiere durch eine Steigerung der Darmgesundheit zu verbessern. Die Zugabe von hohen ZnO-Dosen kann aber zu Umweltproblemen (Akkumulation von Zn in Ausscheidungen) führen und die bakterielle Resistenz gegenüber Antibiotika erhöhen. Folglich werden neue Lösungen gesucht. In dieser Studie wurde eine potenzierte ZnO-Quelle mit den hohen Gaben von Standard-ZnO verglichen.

Material und Methoden

Zwei unterschiedliche Zinkoxid-Verbindungen wurden in verschiedenen Dosierungen untersucht: 110 ppm oder 2.400 ppm Zn aus Standard-ZnO, entspricht ca. 3,2 kg ZnO je t (+ 100 oder 500 ppm Fe aus FeSO₄), 110 ppm oder 220 ppm Zn aus potenziertem ZnO (HiZox[®]) (+ 500 ppm Fe von FeSO₄). Der hohe Eisengehalt wurde zur Induktion von Magen-Darm-Störungen gewählt (Hansen et al., 2010).

Tabelle 1: Behandlungen

	Zn-Gehalt/Quelle	Fe-Gehalt
T1	110 ppm Zn (Standard ZnO)	100 ppm Fe
T2	2.400 ppm Zn (Standard ZnO)	100 ppm Fe
T3	110 ppm Zn (Standard ZnO)	500 ppm Fe
T4	2.400 ppm Zn (Standard ZnO)	500 ppm Fe
T5	110 ppm Zn (HiZox [®])	500 ppm Fe
T6	220 ppm Zn (HiZox [®])	500 ppm Fe

Jede Behandlung wurde in 4 Buchten (2 Ferkel pro Bucht, Absetzalter von 20 Tagen) während der Versuchszeit von 15 Tagen wiederholt. Am Ende des Versuches wurde die Darmschleimhaut beprobt und die Darmbarriere-Funktion mittels Ussing-Kammern gemessen (Carlson et al., 2004). Ergänzende Analysen mittels qPCR wurden bei den Behandlungen mit hohem Eisenzusatz (T3-T6) durchgeführt. Dabei sollte die mRNA-Expression für einige tight-junction Gene sowie die intestinale alkalische Phosphatase untersucht werden.

Ergebnisse und Diskussion

Die hohen Fe-Gehalte hatten keine Auswirkungen auf die hier gemessenen Kriterien.

In Bezug auf die Zinkoxid-Quellen und Dosierung zeigte HiZox® einen positiven Effekt auf die Integrität des Darmgewebes: Der transepitheliale elektrische Widerstand (TEER) der Jejunum-Schleimhaut war in den HiZox® Gruppen signifikant höher, verglichen mit 110 ppm regulärem ZnO. Die Gruppe der pharmakologischen Dosierung von Standard-ZnO lag zwischen den beiden Gruppen.

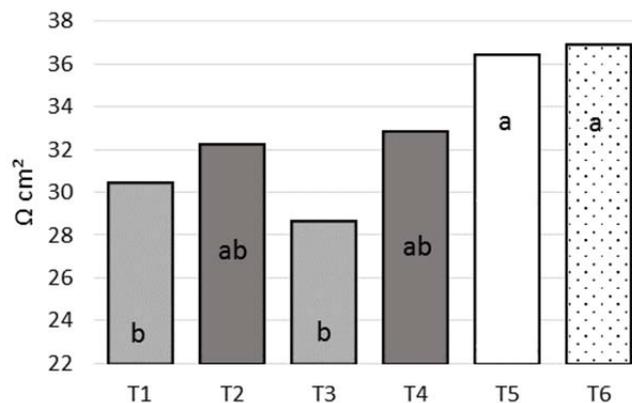


Abbildung 1: Transepithelialer elektrischer Widerstand (TEER) bei unterschiedlichen ZnO-Dosierungen und Produkten

Um diese Unterschiede zwischen den ZnO-Quellen zu erklären, wurde die mRNA-Expression einiger Gene in der distalen Jejunum-Schleimhaut näher betrachtet. Da die Fe-Gehalte keine Wirkung auf die Darmintegrität zeigten, wurden diese Analysen an 4 Behandlungen mit dem gleichen Fe-Gehalt (500 ppm Fe aus FeSO₄) durchgeführt. HiZox® zeigte auch hier einen positiven Effekt auf die mRNA-Expression des Claudin-1-Gens ($p = 0,08$). Darüber hinaus verbesserten HiZox® sowie Standard-ZnO in pharmakologischer Dosierung die mRNA-Expression für das Zona-Occludens 1-Gen ($p = 0,09$) und das intestinale alkalische Phosphatase-Gen ($p < 0,05$).

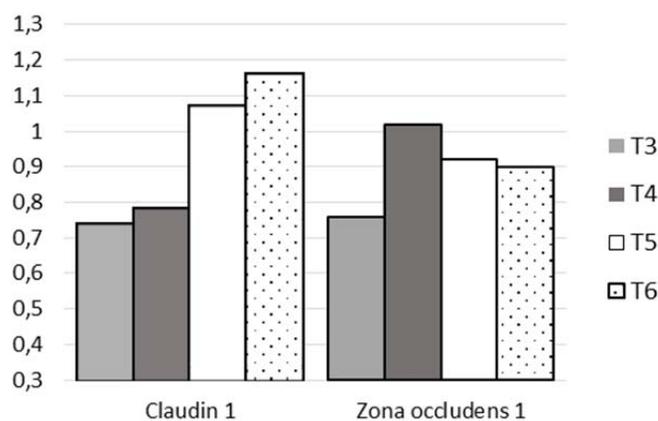


Abbildung 2: mRNA Level der tight- junction Proteine (SI)

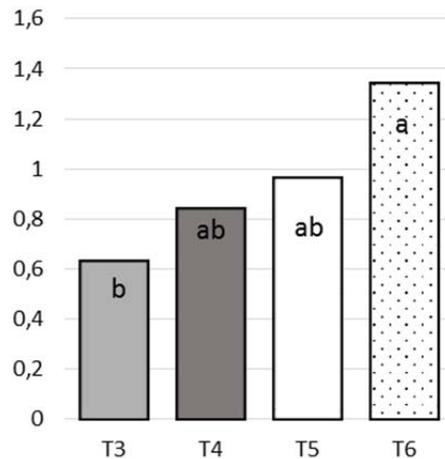


Abbildung 3: mRNA Level der intestinalen alkalischen Phosphatase (SI)

In dieser Studie (Michiels et al., 2016) und in vorhergehenden Studien (Vahjen et al., 2016) konnte bereits gezeigt werden, dass durch einen Einsatz von pharmakologischen ZnO-Gaben sowie der potenzierten ZnO-Quelle HiZox® die Zahl an pathogenen Bakterien im Magen-Darm-Trakt reduziert werden kann. Bakterielle Toxine können mit der Darmschleimhaut interagieren und somit die Widerstandskraft des Gewebes verändern (Berkes, 2003). Folglich kann die Wirkung auf die Darmintegrität dieser beiden ZnO-Quellen teilweise durch ihre antibakterielle Wirkung erklärt werden. Darüber hinaus wurde in vitro gezeigt, dass Zink eine wesentliche Rolle für die Aufrechterhaltung der Membranbarriere-Funktion spielen könnte, insbesondere bei tight-junctions (Finamore et al., 2008). In Bezug auf die intestinale alkalische Phosphatase haben einige Studien gezeigt, dass es sich vermutlich um einen Förderer der Darmgesundheit handelt, beispielsweise durch eine Hemmung der gastrointestinalen Entzündungskaskade (Melo et al., 2016).

Schlussfolgerung

Die vorliegende Studie bestätigte somit die positive Wirkung einer pharmakologischen ZnO-Dosierung sowie der potenzierten ZnO-Quelle (HiZox®) auf die Darmintegrität und Darmgesundheit bei Absetzferkeln. Dagegen konnte bei futtermittelrechtlich zulässiger Dosierung von herkömmlichen Standard-ZnO kein Effekt erzielt werden. HiZox® zeigte sich somit bei wichtigen Parametern einer gesunden Darmschleimhaut ebenbürtig gegenüber der futtermittelrechtlich unzulässigen sehr hohen ZnO-Dosis.

Literatur

Berkes J., Viswanathan V. K., Savkovic S. D., Hecht G. Intestinal epithelial responses to enteric pathogens: effects on the tight junction barrier, ion transport and inflammation, 2003, *Gut*, 52, 439-451.

Carlson D., Poulsen H. D., Sehested J. Influence of weaning and effect of post weaning dietary zinc and copper on electrophysiological response to glucose, theophylline and 5-HT in piglet small intestinal mucosa, 2004, *Comp. Biochem. Physiol.*, 137, 757-756.

Finamore A., Massimi M., Conti Devirgiliis L., Mengheri E. Zinc deficiency induces membrane barrier damage and increases neutrophil transmigration in Caco-2 cells, 2008, *J. Nutr.*, 138, 1664-1670.

Hansen S. L., Ashwell M. S., Moeser A. J., Fry R. S., Knutson M. D., Spears J. W. High dietary iron reduces transporters involved in iron and manganese metabolism and increases intestinal permeability in calves, 2010, *J. Dairy Sci.*, 93, 656-665.

Melo A. D. B., Silveira H., Luciano F. B., Andrade C., Costa L. B., Rostagno M. H., Intestinal alkaline phosphatase: potential roles in promoting gut health in weanling piglets and its modulation by feed additives – a review, January 2016, Asian Australas. J. Anim. Sci. (29), 16-22

Michiels J., Van Noten N., Degroote J., Wang W., Roméo A., Sinning H., Effekt einer futtermittelrechtlich zulässigen, speziellen Zinkoxid-Quelle im Vergleich zur therapeutischen ZnO-Applikation auf die Darmbakterien-Population bei Ferkeln, 2016, Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung (BAT).

Vahjen W., Roméo A., Zentek J., Impact of zinc oxide on the immediate postweaning colonization of enterobacteria in pigs, 2016, J. Anim. Sci. (94), 359-363.

Autorenanschrift

Agathe Romeo
Animine
335 chemin du noyer
74330, Sillingy, France
E-Mail: aromeo@animine.eu

Ein Online-Software-Tool zur Simulation von Kupferbilanzen bei Fütterungsprogrammen für Schweine

Stéphane Durosoy¹, Agathe Roméo¹, Elisabeth Zißler², Jean-Yves Dourmad³

¹Animine, Sillingy, Frankreich

²Pulte GmbH & Co. KG, Rimsting, Deutschland

³UMR Pegase, INRA-Agrocampus Ouest, Frankreich

Einleitung

Kupfer (Cu) und Zink (Zn) werden üblicherweise über der Bedarfsdeckung in der Ration mittels Sicherheitszuschlag supplementiert. Dabei werden häufig die positiven Nebeneffekte auf das Wachstum der Tiere bei hoher Dosierung genutzt. Nach der aktuellen EU-Verordnung darf Cu mit 170 ppm bei Ferkeln bis zu einem Alter von 12 Wochen (ca. 8 Wochen nach dem Absetzen) eingesetzt werden. Dies ist verbunden mit hohen Cu-Konzentrationen in den Ausscheidungen und einer damit einhergehenden Umweltbelastung.

Material und Methoden

Im Jahr 2015 wurden die nationalen Grenzwerte der Nährstoff- und Schwermetallausscheidungen (Zn, Cu) in der Schweineproduktion von Überwachungsbehörden in Frankreich aktualisiert (Dourmad et al., 2015), v.a über Bilanzstudien ermittelt (Rigolot et al., 2010). Die Kupferausscheidung kann somit einfach aus der Cu-Aufnahme und Cu-Retention während eines definierten Zeitraums berechnet werden. Das Online-Software-Tool siMMin™Cu wurde dafür mit der Unterstützung von INRA entwickelt. Es verdeutlicht die Kupferbilanz sowie deren Optimierung und Effizienzsteigerung sehr anschaulich. Durch eine flexible Änderung aller Variablen, kann die Berechnung individuell angepasst werden:

- Cu-Konzentration im Futter
- Fütterungsprogramm
- Wachstumsleistung (Gewicht, Futtermittelaufnahme, Futtermittelverwertung)

Die Software ermöglicht eine Berechnung der Kupferbilanz inklusive Aufnahme und Exkretion ohne Vorliegen experimenteller Daten über den gesamten Verlauf der Schweineproduktion.

Ergebnisse

Der maximale Cu-Gehalt im Ferkelfutter wird aktuell noch diskutiert. Im Jahr 2016 hat die EFSA (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit) vorgeschlagen, die maximale Einsatzmenge auf 25 ppm auch in der Ferkelaufzucht (EFSA, 2016) zu reduzieren. Inzwischen werden allerdings auch Vorschläge für ein Lebensalter von 8 Wochen, für die Übergangszeit bis 12 Lebenswochen, - um den bakteriziden Effekt von Cu zu berücksichtigen -, und anschließend mit 25 ppm diskutiert.

Durch die Software siMMin™Cu ist es möglich, Einsparmöglichkeiten aufzuzeigen und eine Optimierung der Cu-Zulagen effizient zu gestalten. siMMin™ erscheint benutzerfreundlich auf der Webseite www.aminie.eu/simmin/.

Abbildung 1: Webseite von siMMin™Cu



Schlussfolgerung

siMMin™Cu ist seit Dezember 2016 in englischer Sprache online verfügbar, um für Futtermittelproduzenten die Berechnung der Kupfersupplementation sowie Ausscheidung bei Schweinen anschaulich darzustellen. Die Software wird bald auch in deutscher Sprache erhältlich sein.

Literatur

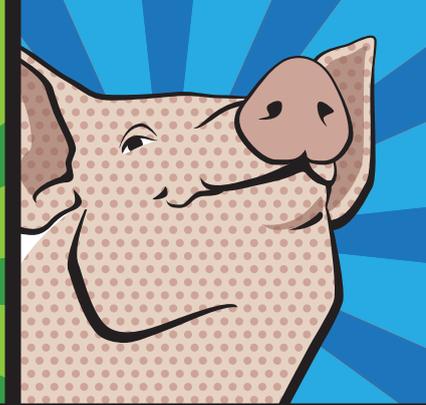
- Dourmad J.Y., Levasseur P., Daumer M., Hassouna M., Landrain B., Lemaire N., Loussouarn A., Salaün Y., Espagnol S. – Évaluation des rejets d'azote, phosphore, potassium, cuivre et zinc des porcs – RMT Elevages et Environnement (2015).
- EFSA – Revision of the currently authorised maximum copper content in complete feed – EFSA Journal, 14(8), 4563 (2016)
- Rigolot C., Espagnol S., Pomar C., Dourmad J.-Y. – Modelling of manure production by pigs and NH₃, N₂O and CH₄ emissions. Part I: animal excretion and enteric CH₄, effect of feeding and performance – Animal, 4, 1401-1412 (2010).

Autorenanschrift

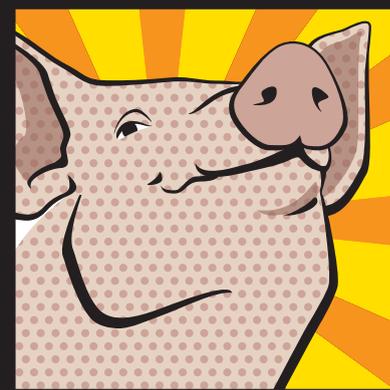
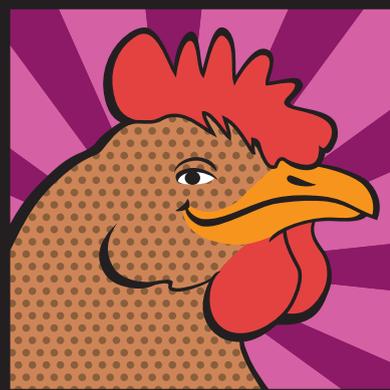
Agathe Romeo
 Animine
 335 chemin du noyer
 74330, Sillingy, France
 E-Mail: aromeo@aminie.eu



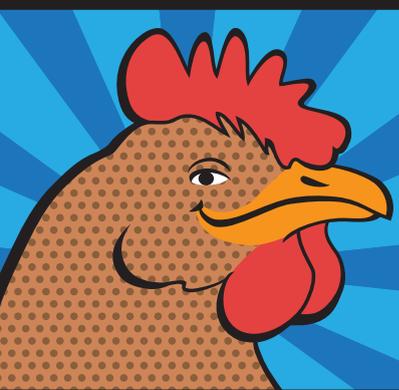
HiZox®



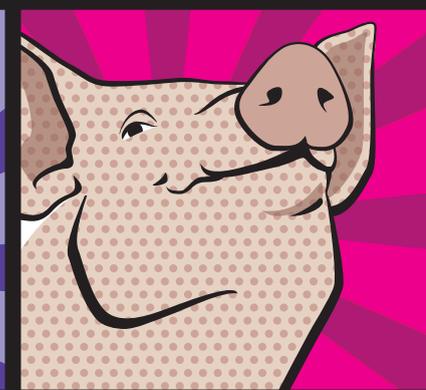
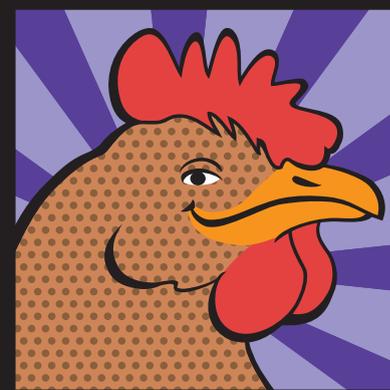
CoRouge®



HiZox®



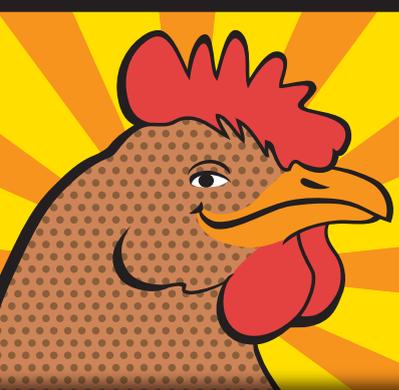
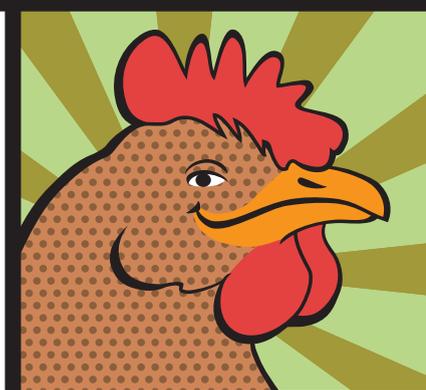
CoRouge®



HiZox®



CoRouge®



CoRouge®



HiZox®

Beitrag der LKV Fütterungsberatung zur Phosphorreduzierung

Katharina Loibl, Andrea Landzettel

LKV Beratungsgesellschaft mbH

Einleitung

Seit 2. Juni 2017 ist die neue Düngeverordnung (DüV) in Deutschland gültig (LfL Bayern, 2017). Mit ihr wurden die Vorschriften über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln teils deutlich verschärft. Ein wesentlicher Bestandteil der Verordnung sind dabei die Regelungen zu Phosphor-Reduzierung. So darf ab 2018 der Überschuss von Phosphat im jährlich fortgeschriebenen, sechsjährigen Nährstoffvergleich 10kg/ha nicht mehr überschreiten (Bundesgesetzblatt, 2017). Dies erfordert von tierhaltenden Betrieben nicht nur eine Anpassung ihrer Düngerausbringung, sondern ebenso eine Adaption ihres Fütterungsregimes. Hier unterstützt das LKV Bayern im Rahmen seiner bayernweit angebotenen Fütterungsberatung und kann damit einen wertvollen Beitrag zur Reduzierung von Phosphor (P) in milchviehhaltenden Betrieben liefern.

Wie lässt sich Phosphor in der Milchviehfütterung reduzieren?

Die beiden Ansatzpunkte zur Reduzierung von P in der Milchviehfütterung liegen im Einsatz / Zukauf von P über Kraftfutter und Mineralfutter, wie im Folgenden erläutert werden soll.

Milchvieh kann seinen Bedarf an Phosphor in der Regel über das Grund- und ergänzende Kraftfutter abdecken. Für ihre Erhaltung benötigt eine Milchkuh 15g P pro Tag, pro erzeugtem Kilogramm Milch zusätzlich ca. 2g P (LfL Bayern, 2015).

Bei einer Leistung von z.B. 25kg Milch ergibt sich somit ein P-Bedarf von ca. 65g pro Tag. Eine Ration für 25kg Milch könnte dabei wie folgt aussehen:

Das in Abbildung 1 berechnete Rationsbeispiel deckt ohne Supplementierung von Mineralfutter bereits folgende Leistungswerte ab:

Futtermittel-Def	Bezeichnung	Anteil FM 80 Tiere	Anteil FM Mischung	Anteil TM Mischung
2226	MaisSil Wachsreif	1840.00	23.00	8.28
2015	# GrasSil 1. Schnitt	1200.00	15.00	5.25
6436	SojaExtrSchrot, 48% RP	120.00	1.50	1.32
6425	RapsExtraktionsSchrot	120.00	1.50	1.35
4205	Körnermais (geschrotet)	40.00	0.50	0.44
3125	Stroh Gerste	40.00	0.50	0.43
4025	Gerste	40.00	0.50	0.44
	Summe	3400.00	42.50	17.51

Abbildung 1: Beispiel einer Rationsberechnung für 25kg Milchleistung (berechnet mit: ZIFO 2, Herausgeber: Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft der LfL Bayern)

Wie in Abbildung 2 zu erkennen ist, sind die in der Beispielration verwendeten Futtermittel bereits mehr als ausreichend, um den Bedarf an P für 25kg Milchleistung zu decken; es besteht sogar ein leichter Überschuss. Überschüssiges P wird aber fast vollständig über den Kot wieder ausgeschieden (Spiekers et al., 2009, S. 513ff). Um den oben berechneten Überschuss nicht weiter zu erhöhen, wäre ein Mineralfutter mit 0% P angebracht. In der Praxis werden jedoch in der Regel Mineralfutter mit mindestens 3% P in der Frischmasse eingesetzt, wie die Beratungserfahrung zeigt.

Inhaltsstoff	Einheit	Zielwert TM Mischung	Gehalt Mischung	Gehalt TM je 1 kg	Leistung Mischung
510 - Kalzium (Ca)	g	102.4	67.4	3.8	14.9
520 - Phosphor (P)	g	63.9	70.2	4.0	29.3
530 - Magnesium (Mg)	g	28.6	34.9	2.0	41.6
532 - Natrium (Na)	g	27.5	8.8	0.5	2.0

Abbildung 2: Leistungswerte des berechneten Rationsbeispiels für Kalzium, Phosphor, Magnesium und Natrium (berechnet mit: ZIFO 2, Herausgeber: Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft der LfL Bayern)

Auch die Wahl und Höhe der eingesetzten Kraftfuttermittel beeinflusst die P-Versorgung der Milchkuh. Insbesondere die Eiweißfuttermittel weisen teils sehr hohe P-Gehalte auf, wie Tabelle 1 zeigt.

Tabelle 1: P-Gehalte ausgewählter Kraft- und Grundfuttermittel (Quelle: LfL Bayern, 2015)

Futtermittel	g P / kg TM
Rapsextraktionsschrot	13,6
Weizenkleie	13,0
Sojaextraktionsschrot (48% XP)	7,6
Maistrockenschlempe	5,3
Gerste	4,0
Körnermais	3,5
Melasseschnitzel, 18% Zucker	0,8
Grassilage angewelkt 1. Schnitt Rispenspreizen	3,8
Maissilage wachs- und teigreif	2,2

Wie Tabelle 1 zeigt, haben speziell Rapsextraktionsschrot und Weizenkleie sehr hohe Gehalte an Phosphor. Die Energiefuttermittel wie z.B. Gerste, Körnermais oder Melasseschnitzel sind dagegen vergleichsweise P-ärmer.

Die Ration aus Abbildung 1 könnte somit z.B. durch eine Reduktion des Rapsextraktionsschrotes P-ärmer gestaltet werden, wie Abbildung 3 zeigt.

Futtermittel-Def	Bezeichnung	Anteil FM 80 Tiere	Anteil FM Mischung	Anteil TM Mischung
2226	MaisSil Wachsreif	1840.00	23.00	8.28
2015	# GrasSil 1. Schnitt	1200.00	15.00	5.25
6436	SojaExtrSchrot, 48% RP	120.00	1.50	1.32
6204	# MaisSchlempe trocken	80.00	1.00	0.90
4205	Körnermais (geschrotet)	40.00	0.50	0.44
3125	Stroh Gerste	40.00	0.50	0.43
6425	RapsExtraktionsSchrot	40.00	0.50	0.45
4025	Gerste	40.00	0.50	0.44
	Summe	3400.00	42.50	17.51

Abbildung 3: Beispiel einer Rationsberechnung für 25kg Milchleistung mit P-Reduktion (berechnet mit: ZIFO 2, Herausgeber: Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft der LfL Bayern)

Hier decken die Mengenelemente Kalzium, Phosphor, Magnesium und Natrium folgende Leistungen ab:

Inhaltsstoff	Einheit	Zielwert TM Mischung	Gehalt Mischung	Gehalt TM je 1 kg	Leistung Mischung
510 - Kalzium (Ca)	g	102.4	62.7	3.6	13.4
520 - Phosphor (P)	g	63.9	62.7	3.6	25.4
530 - Magnesium (Mg)	g	28.6	31.9	1.8	33.3
532 - Natrium (Na)	g	27.5	11.2	0.6	4.9

Abbildung 4: Leistungswerte des P-reduzierten Rationsbeispiels für Kalzium, Phosphor, Magnesium und Natrium (berechnet mit: ZIFO 2, Herausgeber: Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft der LfL Bayern)

Wie Abbildung 4 zeigt, kann ein teilweiser Ersatz des Rapsextraktionsschrotes durch ein P-ärmeres Eiweißfutter den Gehalt an P in der Ration senken. In dem gewählten Beispiel wären die 25kg Milchleistung so gut wie abgedeckt. P-Ausscheidungen sollten dadurch vermieden sein. Auch in diesem Beispiel wäre ein Mineralfutter mit 0% Phosphor ausreichend.

Art und Menge an eingesetztem Mineral- bzw. Kraftfutter sind also ein entscheidender Schlüssel bei der P-Reduzierung in der Milchviehfütterung. Diese beiden Futtermittel gezielt einzusetzen und deren Einsatz zu optimieren (und ggf. reduzieren) ist ein zentraler Bestandteil der LKV Fütterungsberatung.

Nutzen der LKV Fütterungsberatung bei der P-Reduzierung

Das LKV Bayern bietet als offizieller Verbundpartner des bayerischen Staates eine neutrale Fütterungsberatung für Milchviehbetriebe an (LKV Bayern, 2017a). Ein Großteil der Beratungsinhalte deckt dabei die Bereiche ab, die für eine P-Reduktion von großer Bedeutung sind:

- Der Einsatz der vorhandenen Grundfuttermittel und ggf. deren Verbesserung. Im Idealfall liegen hierzu die Ergebnisse einer Futteruntersuchung vor.
- Der Einsatz geeigneter Zukauffuttermittel hinsichtlich der Inhaltsstoffe und Preiswürdigkeit etc.
- Die Optimierung des Futtertischmanagements
- [...]
- Eine Rationsberechnung
- Ein Futtervoranschlag
- Eine Analyse der Daten aus der Milchleistungsprüfung

(LKV Bayern, 2017b)

Bestandteil der LKV-Fütterungsberatung ist in der Regel die *Berechnung* der aktuellen oder auch zukünftigen Ration. Diese wird mit Hilfe des von der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft bereitgestellten Programmes ZIFO 2 (**Z**ielwert-**F**utter-**O**ptimierung) durchgeführt. In diesem Programm sind ca. 400 Futtermittel mit ihren aus den zentralen Futtermitteldateien entnommenen Inhaltsstoffen hinterlegt (ITE, 2016). Um die Berechnung möglichst genau zu gestalten, werden diese Standardinhaltsstoffe soweit möglich durch die tatsächlichen betriebsindividuellen ersetzt. Dabei helfen insbesondere die Deklarationen von Milchleistungsfutter und Mineralfutter sowie ggf. vorhandene Grundfutteranalysen. Nach Berechnung der Ration ist schließlich auf einen Blick zu erkennen (siehe Abbildung 2 und 4), inwieweit die P-Versorgung der Kuh zur jeweiligen Milchleistung passt. So kann mit Hilfe des LKV Fütterungsberaters die passende P-Supplementierung berechnet und unnötige *P-Ausscheidungen* bei den Tieren *vermieden* werden.

Um die tatsächlich benötigte Menge an zugekauftem Phosphor exakt ermitteln zu können, ist es enorm wichtig, die genauen P-Werte im Grundfutter zu kennen. Hier bietet das LKV Bayern den Service der *Futtermitteluntersuchung* an. Die Futterproben werden professionell und repräsentativ von den LKV Leistungsoberprüfern oder Fütterungsberatern gezogen, an das LKV-Labor geschickt und online über das sogenannte webFulab angemeldet. Nach erfolgter Analyse wird das Ergebnis per E-Mail an den zuständigen Berater übermittelt, so dass dieser nicht nur über durchgeführte Analysen informiert wird, sondern auch unmittelbar damit arbeiten kann. Dank der neuen Funktion im ZIFO 2 können die Analysedaten nun auch vom Berater direkt ins Rationsberechnungsprogramm übertragen werden. Die Wichtigkeit einer Futtermittelanalyse lässt sich ganz einfach erklären: zum einen lassen sich über die Mineralstoffuntersuchung die am Betrieb vorhandenen *Phosphorreserven ermitteln*, zum anderen kann über die Weender Analyse die optimale Gabe von Ausgleichs- / Kraftfutter besser ermittelt werden. Die Fütterung von Ausgleichs- und Kraftfutter bedeutet, wie oben angeführt, ebenfalls einen (teils enormen) Zusatz von P zur Ration.

Die Analyse des Grundfutters wird von den LKV-Beratern auch zur *Verbesserung des Grundfutters* herangezogen. Wie auf Abbildung 5 zu sehen ist, bekommt ein Landwirt nicht nur die Analysedaten seines Futtermittels, sondern auch die Durchschnittswerte seiner Region. So kann man auf einen Blick erkennen, wie die Qualität des eigenen Grundfutters im Vergleich zu den Ergebnissen der Region ist. Über die Onlinefunktion „webFuLab“ können Berater und Landwirt die Vergleichskriterien auch noch weiter einschränken, z.B. Vergleich nach gleichem Erntedatum oder Vergleich mit Biolandwirten.

„Ungünstige“ Werte in der Analyse besprechen die Fütterungsberater dann mit ihren Landwirten und geben hilfreiche Tipps, wie diese in Zukunft verbessert werden können. Im in Abbildung 5 aufgeführten Beispiel könnte über eine Verbesserung des Rohproteinwertes gesprochen werden, um so den Zukauf von Eiweißfutter (= P-Zukauf) zu reduzieren. Bei der Verfütterung wird die Möglichkeit der Kombination dieses 2. Schnittes mit einem eiweißreichen Grassilageschnitt berücksichtigt (ebenfalls Vermeidung von Eiweißfutterzukauf).

Kennwerte (je kg)		Probenwerte in		Vergleich	Vergleich
		Frischm.	Trockenm.	Geb./Reg.	Tabelle
Rohnährstoffe					
Trockenmasse	g	408.09	1000.00	1000.00 (47)	1000.00
Rohasche	g	42.52	104.18	112.00 (45)	115.00
Rohprotein	g	60.74	148.84	158.00 (45)	174.00
Rohfaser	g	102.04	250.04	237.00 (45)	225.00
Rohfett	g	17.16	42.05	42.00 (45)	40.00

Abbildung 5: Ausschnitt eines Analyseergebnisses von Grassilage 2. Schnitt 2017 (Quelle: Analyseergebnis eines LKV-Beratungskunden)

Neben den Analysewerten begutachten die LKV-Fütterungsberater bei jedem Betriebsbesuch auch das eingesetzte Grundfutter (am Silostock oder im Heustock). Über die Sinnesprüfung wird dabei dessen Qualität beurteilt und mit dem Landwirt besprochen. Auch hier liefern die Berater hilfreiche Informationen, wie von Futterbau über Futterwerbung bis hin zum Silomanagement *hochwertiges, wiederkäuergerechtes Grundfutter* für die Milchkühe erzeugt werden kann.

Je hochwertiger das Grundfutter ist, desto *höher* ist in der Regel auch die *Grundfutterleistung*. Dies bedeutet, dass weniger Kraftfutter für eine hohe Milchleistung eingesetzt werden muss. Durch diese Reduktion von eingesetztem Kraftfutter kann wiederum der Zukauf / Einsatz von P eingeschränkt werden (vgl. Tabelle 1). Im Rahmen ihres Stallrundgangs achten die LKV-Berater zudem darauf, wie die (Grund-)Futteraufnahme ggf. verbessert werden kann, z.B. durch verbessertes Futtertischmanagement. Auch dies fördert wiederum die Grundfutterleistung.

Um einen Überblick über die Grundfutterleistung zu erhalten, benutzen die Berater des LKV ein dafür konzipiertes, internes Programm. So kann bei jedem Besuch durch Eingabe der benötigten Daten (siehe linke Seite in Abbildung 6) einfach und unkompliziert die aktuelle Grundfutterleistung inklusive aktuellem Kraftfutteraufwand (rechte Seite in Abbildung 6) berechnet werden. Auch diese Ergebnisse werden dann von den Beratern zur Verbesserung der Futterwertigkeit herangezogen.

Bewertung der Grundfutterleistung				Richt-	Diffe-
Ordnungsbegriff		energiekorrigierte Milchmenge		werte	renz
	11 777 140 000		1532		
Datum	08.08.17	g KF je kg Milch	228	270	-42
Gesamtzahl Kühe	60	Milch je Kuh und Tag	27,9		
Kühe in Milch	55	Grundfutterleistung Kuh/Tag in kg	15,1	12,8	2,3
Milchproduktion/Tag kg	1530	Grundfutterleistung Kuh/Jahr in kg	4613	3901	712
kg Milch/kg KF	2,0	errechnete Jahresleistung je Kuh bei 305 Laktationstagen	8495		
Kraftfutter/Tag kg	350	erzeugte Jahresmilchmenge kg	509693		
KF-Preis €/dt	22,23	KF-einsatz dt/Kuh	19,4		
Fettgehalt %	4,00	KF-Kosten €/Jahr	25888		
Eiweißgehalt %	3,40	KF-Kosten Ct/kg Milch	5,08		
Harnstoffgehalt mg/l	200				

Abbildung 6: Berechnung der Grundfutterleistung und des Kraftfutteraufwandes mit LKV-Programm (Quelle: LKV-Berechnungsprogramm der Grundfutterleistung, erfundener Betrieb)

Die LKV-Fütterungsberater haben (zu guter Letzt) den Vorteil, dass sie Zugriff auf die Daten der Milchleistungsprüfung (MLP) haben. Zusammen mit den Untersuchungsergebnissen der Anlieferungsmilch (ermittelt durch den Milchprüfring Bayern e.V. (MPR)) liefern diese Daten wichtige Informationen zur aktuellen Versorgung der Milchkühe einer Herde. Diese Daten nutzen die LKV-Berater zusammen mit den Eindrücken aus dem Stallrundgang – v.a. Kondition der Tiere, Kotbeschaffenheit, Wiederkauaktivität, Klauen- und Eutergesundheit –, um eine möglichst optimale Ration zu ermitteln und nur so viel Kraft-/ Eiweißfuttermittel einzusetzen, wie es der Bedarf der Kühe verlangt.

Fazit

Milchviehhalter werden mit der neuen DüV ihren P-Einsatz überdenken müssen. Mit den LKV-Fütterungsberatern haben Sie jedoch neutrale Berater zur Hand, die ihnen nicht nur bei der Phosphorreduzierung weiterhelfen, sondern dabei auch ihre Produktionstechnik und somit ihren wirtschaftlichen Erfolg verbessern können.

Literatur

- Bundesgesetzblatt (2017). Teil I Nr. 32, ausgegeben zu Bonn am 1. Juni 2017. S. 1305 ff
https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/text.xav?SID=&tf=xaver.component.Text_0&toctf=&qmf=&hlf=xaver.component.Hitlist_0&bk=bgbl&start=%2F%2F*%5B%40node_id%3D%27262925%27%5D&skin=pdf&tlevel=-2&nohist=1. Zugriff: 01.08.2017
- Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft (ITE) (2016). Zielwert-Futter-Optimierung ZIFO 2. Ein Programm zur Berechnung und Optimierung von Futtermischungen für Nutztiere. <http://www.zifo-bayern.de/>. Zugriff: 03.08.2017
- Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) Bayern (2015). Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe, Ziegen. 39. Auflage. 2015
- LfL Bayern (2017). Düngerverordnung. <https://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/032364/index.php?fontsize=1>. Zugriff: 01.08.2017
- LKV Bayern (2017a). Beratung im Verbund. <http://www.lkv.bayern.de/beratung/beratungimverbund.html>. Zugriff: 03.08.2017
- LKV Bayern (2017b). Fütterungsberatung. <http://www.lkv.bayern.de/beratung/fuetterungsberatung.html>. Zugriff: 03.08.2017
- Spiekers, H., Nußbaum, H., Potthast, V. (2009). Erfolgreiche Milchviehfütterung. 5. erweiterte und aktualisierte Auflage. 2009

webFuLab: <https://www.stmelf.bayern.de/neofulab/?jsessionid=4E6FD65584328F423FB696C89915BCB270> bzw.
<http://www.lkv.bayern.de/futteruntersuchungen/webFuLab.html>. Zugriff: 08.08.17

Autorenanschrift:

Katharina Loibl
Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung (LKV) in Bayern
Landsberger Straße 282
80687 München
Tel.: 089 – 544 348 0
Fax.: 089 – 544 348 10
www.lkv.bayern.de
beratung@lkv.bayern.de

Effect of source and dose of trace minerals on performance and mineral excretion of broilers

M. De Marco¹, M.V. Zoon², C. Margetyal¹, C. Picart¹, C. Ionescu², C. Oguey²

¹NEOVIA group, Vannes, France

²Pancosma SA, Geneva, Switzerland

Introduction

Trace minerals such as Cu, Fe, Zn and Mn are crucial in animal physiology as they are involved in many structural functions, enzymes and hormones secretion pathways, and immune system. In commercial poultry diets, trace minerals are commonly supplemented in inorganic form at levels that can be considered as high with regards to physiological needs. This type of practice is economically viable because of the low cost of inorganic metal sources, but it also results in a higher mineral excretion.

Organic trace elements are accepted to be more bioavailable than inorganic sources, so in principle, the use of such organic sources at reduced levels should enable to limit mineral excretion without negatively impacting animal performance. The objective of this trial was therefore to evaluate the effect of the source and of the dose of trace elements on performance and mineral excretion of broilers

Experimental procedure

The trial was set up in a research facility in France. A total of 4800 Ross PM3 one-day old broilers (initial BW of 37.7 g) were randomly allocated to 48 pens of 100 animals each. Pens were then assigned to one of the following 6 experimental treatments:

- CT: No trace mineral supplementation
- Full inorg.: full dose of trace minerals supplemented in inorganic form
- Full BT: full dose of trace minerals supplemented as metal chelates of glycine, hydrate (BT = B-TRAXIM® Pro4-B, Pancosma, Switzerland)
- Half BT: half dose of trace minerals supplemented as metal chelates of glycine, hydrate
- Full CA: full dose of trace minerals supplemented as metal chelates of amino acids, hydrate
- Half CA: half dose of trace minerals supplemented as metal chelates of amino acids, hydrate

Full doses of trace minerals contained 10 ppm Cu, 30 ppm Fe, 80 ppm Zn and 100 ppm Mn. Half dose treatments contained twice as less of these trace elements as the Full dose groups.

Experimental diets were based on wheat, corn and soybean meal and were formulated to have the same nutrients content among treatments, except for the considered trace elements. Feeding program consisted of a starter phase from day 0 to 20 and a finisher phase from day 21 to slaughter at the age of 35 days.

In terms of performance, ADG, AFDI, FCR were measured. One day 35, 50 birds per treatment were selected considering the average weight of their treatment for evaluation of breast yield (as % of

body weight) after slaughter. Mineral excretion was evaluated at day 31 on 3 pens per treatment. Samples of excreta were collected, dried and analyzed for their content in Cu, Fe, Mn and Zn.

Data were statistically analyzed using a one-way ANOVA. Tukey's test was applied to assess the difference between the treatment means.

Results

Over 35 days, broilers fed CT showed a lower ADFI and ADG than those supplemented with the inorganic treatment ($P < 0.01$; figure 1). Within BT supplemented animals, ADFI and ADG were numerically improved with increasing mineral dosage. Half dose of BT permitted to reach the same performance levels as full dose of inorganic metals. When comparing half and full doses of CA, it was also possible to note a numerical improvement of ADFI and ADG by increasing mineral supplementation, but only the highest level enabled to achieve same performance as inorganic group. FCR was not affected by treatments (mean of 1.59 g/g).

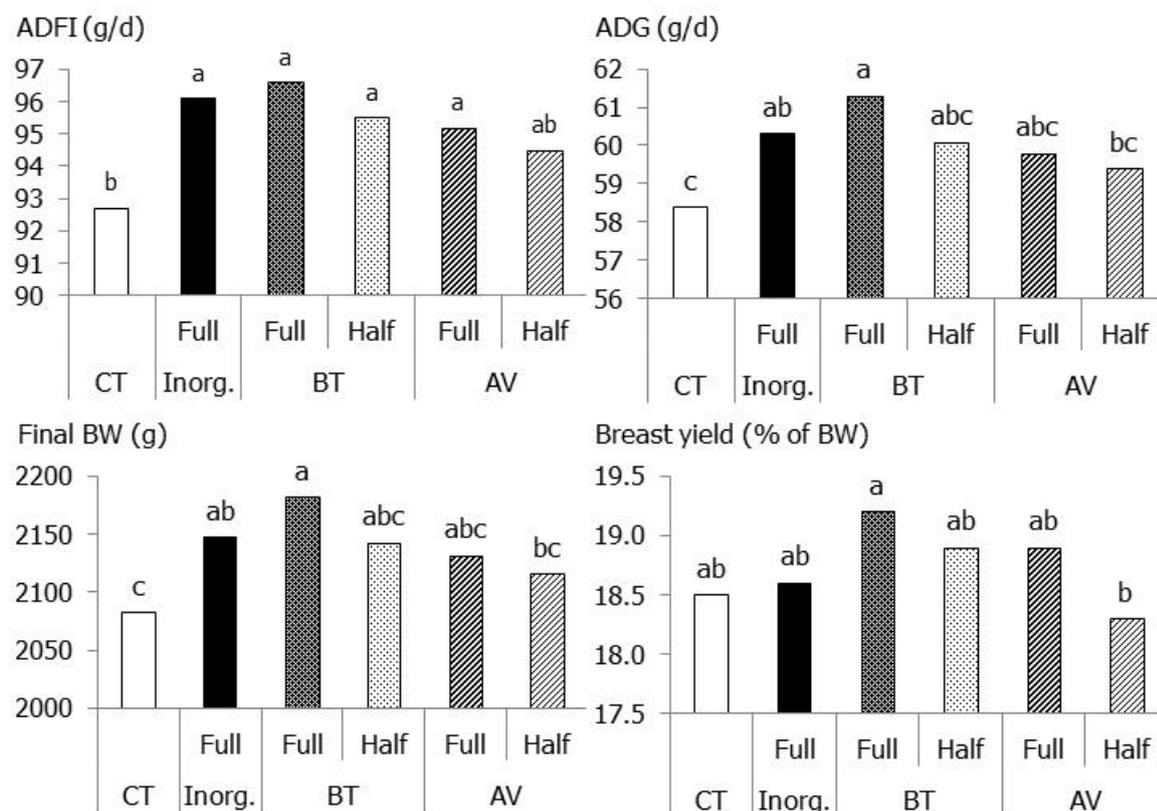


Figure 1: effect of the treatments on broiler performance (a, b, c, $P < 0.05$)

Final BW was the highest for the full dose of BT, followed by full inorganic supplementation, half dose of BT and full dose of CA. Birds in the lower level of CA exhibited numerically lower performance than the 3 previous treatments. Finally, unsupplemented group had the lowest final BW of 2.08 kg.

Breast yield was affected by the treatment ($P = 0.02$). Full dose of BT showed the highest breast yield (numerically higher than full doses of inorganic and AV), however half the level of BT was enough to reach and even exceed the breast characteristics of inorganic treatment.

Dry matter content of the sampled excreta showed no statistical differences between the treatments (mean of 89.7%, $P = 0.66$). As expected, because no trace mineral supplementation, CT showed statistically the lowest contents of Cu, Fe, Mn and Zn in the sampled excreta (figure 2).

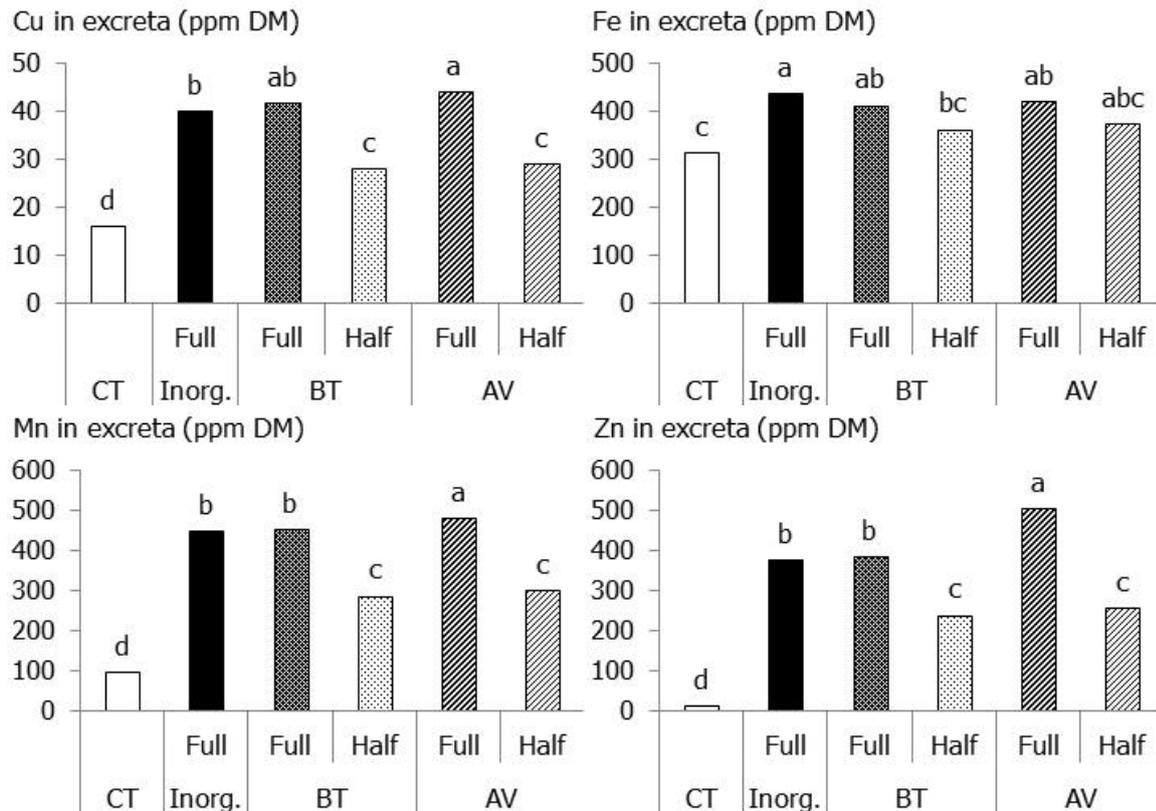


Figure 2: effect of the treatments on trace element levels in excreta (a, b, c, $P < 0.05$)

Both half doses of BT and AV led to contents of Cu, Fe, Mn and Zn in excreta significantly intermediate between CT and inorganic groups. Full dose supplementations always significantly increased mineral content in the excreta compared half doses. Supplementation with AV resulted in higher mineral content in excreta than with BT (at the same dose).

Discussion

The objective of this trial was to evaluate the effect of Cu, Fe, Zn and Mn supplementation on the performance and mineral excretion of broilers by comparing inorganic sources, BT and CA. Muscle development was reported to be affected by Zn (Goa et al. 2014), so an improved bioavailability of this metal when using BT could explain results observed in groups receiving this type of supplementation. For birds receiving CA, the very limited effect of the full dose compared to the

inorganic treatment may be linked to the significant difference in the levels of Zn recorded in the excreta between these two groups.

Performance results (ADFI, ADG, FCR, final BW) recorded in the present study are in line with available literature reporting that increasing trace mineral supplementation improves growth, without affecting FCR, and could positively affect carcass quality (Ionescu et al. 2011) . In addition, supplementing half the standard metals levels through organic sources permitted to achieve the same levels of performance as by using the full dose of inorganic elements. Metal contents in excreta increased with the dietary dose, whatever the source of minerals used. This suggests that overall, the amount of metals excreted for each kg of body weight gain is lower for the organic sources than for the inorganic one. Several feeding strategies can be built based on these results. Currently in Europe, one of the concerns is to maintain performance while minimizing metal outputs. This trial shows that the use of half the dose of an organic trace element source can replace the common levels of metals applied in inorganic forms.

Within organic trace minerals, a wide variety of chemical structures is available, among which BT and CA. The combined performance and excretion data obtained for these products at the two tested doses suggest that BT is better than CA to achieve optimal final BW with reduced trace element contents in excreta.

In conclusion, BT minerals are the most effective alternative trace mineral sources to fulfill the trace mineral requirements of broilers. It allows for a 50% reduction of dietary mineral supplementation, thereby reducing the mineral content in excreta significantly. Moreover, using it at the full dose seems to have an interesting positive impact on breast yield results. CA minerals have been demonstrated to be less efficient in term of growth performance and breast yields.

References

- Ionescu C, Elmaliach S, Planck R, Vecht K and D Bravo, 2011. Feeding organic trace minerals source instead of inorganic sources at high trace mineral doses improves broiler carcass quality. PSA Annual Meeting. St. Louis MO. July 16-19th.
- Goa, J., Z. Lv, C. Li, Y. Yue, X. Zhao, F. Wang and Y. Guo. 2014. Maternal zinc supplementation enhanced skeletal muscle development through increasing protein synthesis and inhibiting protein degradation of their offspring; Biological Trace Element Research, volume 162, issue 1-3: 309-316.

Corresponding author

Mieke Zoon
Pancosma SA
Voie des Traz 6
1218 Le Grand Saconnex - Switzerland
Mieke.zoon@pancosma.ch

XTTRACT[®]

SUCRAM[®]

Taktik[®]

OUR BRANDS OF FEED
ADDITIVES, GROWING STRONG
AROUND THE WORLD

 CarboVet[®]

 B-TRAXIM[®]

 PAN-TEK[®]


Pancosma
makes sense

Discover our wide range of innovative
solutions dedicated to animal nutrition

Knochenanalysen und Wachstum von Mastschweinen bestätigen verlässliche Matrixwerte der Phytase 4a19

Monica Florez¹, Michael Wilhelm¹, Sven Brenner¹, Marieke van Hout²

¹Dr. Eckel Animal Nutrition GmbH & Co. KG, Niederzissen, Deutschland

²AB Vista, Madrid, Spanien

Einleitung

Das kontinuierliche Bevölkerungswachstum und der zugleich steigende Lebensmittelbedarf, bedingen eine immer intensivere Ausschöpfung von Ressourcen. Dazu gehört Phosphor, ein essenzielles aber teures Element. Für die heutige Schweine- und Geflügelproduktion ist eine bedarfsgerechte P-Versorgung unabdingbar. Phosphor wird für zahlreiche biologische Prozesse im Tierorganismus benötigt. Eine unzureichende Versorgung kann zu verminderter Knochenmineralisierung, Fruchtbarkeitsstörungen und schließlich Leistungseinbußen führen. Wichtig bei der Rationsgestaltung, ist die Einhaltung der Bedarfswerte für verdaulichen Phosphor (vP) in jeder Leistungsphase, da die Tiere nur diesen Teil des Gesamtphosphors (tP) verwerten können. Unter Berücksichtigung dieser Aspekte ist es möglich eine Reduktion des, der Diät zugesetzten, anorganischen Phosphors zu realisieren, ohne die Leistung der Tiere zu beeinträchtigen.

Eine wichtige Maßnahme zur Reduktion der Phosphoremissionen ist der Einsatz von Phytasen (Selle und Ravindran, 2008), um den für das Tier unzugänglichen Phytat-Phosphor aus pflanzlichen Futtermitteln verfügbar zu machen. Die Angabe von Matrixwerten für die Nährstoff- und Phosphorfreisetzung, bietet dem Landwirt und dem Futterproduzenten, je nach Effektivität der Phytase, unterschiedliche Einsparpotentiale. Vor diesem Hintergrund sollten in zwei Versuchen untersucht werden, ob durch den Einsatz der modernen Phytase Quantum[®] Blue, die zu erwartende Phosphorfreisetzung erreicht wird. In Versuch A wurde die Freisetzung von 0,15 % verfügbaren Phosphor (vf.P) durch die Standarddosis 500 FTU/kg betrachtet. In Versuch B sollte ermittelt werden, ob der Einsatz von Quantum[®] Blue in einer Dosierung von 1000 FTU/kg bei Mastschweinen, die erwartende Phosphorfreisetzung von 0,195 % vf.P erreicht.

Material und Methoden

Versuch A: Es wurden 120 Mastschweine mit einem Anfangsgewicht von durchschnittlich 25 kg Lebendmasse in drei Behandlungen aufgeteilt. Die Positivkontrolle (PC) deckt alle Nährstoffempfehlungen für Mastschweine ab (NRC 2012). Die Negativkontrolle (NC) wurde wie die PC- Diät formuliert, jedoch mit einem reduzierten verfügbaren Phosphor-Gehalt von 0,15 %. Die Versuchsdiäten basierten auf Soya und Mais. Behandlung drei basierte auf der NC mit einem Einsatz von 500 FTU/kg Phytase Quantum[®] Blue (Tabelle 1). Die Tiere wurden mit einem Anfangsgewicht von 25 kg á fünf Tiere in 8 Buchten pro Behandlungen aufgestellt. Das Gewicht wurde am Anfang und am Tag 41 (ca. 64 kg) des Versuchs gemessen. Leistungsparameter wie Futteraufnahme, Futterverwertung und durchschnittliche Gewichtszunahmen wurden ermittelt. Am Ende der Versuchsdauer (Tag 41 mit einem Endgewicht von ca. 65 kg) wurde ein Tier pro Bucht euthanasiert und der dritte Metakarpalknochen für die Knochenanalyse entnommen. Diese beinhaltete die Konchenbruchstärke (BBS%), das Konchenaschegewicht (BAW), den Ascheanteil (BA%), den Calciumanteil (BC%) und den Phosphoranteil (BP%).

Tabelle 1: Zusammenfassung der Versuchsbehandlungen, Versuch A

Behandlung	Verfügbare Phosphor (%)	Ca (%)	Quantum® Blue (FTU/kg)
Positivkontrolle (PC)	0,32	0,65	-
Negativkontrolle (NC)	0,17	0,65	-
NC + QB 500 FTU	0,17	0,65	500

Versuch B: In diesem Versuch wurden 200 Mastschweine mit einem Anfangsgewicht von ca. 25 kg Lebendmasse in fünf verschiedene Experimentaldiäten aufgeteilt. Für diesen Zweck wurden fünf Tiere pro Bucht mit acht Wiederholungen pro Behandlung verwendet. Die Kontrolldiät (PC) deckte alle Nährstoffempfehlungen für Mastschweine ab (NRC 2012). Zudem wurden drei Versuchsdiäten (NC 1-3) konzipiert, in denen der vf. Phosphorgehalt jeweils um 0,075% absteigt (0,245 %; 0,17 %; 0,095 %), sodass der P-Bedarf bei NC 2 und NC 3 nicht eingehalten wird. Quantum® Blue wurde in einer Konzentration von 1000 FTU/kg zur Diät mit dem niedrigsten vf.P-Gehalt (0,095 %) addiert (Tabelle 2). Zusätzlich wurde die Futteraufnahme täglich gemessen. Die Knochenanalysen wurden wie in Versuch A beschrieben durchgeführt. Neben den Knochenanalysen wurden zudem die durchschnittlichen Tageszunahmen ($\bar{\Delta}$ TZ) zur Bestimmung der vf.P-Freisetzung aus der Diät NC3 + QB 1000 FTU mittels der Standard „Bioassay method“ herangezogen. Diese Methode basiert darauf, dass man anorganischen Phosphor (PC, NC1, NC2 und NC3) einer an Phosphor unterversorgten Diät (NC3) beifügt und daraufhin mit Hilfe einer linearen Leistungsmessung, die Freisetzung von vf.P durch eine bekannte Phytase- Konzentration (1000 FTU/kg) in der Basaldiät (NC3 + 1000 FTU/kg) bestimmt. Die Auswertung der Daten erfolgte durch eine einfache ANOVA Analyse. Dabei wurden alle Experimentaldiäten genutzt um eine Dosis-Wirkungs-Beziehung von vf.P, dem Knochenaschegewicht (BAW) und dem Knochenascheanteil (BA%) aufzustellen. Diese Beziehung wurde genutzt, um die Freisetzung des vf.P durch 1000 FTU/kg Quantum® Blue zu bestimmen.

Tabelle 2: Zusammenfassung der Versuchsbehandlungen, Versuch B

Behandlung	Verfügbare Phosphor (%)	Ca (%)	Quantum® Blue (FTU/kg)
Positivkontrolle (PC)	0,32	0,65	-
Negativkontrolle 1 (NC 1)	0,245	0,65	-
Negativkontrolle 2 (NC 2)	0,17	0,65	-
Negativkontrolle 3 (NC 3)	0,095	0,65	-
NC 3 + QB 1000 FTU	0,095	0,65	1000

Ergebnisse

Versuch A:

Leistungsparameter: Im Vergleich zu NC wies die PC signifikant bessere Ergebnisse beim Endgewicht ($P < 0,0001$) und den durchschnittlichen Tageszunahmen ($P < 0,0001$) auf. Bei Zugabe von 500 FTU/kg Quantum® Blue zur NC Diät, wurden die Unterschiede kompensiert und eine signifikant höhere Futteraufnahme im Vergleich zur PC und NC wurde erreicht. Dies spiegelte sich in der FVW wieder. Dort lag die Diät mit Quantum® Blue zwischen der PC und der NC.

Tabelle 3: Effekte von Quantum® Blue auf die Leistung

Behandlung	Ø TZ (g/d)	FVW (g/g)	Ø FA (g/d)
PC	968 a	2,06 a	1990 a
NC	887 b	2,18 b	1936 b
NC + QB 500	958 a	2,14 b	2051 a
SEM	7,80	0,02	20,86
P - Wert	P <0,0001	P <0,0003	P <0,004

FVW: Futtermittelverwertung, Ø TZ: durchschnittliche Tageszunahme, Ø FA: Durchschnittliche Futteraufnahme

Knochenparameter: Im Vergleich zu PC waren die Parameter BBS, BAW und BP% der Knochenanalyse bei der NC signifikant schlechter (P <0,033). Die Unterschiede wurden durch den Einsatz von Quantum® Blue in der Standarddosis von 500 FTU/kg kompensiert. Keiner der gemessenen Knochenparameter in der Gruppe NC + QB 500 wies signifikante Unterschiede zur PC auf. Zusätzlich gab es keinen Effekt der Behandlungen auf BP%. Der Einsatz von 500 FTU/kg Quantum® Blue in der NC verbesserte den BC% auf ein Niveau, das sich nicht signifikant von der PC unterschied.

Tabelle 4: Effekte von Quantum® Blue auf die Knochenparameter

Behandlung	BBS (kg /cm ²)	BAW (g)	BA (%)	BC (%)	BP (%)
PC	16,3	5,02	39,70	32,66	15,98
NC	14,5	4,04	36,72	34,27	16,59
NC + QB 500	16,7	4,86	40,14	32,98	16,27
SEM	0,59	0,091	0,409	0,480	0,262
P - Wert	0,0330	< 0,0001	<0,0001	0,0645	0,2793

Versuch B:

Leistungsparameter: Die Tiere aus der Diät mit dem geringsten vf. Phosphorgehalt wiesen signifikant niedrigere Werte im Vergleich zur PC bei allen gemessenen Parametern, mit Ausnahme der BP% und BC%, auf. Der Einsatz von 1000 FTU/kg Quantum® Blue zu NC3, steigerte die Leistungsparameter (Durchschn. TZ, Endgewicht und FVW) wie erwartet auf ein Niveau zwischen PC und NC1. Obwohl die Werte des Endgewichts, der FVW und der durchschn. FA niedriger lagen, waren sie nicht signifikant unterschiedlich (P > 0,05) zu der PC.

Knochenparameter: Zusätzlich zeigten sich bei allen Knochenparameter (BAW, BA% und BBS), signifikant niedrigere Werte in der NC3 (P <0,0001) im Vergleich zur PC. Der Einsatz von Quantum® Blue in einer Dosierung von 1000 FTU/kg zu der Diät mit niedrigem vf. Phosphor (NC3), verbesserte alle Knochenparameter und erwies sich als nicht signifikant unterschiedlich zur PC. Die Werte waren jedoch signifikant besser (P < 0,0001) als die NC1 (PC -0,075 % vf.P) (Tabelle 5).

Bioassay: Schließlich wurde die vf.P-Freisetzung von 1000 FTU/kg Quantum Blue nach der Standard-Bioassay-Methodik analysiert (Tabelle 6). Aus den dafür herangezogenen Parametern (\emptyset TZ, BAW, BA) wurde eine durchschnittliche Freisetzung von 0,21 % vf.P ermittelt. Damit wird der empfohlene Matrixwert von 0,195 % vf.P für 1000 FTU/kg Quantum[®] Blue unterstützt.

Tabelle 5: Effekte von Quantum[®] Blue auf Leistungs- und Knochenparameter von Mastschweinen

Behandlung	vf.P (%)	Endgewicht (kg)	\emptyset TZ (g/d)	FVW (g/g)	BBS (kg/cm ²)	BAW (g)	BA (%)	BC (%)	BP (%)
PC	0,32	65,1a	968a	2,06a	16,25ab	5,02a	39,7a	32,7	16,0
NC1	0,245	62,6bc	902bc	2,17bc	14,67bc	4,44b	37,5b	32,9	16,4
NC2	0,17	62,1c	887c	2,18c	14,44c	4,04c	36,7b	34,3	16,6
NC3	0,095	58,4d	800d	2,37d	11,59d	3,35d	32,2c	32,8	16,1
NC3 + QB 1000	0,095	63,7ab	930b	2,14ab	16,88a	4,86a	40,1a	32,8	16,3
P - Wert		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	NS	NS

FVW: Futtermittelverwertung, TZ: durchschnittliche Tageszunahme.

Tabelle 6: Analytierte P-Freisetzung aus 1000 FTU/kg Quantum Blue mittels Standard-Bioassay-Methodik

	\emptyset TZ	BAW	BA%	Durchschnittlicher Matrixwert	Empfohlener Matrixwert
vf.P-Freisetzung	0,165	0,252	0,222	0,21	0,195

Diskussion

In vivo Untersuchungen liefern genaue Erkenntnisse über die Zuverlässigkeit der Nährstoffmatrixwerte von Phytasen. Dabei sind Knochenmessungen eine der sensitivsten Messungen für den P-Status im Tier (Koch, M. E. und Mahan 1985). Anhand der Knochenmessungen von Versuch A, konnte gezeigt werden, dass der Einsatz von 500 FTU/kg Quantum[®] Blue in in Mastschweinediäten, mit dem empfohlenen Phosphor-Matrixwert von 0,15 % übereinstimmt. Leistungsparameter wie die \emptyset TZ und Endgewicht entsprechen ebenfalls den Matrixwerten von 0,15 % vf.P. Außerdem steigerte der Einsatz von 500 FTU/kg die FVW im Vergleich zur NC.

Versuch B zeigte, dass die Zugabe von 1000 FTU Quantum[®] Blue/ kg Futter mit einem P-Matrixwert von 0,195 % zu NC3 (0,225 % niedriger vf.P als PC), die P-Freisetzung deutlich verbesserte. Die Leistungsparameter lagen wie erwartet zwischen PC und NC1. Das deutet darauf hin, dass Quantum[®] Blue die P-Verdaulichkeit deutlich erhöht hat, wie Studien von Almeida und Stein (2010) mit Soja basierten Diäten zeigten. Im Vergleich zur NC3 zeigte die Ration mit Quantum[®] Blue signifikant bessere Knochenmesswerte, welche auf dem gleichen Niveau wie die PC lagen. Das bestätigt den empfohlenen Matrixwert von 0,195 % vf.P. Mit der „bioassay“ Methode wurde eine durchschnittliche P-Freisetzung von 0,21 % aus allen Parametern ermittelt. Das untermauert die Zuverlässigkeit des empfohlenen Matrixwerts für 1000 FTU/kg.

Schlussfolgerung

Phytasen unterscheiden sich in ihrer Effizienz und damit in ihren Nährstoffmatrixwerten. Die vorgestellten Studien bestätigen anhand von Leistungsparametern und Knochenanalysen, dass die P-Matrixwerte von Quantum® Blue zuverlässig in der Futteroptimierung eingesetzt werden können. Die Standarddosis von 500 FTU/kg setzt 0,15 % vf.P und 1000 FTU/kg setzen 0,195 % vf.P frei. Dadurch kann der Zusatz von anorganischem Phosphor stark reduziert werden ohne die Leistung der Tiere zu beeinträchtigen. Das ermöglicht es die Phosphorexkretion signifikant zu reduzieren, wie Studien von Rodehutsord et al (1998) zeigen.

Literatur

Almeida, F. N., und H. H. Stein. (2010): Performance and phosphorus balance of pigs fed diets formulated on the basis of values for standardized total tract digestibility of phosphorus. *Journal of Animal Science* 88:2968–2977.

Koch, M. E. und Mahan, D. C. (1985): Biological characteristics for assessing low phosphorus intake in growing swine. . *Journal of Animal Science* 60, 3: 699-708

NRC. (2012): Nutrient Requirements of Swine. National Academy Press, Washington, DC.

Rodehutsord, M., R. Haverkamp, und E. Pfeffer. (1998): Inevitable phosphorus losses in pigs estimated from balance data using diets deficient in phosphorus. *Archives of Animal Nutrition* 51: 27-38.

Selle, P. H., und V. Ravindran. (2008): Phytate-degrading enzymes in pig nutrition. *Livestock Science* 113: 99–122.

Autorenanschrift

Monica Florez
Dr. Eckel Animal Nutrition GmbH & Co. KG
Im Stiefelfeld 10
56651 Niederzissen, Deutschland
M.Florez@dr-eckel.de

Abstract presented at 2015 ADSA – ASAS joint annual meeting, USA, July 2015

Optimierte Phosphorbilanz durch Phytase 4a19: Reduziert e Emissionen bei gleichzeitiger Deckung des Bedarfs

Michael Wilhelm¹, Monica Florez¹, Sven Brenner¹, Marieke van Hout²

¹Dr. Eckel Animal Nutrition GmbH & Co. KG, Niederzissen, Deutschland

²AB Vista, Madrid, Spanien

Einleitung

Ein effizienter Umgang mit Phosphor ist essentiell, da die weltweiten Reserven begrenzt sind und sich die Phosphoranreicherung im Boden und Gewässern negativ auf die Umwelt auswirkt. Eine intensive Tierproduktion und hohe Bestandsdichten haben aber dazu beigetragen, dass der Verbrauch an Phosphor und die Ausscheidungen zugenommen haben. Die Absenkung des Phosphorgehalts in der Schweinefütterung ist eine praxisübliche Strategie zur Lösung dieses Problems. Allerdings müssen die Nährstoffausscheidungen (vor allem Phosphor, Stickstoff sowie Schwermetalle wie Kupfer und Zink) durch die Novellierung der Düngeverordnung weiter abgesenkt werden.

Dabei ist es entscheidend den Bedarf der Tiere (Nährstoffmengen wurden durch die DLG (2014a) vorgestellt) zu berücksichtigen, so dass die Leistung und das Tierwohl nicht beeinträchtigt werden. Um die Phosphoremissionen zu reduzieren muss der Gehalt an verdaulichem Phosphor an den Bedarf angepasst (Rodehutsord 2001) und dessen Anteil am Gesamtposphor maximiert werden. Dafür ist es notwendig eine leistungsstarke Phytase einzusetzen, die einen möglichst hohen Anteil des für das Tier unzugänglichen Phytat-Phosphors verfügbar macht (Simons et al., 1990).

Vor diesem Hintergrund wurde die moderne Phytase Quantum[®] Blue (4a19) untersucht. Anhand einer Beispieldiät wurden die Auswirkungen auf den Gehalt an verdaulichem und gesamtem Phosphor berechnet. Dabei wurden die Empfehlungen einer stark N-/P-reduzierten Diät für Mastschweine (DLG 2016) berücksichtigt. Zudem sollte in zwei Versuchen mit Mastschweinen ermittelt werden, welche Reduktion der Phosphoremissionen mit zwei verschiedenen Dosierungen von Quantum[®] Blue erzielt werden kann.

Material und Methoden

Rationsformulierung: Der Gehalt an Gesamtposphor (tP), verdaulichem Phosphor (vP) und Phytatphosphor wurde in einer Beispieldiät auf der Basis von Weizen, Roggen, Triticale und Soja berechnet. Auf dieser Basis werden zwei Diäten formuliert, welche den vP-Bedarf/kg Futter eines Schweins bei 30 – 50 kg Lebendgewicht und 800 g tägl. Zunahme deckt. Zum einen durch alleinige Zugabe von Monocalciumphosphat, zum anderen mit Zulage von 500 FTU/kg Quantum[®] Blue unter Einbeziehung der Matrixwerte für Phosphor. Die Ergebnisse werden in Relation zu einer stark N-/P-reduzierten Fütterung gesetzt.

Versuch A: 120 Mastschweine mit einem Anfangsgewicht von durchschnittlich 25 kg Lebendmasse wurden á fünf Tiere in 8 Buchten pro Gruppe gehalten. Die Futteraufnahme wurde täglich und das Gewicht der Tiere an Tag 1 und am Ende des Versuchs an Tag 41 (ca. 64 kg) gemessen. Alle Diäten der einphasigen Fütterung basieren auf Mais und Soja. Die Positivkontrolle (PC) deckt alle Nährstoffempfehlungen ab. Die Negativkontrolle (NC) wurde mit einem reduzierten Gehalt von 0,17 % verfügbarem Phosphor (vf.P) formuliert. Quantum[®] Blue wurde in einer Dosierung von 500 FTU/kg (0,15 % vf.P) zur NC zugegeben. Aus den ermittelten Futteraufnahmen und Gewichtszunahmen,

sowie den Phosphorgehalten in der Ration und der Phosphor-Retention pro kg Zuwachs, wurde die zu erwartende Phosphorexkretion berechnet.

Tabelle 1: Untersuchte Rationen für Mastschweine in Versuch A

Behandlung	vf.P ohne Phytase [%]	Quantum® Blue [FTU/kg]	vf.P + Quantum Blue® [%]
Positivkontrolle (PC)	0,32	-	
Negativkontrolle (NC)	0,17	-	
NC + QB 500 FTU	0,17	500	0,32

Versuch B: Drei Experimentaldiäten auf Basis von Mais und Soja wurden in 200 Mastschweinen mit einem durchschnittlichen Anfangsgewicht von 25 kg Lebendmasse (Tabelle 2) verglichen. Dabei wurden fünf Tiere pro Bucht mit acht Wiederholungen verwendet. Die Futteraufnahme wurde täglich und das Gewicht der Tiere an Tag 1 und am Ende des Versuchs (Tag 41, ca. 64 kg) gemessen. Die Positivkontrolle (PC) deckt alle Nährstoffempfehlungen ab (NRC, 2012). Die Negativkontrolle (NC) enthält einen stark reduzierten Gehalt an vf.P (0,095 %). Quantum® Blue wurde in einer Dosierung von 1000 FTU/kg zur NC zugegeben. Aus den ermittelten Futteraufnahmen und Gewichtszunahmen, sowie den Phosphorgehalten in der Ration und der Phosphor-Retention pro kg Zuwachs wurde die zu erwartende Phosphorexkretion berechnet.

Tabelle 2: Untersuchte Rationen für Mastschweine in Versuch B

Behandlung	vf.P ohne Phytase [%]	Quantum® Blue [FTU/kg]	vf.P + Quantum Blue® [%]
Positivkontrolle (PC)	0,32	-	
Negativkontrolle (NC)	0,095	-	
NC + QB 1000 FTU	0,095	1000	0,29

Ergebnisse

Rationsformulierung:

Aus den Phytatgehalten der Futterkomponenten ergab sich ein Phytat-Phosphorgehalt von 0,24 %. Die Beispieldiät erreichte ohne zusätzlich beigefügtem mineralischen Phosphor einen Gehalt von 2,26 g verdaulichem Phosphor (vP)/kg Futter und einen Gesamt-Phosphorgehalt (tP) von 4,4 g/kg Futter. Nur der Gehalt an vP ist für das Tier nutzbar. Der vP-Bedarf/kg Futter eines Schweins (30 – 50 kg, bei 800 g tägl. Zunahme) beträgt 2,7 g. Das heißt, dass das Futter beispielsweise mit einer mineralischen Phosphorquelle ergänzt werden muss, um den P-Bedarf des Tieres zu decken. Das entspricht einer Zugabe von 4,85 g Monocalciumphosphat (MCP)/kg Futter. Diese Ergänzung führt dazu, dass die Empfehlung von 4,5 g tP/kg Futter einer stark N-/P-reduzierten Fütterung überschritten werden. Mit dem Einsatz von 500 FTU/kg Quantum® Blue werden 1,5 g/kg vf.P freigesetzt. Das entspricht 1,2 g/kg vP, so dass der Bedarf des Tieres gedeckt werden kann ohne den Gesamtgehalt an P zu erhöhen (Abbildung 1). Damit wird der Wert eines stark N-/P-reduzierten Futters eingehalten.

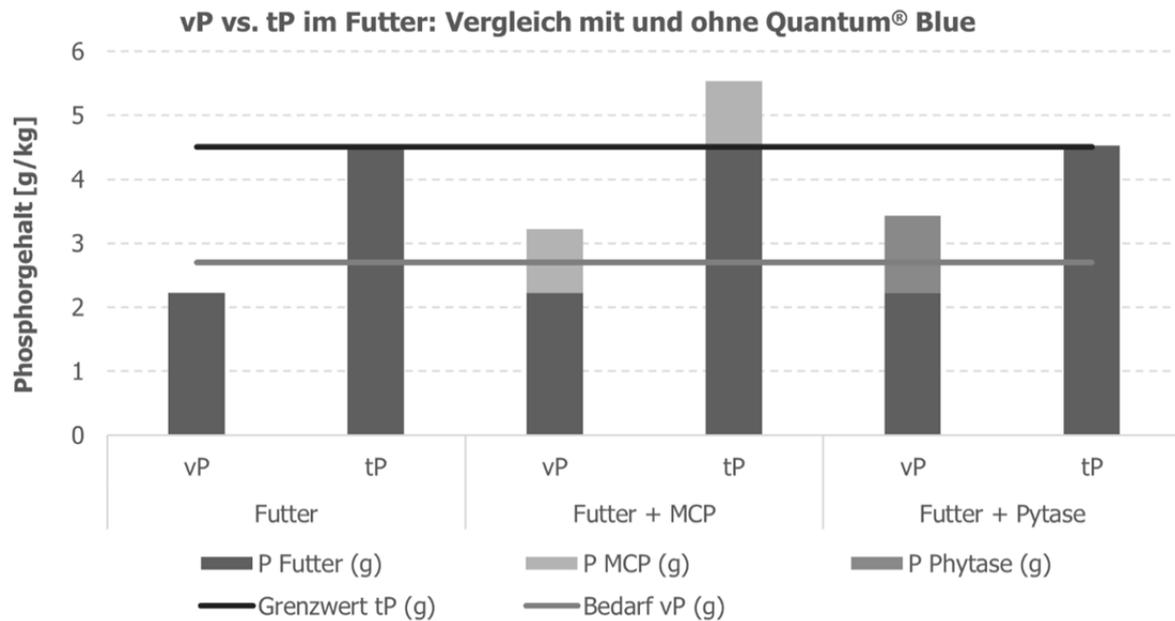


Abbildung 1: Vergleichsfutter auf der Basis von Soja, Weizen, Roggen und Triticale mit Quantum® Blue und ohne Phytase unter Berücksichtigung von P-Bedarf und Gesamtphosphor. vP: verdaulicher Phosphor, tP Gesamtphosphor, vP aus Monocalciumphosphat, Bedarf an vP eines Schweins (30 - 50 kg, bei 850 g tägl. Zunahme). Der Grenzwert tP beruht auf einem stark N -/P -reduzierten Futter.

Versuch A:

Zur Berechnung der zu erwartenden P-Exkretion wird aus den durchschnittlichen täglichen Zunahmen ($\bar{\text{Ø}}$ TZ) und der P-Retention der Schweine pro kg Zuwachs (5,1 g P/kg, DLG Merkblatt 418) zunächst die tägliche p-Retention berechnet. Anschließend wird aus der täglichen Futtermenge und dem Phosphorgehalt im Futter die tägliche P-Aufnahme bestimmt. Aus der täglichen Aufnahme und der täglichen Retention wird schließlich die tägliche P-Exkretion kalkuliert (Tabelle 3).

Der Vergleich der Gruppe NC + QB 500 FTU/kg mit der PC, die den gleichen Gehalt an vf.P aufweist, zeigt: die Phosphorausscheidungen reduzieren sich deutlich. Durch den Einsatz von Quantum® Blue wurden die Emissionen von ca. 7,0 g auf 4,3 g und damit um 38 % reduziert.

Tabelle 3: Berechnung der Phosphor-Exkretion, Versuch A

Behandlung	$\bar{\text{Ø}}$ TZ [g/d]	$\bar{\text{Ø}}$ P-Retention [g/d]	$\bar{\text{Ø}}$ FA [kg/d]	tP im Futter [g/kg]	$\bar{\text{Ø}}$ P-Aufnahme [g/d]	$\bar{\text{Ø}}$ P-Exkretion [g/d]
PC	968	4,937	1,99	6,00	11,940	7,003
NC	887	4,524	1,936	4,50	8,712	4,188
NC + QB 500 FTU	958	4,886	2,051	4,50	9,230	4,344

Versuch B:

Die Berechnung der P-Exkretionen wurde wie im Versuch A beschrieben durchgeführt. Der Effekt von Quantum® Blue auf die Phosphoremissionen der Schweine wurde in Versuch B bestätigt (Tabelle 4). Im Vergleich mit der PC wurde die zu erwartende P-Exkretion in der Gruppe mit 1000 FTU/kg von ca. 7,0 g/d auf 2,6 g/d reduziert. Das entspricht einer Absenkung von 63 %.

Tabelle 4: Berechnung der Phosphor-Exkretion, Versuch B

Behandlung	Ø TZ [g/d]	Ø P-Retention [g/d]	Ø FA [kg/d]	tP im Futter [g/kg]	Ø P-Aufnahme [g/d]	Ø P-Exkretion [g/d]
PC	968	4,937	1,99	6,00	11,940	7,003
NC	800	4,080	1,89	3,75	7,088	3,008
NC + QB 1000 FTU	930	4,743	1,96	3,75	7,350	2,607

Diskussion

In der Rationsformulierung wurde die Phosphorversorgung von Mastschweinen in Bezug zur neuen Düngeverordnung und einer stark N-/P-reduzierten Fütterung untersucht. Es wurde gezeigt dass bei Zugabe von MCP als anorganische Phosphorquelle der Bedarf der Tiere nicht gedeckt werden kann, ohne den empfohlenen Phosphorgehalt zu überschreiten. Die Standarddosierung von Quantum® Blue setzt (500 FTU/kg) 0,15 % verfügbaren Phosphor aus der Ration frei. Dadurch wird es möglich die Tiere bedarfsgerecht zu ernähren und gleichzeitig so viel Phosphor einzusparen, dass Phosphorgehalt einer stark reduzierten Fütterung nicht überschritten wird.

Außerdem wurde der Effekt auf die P-emissionen in zwei Versuchen mit Mastschweinen bestimmt. Der erste Versuch zeigt, dass im Vergleich zu einer Positivkontrolle mit gleichem vf.P Gehalt, die erwarteten P-Emissionen durch eine Dosierung von 500 FTU/kg um 38 % reduziert werden. Im zweiten Versuch wurden die P-Exkretionen einer Ration mit 1000 FTU/kg mit einer Positivkontrolle verglichen. Es wurde gezeigt, dass durch die höhere Dosierung von Quantum® Blue unter Einbeziehung der Matrixwerte in der Formulierung, sogar 63 % weniger Phosphor ausgeschieden wird.

Schlussfolgerung

Die vorgestellte Rationsformulierung zeigt, dass es die Standarddosierung von Quantum® Blue ermöglicht, Mastschweine bedarfsgerecht mit Phosphor zu versorgen, ohne den empfohlenen Gehalt einer stark N-/P-reduzierten Fütterung zu überschreiten. Durch die hohe Phosphorfreisetzung aus dem Futter wird der Gehalt an verdaulichem Phosphor erhöht, ohne den Gesamtgehalt an Phosphor zu beeinflussen. Unter Einbeziehung der effektiven Matrixwerte ist damit ein wesentlich höherer Anteil des Phosphors für das Tier nutzbar und die P-Exkretion sinkt. Das wurde in zwei praktischen Versuchen mit Mastschweinen bestätigt. Die berechneten Phosphoremissionen können bei einer Dosierung von 500 FTU/kg um 38 % und durch den Einsatz von 1000 FTU/kg sogar um 62 % reduziert werden. Das macht die leistungsstarke Phytase Quantum® Blue zu einem wichtigen Baustein für die Verbesserung der Phosphorbilanz und zur Lösung der Herausforderungen aus der neuen Düngeverordnung.

Literatur

DLG, 2014a, „Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere“, Arbeiten der DLG, Band 199, 2 Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main

DLG, 2014b, „DLG- Futterwerttabellen Schweine“, 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main

DLG-Merkblatt, 2016, „Leitfaden zur nachvollziehbaren Umsetzung stark N-/P-reduzierter Fütterungsverfahren bei Schweinen“ 418, 1 Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main

NRC, 2012, „Nutrient Requirements of Swine“, National Academy Press, Washington, DC.

Simons, P.C.M., H.A.J. Versteegh, A. W. Jongbloed, P. A. Kemme, P. Slump, K. D. Box, M.G.E. Wolters, R. F. Beudeker, und G. J. Verschoor., 1990, „Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs“, British Journal of Nutrition, 64, 525-540.

Rodehutschord, M, 2001, „Der gegenwärtige Stand der Phosphorbewertung für Nutztiere“, Lohmann Information, 1, 1 – 9

Autorenanschrift

Dr. Michael Wilhelm
Dr. Eckel Animal Nutrition GmbH & Co. KG
Im Stiefelfeld 10
56651 Niederzissen, Deutschland
M.Wilhelm@dr-eckel.de

Think big! Wir geben Ihnen das Zeug dazu

Quantum® Blue und Superdosing:
für höchste Futtereffizienz



DR. ECKEL
**INNOVATIONS-
OFFENSIVE**

Phytat abbauen in neuer Dimension: Jetzt mit **Quantum® Blue** ein Höchstmaß an Phosphor freisetzen. Und bei der Futtereffizienz so viel rausholen wie nie.

Denken Sie in neuen Maßstäben!



Einfluss einer Hybrid-Phytase auf die Ausscheidung und Verwertbarkeit von Phosphor beim Ferkel und Mastschwein

Anne Winkler¹, Julia Trautwein¹, Dieter Feuerstein², Peter Ader², Georg Dusel¹

¹Technische Hochschule Bingen, FB Agrarwirtschaft, 55411 Bingen/Rhein

²BASF SE – Animal Nutrition, 68623 Lampertheim

Einleitung

Phosphor (P) liegt in Getreide und Ölsaaten größtenteils (60-80 %) in einer festen Bindung an Phytat vor (Reddy et al., 1982). Aufgrund der geringen endogenen Phytaseaktivität im Gastro-Intestinal-Trakt von Schweinen, kann der phytat-gebundene P nur kaum dephosphoryliert werden und wird ungenutzt ausgeschieden. Durch die Ergänzung des Futters mit mikrobieller Phytase kann die Verwertbarkeit von P erhöht werden. Dadurch reduziert sich die Ausscheidung von P über Kot und Harn, was zu einer geringeren Umweltbelastung, reduzierter Supplementierung von anorganischen Phosphat zum Futter und Folge dessen zur Schonung nicht erneuerbarer Phosphatquellen führt (Kerr et al., 2010; Windisch et al., 2013).

In je einer Verdaulichkeitsstudie an Ferkeln (12-25 kg LM) und Mastschweinen (40-80 kg LM) wurde die Ausscheidung und Verdaulichkeit von P und Calcium (Ca), einer P- und Ca-reduzierten Futterration (Negativkontrolle (NC)) ohne und mit Phytasesupplementierung bestimmt.

Material und Methode

Die Verdaulichkeitsstudie beim Ferkel wurde mit 20 kastrierten männlichen Ferkeln (Topigs x Pietrain) und 2 Durchgängen durchgeführt. Pro Durchgang erhielten 4 Ferkel je eine Fütterungsvariante (s. Tab. 1), so dass die hier dargestellten Daten auf 8 Wiederholungen pro Variante basieren. Die Tiergewichte liegen über den Versuch zwischen 12 und 25 kg LM, bei Versuchsbeginn im Mittel bei 16 kg.

Die Verdaulichkeitsstudie beim Mastschwein war als lateinisches Quadrat angelegt und wurde mit 8 Kastraten (Topigs x Pietrain) über 4 Durchgänge durchgeführt. Somit erhielt jedes Schwein jede Futtervariante und es ergibt sich eine Wiederholung von 8 Tieren pro Variante. Das mittlere Lebendgewicht der Tiere lag zu Versuchsbeginn bei 46 kg und variierte über den Versuch zwischen 40 und 80 kg.

Beide Studien wurden in Bilanzstoffwechselständen durchgeführt, in denen Kot und Harn quantitativ gesammelt wurden. Nach einer allgemeinen Adaption von einer Woche an das Kontrollfutter wurden die Tiere in die Stoffwechselstände eingestallt und jeder Durchgang bestand aus einer Adaptionszeit von 3 Tagen im Käfig und einer Sammelperiode von 4 Tagen, in der 2x täglich Kot und Harn gesammelt wurden. Die tierindividuelle Futtermenge entsprach dem 2,5-3-fachen Erhaltungsbedarf an Energie.

Das Futter bestand aus den Hauptkomponenten Mais, Soja- und Rapsextraktionsschrot (s. Tab. 2) und wurde den Tieren in Mehlform vorgelegt. Die tägliche tierindividuelle Futteraufnahme wurde erfasst. Es wurde pro Versuch eine Basisration (NC) hergestellt und das Enzym entsprechend der analysierten

Phytaseaktivität dosiert, um in den Versuchsfuttern die beabsichtigte Phytaseaktivität zu erhalten. Die analysierten Phytaseaktivitäten der fertigen Versuchsmischungen sind der Tab. 3 zu entnehmen.

Tabelle 1: Bezeichnung der Varianten und Phytase Supplementierung

Variante	Dosierung
FERKEL (12-25 kg LM)	
A	Negativkontrolle (NC) ohne Phytase, DCP, MCP
B	NC + 250 FTU Natuphos E* / kg Futter
C	NC + 500 FTU Natuphos E* / kg Futter
D	NC + 750 FTU Natuphos E* / kg Futter
E	NC + 1000 FTU Natuphos E* / kg Futter
MASTSCHWEINE (40-80 kg LM)	
A	Negativkontrolle (NC) ohne Phytase, DCP, MCP
B	NC + 250 FTU Natuphos E* / kg Futter
C	NC + 500 FTU Natuphos E* / kg Futter
D	NC + 750 FTU Natuphos E* / kg Futter

*Myo-inositol-hexakisphosphate beta-phosphohydrolase (EC 3.1.3.26), produziert durch *Aspergillus niger*

Tabelle 2: Futterzusammensetzung

Komponenten	Ferkelfutter	Mastschweinefutter
	12-25 kg LM	40-80 kg LM
	%	%
Mais	64,00	70,56
Mais (expanded)	10,00	
Sojaextraktionsschrot	16,50	10,40
Rapsextraktionsschrot	6,00	15,85
L-Lysine (HCl)	0,455	0,43
DL-Methionin	0,212	
L-Threonin	0,162	
L-Tryptophan	0,10	
Viehsalz (NaCl)	0,30	0,33
Futterkalk (CaCO ₃)	1,28	1,13
Rapsöl	0,50	1,10
Vormischung (Vit/Min)	0,50	0,20
Kalkuliert		
ME, (MJ/kg)	13,7	13,5
NE, (MJ/kg)	10,6	10,2
Rohprotein (%)	16,1	16,0
Analysiert (% im Futter)		
Calcium	0,48	0,62
Phosphor	0,31	0,41
Phytat-Phosphor	0,19	0,17

Tabelle 3: Analysierte Phytaseaktivität der Futtermittelsvarianten

Variante	Analysiert Phytaseaktivität
FERKEL (12-25 kg LM)	
A	< 60 FTU/kg
B	250 FTU/kg
C	550 FTU/kg
D	730 FTU/kg
E	870 FTU/kg
MASTSCHWEINE (40-80 kg LM)	
A	110 FTU/kg
B	520 FTU/kg
C	780 FTU/kg
D	1100 FTU/kg

In der Sammelperiode wurden die Kotproben direkt nach der quantitativen Erfassung eingefroren und am Ende zu einer Poolprobe konfektioniert, die dann gefriergetrocknet und vermahlen wurde. Der Harn wurde ebenfalls bis zur Analyse tiefgefroren. Neben den hier dargestellten Parametern P und Ca wurde in Futter, Kot und Urin auch die Bruttoenergie bestimmt.

Die Berechnung der scheinbaren Verdaulichkeit für P und Ca wurde basiert auf den entsprechend aufgenommenen respektive ausgeschiedenen Mengen durchgeführt.

Ergebnisse

Durch die Supplementierung der Phytase zum Basisfutter konnte sowohl beim Ferkel (bis zu -57%) als auch beim Mastschwein (bis zu -40%) mit steigender Dosierung eine signifikant geringere Phosphorausscheidung über den Kot im Vergleich zur Negativkontrolle realisiert werden (Tab. 4).

Abbildung 1 zeigt graphisch auf, in welchem Ausmaß durch die zunehmende Dosierung der Phytase *Natuphos E* eine Reduktion der Gesamtausscheidung an Phosphor über Kot und Urin erfolgt.

Des Weiteren konnte auch die P-Verdaulichkeit mit zunehmender Dosierung der eingesetzten Phytase *Natuphos E* im Vergleich zur Negativkontrolle sowohl bei den Ferkeln als auch bei den Mastschweinen signifikant erhöht werden (Tab. 5).

Tabelle 4: Tägliche Phosphorausscheidung

Variante	Tägliche Phosphorausscheidung (g/Tier/Tag)				
		FERKEL		MASTSCHWEINE	
		über Urin	über Kot	über Urin	über Kot
A NC	Mw	0.009	1.39 ^d	0.019	3.60 ^c
	s	0.004	0.22	0.024	0.54
B NC + 250 FTU Natuphos E	Mw	0.012	1.09 ^c	0.019	2.81 ^b
	s	0.005	0.28	0.012	0.47
C NC + 500 FTU Natuphos E	Mw	0.019	0.92 ^{bc}	0.023	2.41 ^{ab}
	s	0.022	0.16	0.015	0.55
D NC + 750 FTU Natuphos E	Mw	0.010	0.75 ^{ab}	0.029	2.15 ^a
	s	0.005	0.20	0.024	0.33
E NC + 1000 FTU Natuphos E	Mw	0.012	0.60 ^a		
	s	0.006	0.12		
p-value		0.445	<0.001	0.887	<0.001
SEM		0.002	0.053	0.003	0.127

^{a,b,c} Werte innerhalb einer Spalte mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander (p<0,05)

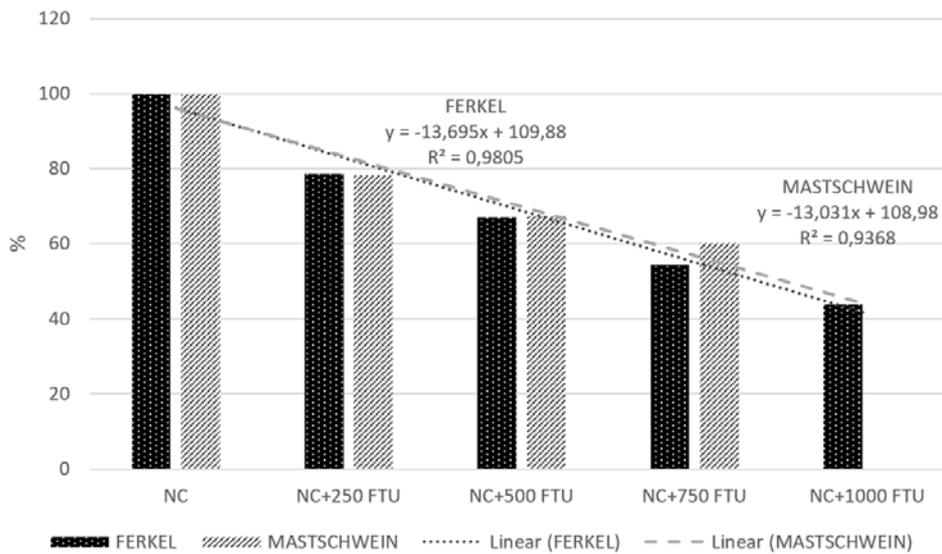


Abbildung 1: Prozentuale Reduktion der Phosphorausscheidung über Urin und Kot durch Phytaseinsatz

Tabelle 5: Scheinbare Verdaulichkeit von Calcium und Phosphor

Variante		Scheinbare Verdaulichkeit (%)			
		FERKEL		MASTSCHWEINE	
		Calcium (Kot)	Phosphor (Kot und Urin)	Calcium (Kot)	Phosphor (Kot und Urin)
A NC	Mw	55.4 ^a	30.6 ^a	51.5 ^a	42.3 ^c
	s	5.7	4.7	13.2	9.0
B NC + 250 FTU Natuphos E	Mw	66.0 ^b	49.7 ^b	63.4 ^{ab}	56.2 ^b
	s	5.7	4.9	12.8	9.9
C NC + 500 FTU Natuphos E	Mw	74.2 ^c	56.1 ^b	67.2 ^b	64.6 ^{ab}
	s	4.1	6.5	9.8	8.4
D NC + 750 FTU Natuphos E	Mw	78.8 ^{cd}	65.3 ^c	70.2 ^b	67.5 ^a
	s	4.8	3.9	5.5	3.9
E NC + 1000 FTU Natuphos E	Mw	81.7 ^d	69.8 ^c		
	s	4.5	6.9		
p-value		<0.001	<0.001	0.013	<0.001
SEM		1.700	2.349	2.205	2.225

^{a,b,c} Werte innerhalb einer Spalte mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander (p<0,05)

Diskussion und Schlussfolgerung

Die Zugabe der Phytase *Natuphos E* in gestaffelter Dosierung bis zu 750 FTU/kg (Mastschwein) bzw. 1000 FTU/kg Futter zu einer Ca- und P-reduzierten Futtermischung (Negativkontrolle) führte zu einer Abnahme der P-Ausscheidung bzw. zu einer verbesserten P- und Ca-Verdaulichkeit. Die Reduktion der P-Ausscheidung gegenüber der Negativkontrolle weist bei Ferkeln (12-25 kg LM) und Mastschweinen (40-80 kg LM) eine vergleichbare Größenordnung bei gleicher Enzymdosierung auf (Abb. 1). Die Reduktion der P-Ausscheidung um bis zu 40% (750 FTU Mastschweine) bzw. bis zu 56% (1000 FTU Ferkel) gegenüber einer P- und Ca-reduzierten Diät ohne Phosphatzusatz zeigt damit das Potential von *Natuphos E* auf, die Verdaulichkeit des pflanzlichen Phosphors zu verbessern bzw. das Einsparpotential mineralischen Phosphors.

Beim Ferkel konnte durch Zugabe von 1000 FTU/kg die Verdaulichkeit des Phosphors von 31% auf 70% verbessert werden, beim Mastschwein von 42% auf 68% (bei 750 FTU/kg). Vergleichbare Daten beim Ferkel zeigt Kies et al. (2006). Hier konnte gegenüber einer Kontrolldiät die Verdaulichkeit von 34% auf 60% bei einer Dosierung von 750 FTU/kg gesteigert werden. Kies et al. (2006) konnten in ihrer Studie einen weiteren Anstieg der Verdaulichkeit bei höherer Phytasedosierung (1.500 bzw. 15.000 FTU/kg) nachweisen. Unsere Daten lassen im Bereich der Ferkelaufzucht ebenfalls die Spekulation zu, dass eine höhere Phytasedosierung eine weitere Verbesserung der Verdaulichkeit bewirken könnte, da im Gegensatz zu den Daten unserer Mastschweinstudie die P-Ausscheidung über den Harn beim Ferkel auch bei der höchsten Phytasedosierung von 1000 FTU/kg unverändert niedrig liegt.

Gegenüber den Studienergebnissen von Kies et al. (2006) konnte in dieser Ferkelstudie die Verbesserung der Ca-Verdaulichkeit intensiviert werden. Während die Ca-Verdaulichkeit der Kontrollration auf vergleichbarem Niveau lag (57% vs. 55%) wurde bei der Dosierung 750 FTU/kg eine Ca-Verdaulichkeit von 69% bzw. in unserer Studie von 79% ermittelt.

Die höchste prozentuale Verbesserung der P-Verdaulichkeit konnte sowohl beim Ferkel als auch beim Mastschwein zwischen der Dosierung von 0 auf 250 FTU/kg dokumentiert werden. Bei den Mastschweinen nahm die P-Verdaulichkeit bei Zugabe von 250 FTU/kg gegenüber der Kontrollvariante um 14% zu. Zum gleichen Ergebnis kommt Poulsen 2010.

Die vorliegenden Versuchsdaten zur signifikant erhöhten P-Verdaulichkeit und somit signifikant verringerten P-Ausscheidung über Kot und Harn durch Ferkel und Mastschwein aufgrund des Einsatzes der Phytase *Natuphos E*, unterstreichen die Bedeutung und den Beitrag moderner Phytasen im Hinblick auf eine umwelt- und ressourcenschonendere Tierernährung.

Literatur

- Kerr, B. J., T. E. Weber, P. S. Miller, L. L. Southern (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., P. A. Kemme, L. B. J. S Šebek, J. Th. M. van Diepen, A. W. Jongbloed (2006). Effect of graded doses and a high dose of microbial phytase on the digestibility of various minerals in weaner pigs. *J. Anim. Sci.* 2006. 84:1169–1175.
- Poulsen, H.C., K. Blaabjerg, A. Strathe, P. Ader, D. Feuerstein (2010). Evaluation of different microbial phytases on phosphorus digestibility in pigs fed a wheat and barley based diet. *Livestock Science* 134 (2010) 97–99.
- Reddy, N. R., S. K. Sathe, D. K. Salukhe (1982). Phytates in legumes and cereals. *Adv. Food Res.* 28: 1-92.
- Windisch, W., C. Fahn, D. Brugger, M. Deml, M. Buffler (2013). Strategien für eine nachhaltige Tierernährung. *Züchtungskunde*, 85, (1): 40-53.

Autorenanschrift

Prof. Dr. Georg Dusel
Technische Hochschule Bingen
Berlinstr. 109, 55411 Bingen
g.dusel@th-bingen.de

Phytasen in der Ferkelaufzucht : Leistungssteigerung durch die Freisetzung des Myo-Inositols bei hohen Dosierungen

Peter Loibl, Matthias Wiemann

DSM Nutritional Products GmbH

Einleitung

Phytinsäure (Hexa-Phospho-Inosit, IP₆, nachfolgend Phytin) ist die Hauptspeicherform von Phosphor in Pflanzen (Eckhout, et al., 1994). Sie ist aufgrund ihrer starken elektronegativen Ladung über ein breites pH-Spektrum hinweg in der Lage, neben Phosphor auch weitere Nährstoffe, wie Mineralstoffe (Ca, Mg, Zn, Cu und Fe), Protein und Stärke als Chelat zu binden (Cheryan, et al., 1980). Mikrobielle Phytasen werden eingesetzt, um die sechs ans *Myo*-Inositol (die Kernstruktur) gebundenen Phosphate abzuspalten. Dadurch wird Phosphat freigesetzt und die antinutritive Wirkung verringert (Dersjant-Li, et al., 2015).

Bei der Dosierung derartiger Enzyme ist zu beachten, dass diese von Produkt zu Produkt sowohl im Hinblick auf die zugelassene Mindestaktivität als auch auf die Wirksamkeitseinheit (FYT, FTU, OTU) unterschiedlich sind (Menezes-Blackburn, et al., 2015). Die Wirksamkeitseinheiten drücken aus, wie viel Phosphat eine Einheit Phytase aus Natriumphosphat bei einem pH-Wert von 5,5 und einer definierten Temperatur über eine Minute freisetzt. Dieser Messbereich liegt aber deutlich über dem pH-Wert des Magens, dem Zielwirkungsort, sodass die Produkte auf Basis dieses Wertes unter Praxisbedingungen nicht vergleichbar sind. Hierfür sollten die Matrixwerte, also Freisetzungswerte für bestimmte Nährstoffe, die in Verdauungsversuchen bestimmt wurden, herangezogen werden. Sie drücken nämlich die Effektivität der unterschiedlichen Phytasen am besten aus (Dersjant-Li, et al., 2015).

Die Freisetzung ist dosisabhängig, wobei die Freisetzungskurve nicht linear verläuft. Mit zunehmender Dosis nimmt die relative Effektivität ab. Deshalb reichen die in der Zulassung angegebenen Mindestaktivitäten der Produkte häufig bereits aus, um das Tier abhängig vom Haltungsabschnitt (ein Ferkel hat z. B. einen höheren P-Bedarf als ein Mastschwein) auch ohne Zulage von mineralischen Phosphor bedarfsdeckend zu ernähren (Schnippe, 2017). Diese Einsparung lässt es zu, die P-Ausscheidung aus der Tierhaltung zu relativ einfach reduzieren.

Höhere Enzymdosierungen hingegen ermöglichen es, zusätzlich im Zusammenspiel mit vom Tier produzierten Phytasen das *Myo*-Inositol freizusetzen (Cowieson, et al., 2011). Dieses wurde früher den B-Vitaminen zugerechnet und hat, sobald die Blutkonzentration ausreicht, insulinähnliche, leistungsstimulierende Wirkung (Wilcock, et al., 2014). Dies wurde in folgenden Experiment untersucht.

Material und Methoden

In einem Fütterungsversuch in der Ferkelaufzucht wurden vier unterschiedliche Rationen verfüttert. Eine anhand der Zulage von Dicalciumphosphat (1,2 g/kg) hinsichtlich P und Ca bedarfsdeckend ernährte Positivkontrollgruppe wurde einer Negativkontrollgruppe ohne Zulage mineralischen P und Ca und Phytase gegenübergestellt. Der Ration der Negativkontrolle wurde dann in zwei Versuchsgruppen 1000 FYT und 2000 FYT einer mikrobiellen Phytase (Ronozyme HiPhos[®], DSM Nutritional Products, Kaiseraugst, Schweiz) zugesetzt. Die Mischfutter bestanden aus Maisschrot (Positivkontrolle (PK):

54,8 %/ Negativkontrolle (NK): 56,0 %), Sojaextraktionsschrot (22,6 %/22,6%) und Rapsextraktionsschrot (15,4 %/15,4 %) mit einem Mineralfutter (3 %/3 %), das Spurenelemente, Vitamine und Aminosäuren enthielt. Das Dicalciumphosphat bzw. die Phytase wurden ebenfalls über das Mineralfutter eingemischt. Die Ergebnisse der Futteranalyse sind in Tabelle dargestellt.

33 Redon x Large White-Ferkel (Startgewicht $8,68 \pm 0,99$ kg) wurden in Buchten à 3 Tiere aufgestellt. Sechs Tiere wurden für die Positivkontrollgruppe eingeteilt. Für die anderen drei Gruppen wurden jeweils neun Tiere ausgewählt. Die Versuchstiere wurden in Flatdeckkäfige, mit jeweils zwei Tränknippeln und zwei Einzeltierfutterautomaten eingestallt. Über die Versuchsdauer von 28 Tagen wurde ein dem Wachstumsstatus der Tiere angepasstes Temperaturprogramm (Starttemperatur 27 °C, wöchentliche Reduktion um 2 °C) bei gleichbleibender Luftfeuchte von 50 % gefahren.

Es wurden die zootecnischen Leistungen, P-, Ca- und Myo-Inositolkonzentration im Blutplasma und verschiedene Knochenparameter untersucht.

Mögliche signifikante Mittelwertsunterschiede wurden über eine einfaktorielle ANOVA mit dem Faktor Behandlung anhand des Student-Newman-Keuls-Tests identifiziert.

Ergebnisse und Diskussion

Die analysierte Rohnährstoffzusammensetzung und Phytaseaktivität ist in Tabelle 1 aufgeführt. Die Rationen unterschieden sich wie geplant im Gehalt an Phosphor und Calcium (0,70 % P und 0,89 % Ca in der Positivkontrollgruppe, durchschnittlich 0,47 % P und 0,56 % Ca bei den restlichen Gruppen). Alle weiteren Rohnährstoffe lagen auf gleichem Niveau (12,6 MJ ME; 19,8-20,0 % XP). Die beiden Rationen ohne zugesetzter Phytase zeigten eine native Phytaseaktivität von ca. 130 FYT/kg. In den Zulagegruppen wurde die gewünschte Phytaseaktivität erreicht, bzw. geringfügig überschritten (1038 FYT/kg bei der 1000 FYT-Gruppe und 2371 FYT/kg bei der 2000FYT-Gruppe).

Tabelle 1: Rohnährstoff- und Phytasegehalte der vier Behandlungsdiäten

Parameter	PK	NK	1000 FYT	2000 FYT
MJ ME/kg	12,6	12,6	12,6	12,6
XP (% TM)	20,0	19,8	20,0	19,9
XA (% TM)	5,65	4,76	4,65	4,97
Lys (% TM)	1,28	1,27	1,29	1,27
Thr (% TM)	0,83	0,85	0,89	0,83
Met+Cys (% TM)	0,68	0,70	0,68	0,69
ges. P (% TM)	0,70	0,47	0,48	0,47
ges. Ca (% TM)	0,89	0,57	0,55	0,54
Phytin-P (% TM)	0,28	0,28	0,28	0,28
Phytaseaktivität (FYT/kg)	126	132	1038	2371

PK = Positivkontrollgruppe; NK = Negativkontrollgruppe

In Tabelle 2 sind die zootecnischen Parameter zusammengefasst. Hinsichtlich der täglichen Futteraufnahmen konnte kein statistisch relevanter Unterschied festgestellt werden. Die Positivkontrollgruppe und die 2000 FYT-Gruppe lagen mit ~565 g/Tag 40 g/Tag über dem Niveau der Negativkontrollgruppe, die 1000 FYT-Behandlung 20 g/Tag.

Auch in Bezug auf die Futtermittelverwertung unterschieden sich die Gruppen nicht signifikant. Hier fiel jedoch auf, dass die Negativkontrolle fast 100 g (~5 %) mehr als die Positivkontrolle (1,734 kg/kg) fressen musste um 1 kg Lebendgewicht zuzunehmen. Die 1000 FYT-Gruppe lag auf identischem Niveau wie die PK (1,75 kg/kg), die 2000 FYT-Gruppe brauchte aber knapp 200 g (~10%) weniger Futter für ein Kilogramm Zuwachs (1,56 kg/kg). Dies könnte auf einen Zusatzeffekt der höheren Dosierung hindeuten. Durch die insulinähnlichen Effekte des *Myo*-Inositols kann eine Verbesserung der Futtermittelverwertung erreicht werden (Cowieson, et al., 2013).

Die täglichen Zunahmen waren in der nicht bedarfsdeckend mit Phosphor versorgten Negativkontrollgruppe (287,0 g/Tag) um ca. 10 % (30 g/Tag) niedriger als die der Positivkontrollgruppe (324,7 g/Tag). Die 1000 FYT-Gruppe lag mit 314,3 g/Tag auf einem mit der Positivkontrollgruppe vergleichbaren Niveau. Mit 362,1 g/Tag nahm die 2000-FYT-Gruppe signifikant 80 g/Tag mehr zu als die Negativkontrolle. Diese Gruppe nahm auch um knapp 40 g/Tag mehr zu als die PK und die 1000 FYT-Gruppe. Daraus kann geschlossen werden, dass durch die Zulage von 1000 FYT in der vorliegenden Ration ohne Zulage von mineralischem Phosphor eine bedarfsdeckende Versorgung gewährleistet wurde. Die doppelte Menge konnte die täglichen Zunahmen nochmal um 11 % steigern, was wiederum für die leistungssteigernde Wirkung des *Myo*-Inositols sprach. Dies deckt sich auch mit den Ergebnissen von Guggenbuhl, et al. (2015).

Als Parameter für den Einfluss der hohen Phytasedosen auf Freisetzung und Wirkung von *Myo*-Inositol wurden die Gehalte im Blutplasma untersucht. Die beiden Gruppen ohne Phytase im Futter lagen im Durchschnitt bei 7,3 mg/l. Mit 14,3 mg/l war der Wert in der 2000 FYT-Gruppe aber beinahe beim doppelten der beiden Kontrollgruppen und auch noch 25 % über dem der 1000 FYT-Gruppe (10,7 mg/l). Beide Gruppen lagen signifikant über den Gruppen ohne Phytasezulage. Die doppelte Menge an Phytase konnte zusätzlich ein Viertel mehr *Myo*-Inositol freisetzen, was neben der Bedarfsdeckung mit P und Ca ein Grund für die besseren Leistungen der 2000 FYT-Gruppe sein könnte.

Tabelle 2: Gegenüberstellung der zootecnischen Leistungen, der Gehalte relevanter Inhaltsstoffe im Blutplasma und Knochen- und Muskelparameter

Parameter	NK	PK	1000 FYT	2000 FYT	p-Wert
Zootecnische Leistungen Tag 1-28					
tägl. Futteraufnahme [g]	520	563,5	547,7	565,3	n.s.
Futtermittelverwertung [kg/kg]	1,81	1,73	1,76	1,56	n.s.
tägl. Zunahmen [g]	287,0 ^a	324,7 ^{ab}	314,3 ^{ab}	362,1 ^b	0,04
Inhaltsstoffe im Blutplasma					
<i>Myo</i> -Inositol [mg/l]	7,2 ^a	7,4 ^a	10,7 ^b	14,3 ^b	<0,0001
P [mg/dl]	4,90 ^a	8,23 ^b	8,65 ^b	8,98 ^b	<0,0001
Ca [mg/dl]	11,8 ^b	10,9 ^a	10,7 ^a	10,8 ^a	<0,0001
Knochenmineralisierung, -stärke und Gewicht des Lachs-Muskels					
Femur-Asche [%]	62,8 ^a	65,8 ^b	66,0 ^b	66,3 ^b	0,003
Femur-Bruchstärke [N]	209 ^a	447 ^b	407 ^b	513 ^b	0,004
Gewicht long. dorsi [g]	236,1 ^a	263,0 ^a	249,0 ^a	321,0 ^b	0,02

Hochgestellte Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede innerhalb einer Zeile; Signifikanzniveau: p < 0,05. n.s. = nicht signifikant; PK = Positivkontrolle; NK = Negativkontrolle; [N] = Newton

Die Ergebnisse der Blutuntersuchungen in Bezug auf Ca und P belegten die nicht bedarfsdeckende P-Versorgung der Negativkontrollgruppe. Mit 4,90 mg/dl Phosphor im Blut lag diese Gruppe bei fast der Hälfte der anderen Gruppen (durchschnittlich 8,62 mg/dl). Hinsichtlich Ca lagen die Werte bei der Negativkontrollgruppe um 10 % über den anderen Gruppen. Diese Befunde können mit folgenden physiologischen Faktoren zusammenhängen: Beim P-Stoffwechsel wird über die homöostatische Regulation bei Erreichen eines bedarfsdeckenden Spiegels die Absorption im Verdauungstrakt zurückgefahren. Daher lagen die bedarfsgedeckten Gruppen auf gleichem Niveau (Kirchgessner, et al., 2008). Der leicht erhöhte Ca-Gehalt im Blut könnte auch mit dem P-Mangel zusammenhängen, da die hormonelle Regulation der P- und Ca- Absorption relativ parallel läuft. Bei P-Mangel ist also auch die Ca-Absorption betroffen und hochreguliert (Kirchgessner, et al., 2008).

Die Knochenmineralisierung ist ein guter Messparameter für den Versorgungszustand mit Phosphor und Calcium (Kirchgessner, et al., 2008). Bei Untersuchung der Femur-Asche lag die Negativkontrollgruppe signifikant unter den anderen drei Gruppen (62,8 % zu 66,0 %). Statistisch gesehen bildeten sich auch bei der Bruchstärke des Femurs diese beiden Blöcke. Die Negativkontrollgruppe lag signifikant bei knapp der Hälfte der anderen drei Gruppen (209 N zu im Durchschnitt 456 N). Innerhalb der bedarfsgedeckten Gruppen hatte aber die 1000 FYT-Gruppe mit einer Bruchstärke von 407 N einen niedrigeren Wert als die Positivkontrollgruppe (447 N), die wiederum 66 N unter der 2000 FYT-Gruppe (513 N) lag. Dank der höchsten Phytasezulage wurde also die beste Mineralisierung der Knochen realisiert, statistisch gesehen war die 1000 FYT-Gruppe ausreichend versorgt, konnte aber bei der Bruchstärke nicht an das Niveau der Positivkontrollgruppe herankommen. Bei der Femur-Asche lag die 1000 FYT-Gruppe aber um 0,2 % über der PK. Guggenbuhl, et al. (2015) kamen zu ähnlichen Ergebnissen bei unterschiedlichen Phytasedosen.

Beim Gewicht des Musculus longissimus dorsi (Lachs-Muskel) lagen die PK, die NK und die 1000 FYT-Gruppe auf gleichem Niveau von durchschnittlich 249,4 g. Die 2000 FYT-Gruppe erreichte mit 321,0 g ein um 23 % höheres Level. Ein ähnliches Ergebnis zeigten Croze et al. (2013) bei Zufütterung von reinem Myo-Inositol. Die Myo-Inositolfreisetzung durch die mikrobielle Phytase könnte also einen entsprechenden Effekt auf das Muskelwachstum haben.

Fazit

Der Einsatz von mikrobiellen Phytasen in der Schweinefütterung ist mittlerweile Standard und bietet mehrere Vorteile. Zum einen kann auf Basis der produktspezifischen Matrixwerte mineralischer Phosphor eingespart werden. Zum anderen können, und müssen, weitere Nährstoffe (insbesondere Ca) reduziert werden. Je nach Phytatingehalt der Ration kann dadurch sogar komplett auf eine Zulage mineralischen Phosphors und Calciums verzichtet werden. Dies wurde im vorgestellten Versuch in der Ferkelaufzucht ohne Leistungseinbußen gezeigt.

Neben der Einsparung von Dicalciumphosphat konnten aufgrund der hohen Dosierungen der Phytase weitere positive Effekte festgestellt werden. Dank der durch „Super-Dosing“ bedingten Freisetzung von Myo-Inositol wurden die täglichen Zunahmen um 11 % gesteigert und die Futtermittelverwertung um fast 10 % verbessert.

Wegen der Kostenersparnis durch den Verzicht auf mineralischen Phosphor und die positiven Leistungseffekte wird der Einsatz von Phytase noch attraktiver. Um die genauen Wirkungsweisen des „Super-Dosings“ noch besser zu verstehen, sollten Anschlussstudien durchgeführt werden.

Literaturverzeichnis

- Cheryan, Munir und Rackis, Joseph J. 1980. Phytic acid interactions in food systems. *C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1980, Bd. 13, 4, S. 297-335.
- Cowieson, A.J., et al. 2011. Increased dietary sodium chloride concentrations reduce endogenous amino acid flow and influence the physiological response to the ingestion of phytic acid by broiler chickens. *British Poultry Science*. 2011, Bd. 52, 5, S. 613-624.
- Cowieson, A.J., et al. 2013. The effect of microbial phytase and myo-inositol on performance and blood biochemistry of broiler chickens fed wheat/corn-based diets. *Poultry Science*. 2013, Bd. 92, S. 2124-2134.
- Croze, Marine L., et al. 2013. Chronic treatment with myo-inositol reduces white adipose tissue accretion and improves insulin sensitivity in female mice. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 2013, Bd. 24, S. 457-466.
- Dersjant-Li, Yueming, et al. 2015. Phytase in non-ruminant animal nutrition: a critical review on phytase activities in the gastrointestinal tract and influencing factors. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2015, Bd. 95, S. 878-896.
- Eckhout, W. und de Paepe, M. 1994. Total phosphorus, phytate-phosphorus and phytase activity in plant feedstuffs. *Animal Feed Science and Technology*. 1994, Bd. 47, S. 19-29.
- Guggenbuhl, P., Perez, Calvo E. und Fru, F. 2015. Improved mineral utilisation in grower-finisher pigs fed a diet supplemented with graded amounts of two phytases. *Animal Production Science*. 2015, Bd. 55, S. 1560.
- Kirchgessner, Manfred, et al. 2008. *Tierernährung - Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis*. Weihenstephan : DLG-Verlags-GmbH, Eschborner Landstr. 122, D-60489 Frankfurt am Main, 2008. ISBN 978-3-7690-0703-9.
- Menezes-Blackburn, Daniel, Gabler, Stefanie und Greiner, Ralf. 2015. Performance of Seven Commercial Phytases in an in Vitro Simulation of Poultry Digestive Tract. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2015, Bd. 63, S. 6142-6149.
- Schnippe, Fred. 2017. "Wir mästen ohne mineralischen Phosphor". *SUS - Schweinezucht und Schweinemast*. 2017, 4, S. 24-27.
- Wilcock, P., et al. 2014. The effect of superdosing on inositol and phytate concentration in the gastrointestinal tract and its effect on pig performance. *American Society of Animal Science - Joint Animal Meeting*. 2014, S. Abstr. 761.

Autorenanschrift

Peter Loibl
DSM Nutritional Products GmbH
Im Breuel 10
D-49565 Bramsche
T: +49 (0) 5461 88 28 20
Peter.Loibl@dsm.com



RONOZYME® HiPhos – für beste Leistung



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

HEALTH • NUTRITION • MATERIALS

Seit über 20 Jahren entwickelt DSM in Zusammenarbeit mit Novozymes Phytasen für die Tierernährung.

RONOZYME® HiPhos ist eine kostengünstige Alternative zu den anorganischen Futterphosphaten. RONOZYME® HiPhos gewährleistet die leistungsgerechte Versorgung von Schweinen und Geflügel und sorgt für eine nachhaltige und Ressourcen schonende Landwirtschaft.

Increasing *Buttiauxella* phytase dose to 2000 FTU/kg can lead to environmental benefits in weaned piglets

Yueming Dersjant-Li¹, Georg Dusel², Saad Gilani¹

¹Danisco Animal Nutrition, DuPont Industrial Biosciences, Marlborough, UK

²University of Applied Sciences Bingen, FB1- Life Sciences, Bingen am Rhein, Germany

Abstract

This study determined the effect of increasing *Buttiauxella* phytase dose up to 2000 FTU/kg on phytate degradation, ileal and total tract nutrient digestibility and P retention in weaned pigs. Six treatments were tested including a positive control (PC); a negative control (NC) with reduction of 0.1% Ca, 0.14% digestible P and 35 kcal/kg ME vs PC; NC supplemented with a *Buttiauxella* sp. phytase at 250, 500, 1,000 or 2,000 phytase units (FTU)/kg feed. Male pigs (Topigs x Pietrian, barrows, 20kg BW) were randomly allocated in metabolism crates (1 pig per crate) in 2 runs, 24 pigs in each run with a total of 8 replicates per treatment. Pelleted diets based on mixed grain (wheat, corn and barley) were fed for 9 d with 3 d adaptation, 5 d collection of feces and urine (for measuring apparent total tract digestibility, ATTD and P retention) and 1 d to collect ileal digesta (for measuring apparent ileal digestibility, AID, TiO₂ as marker). The diets were supplied at 2.5 times energy requirement for maintenance in 2 equal meals per day, water was freely available. Treatment means were compared using Tukey's HSD, linear response was determined using JMP 11 (SAS). Phytase at 2,000 FTU/kg showed greater ($P < 0.05$) nutrient digestibility vs NC or PC for most of the parameters. Increasing phytase dose from 0 (NC) to 2,000 FTU/kg linearly improved ($P < 0.05$) ATTD of P, Ca, DM, N, ME, retainable P, as well as AID of P and N. AID of phytate was 36, 39, 54, 67, 76 and 83%, respectively, for PC, NC, phytase at 250, 500, 1,000 and 2,000 FTU/kg feed ($P < 0.05$). Phytase at 2000 FTU/kg reduced P excretion (g/pig/d) by 57% vs PC. In conclusion, increasing *Buttiauxella* phytase dose increased the level of phytate degradation, resulting in improved nutrient digestibility and reduced P excretion. This demonstrated that increasing *Buttiauxella* phytase dose to 2,000 FTU/kg can lead to environmental benefits in piglets.

Introduction

Commercial pig feed is formulated mainly with plant based ingredients including cereals and oil seeds. These ingredients provide low available phosphorus (P) because 70-80% of P is in the form of phytate, which is poorly utilized by mono-gastric animals. Phytase has been traditionally used at 500 FTU/kg with the primary objective of improving phytate P digestibility and therefore reduce the excretion of P to the environment. Recent studies showed that using a *Buttiauxella* phytase at higher dose (e.g. 1000 FTU/kg) continued to increase the digestibility of phosphorus (Adedokun et al. 2015) and improved production performance in pigs (Remus et al., 2015; Dersjant-Li et al., 2016). The objective of this study was to determine effect of increasing phytase dose on phytate degradation, nutrient digestibility and P retention in piglets.

Materials and methods

Six treatments were tested including a positive control (PC); a negative control (NC) with reduction of 0.1% Ca, 0.14% digestible P (without addition of inorganic P) and 35 kcal/kg ME vs PC; NC supplemented with a *Buttiauxella* sp. phytase (Aextra® PHY, Danisco Animal Nutrition, DuPont Industrial Biosciences, Marlborough, UK) at 250, 500, 1,000 or 2,000 phytase units (**FTU**)/kg feed. One FTU was defined as the amount of enzyme required to release 1 µmol of iP (inorganic P) per minute from sodium phytate at pH 5.5 at 37°C. The negative control diets were made in one basal batch, phytase were added to the basal diet. Diets were based on corn, wheat, barley, soybean meal and rapeseed meal (Table 1).

Table 1. Diet composition and calculated analysis

Compounds, % as feed	PC (positive Control)	NC (negative Control)*
Wheat	36.66	39.35
Maize	18.00	18.00
Barley	15.00	15.00
Soybean meal (48% CP)	18.30	17.55
Rapeseed meal	6.00	6.00
Vegetable oil	2.25	0.90
L-Lysine HCl	0.55	0.57
Methionine	0.21	0.21
L-Threonine	0.26	0.27
L-Tryptophan	0.08	0.08
Salt	0.44	0.44
Limestone (Ca CO ₃)	1.10	1.13
Monocalcium-phosphate	0.65	0.00
Vitamin/mineral premix	0.50	0.50
Calc. Nutritional value (%)		
ME, MJ/kg	13.84	13.69
NE, MJ/kg	10.28	10.17
Crude Protein	18.60	18.60
dig Lysine (total)	1.10 (1.27)	1.10 (1.28)
dig Met+Cys (total)	0.66 (0.80)	0.66 (0.80)
dig Threonine (total)	0.72 (0.90)	0.73 (0.91)
dig Tryptophan (total)	0.24 (0.29)	0.24 (0.29)
Calcium	0.72	0.62
Total phosphorus	0.59	0.44
Digestible phosphorus	0.26	0.12

*Basal diet was produced as one batch, divided in 5 parts (T2-T6) and supplemented with phytase at targeted doses

A total of 48 Topigs X Pietrain piglets (mean initial BW of 20kg) were allocated to six dietary treatments. The trial was conducted in two rounds with 24 piglets per round, with 4 metabolic crates/treatment; 1 piglet per crate. Diets fed as pellets at 2.5 times the energy required for maintenance. An indigestible marker (TiO₂) was included in the diet and used to measure digestibility. Diets were fed for 9 d with 3 d adaptation, 5 d collection of feces and urine (for measuring apparent total tract digestibility, **ATTD** and P retention) and 1 d to collect ileal digesta (for measuring apparent ileal digestibility, **AID**).

Diet samples were analyzed for dry matter (DM), gross energy (GE), nitrogen (N), calcium (Ca), phosphorus (P), titanium oxide, phytate content. Ileal samples were analyzed for phytate P, total P, Ca, N and titanium oxide. Fecal samples were analyzed for DM and GE, Ca, P, N, titanium oxide. Urine samples were analyzed for energy (GE) N, P, Ca.

Treatment means were compared using Tukey's HSD, linear response was determined using JMP 11 (SAS).

Results

Increasing phytase dose from 0 (NC) to 2000 FTU/kg linearly increased ileal phytate P digestibility. Phytase at 2000 FTU/kg increased phytate P degradation by 113% vs NC. This is closely related to the linear increase in apparent ileal digestibility (AID) of P and N (Table 2).

Table 2. Effect of increasing phytase dose from 0 (NC) to 2000 FTU/kg on apparent ileal digestibility (AID), apparent total tract digestibility (ATTD) of nutrients and P retention in piglets

	PC	NC	NC +250	NC +500	NC +1000	NC +2000	SEM	P	P linear
AID phytate, %	35.7d	38.8d	53.8c	67.2b	75.9a	82.8a	4.80	<.0001	<.0001
AID P, %	48.5c	50.6bc	56.4b	63.6a	68.3a	69.6a	5.47	<.0001	<.0001
AID Ca, %	52.3b	66.3a	66.4a	63.2a	69.8a	66.2a	4.55	<.0001	0.0645
AID N, %	74.2bc	71.5c	75.4bc	78.7ab	78.9ab	80.4a	1.39	<.0001	<.0001
ATTD P, %	38.3d	38.1d	54.3c	61.2bc	68.1ab	71.1a	1.75	<.0001	<.0001
ATTD Ca, %	49.7c	61.9b	69.9ab	73.5a	74.1a	69.9ab	3.74	<.0001	0.0037
ATTD DM, %	93.6b	94.3ab	94.8a	94.6a	95.0a	95.1a	0.67	<.0001	0.0078
ATTD N, %	81.6b	83.2ab	82.1ab	83.8ab	84.6ab	85.1a	1.11	0.0178	0.003
ATTD energy, %	82.7b	84.6ab	84.1ab	84.3ab	84.7ab	85.9a	0.58	0.0044	0.0012
ME, MJ/kg DM	14.7	14.7	14.8	14.8	14.8	15.1	0.15	0.2896	0.0147
Ret P, %	40.5b	39.1b	54.4a	60.8a	65.2a	66.8a	2.68	<.0001	<.0001
ret P g/day	1.31ab	1.05b	1.42ab	1.55ab	1.65a	1.63b	0.23	0.0104	0.0109

ab Means in a row without a common superscript differ significantly ($P < 0.05$)

Apparent total tract digestibility (ATTD) of P, Ca, DM, N, ME and retainable P increased linearly, while P excretion decreased linearly with increasing phytase dose from 0 (NC) to 2000 FTU/kg. Phytase at 2000 FTU/kg reduced P excretion (g/pig/d) by 57% compared to PC (Figure 1).

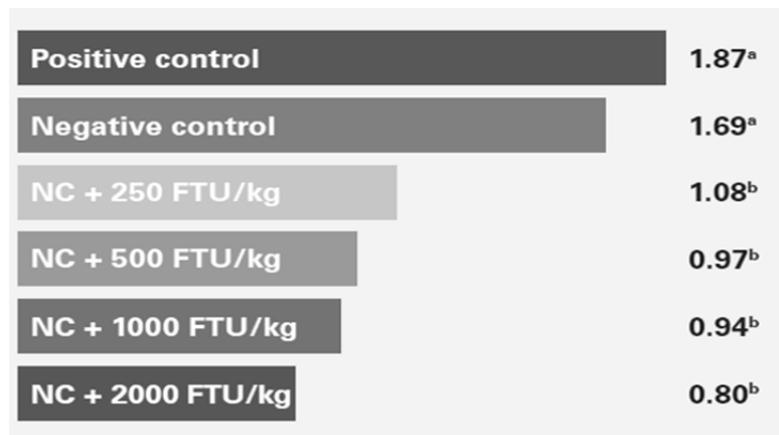


Figure 1. Effect of increasing phytase levels on P excretion (g/pig/d) in piglets

Conclusion and implications

This study showed that increasing *Buttiauxella* phytase dose up to 2000 FTU/kg in piglets fed European type diets can further increase P availability and reduce P excretion compared to the traditional dose of 500 FTU/kg. This will lead to both production and environmental benefit.

References

- Adedokun, S.A., Owusu-Asiedu, A., Ragland, D., Plumstead, P. and Adeola, O. (2015) The efficacy of a new 6-phytase obtained from *Buttiauxella* spp. expressed in *Trichoderma reesei* on digestibility of amino acids, energy, and nutrients in pigs fed a diet based on corn, soybean meal, wheat middlings, and corn distillers' dried grains with solubles. *Journal of Animal Science*, 93: 168–175.
- Dersjant-Li, Y., Schuh, K., Wealleans, A.L., Awati, A. and Dusel, G. (2016) Effect of a *Buttiauxella* phytase on production performance in growing/finishing pigs fed a European-type diet without inclusion of inorganic phosphorus. *Journal of Applied Animal Nutrition*, 5. doi:10.1017/JAN.2017.3
- Remus, J., Dersjant-Li, Y., Plumstead, P. and Awati, A. (2015) Performance of commercial market hogs supplemented with a new generation *Buttiauxella* phytase. *J. Anim. Sci.* Vol. 93, Suppl. s3/*J. Dairy Sci.* Vol. 98, Suppl. 2: 71

Corresponding Author:

Yueming Dersjant-Li
 Danisco Animal Nutrition
 DuPont Industrial Biosciences



ALS ERSTER AM ZIEL MIT DER SCHNELL WIRKENDEN PHYTASE.

Axtra® PHY wirkt schnell im Verdauungstrakt und weist die höchste Aktivität bei niedrigem pH-Wert auf. Dies führt zu einer Verdoppelung der Phytatabbaurrate zur aktiven Phosphorfreisetzung und hebt somit die antinutritiven Effekte von Phytat auf.

Unsere datengestützten Dosierungsempfehlungen stellen sicher, dass Sie jederzeit die optimale Phytasedosis für Ihre speziellen Bedürfnisse einsetzen.

Axtra® PHY bietet den schnellsten Weg zur Spitzenleistung in der Schweine- und Geflügelzucht, reduziert effektiv Phosphorausscheidungen und verbessert somit die Wirtschaftlichkeit.

**Entdecken Sie, wie Axtra® PHY Ihrem Unternehmen
helfen kann als erster durchs Ziel zu gehen.**

Mehr dazu auf animalnutrition.dupont.com/AxtraPHY

Axtra® PHY
Danisco Animal Nutrition

Effect of a standardized blend of capsicum oleoresin, cinnamaldehyde and carvacrol on slaughter performance of broilers raised in temperate climate: multiple trial analysis

Clémentine Oguey

Pancosma SA, Geneva, Switzerland

Introduction

The assessment of broiler productive performance relies usually on feed intake, body weight gain, and feed conversion ratio. In addition to these growth performance factors, economical calculations of the poultry industry also rely on outcomes assessed at or after slaughter, which consist in carcass characteristics. Effectively, birds are not sold as live broilers to the meat market but as entire or cut chicken. So many poultry meat producers and more particularly integrators do not think on a live broiler basis but in terms of chicken meat.

The positive effect of a standardized protected blend of capsicum oleoresin, cinnamaldehyde and carvacrol (XT) on productive performance was validated through meta-analyses in the past (Oguey et Bravo, 2015). However, very little information was available on the impact of dietary XT on slaughter characteristics. Therefore the objective of the present work was the effect of XT on slaughter performance of broilers grown in temperate climate using multiple trial analysis methodologies.

Experimental procedure

Studies selected had the following characteristics. They consisted in controlled trials, either published in peer-reviewed journals or described in exhaustive reports released between 2001 and end of 2016 and involving broiler chickens fed from day 1 of age until slaughter. In all studies, environmental conditions had to correspond to a temperate climate, with average ambient temperatures not exceeding 24°C. Treatments applied were side by side comparisons of an unsupplemented basal diet (CT), void of antimicrobial used as growth promotor with the same basal diet supplemented with XT (XTRACT® 6930, Pancosma, Switzerland) at a dose close to the recommended level of 100 g/t (XT).

Outcomes evaluated were live body weight at slaughter (live BW), carcass weight, dressing percentage, calculated as the ratio between carcass weight and final BW, breast weight, breast percentage (= breast weight/final BW). Abdominal fat percentage was also evaluated as a secondary outcome.

Data were statistically analyzed using a mixed model with the study variable as a random effect and the treatment variable as fixed effect (with 2 levels: CT or XT). Mean values were calculated using the LSMEANS procedure of XLstat, weighting the data for the variance among trials. Then, the 90% confidence interval (CI) of the difference between XT and CT groups was calculated for live BW, carcass and breast weights. This interval represents the range effect enable by XT compared to CT in 90% of the situations.

Results

Studies that did not report results on live BW, carcass and breast performance were excluded from the database. The phase of study selection and abstraction resulted in a database made of 18 treatments organized in 9 trials. This regrouped at total of 3162 broilers, among which 986 animals were used for carcass evaluation, with a mean slaughter age of 37.1 days and a mean XT dose of 103 g/t. The effect of the treatments on live BW is detailed in Figure 1.

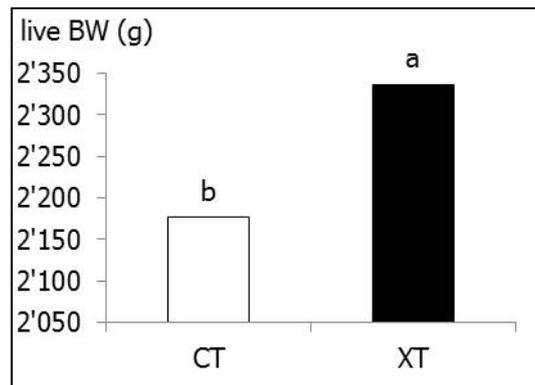


Figure 1: effect of the treatments on live BW of broilers at slaughter (a, b, $P < 0.05$)

Live BW of XT was increased by 7.4% compared to CT ($P = 0.04$). These data are in line with previous literature reporting the same results in terms of effect of these two treatments on final body weight (Oguey et Bravo, 2015, Bravo, 2009).

Dressing percentage was significantly affected by treatments. XT increased this outcome by 1.2% compared to CT ($P = 0.01$ – Figure 2).

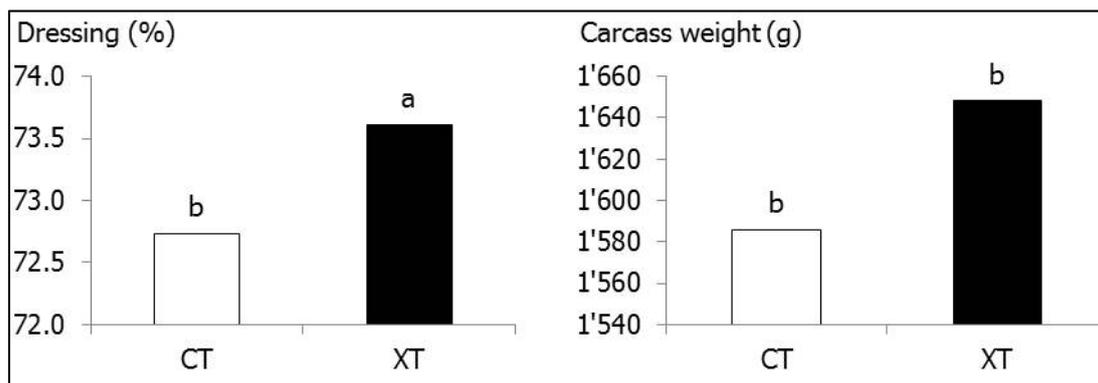


Figure 2: effect of the treatments on dressing % and carcass weight (a, b, $P < 0.05$)

Carcass weight was increased by XT significantly versus CT (+3.9%, $P = 0.02$).

Similarly to carcass outcomes, breast percentage was greater in XT than in CT (Figure 3), as well as breast weight (+6.3%, $P < 0.01$).

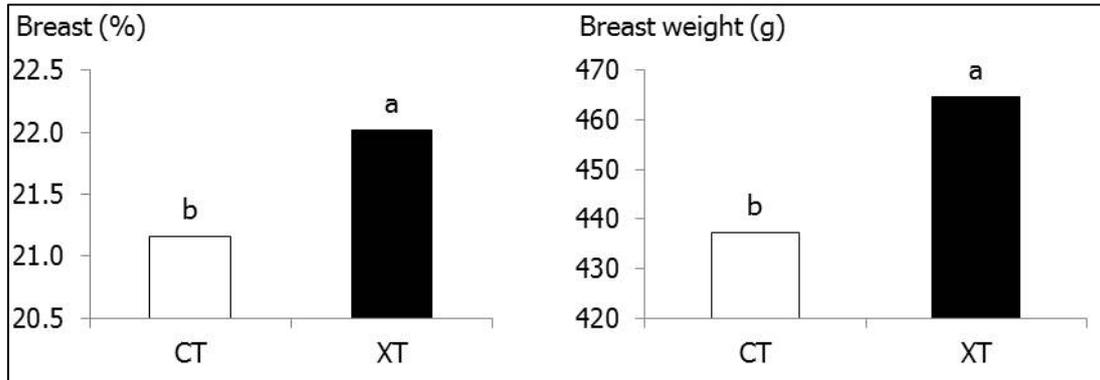


Figure 3: effect of the treatments on breast % and weight (a, b, $P < 0.05$)

Breast weight was increased by XT significantly versus CT (+5.2%, $P = 0.01$), and numerically versus AGP (+2.9%, $P = 0.12$).

Mean difference of improvement between XT and CT the 90% CI of this difference for live BW, carcass and breast weights are presented in figure 4.

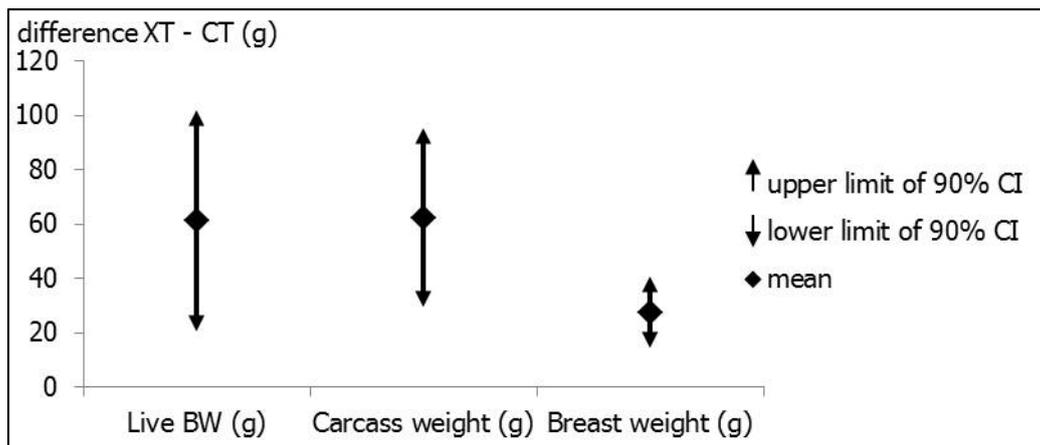


Figure 4: mean difference and 90% CI of the difference between treatments for weight outcomes

The 90% CI of the difference between the two treatments showed that XT supplementation could improve live BW by 21 g, carcass weight by 29 g and breast weight by 14.3 g.

Finally, XT supplementation had no effect on abdominal fat percentage ($P = 0.76$ – figure 5).

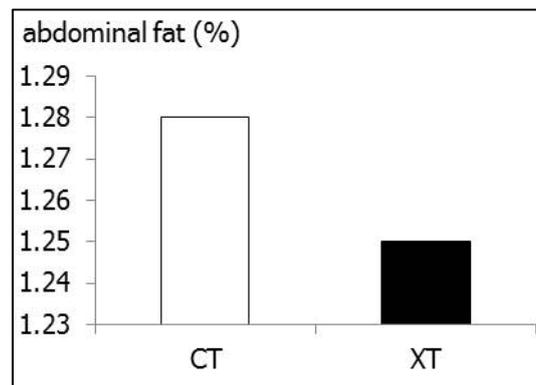


Figure 5: effect of the treatments on abdominal fat percentage

Discussion

Until now, literature reported the effect of plant extract based feed additives on slaughter performance through single trials. No trial review or meta-analysis was available so it was not possible to evaluate the magnitude and the consistency of such feed additives on these specific outcomes.

This work shows that XT, a protected standardized blend of capsicum, cinnamaldehyde and carvacrol significantly improves slaughter performance of broilers raised in temperate conditions commonly found in Europe. Interestingly, not only live, carcass and breast weights were increased with XT, but also yields as ratios of live weight. These findings suggest that the effect of XT on carcass and breast cannot be explained only as a consequence of a greater live weight at slaughter. Previous research showed that XT increased total energy retained in the carcass and gross energy retained as protein, without affecting gross energy retained as fat (Bravo et al. 2014, Pirgozliev et al. 2015). These physiological effects may explain the observed effects of XT, on carcass and breast percentages. This combined to financial figures on chicken and meat prices suggest that the technico-economical effect of XT dietary addition is even greater when evaluating slaughter performance than when considering on-farm productive outcomes.

In conclusion, this work shows that the dietary supplementation of XT improves slaughter performance and carcass quality of broilers raised in European-like conditions. XT has therefore the potential to increase economic benefits of the broiler production players.

Literature

Bravo D. 2009. Meta analysis of broiler fed a mixture of carvacrol, cinnamaldehyde and capsicum oleoresin. ESPN, Edinburg, UK.

Bravo D., V. Pirgozliev, and S. P. Rose. 2014. A mixture of carvacrol, cinnamaldehyde and capsicum oleoresin improves energy utilization and growth performance of broiler chickens fed maize-based diet. *Journal of Animal Science* 92:1531-1536

Oguey C. and D. Bravo. 2015. Meta analysis of the effects of a blend of capsicum oleoresin, cinnamaldehyde and carvacrol on the performance and metabolizable energy of broilers. PSA Louisville.

Pirgozliev, V., D. Bravo, M.W. Mirza and S.P. Rose. 2015. Growth performance and endogenous losses of broilers fed wheat-based diets with and without essential oils and xylanase supplementation. *Poultry Science* 94 (6): 1227-1232

Corresponding author

Clémentine Oguey
Pancosma SA
Voie des Traz 6
1218 Le Grand Saconnex
Switzerland
Clementine.oguey@pancosma.ch

Effects of quillaja saponins and citrus flavonoids on performance and humoral immune response of laying hens

Xiaodan Zhou, Jan Dirk van der Klis, Leopold Jungbauer, Andreas S. Müller

Delacon Biotechnik GmbH, Steyregg, Austria

Introduction

Vaccination is widely used to achieve protection of chickens against various infections, but is still associated with problems, like a decrease of production performance, bursal damage and immunosuppression of poorly protected chickens [1]. Numerous phytochemical substances enhance the performance of animals and confer stimulation of the immune system. For instance, *Yucca Schidigera* saponins have been shown to improve egg weight and feed conversion ratio of laying Japanese quails [2]. Ginseng stem-leaf saponins and *Citrus sinensis* peel extract have been reported to enhance the immune response of chickens, vaccinated against infectious bursal disease, Newcastle disease and avian influenza virus [3-5]. However, to the best of our knowledge, no research has been performed regarding the effects of quillaja saponin and citrus flavonoids on performance and immune response of laying hens. Humoral immune response is typically evaluated by measurement of antibody production towards novel antigens. Frequently sheep red blood cells (SRBC) are used as the challenging antigen. Consequently, the aim of the present study was to investigate the effects of quillaja saponin and citrus flavonoids on the performance and the immune response of laying hens challenged with SRBC.

Materials and Methods

A total number of 240, 23 weeks old ISA Brown laying hens, with similar body weights ($1,790 \pm 0,013$ kg) and laying rates (95%), were randomly assigned to 3 experimental groups: Control, Quillaja saponin (QS), and Citrus flavonoids (CF). Each treatment included 16 repetitions of 5 birds. The layer diet, based on corn and soybean meal was formulated to fulfill the nutrient requirements of laying hens (NRC, 1994). The raw material composition and nutritive values of the diet are shown in Table 1.

The diet of the control group contained no additive, whereas 430 ppm of quillaja crude powder and 1000 ppm of citrus flavonoids were added to the diets of the QS group and the CF group, respectively. Feed and water were supplied ad libitum, and the hens were exposed to 16 h of light/d throughout the entire experiment.

Table 1: Ingredients and calculated nutrient amounts of the basal diet

Item (%) unless noted		Calculated analysis	
Ingredient			
Wheat germs	5.00	ME (MJ/kg)	11.67
Corn germs	5.00	CP (g/kg)	164.00
Molasses	1.50	Fibre (g/kg)	33.40
Wheat	39.21	Fat (g/kg)	42.50
Corn	12.00	Lysine (g/kg)	7.95
Barley	10.00	Methionine (g/kg)	4.80
Extracted soya meal	15.30	Met+Cys (g/kg)	7.65
Rape oil	2.00	Threonine (g/kg)	5.75
Lysine	0.10	Ca (g/kg)	41.10
Monocalcium phosphate	0.90	P total (g/kg)	5.55
Limestone fine	2.50	P dig (g/kg)	3.80
Limestone grit	5.50	Na (g/kg)	1.60
Salt	0.20		
Sodium bicarbonate	0.16		
Threonine	0.04		
Methionine	0.05		
Hostazym® NSP enzyme	0.05		
Premix of micro-component	0.30		
Total	100		

The feeding experiment lasted 6 weeks. Performance parameters, including egg production, egg weight, egg mass, feed intake and feed conversion ratio were recorded weekly. For the evaluation of humoral immune response, 2 laying hens per pen were marked and intramuscularly injected with 1 ml of SRBC suspension (70 ml/L) on day 15 and 25 of the trial. Heparinized blood samples from one of the marked birds in each pen were collected 7 days after the first and second immunization, respectively. Serum samples were stored at -20°C, until use in the hemagglutination assay, according to a routine method [6].

Results are presented as means \pm standard deviation. A one way variance analysis was performed using the statistical software package SAS (9,4). Least square means were compared with the Tukey test. Significant differences between least square means were considered as significant at an error probability less than 5% ($P < 0.05$), and P -values ranging from 0.06 to 0.10 were accepted as trends.

Results

The zootechnical parameters of the laying hens are presented in Table 2. During the entire experimental period, quillaja saponin feeding did not generate significant differences in any of the performance parameters compared to the control group. In contrast, hens fed citrus flavonoids, produced eggs with a significantly reduced mass (-1.9%), and showed an increased FCR (+2.6%). In contrast, laying rate, egg weight, and daily feed intake of hens were not negatively affected by feeding citrus flavonoids.

Table 2: Laying rate, egg weight, egg mass, daily feed intake and feed conversion ratio of laying hens fed diets supplemented with no additive (control), quillaja saponins (QS) and citrus flavonoids (CF) for 6 weeks

Treatment	Laying rate (%)	Egg weight (g)	Egg mass (kg)	Daily feed intake (g)	Feed conversion ratio
Control	98.04±0.78	60.91±0.42	2.090±0.017 ^a	111.83±0.55	1.876±0.014 ^a
QS	97.05±0.67	60.37±0.52	2.052±0.023 ^{ab}	111.76±0.01	1.903±0.024 ^{ab}
CF	97.08±0.71	60.21±0.37	2.046±0.018 ^b	112.14±0.36	1.924±0.020 ^b

^{a,b}Means within a column with different superscripts significant differ for the main effect. $P < 0.05$

Table 3 displays primary and secondary antibody response towards SRBC, as measured by total IgG and IgM levels. With regard to the primary antibody response, both quillaja saponin and citrus flavonoids significantly elevated the total SRBC antibody titers in comparison to the control group. No significant difference in secondary antibody response could be analysed between treated groups and the control group. With regard to the secondary response, quillaja saponins and citrus flavonoids interestingly responded with lower total SRBC antibody titers than in the primary challenge.

Table 3: Total red blood cells (SRBC) antibody titers of laying hens fed diets supplemented with no additives (control), quilla saponins (QS) and citrus flavonoids (CF) for 6 weeks

Treatment	Total SRBC antibody titer (\log_2)	
	Primary response	Secondary response
Control	1.44±0.73 ^a	2.69±0.70
QS	3.31±0.70 ^b	2.88±0.62
CF	3.25±0.93 ^b	3.06±0.68

^{a,b}Means within a column with different superscripts significant differ for the main effect. $P < 0.05$

Discussion

Humoral immunity plays an important role in the defense of laying hens against various infections. Phytogetic substances are frequently evaluated regarding their capacity to improve antibody response to mammalian erythrocytes SRBC. SRBC bear the advantage that antibodies against them can be measured efficiently by a simple hemagglutination assay, without infecting the animals with pathogens.

In the current trial, quillaja saponin and citrus flavonoids improved the humoral immune response of laying hens, in particular in the primary antibody response. However, treatment of the hens with citrus flavonoids impaired the performance of the birds by decreasing egg mass and worsening FCR. Immune response and antibody production are energy- and protein-consuming processes, which may

shift the energy and protein flux from egg production to antibody synthesis. Although enhancement of humoral immune response will confer a better control of bacterial and virus infections, the balance between immunity and egg production must be considered.

In conclusion, quillaja saponins and citrus flavonoids improve humoral immune response of layers, but do not necessary have a positive impact on performance

References

- [1] Pitcovski J, Gutter B, Gallili G, Goldway M, Perelman B, Gross G, Krispel S, Barbakov M, Michael A (2003) Development and large-scale use of recombinant VP2 vaccine for the prevention of infectious bursal disease of chickens. *Vaccine* 21: 4736-4743
- [2] Ayasan T, Yurtseven S, Baylan M, Canogullari S (2005) The effects of dietary yucca schidigera on egg yield parameters and egg shell quality of laying japanses quails (*coturnix coturnix japonica*). *International Journal of Poultry Science* 4: 159-162
- [3] Zhai L, Wang Y, Yu J, Hu S (2014) Enhanced immune responses of chickens to oral vaccination against infectious bursal disease by ginseng stem-leaf saponins. *Poultry Science* 93: 2473-2481
- [4] Yu J, Shi FS, Hu S (2015) Improved immune responses to a bivalent vaccine of Newcastle disease and avian influenza in chickens by ginseng stem-leaf saponins. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 167: 147-155
- [5] Pourhossein Z, Qotbi A, Seidavi A, Laudadio V, Centoducati G, Tufarelli V (2015) Effect of different levels of dietary sweet orange (*Citrus sinensis*) peel extract on humoral immune system responses in broiler chickens. *Animal Science Journal* 86: 105-110
- [6] Cheema MA, Qureshi MA, Havenstein GB (2003) A comparison of the immune response of a 2001 commercial broiler with a 1957 randombred broiler strain when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poultry Science* 82: 1519-1529

Corresponding author:

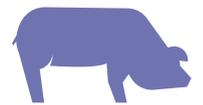
Andreas S. Mueller
Delacon Biotechnik GmbH
Weissenwolffstrasse 14
4221 Steyregg, Austria
andreas.mueller@delacon.com

Phytogene Futtermittelzusatzstoffe: Natur trifft High-Tech

delacon.com

Natürlich mehr Leistung

Phytogene Futtermittelzusatzstoffe umfassen eine breite Palette an Kräutern, Gewürzen und weiteren pflanzlichen Produkten, wie ätherische Öle oder andere Pflanzenextrakte. Nicht zuletzt durch die Forschungsarbeiten von Delacon, haben Phytogene in den letzten Jahren stark an Bedeutung in der Tierproduktion gewonnen. Sie wirken nachweislich als natürliche Leistungsförderer.



Vorteile phytogener Fütterung



fördert die Darmgesundheit und die Darmintegrität



reduziert den Ammoniakausstoß um bis zu 50 %



nachweisliche Wirkung in antibiotikafreier Tierproduktion

Nachhaltige Schweinemast

Aromex® Pro ist Delacons phytogener Futtermittelzusatzstoff, der basierend auf einer Mischung aus ätherischen Ölen und Saponinen perfekt auf die speziellen Bedürfnisse von Mastschweinen abgestimmt ist. Die komplexe Kombination aus verschiedenen Aktivsubstanzen in **Aromex® Pro** führt zu einer höheren Nährstoffverdaulichkeit und -aufnahme, mit dem Ergebnis einer signifikanten Verbesserung der Futtereffizienz. Darüber hinaus trägt **Aromex® Pro** zu einer Minimierung der Ammoniakbildung bei, die in der Mastperiode erheblich ansteigt.

Das phytogene Konzept von **Aromex®** gewährleistet eine sichere und nachhaltige Schweineproduktion, ohne dem Risiko von Rückständen im Fleisch.

Weitere Informationen finden Sie unter www.delacon.com

Delacon
AROMEX® PRO

Mono- und Diglyceride der Laurinsäure in der Ferkelfütterung - Auswirkungen auf zootechnische Parameter und Tiergesundheit

Wolfgang Preißinger, Günther Probstmeier, Simone Scherb

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

Einleitung

Organische Säuren und Säuregemische bzw. deren Salze werden seit längerer Zeit in der Schweinefütterung zur Absenkung des pH-Wertes und der Pufferkapazität des Futters genutzt (Roth und Kirchgeßner, 1998; Roth und Windisch, 2000). Ziel ist, eine optimale enzymatische Verdauung insbesondere des Proteins zu erreichen. Einige der verwendeten Säuren stabilisieren darüber hinaus durch ihre bioziden Eigenschaften die Darmflora, indem sie unerwünschte Darmkeime in ihrer Entwicklung hemmen und so die Tiergesundheit fördern. Schon vor der Verfütterung sorgen die meisten Säuren für die Konservierung der Mischfutter im Vorrats- bzw. Anmischbehälter, in den Verteil- oder Ausdosierleitungen und im Trog. Besonders gute Wirkung zeigten Ameisensäure, Milchsäure, Sorbinsäure sowie Fumarsäure, Zitronensäure und Apfelsäure.

Seit geraumer Zeit wird auch der Einsatz mittelkettiger Fettsäuren diskutiert (Zentek, 2011; Hanczakowska, 2017). Dabei spielt der Einsatz von Laurinsäure, einer Fettsäure mit 12 C-Atomen, eine wichtige Rolle (Dayrit, 2015). Diese wird nicht als freie Fettsäure, sondern gebunden an Glycerin meist als Gemisch aus Mono- und Diglyceriden im Handel angeboten. Insbesondere dem Monoglycerid der Laurinsäure, dem Monolaurin, werden antibakterielle Wirkungen zugeschrieben (Skrivanova et al., 2006; Batovska et al., 2009). Monolaurin ist geruchsneutral, nicht korrosiv und verändert den pH-Wert des Futters nicht. Somit werden Geschmacksbeeinträchtigungen des Futters auch bei hohen Dosierungen vermieden. Darüber hinaus ist es bei verschiedenen pH-Werten stabil, wirkt also unter verschiedensten Millieubedingungen im Körper. In der Praxis wird Monolaurin besonders bei Problemen mit Streptokokken eingesetzt, um den Einsatz von Antibiotika zu reduzieren (De Snoeck, 2010).

Material und Methoden

Zum Einsatz eines Gemisches aus Mono- und Diglyceriden der Laurinsäure wurden am Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Schweinehaltung in Schwarzenau drei Versuchsdurchgänge durchgeführt. Sie gliederten sich jeweils in zwei Aufzuchtphasen, Phase 1 von ca. 9 kg bis ca. 18 kg LM und Phase 2 von ca. 18 kg bis ca. 33 kg LM. Pro Durchgang wurden 192 schwanzkupierte Ferkel ausgewählt und nach Lebendmasse, Geschlecht und Abstammung gleichmäßig der Kontrollgruppe ohne Zusatz und der Testgruppe mit Zusatz von Mono- und Diglyceriden der Laurinsäure zugewiesen. Die Ferkel wurden jeweils in 16 Buchten zu je 12 Tieren auf Kunststoffspalten ohne Einstreu gehalten. Die Ermittlung des Futtermittelsverbrauchs erfolgte täglich für jede Bucht über eine Spotmix Waage- und Transporteinheit (Spotmix Vista 3W, Schauer Agtrontronic GmbH). Die Lebendmasse der Ferkel wurden wöchentlich immer zur gleichen Zeit am Einzeltier erfasst. Während des Versuchs wurde der Kot einmal in der Woche bonitiert (Note 1-4 von hart bis wässrig). Die Futtermischungen (Tabelle 1) wurden in der Versuchsmahl- und Mischanlage Schwarzenau hergestellt und im Labor der Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen (AQU) der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LFL) in Grub nach VDLUFA-Methoden analysiert (VDLUFA, 2012).

In den Durchgängen I und II wurde in den Rationen der Kontrollgruppe 1 % Fumarsäure zugesetzt, in den Rationen der Testgruppe wurde darauf verzichtet. Durchgang I und II wurden zeitversetzt durchgeführt und gemeinsam ausgewertet. In Durchgang III wurde in allen Gruppen 1 % Fumarsäure zugesetzt. Das Gemisch aus Mono- und Diglyceriden der Laurinsäure wurde in der Testgruppe on Top zugelegt.

Tabelle 1: Zusammensetzung der Versuchsrationen

		Durchgang I und II				Durchgang III			
		Kontrolle		Testgruppe		Kontrolle		Testgruppe	
		FAF I	FAF II	FAF I	FAF II	FAF I	FAF II	FAF I	FAF II
Weizen	%	39	40,5	39,6	41,4	39	40,5	39,6	41,4
Gerste	%	35	35	35	35	35	35	35	35
Sojaöl	%	1	1	1	1	1	1	1	1
Sojaextr.-schrot, LP	%	20	19	20	19	20	19	20	19
Fumarsäure	%	1	1	0	0	1	1	1	1
Mineralfutter	%	4	3,5	4	3,5	4	3,5	4	3,5
Laurinsäure ¹⁾	%	--	--	0,4	0,1	--	--	4 kg/t ²⁾	1 kg/t ²⁾

¹⁾ Gemisch aus Mono- und Diglyceriden der Laurinsäure

²⁾ Zulage on Top

Ergebnisse und Diskussion

Die analysierten Inhaltsstoffe und ermittelten Gehalte an umsetzbarer Energie der Versuchsrationen sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Die eingesetzten Futtermischungen wurden zur Vergleichbarkeit auf 880 g Trockenfutter korrigiert. Auf Grund der fehlenden Fumarsäure wiesen die in den Durchgängen I und II eingesetzten Testrationen mit 5,8 bzw. 6,0 einen deutlich höheren pH-Wert auf als die Kontrollrationen mit jeweils 5,4. In Durchgang III mit durchgängiger Zugabe von Fumarsäure lag der pH-Wert des Futters zwischen 5,1 und 5,4. In Durchgang I und II wurde im FAF I der Testgruppe ein etwas erhöhter Lysingehalt festgesellt. In Durchgang III wurde im FAF II der Testgruppe ein etwas geringerer Lysingehalt analysiert. Ansonsten passten die analysierten Inhaltsstoffe im Rahmen der Analysenspielräume gut zu den kalkulierten Werten.

In der Bewertung der Kotbeschaffenheit wurden keine Unterschiede festgestellt. In allen Gruppen und Durchgängen wurde die Kotbeschaffenheit mit der Note 2 als normal bewertet.

In den ersten beiden Durchgängen wurden an insgesamt 17 (Kontrolle) bzw. 18 Tieren (Testgruppe) Tierarzneimittel verabreicht. Dabei mussten jeweils 7 Tiere der Kontroll- und Testgruppe aus dem Versuch genommen werden bzw. verendeten (vgl. Tabelle 3). Allein im Durchgang I waren es nach einem Krankheitsausbruch 6 Tiere der Kontroll- und 5 Tiere der Testgruppe. In Durchgang III wurden an 12 (Kontrolle) bzw. 9 Tieren (Testgruppe) Tierarzneimittel verabreicht. Es verendete ein Tier der Testgruppe. Je ein Tier der Kontrollgruppe von Durchgang I und III wurde wegen Minderwachstums (Ausreißer) nicht in die Auswertung mit einbezogen.

Tabelle 2: Analytierte Gehaltswerte und ermittelte Gehalte an umsetzbarer Energie der Versuchsrationen

Inhaltsstoffe		Durchgang I+ II				Durchgang III			
		Kontrolle		Testgruppe		Kontrolle		Testgruppe	
		FAF I	FAF II	FAF I	FAF II	FAF I	FAF II	FAF I	FAF II
Rohprotein	g	182	177	190	177	176	177	172	170
Rohfaser	g	34	35	37	34	34	36	35	38
Rohfett	g	25	23	30	32	32	35	30	32
aNDFom	g	118	115	125	111	101	128	108	163
ADFom	g	44	42	47	41	49	47	54	49
Umsb. Energie	MJ	13,5	13,3	13,3	13,5	13,4	13,4	13,4	13,4
Calcium	g	6,2	7,0	8,9	6,6	8,2	7,4	7,9	6,2
Phosphor	g	4,6	4,7	5,1	4,8	4,9	4,6	5,0	4,5
Zink	mg	120	150	187	143	158	162	163	138
Kupfer	mg	77	85	101	80	93	99	90	85
Lysin	g	12,3	12,4	14,2	11,4	12,4	11,9	12,6	10,7
Methionin	g	3,5	3,5	3,9	3,5	3,9	3,4	3,6	3,0
Cystin	g	2,9	2,7	2,8	2,8	2,7	2,8	2,6	2,7
Threonin	g	7,9	7,7	8,7	7,4	7,9	7,3	7,6	6,7
Tryptophan	g	2,3	2,1	2,3	2,0	2,0	2,0	2,1	2,0
SBV ¹⁾	meq	613	646	764	661	686	651	676	594
pH		5,4	5,4	5,8	6,0	5,2	5,3	5,1	5,4

¹⁾ Säurebindungsvermögen

Tabelle 3: Mit Medikamenten behandelte Tiere und krankheitsbedingte Tierauffälle in den einzelnen Versuchsdurchgängen

	Durchgang I		Durchgang II		Durchgang III	
	Kontrolle	Testgruppe	Kontrolle	Testgruppe	Kontrolle	Testgruppe
Behandelte Tiere	11	11	6	7	12	9
Krankheitsbedingte Ausfälle	6	5	1	2	0	1

In Tabelle 4 sind die Lebendmasseentwicklung, die täglichen Zunahmen, der Futterverbrauch sowie der daraus errechnete Futteraufwand für alle Versuchsdurchgänge dargestellt. Im Mittel der Durchgänge I und II wurden in Phase I bzw. über beide Aufzuchtphasen mit 423 g gegenüber 399 g bzw. mit 582 g gegenüber 561 g signifikant niedrigere tägliche Zunahmen in den Testgruppen erzielt. In allen Aufzuchtabschnitten wurde in der Kontrollgruppe ein signifikant höherer Futterverbrauch verzeichnet. Im Mittel der Aufzucht waren dies 998 g gegenüber 924 g pro Tier und Tag. Es ergaben sich somit signifikant bessere Futtereffizienzwerte in der Testgruppe. Im Mittel der Durchgänge I und

II wurden bei Zulage des Glyceridgemisches der Laurinsäure 1,64 gegenüber 1,71 kg Futter pro kg Zuwachs benötigt.

In Durchgang III wurden mit 587 g (Kontrolle) und 591 g (Testgruppe) nahezu gleiche tägliche Zunahmen im Mittel des Versuchs festgestellt. In der 1. Aufzuchtphase und auch im Mittel der gesamten Aufzucht war mit 760 g gegenüber 693 g und mit 1045 g gegenüber 989 g der Futterverbrauch in der Kontrollgruppe signifikant erhöht. Dies führte zu signifikant besseren Futtereffizienzwerten in der Testgruppe. Im Mittel des Versuchs wurden bei Zulage des Glyceridgemisches der Laurinsäure 1,65 gegenüber 1,76 kg Futter pro kg Zuwachs benötigt.

Tabelle 4: LM-Entwicklung, tägliche Zunahmen, Futterverbrauch und Futteraufwand (LSQ-Means)

Behandlung		Durchgang I+II			Durchgang III		
		Kontrolle	Testgruppe	p ¹⁾	Kontrolle	Testgruppe	p ¹⁾
Lebendmasse							
Beginn	kg	9,6	9,5	0,574	10,2	10,1	0,538
Umstellung	kg	18,5	17,9	0,029	20,4	20,0	0,238
Ende	kg	33,5	32,5	0,029	34,3	34,4	0,821
Tägliche Zunahmen							
Phase I	g	423	399	0,016	485	471	0,244
Phase II	g	750	730	0,090	694	718	0,102
gesamt	g	582	561	0,022	587	591	0,645
Futterverbrauch/Tag							
Phase I	g	694	628	0,0001	760	693	0,004
Phase II	g	1316	1234	0,004	1345	1299	0,142
gesamt	g	998	924	0,001	1045	989	0,014
Futteraufwand (kg Futter/kg Zuwachs)							
Phase I	kg	1,64	1,57	0,047	1,55	1,45	0,001
Phase II	kg	1,75	1,69	0,077	1,93	1,79	0,001
gesamt	kg	1,71	1,64	0,023	1,76	1,65	<0,0001

¹⁾ Irrtumswahrscheinlichkeit

Schlussfolgerungen

Der Ersatz von 1 % Fumarsäure durch 0,4 bzw. 0,1 % eines Gemisches von Mono- und Diglyceriden der Laurinsäure konnte im Versuch nicht überzeugen. Sowohl die täglichen Zunahmen als auch der Futterverbrauch sanken signifikant ab. Etwas verbessert waren die Futter- und Energieeffizienzwerte.

Wurde das Gemisch on Top zu mit Futtersäuren (Fumarsäure) abgesicherten Rationen gegeben, ergab sich bei annähernd gleichen Leistungen ein signifikant geringerer Futterverbrauch. Dies führte zu deutlich verbesserten Futter- und Energieeffizienzwerten. Ein Effekt der Zulage des Gemisches von Mono- und Diglyceriden der Laurinsäure auf die Tiergesundheit war in allen drei Durchgängen nicht zu erkennen.

Literatur

- Batovska, D.I., Todorova, I.T., Tsvetkova, I.V., Najdenski, H.M., 2009: Antibacterial study of the medium chain fatty acids and their 1-monoglycerides: individual effects and synergistic relationship. Pol. J. Microbiol. 58, 43-47
- Dayrit, F.M., 2015: The properties of lauric acid and their significance in coconut oil. J. Am. Oil Chem. Soc. 92, 1-15
- De Snoeck, S., 2010: Reduzierung des Antibiotika-Einsatzes durch Einsatz von Monolaurin! Nutztierpraxis aktuell 34, 2010, 64

Hanczakowska, E., 2017: The use of medium chain fatty acids in piglet feeding – a review. *Ann. Anim. Sci.*, DOI: 10.1515/aoas-2016-0099

Roth, F. X., Kirchgeßner, M., 1998: Organic acids as feed additives for young pigs: Nutritional and gastro-intestinal effects. *J. Anim. Feed Sci.* 7, 25-33

Roth, F. X., Windisch, W., 2000: Organische Säuren in der Schweinefütterung: Konservierungsmittel mit Leistungsförderern Potential. 6. Tagung Schweine –und Geflügelernährung der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Tagungsband S. 51 -56

Skrivanova, E.; Marounek, M., Benda, V., Brezina, P., 2006: Susceptibility of *Escherichia coli*, *Salmonella* sp. and *Clostridium perfringens* to organic acids and monolaurin. *Veterinari Medicina*, 51, 2006 (3), 81–88

VDLUFA-Methodenbuch Band III: Die Untersuchung von Futtermitteln 3. Aufl. 1976, 8. Ergänzlief. 2012, VDLUFA-Verlag Darmstadt

Zentek, J., Buchheit-Renko, S., Ferrara, F., Vahjen, W., Van Kessel, A.G., Pieper, R., 2011: Nutritional and physiological role of medium-chain triglycerides and medium-chain fatty acids in piglets. *Anim. Health Res. Rev.* 12(1); 83–93

Autorenanschrift

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

Monoglyceride mittelkettiger Fettsäuren als Alternative zu hohen ZnO-Gaben und Amoxicillin im Prestarter von Ferkeln

Elisabeth ZiBler¹, Mario Garcia², Pedro Medel³

¹Pulte GmbH & Co. KG, Rimsting, Deutschland

²3F Feed and Food, S.L. Ávila, Spanien

³Innovabiotics, S.L. Madrid, Spanien

Einleitung

Pharmakologische Gaben (3.000 mg / kg) an Zinkoxid (ZnO) sind immer noch eine gängige Praxis in der Durchfallkontrolle bei Absetzferkeln, obwohl diese Dosierungen futtermittelrechtlich verboten sind. Aufgrund der antibakteriellen Resistenzbildung wird auch die Verwendung von ZnO-basierten Tierarzneimitteln höchstwahrscheinlich in der EU bald verboten. Amoxicillin wird weitgehend in der Absetzphase eingesetzt, um speziell *S. suis*-Infektionen bei Ferkeln zu kontrollieren. Allerdings soll auch der Antibiotika-Einsatz in der Tierproduktion stark reduziert werden. Daher stehen Alternativen, die die Darmgesundheit und das Leistungsniveau der Ferkel fördern, stark im Fokus der Forschung. Ein ganzheitlicher Ansatz inklusive Umweltschutz, Management und Ernährungsphysiologie spielt hierbei eine große Rolle.

Monoglyceride (MG) von mittelkettigen Fettsäuren (MCFAs) sind Ester, die eine sehr stabile Bindung zwischen den MCFAs und Glycerin eingehen und somit den bekannten, unangenehmen Geschmack von MCFAs vermeidet und dissoziiert im Darm vorliegen. Es ist bereits bekannt, dass die MG-MCFAs effektiv gegen eine Vielzahl an pathogenen Mikroorganismen wirken (Kabara et al., 1972, Batovska et al., 2009).

Ziel dieser Studie war es, hohe Zinkoxidgaben und Amoxicillin durch Monoglyceride mittelkettiger Fettsäuren in Ferkelrationen (Absetzfutter) zu ersetzen und den Effekt auf Leistungsparameter und Krankheitssymptome zu untersuchen.

Material und Methoden

Versuchstiere und Rationen

Insgesamt wurden 240 Pietrain x (Landrace * Large White) Ferkel (50% männl./50% weibl.) in der Absetzphase (Tag 0 – 14 nach dem Absetzen; Absetzalter 25 Tage) untersucht. Die pelletierten Rationen basierten auf Weizen, Molke, Sojaextraktionsschrot und –konzentrat und enthielten 13,8 MJ ME / kg und 1,28% verdauliches Lys.

Versuchs-Design

	Behandlung	Wirksubstanz - Gehalt
1	Positivkontrolle aus ZnO und Antibiotika	ZnO (3.000 ppm) und Amoxicillin (300 ppm)
2	MG MCFAs (C3, C4, C8, C10)	4 kg / t
3	MG –MCFAs mit Monolaurinsäure (MG-MCFA-M12)	4 kg/t + 1,25 kg/t

Pro Stallabteil standen 12 Buchten à 10 Ferkel zur Verfügung (3 Behandlungen x 2 Abteile x 4 Wiederholungen à 10 Tiere = 240 Tiere). Futter und Wasser standen den Versuchstieren ad libitum zur Verfügung.

Zu Versuchsbeginn sowie 14 Tage nach dem Absetzen wurden die Tiere einzeln gewogen, und die Futteraufnahme (je Wiederholung) erfasst. Daraus wurden je Wiederholung die tägliche Zunahme und Futteraufnahme sowie die Futterverwertung ermittelt. Meningitis und das Auftreten von Durchfall wurden (Parameter: neurologischen Symptome, Gewichtsverlust und Arthritis) täglich kontrolliert. Zu Versuchsbeginn (Tag 0) besaßen alle Ferkel ein Lebendgewicht von 6,9 kg ($\pm 0,91$).

Statistik

Die Daten wurden nach folgendem Modell mit ANOVA auf statistische Unterschiede geprüft:

$$Y_{ijk} = \mu + \text{Gewicht}_0 + \text{Behandlung}_i + \text{Abteil}_j + \text{Behandlung} * \text{Abteil}_{ij} + e_{ijk}$$

Die Daten werden als LS-Mittel dargestellt, die durch einen paarweisen Vergleich nach Bonferroni korrigiert wurden.

Ergebnisse und Diskussion

Wie in Tabelle 1 dargestellt, zeigten sich am Versuchsende in der Lebendmasse der Ferkel geringe Unterschiede zwischen den drei Behandlungen. Statistisch ließen sich diese nicht absichern (9,50, 9,15 und 9,27 kg, jeweils $P = 0,248$). Ähnliche Ergebnisse wurden für die tägliche Gewichtszunahme (191,9, 167,3 und 175,5 g / d, $P = 0,248$) und die tägliche Futteraufnahme (234, 204 und 207 g / d, $P = 0,182$) deutlich. Diese Unterschiede zwischen den drei Behandlungen waren nicht signifikant und folglich tierindividuelle Einflüsse der Versuchstiere (Tab. 1). Die Ferkel der Gruppe MG-MCFA-M12 zeigten numerisch die beste Futterverwertung, diese Unterschiede waren jedoch statistisch nicht signifikant (1,26, 1,24 und 1,18 g / g, $P = 0,638$; Tab. 1). Es wurden keine Wechselwirkungen zwischen dem Wurf und der Behandlung beobachtet (P -Werte zwischen 0,211 und 0,587). Die Mortalität war sehr gering und nicht im Zusammenhang mit den Behandlungen zu bringen (Tab. 1). Meningitis-Symptome wie Gewichtsverluste, neurologische Symptome und Auftreten von Arthritis wurde während des Versuchs bei keinem Tier beobachtet.

Neben der Kombination von ZnO und Amoxicillin zeigte auch die Behandlung mit MG-MCFAs sowie die Kombination mit Monolaurinsäure eine effektive Minderung von Durchfällen in der Absetzphase. Somit lagen alle drei Behandlungen auf einem einheitlichen Niveau.

Diese antimikrobielle Aktivität der MG-MCFAs ist pH-Wert unabhängig und wirkt somit effizient über den gesamten Magen-Darm-Trakt hinweg. Zudem ist das enthaltene Monobutyryn eine zuverlässige Quelle für Buttersäure, die zur Förderung der Verdauungsphysiologie und des -kanals dient (Wen et al., 2012).

Tabelle 1: Effekt von Monoglyceriden mittelkettiger Fettsäuren (MG-MCFA) auf die Leistung und Mortalität von Ferkeln

		Gewicht (kg), an Tag 14	Ø tägl. Zunahme (g), Tag 0-14	Ø tägl. Futteraufnahme (g), Tag 0-14	Futterverwertung (g/g), Tag 0-14	Mortalität (%), Tag 0-14
Behandlung	Amoxicilin (300ppm) + ZnO (3,000 ppm)	9,5	191,9	234	1,3	1,3
	MG-MCFA, 4kg/t	9,2	167,3	204	1,2	0
	MG-MCFA, 4kg/t + Monolaurin, 1.25 kg/t	9,3	175,5	207	1,2	0
SEM	(N=8)	0,1	10,2	12	0,1	0,7
P	BWi 0d	<0,001	0,569	0,736	0,799	0,695
	Bucht (1)	0,012	0,012	0,104	0,167	0,778
	Behandlung (2)	0,248	0,248	0,182	0,638	0,401
	(1)*(2)	0,211	0,211	0,587	0,330	0,404

¹BWi0d: Lebendgewicht an Tag 0, Bucht: Absetzbucht

Schlussfolgerung

Die vorliegende Studie konnte erste Indizien aufzeigen, dass ZnO und Amoxicillin in der Absatzphase durch eine Kombination von Monoglyceriden mittelkettiger Fettsäuren (C3, C4, C8-C10) (MG-MCFA) ersetzt werden können und somit eine umweltschonenden und nachhaltige Alternative darstellen. Ein Zusatz von freier Monolaurinsäure verbesserte die Wirkung der MG-MCFA nur tendenziell und besitzt somit keinen signifikanten Effekt. Die Wirkung auf Meningitis konnte aufgrund fehlender Symptome nicht analysiert werden.

Untersuchungen zur effektivsten Kombination und Dosierung der MG-MCFAs sollten somit Gegenstand weiterer Studien sein.

Literatur

Batovska D.I., Todorova T., Tsvetkova I. V., Najdenski H.M., 2009. Antibacterial Study of the Medium Chain Fatty Acids and Their 1-Monoglycerides: Individual Effects and Synergistic Relationships. Polish Journal of Microbiology 58: 43-47.

Kabara J.J., Swieczkowski D.M., Conley A.J., Truant J.P. (1972): Fatty acids and derivatives as antimicrobial agents. Antimicrobial Agents and Chemotherapy 2: 23-28.

Autorenanschrift

Dr. Elisabeth ZiBler
Pulte GmbH & Co. KG
Hirtenweg 2
82031 Grünwald
E-Mail : elisabeth.zissler@pulte.de



Das erledigen wir für Sie!

Mit innovativen Produkten und Fachwissen stehen wir Ihnen für eine individuelle, ökonomische und nachhaltige Lösung jederzeit kompetent zur Seite.

pulte.de



Are all grape extracts equal?

Paul Engler^{1,2}, Clarisse Pien¹, Fabiola Daubner³, Pierre Chicoteau¹, David Guilet²

¹Nor-Feed, Angers, France

²SONAS Laboratory, University of Angers, Angers, France

³Pulte GmbH & Co. KG, Grünwald, Germany

Introduction

Grape extracts' polyphenols have been studied extensively over the last few decades and have proven their beneficial antioxidant properties. Their use in the animal diet has also evidenced beneficial impact on the performances of the animals and the quality of their product (Juin et al. 2007, Chamorro et al. 2013, Engler et al. 2015, Schabelreiter et al. 2017). On February, 21st 2017, the European Commission published a regulation officially authorizing the use of the Dry Grape Extract as a feed additive in the member countries, under the code 2b485 (Regulation 2017/307). In order to sell a grape extract under this appellation, the manufacturer must comply with a list of criteria, some of which being publicly available in the authorization regulation. That is, a mixture of grape seed and grape extracts with a minimum content of 80% total polyphenols, $\geq 60\%$ procyanidins, $\geq 0,75\%$ anthocyanins and $\leq 10\%$ humidity. Despite the numerous requirements to comply with the appellation, it is still possible to have several profiles of Dry Grape Extracts. In this study, we compared 3 different formulations of Dry Grape Extract to evaluate if all grape extract are the same, in terms of activity, *ex vivo* and *in vivo*.

Material and methods

Formulation of the Dry Grape Extracts (DGE). All three DGEs were formulated by Nor-Feed, in compliance with every single requirement of the EU authorization. They were allocated with a random number each, to blindly perform all of the analyses and experiments: DGE 149, DGE 387 and DGE 562.

Evaluation of the activity *ex vivo*. Their antioxidant capacity was measured using an *ex vivo* model (KRL test, Kirial International).

Evaluation of the activity *in vivo*. 1144 Rhode Island type laying hen (Novogen Brown) were fed a wash-out diet (1% linseed oil, 5ppm vitamin E) for 6 weeks in order to remove any remaining effect of the previous diet on the studied parameters. They were then randomly divided into 4 groups of 286 birds, subdivided into 11 cages of 26 hens per group. The cages were housed on the same level of the same battery. The groups' diets were the following: Control diet (CTL, 1% oxidized linseed oil + 5ppm vitamin E), DGE 149 (CTL diet + 30ppm DGE 149), DGE 387 (CTL diet + 30ppm DGE 387) and DGE 562 (CTL diet + 30ppm DGE 562). The hens were fed the trial diets for 5 consecutive weeks (from week 39 to week 44). Zootechnical performances were recorded along the whole trial period (body weight, laying rate, FCR, egg weight, mortality). Egg quality was also monitored at the end of the trial by analyzing proportions of shell, yolk and albumen, shell thickness, shell strength, vitelline membrane strength, Haugh units of the eggs produced on the last day, for each pen. The total amount of polyphenols in the yolk was also recorded on 2 eggs of each pen using the Folin-Ciocalteu method. Moreover, the effect of the diet on the antioxidant defenses of the animals was also

evaluated by drawing blood samples at the start and the end of the experiment in order to quantify the total hydrophilic antioxidant capacity of the hens. Statistical analysis was performed using R software (v 3.4.1) and Rcmdr package (v 2.3-2).

Results

Ex vivo characterization of the antioxidant activity showed that DGE 149 had the highest antioxidant activity, using the KRL assay (Figure 1).

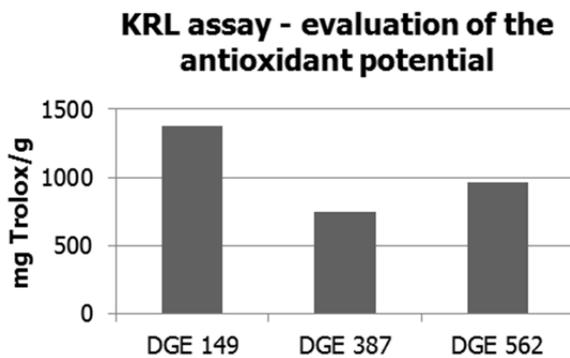


Figure 1. Antioxidant capacity of the 3 DGE, measure with the KRL assay

At the end of the wash-out period, 1 cage from the control group was removed from the study due to outlying zootechnical parameters. The total number of bird in the trial period for the control group was therefore 260 (10 cages of 26 hens).

The trial diet impacted the feed conversion rate of all groups. This effect was however much higher in the control and the DGE 149 groups (+4,9% and +6,5% respectively at week 44 compared to week 38) than in the DGE 387 and DGE 562 (+2,3% and +2,6% respectively). The laying rate was neither impacted by the diet in the control group, nor by the supplementation with DGE 149 and remained inferior to 90%. However, hens from the DGE 387 and DGE 562 groups had an improved laying rate at the end of the trial period (+4,3% and +4,4% respectively) showing a beneficial impact of these two grape extracts (Figure 2).

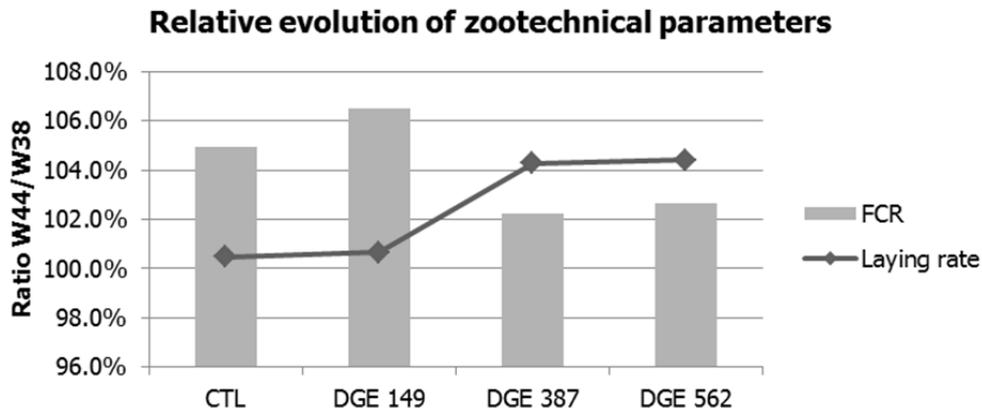


Figure 2. Relative evolution of zootechnical parameters between the beginning and the end of the trial period

The study of the egg’s quality showed a higher rigidity of the vitelline membrane in the DGE 149 and DGE 387 groups compared to the control group. DGE 562 did not impact this parameter. However, all tested grape extracts seemed to have improved the vitelline membrane rupture force, with a higher effect in the DGE 149 group.

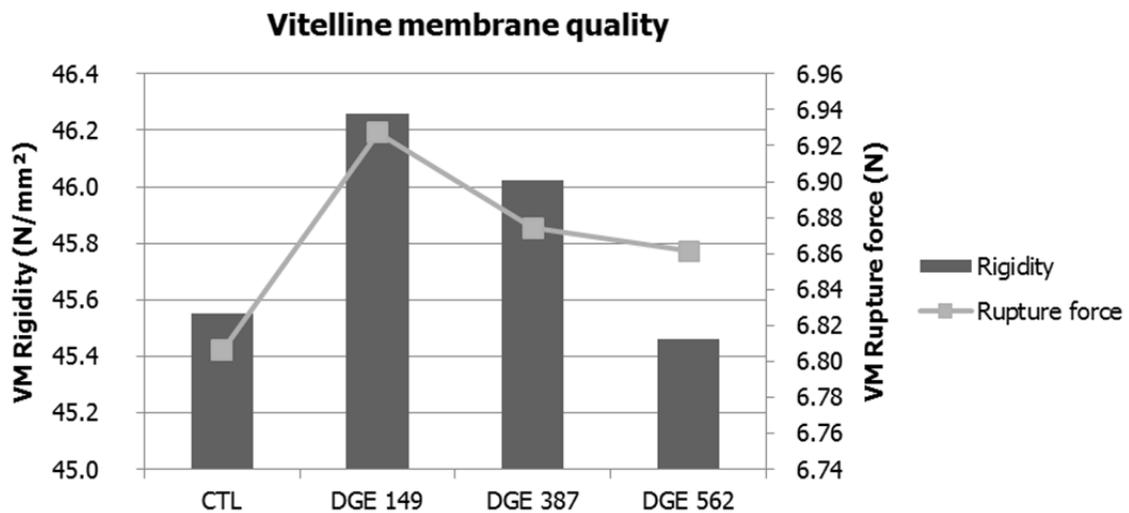


Figure 3. Vitelline membrane quality parameters in the different groups at the end of the trial

Moreover, the DGE 149 group had a significantly higher proportion of shell than the control group ($p < 0,05$ ANOVA) and tended to be higher than the DGE 562 groups ($p < 0,10$). This resulted in a higher shell thickness and an improvement of the shell resistance parameters.

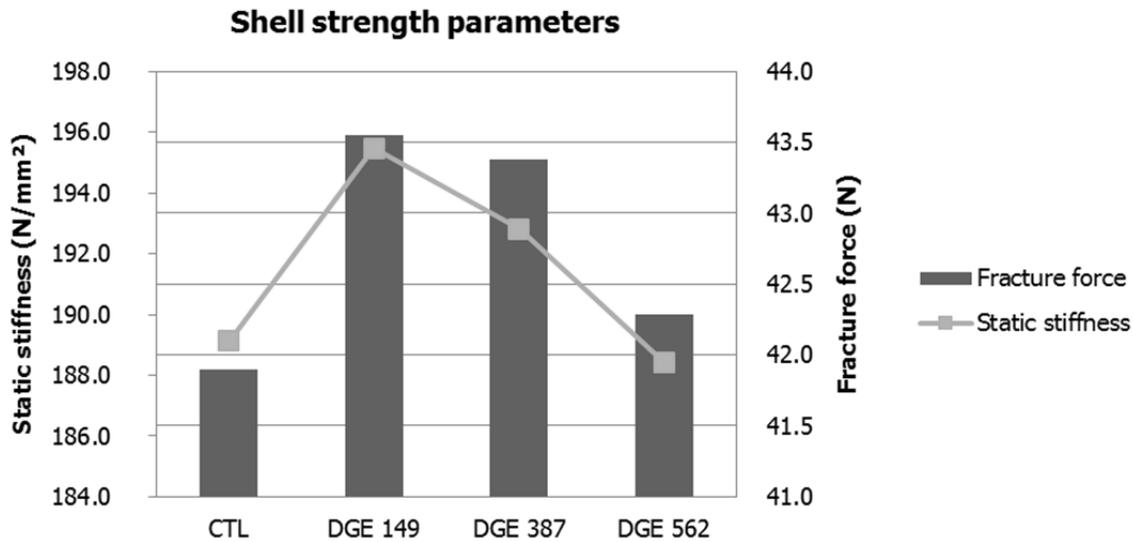


Figure 4. Shell strength parameters of eggs from the different groups at the end of the trial

Eggs from the DGE 149 and DGE 387 groups indeed had a higher static stiffness (ability to resist to deformation when strength is applied on the shell) and fracture force (strength required to break the shell, Figure 4).

Other egg quality parameters were not impacted by the different supplementations.

Blood samples evidenced a reduction of the hydrophilic defenses due to the oxidative stress induced by the dietary stress (-26,2% in the control group). The DGE 149 and DGE 562 showed a limited reduction of the defenses when DGE 387 was the only supplementation demonstrating an improvement of the total hydrophilic antioxidant capacity (+15,3%, Figure 5).

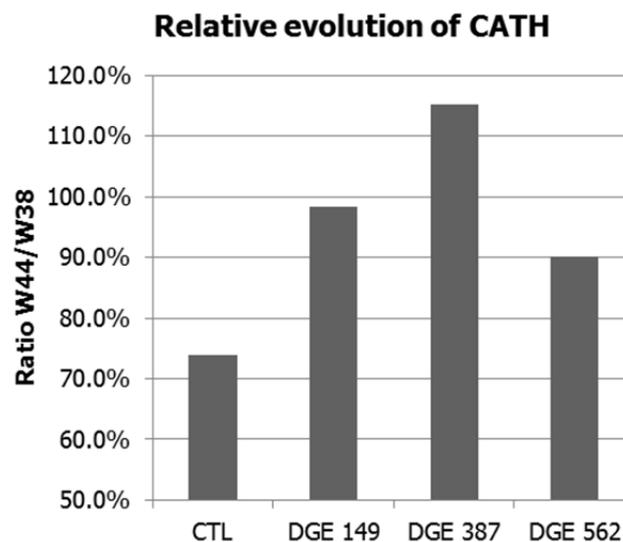


Figure 5. Relative evolution of the total hydrophilic antioxidant capacity (CATH) of the different groups

Moreover, the dosage of total polyphenols in egg yolks at the end of the trial showed higher levels in the DGE 387 group (Figure 6), where DGE 149 and DGE 62 were similar to the control group despite having the same total polyphenol content as DGE 387.

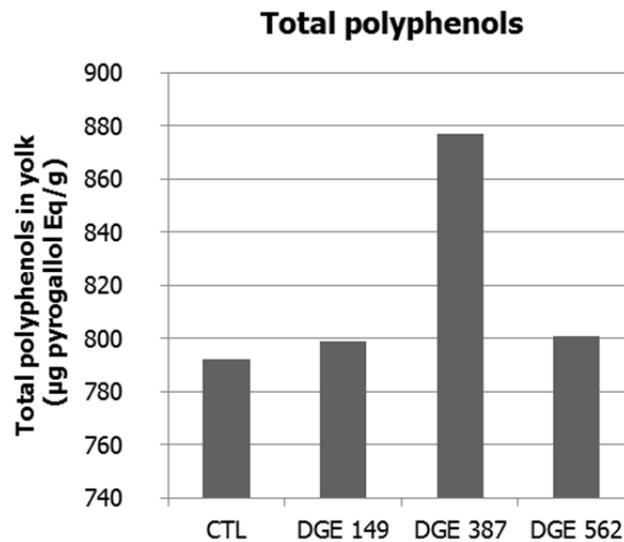


Figure 6. Total amount of polyphenols in egg yolks from the different groups at the end of the trial

Discussion

Despite a relatively similar composition (all grape extracts complied with the Dry Grape Extract EU authorization specifications), the effects of the 3 DGE were not the same. Surprisingly, DGE 149 evidenced the highest antioxidant capacity *ex vivo*, but this did not result in a better protection. Animals supplemented with DGE 149 indeed evidenced a higher FCR at the end of the trial where a dietary stress was induced. It however significantly improved the egg shell quality.

DGE 562 showed a good antioxidant capacity *ex vivo* and presented a good protection against the stress induced, resulting in an improvement of the FCR and laying rate. It however did not affect the egg quality parameters.

DGE 387, despite showing the lowest antioxidant capacity *ex vivo* demonstrated an effect on the improvement of the FCR and on the laying rate similar to DGE 562. It also impacted positively the egg shell and vitelline membrane quality. Moreover, it was the only supplementation showing a higher polyphenol deposition in the egg yolk.

Finally, the blood analysis showed that the dietary stress factor used in this experiment induced an oxidative stress, utilizing the antioxidant defenses of the birds. The lesser decrease in the total hydrophilic antioxidant capacity of the blood from DGE 149 and DGE 562 showed that the supplementation did provide extra antioxidant defenses. However, only birds from the DGE 387 group demonstrated an improvement of their total hydrophilic antioxidant defenses. This also shows that the mode of action of the studied extracts might not be fully represented by the *ex vivo* test used.

The DGE 387 formulation therefore seems to be the best option of the 3 DGE tested, as it showed positive effects on zootechnical parameters, antioxidant defenses and egg quality.

Conclusion

The results of these experiments evidenced that despite a close formulation, complying with the specifications of the DGE authorization, the three DGE did not provide the same effects either *ex vivo* or *in vivo*. One grape extract (DGE 149) showed notable effect on the improvement of the egg shell and vitelline membrane quality, but resulted in poor zootechnical performances. Another grape extract (DGE 562) gave the opposite results (no effect on egg shell but better zootechnical performances). Finally grape extract DGE 387 evidenced both beneficial effects (zootechnical improvement and egg quality), despite the initial lower *ex vivo* activity.

All grape extracts are therefore not equal, and DGE 387 appears to be the best formulation.

References

Juin H., Decousser A., Chicoteau P., Incorporation de différents extraits de raisin dans l'alimentation du poulet de chair: effet sur les performances de croissance et la stabilité membranaire des globules rouges. JRA 2007

Chamorro S. A. Viveros, C. Centeno et al. Effects of dietary grape seed extract on growth performance, amino acid digestibility and plasma lipids and mineral content in broiler chicks, animal, vol. 7, n°14, pp. 555-561, 2013.

Engler P., Piesk J. Tessier N., Dry grape extract supplementation in organic swine, a way to improve pork meat quality, BAT symposium 2015

Schabelreiter S., C. Schwarz, A. Hermann et M. Gierus, «Einsatz von Weintraubenextrakten in der Broilerfütterung: I. Einfluss auf die Mast- und Schlachtleistung sowie Sensorik des Brustfleisches,» BOKU, 2017.

Regulation 2017/307 of 21 February 2017

KRL test, Kirial International

Corresponding author

Paul Engler
NOR-FEED
3 rue Amedeo Avogadro
49 070 Beaucouzé, France
paul.engler@norfeed.net
www.norfeed.net

Effects of a vegetal source of SOD on growth and health parameters of Friesian calves

Monika Korzekwa, Christian Scheidemann, Aurelien Piron, Florence Barbé

Lallemand Animal Nutrition, Blagnac, France

Introduction

Rearing neonatal calves healthy and economically is still a major challenge in today's dairy farming. The first two months are critical for future performance that is why it is important to follow good farm practices (Bach and Ahedo, 2008). Calf illness is one of the major reasons for poor growth. The antioxidant status of sick animals is highly challenged. Evidence demonstrates that, at birth and at first solid feed intake, production of free radical and oxidized compounds is increased (Gaal et al., 2006). This can impact animal immunity and sensitivity to disease. Generally, animals have diarrhea and respiratory trouble.

Objective

To measure the capacity of a vegetal source of superoxide dismutase (SOD) to help maintain calves in good health and improve their growth performance when supplied into milk replacer from birth to weaning.

Material and methods

The experiment was conducted in a herd of dairy cows located in the Lazio region in Italy. The experimental plan included the comparison of production performance (growth) and vet treatments during the birth-weaning period between a group of calves supplemented with a vegetal source of Superoxide Dismutase (MELOFEED DRINK, Lallemand Animal Nutrition) (supplemented group **MELOFEED**) and a control group (non-supplemented group **CONTROL**). MELOFEED is a melon juice and pulp concentrate naturally rich in superoxide dismutase. Different productive parameters and welfare indicators were considered: weight at birth and at weaning, age at weaning, daily weight gain, death rate, incidence of diarrhea and respiratory problems, the number of veterinary treatments and the age at 1st vet treatment.

124 female calves born between July and September 2015 were selected, and were randomly assigned to the supplemented group (61) and the control group (63). At birth the animals were allocated as much as possible between supplemented and control groups in order to have two sets of uniform weights. The calves were separated from the mother immediately after birth, moved to individual cages, removed from colostrum and treated with oxytetracycline for 5 days. After colostrum supply was interrupted, the feeding period with dried reconstituted milk powder started following the amounts indicated in Table 1. The milk fed to animals in the supplemented group was added daily with 0.325 g/head of MELOFEED DRINK (= 130 IU SOD/head/day).

The protocol for weaning involved, starting from 5th day of life, the administration of feed containing coccidiostat and water. All animals were weighed at birth and at weaning, and during the trial the number of deaths and the frequency of some diseases (diarrhea and respiratory problems) were recorded.

Table 1: Milk replacer supply during the weaning period

Week	Liters of milk/meal	Nr meals/day
1	2	2
2	3	2
3	3	2
4	3.5	2
5	3.5	2
6	4.5	2
7	4.5	2
8	4.5	2
9	4.5	2
10	4.5	2
11	4.5	1

Results

Growth

Birth weight of calves in the control group were 35.1 ± 3.2 kg and in the supplemented group 35.7 ± 3.4 kg. The weaning age was 78.4 ± 4.0 and 78.3 ± 4.4 days respectively for the control group and supplemented group. The weaning weight was higher in the supplemented group compared to the control one. The supplemented calves showed an average weight at weaning of 88.2 ± 9.7 kg, while those in the control group showed a weaning weight of 86.4 ± 10.5 kg. Despite the higher weaning weight (1.8 kg) reached by animals supplemented with MELOFEED, the differences between the two groups were not statistically significant ($p > 0.05$). The analysis of average daily weight gain showed not statistically significant ($p > 0.05$) greater increase in the supplemented group compared to the control one. The value recorded in the control group was 0.653 ± 0.110 kg/day while in the supplemented group it was 0.670 ± 0.107 kg/day.

Mortality and health

During the trial, 11 animals died inducing an overall death rate equal to 8.9%. Of these 11 deaths, seven were registered in the control group, giving a rate of mortality of 11.1% and four were recorded in the supplemented group, giving a mortality rate of 6.6%. During the trial in total 63 cases of diarrhea (55.8%) and 17 cases of respiratory problems (15%) were recorded. The frequency of cases of diarrhea in groups was 35 (62.5%) and 28 (49.1%) respectively for the control and supplemented groups. The cases of respiratory problems were 9 (16.1%) and 8 (14.0%) respectively for the animals of the control group and the MELOFEED group. The supplemented group presented a lower rate of sick animals (-21.5% for diarrhea and -13.0% for respiratory problems). The analysis that considered only the animals that received at least one veterinary treatment showed a positive effect of administration of MELOFEED with respect to those health parameters. The age at first

veterinary treatment was higher (18.03 days) for sick animals supplemented with MELOFEED compared to the same category of animals of the control group (14.27 days) (fig. 1). Although the differences are not statistically significant ($p = 0.18$), the data suggest that supplementation with MELOFEED seems to delay the onset of diseases.

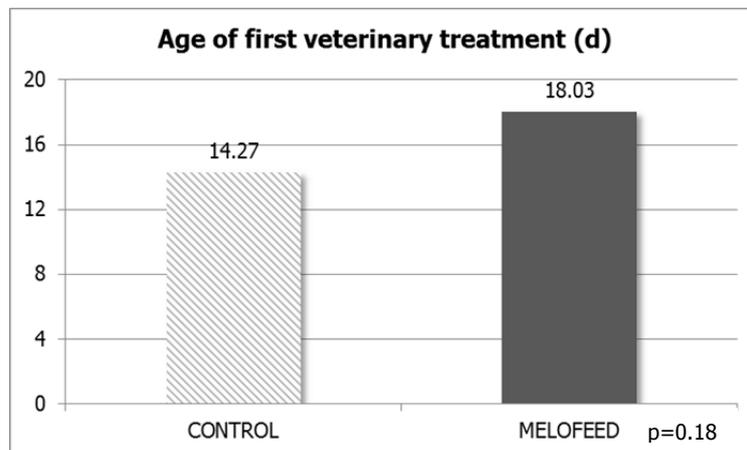


Figure 1: Effect of MELOFEED supplementation on age of first veterinary treatment

The average number of treatments for sick animals in the group supplemented with MELOFEED was 1.16, which was significantly lower ($p = 0.031$) than the value of 1.33 observed for sick animals of the control group (fig. 2). The results support the conclusion that supplementation with MELOFEED reduces the number of medical treatments for animals that had at least once a case of diarrhea or respiratory problems during weaning. Finally, the average number of days in treatment (3.16) was lower but not significant for sick animals who received MELOFEED compared to 3.45 days for the same category of animals of the control group.

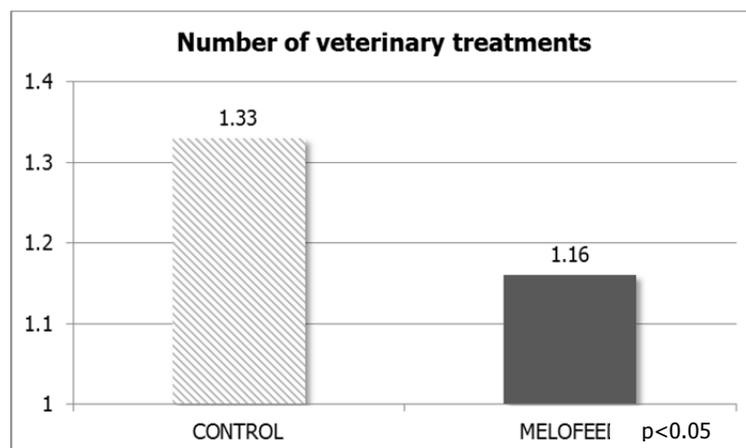


Figure 2: Effect of MELOFEED supplementation on the number of veterinary treatments

Discussion

There is much interest in the mechanisms by which oxidative stress may influence postnatal growth, metabolism, and health in neonatal dairy calves (Mutinati et al., 2014). Oxidative stress has been

implicated in numerous disease processes including sepsis, mastitis, acidosis, ketosis, enteritis, pneumonia and respiratory diseases (Miller et al., 1993; Lykkesfeldt and Svendsen, 2007; Celi, 2011). The respiratory tract is a major target for oxidative injury and pulmonary oxidative stress appears to play an important role in the pathogenesis of respiratory disease. It has been observed that a decrease in antioxidant potential paralleled by an increase in oxidants is a contributing factor in the development of the respiratory syndrome during transport in calves (Chirase et al., 2004). In the conducted experiment with 124 female calves, incidences of diarrhea and respiratory disorders were lower in the supplemented group compared to unsupplemented control group. Sick animals needed a reduced number of veterinary treatments, when supplemented with the vegetal source of SOD. Since oxidative stress is a major factor in many disease processes, an improved antioxidative status of the supplemented calves, could be one explanation for the lower disease occurrence compared to the unsupplemented control group. Melon-SOD, which has been supplemented in MELOFEED group, has shown to stimulate the endogenous production of antioxidant enzymes (superoxide dismutase, glutathione peroxidase and catalase) when supplemented orally to different animal species (Lallès et al., 2011; Carillon et al., 2016; Barbé et al., 2017). Furthermore, a positive effect of melon-SOD on various oxidative stress parameters in the blood of young animals could be demonstrated. Piglets, subjected to different forms of stress (heat stress, double vaccination), had a higher glutathione peroxidase activity, an increased blood resistance (measured by half-haemolysis time of red blood cells) and a lower content of lipid peroxides when receiving the vegetal source of SOD (Royer et al., 2015). Melon-SOD also increased the total antioxidant capacity of LPS-challenged piglets compared to an unsupplemented control group (Ahasan et al., 2015). Lallès et al. (2011) found out that a supplementation of melon-SOD for 12 days is effective in lowering the level of expressed stress proteins along the gastrointestinal tract of pigs after weaning.

Conclusion

Even considering that the differences did not always reach statistical significance, the survey performed allowed to evidence that in the period birth-weaning the administration of MELOFEED in Friesian female calves exerted a generally positive effect on growth, mortality and incidence of diarrhea and respiratory infections. Supplementation with MELOFEED showed a better state of health of the calves and decreased significantly the number of medical treatments during the weaning period. With reference to this result, it should be noted that the better health state of the calves supplemented with MELOFEED also resulted into a lower consumption of antimicrobial drugs and a higher economic profit for the farmer.

Acknowledgment

Andrea Vitali and Prof. Nicola Lacetera: Department of Agriculture and Forestry Science (DAFNE), Viterbo, Italy.

References

- Ahasan L., Agazzi A., Barbé F., Invernizzi G., Bellagamba F., Lecchi C., Corino C., Dell'Orto V., Savoini G., 2015. Effect of SOD-rich melon supplement in LPS-challenged piglets on antioxidant status and growth performance. 66th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP), Warsaw (Poland), August 31 – September 4, 2015.
- Barbé F., Sacy A., Carillon J., Chevaux E., Castex M., 2017. Stimulation of antioxidant defences and protection of the immune system in broilers supplemented with pelleted SOD-rich melon pulp concentrate. 21th European Symposium on Poultry Nutrition (ESPN), Salou / Vila-Seica (Spain), May 8-11, 2017.
- Bach A. and Ahedo J., 2008. Record Keeping and Economics of Dairy Heifers. *Vet Clin Food Anim* (24) 117–138.

- Carillon J., Barbé F., Barial S., Saby M., Sacy A., Rouanet J.M., 2016. Diet supplementation with a specific melon concentrate improves oviduct antioxidant defenses and egg characteristics in laying hens. *Poultry Science*, 2016, 00: 1-7.
- Celi, P., Robinson, A., 2010. Effect of Yerba Mate (*Ilex paraguariensis*) supplementation on the performance of dairy calves. *Animal Production Science* 50, 376–381.
- Chirase, N.K., Greene, L.W., Purdy, C.W., Loan, R.W., Auvermann, B.W., Parker, D.B., Walborg, E.F., Stevenson, D.E., Xu, Y., Klaunig, J.E., 2004. Effect of transport stress on respiratory disease, serum antioxidant status, and serum concentrations of lipid peroxidation biomarkers in beef cattle. *American Journal of Veterinary Research* 65, 860–864.
- Gaal T., Ribiczeyné-Szabó P., Stadler K., Jakus J., Reiczigel J., Pál Kövér, Mézes M., Sümeghy L., 2006. Free radicals, lipid peroxidation and the antioxidant system in the blood of cows and newborn calves around calving. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B* (143) 391-396.
- Lallès J.P., Lacan D., David J.C., 2011. A melon pulp concentrate rich in superoxide dismutase reduces stress proteins along the gastrointestinal tract of pigs. *Nutrition* 27(3):358-63.
- Lykkesfeldt, J., Svendsen, O., 2007. Oxidants and antioxidants in disease: Oxidative stress in farm animals. *The Veterinary Journal* 173, 502–511.
- Miller, J.K., Brzezinska-Slebodzinska, E., Madsen, F.C., 1993. Oxidative stress, antioxidants, and animal function. *Journal of Dairy Science* 76, 2812–2823.
- Mutinati, M., Pantaleo, M., Roncetti, M., Piccinno, M., Rizzo, A., Sciorsci, R.L., 2014. Oxidative stress in neonatology. A review. *Reproduction in Domestic Animals* 49, 7–16.
- Royer E., Barbé F., Guillou D., Rousselière Y., Chevaux E. Development of an oxidative stress model in weaned pigs highlighting plasma biomarkers specificity to stress inducers. *Journal of Animal Science* 2016 94:48-53.

Corresponding author

Monika Korzekwa
Lallemand Animal Nutrition
Rue de Briquetiers 19
31702 Blagnac, France
mkorzekwa@lallemand.com

DIE GEWINNER-KOMBINATION GEGEN OXIDATIVEN STRESS

Ab sofort erhältlich:
Bewährte Premiumqualität – höher konzentriert!

mel feed
EINE NATÜRLICHE QUELLE
FÜR PRIMÄRE ANTIOXIDANTIEN

- + Von Natur aus reich an primären Antioxidantien (Superoxid-Dismutase).

alkosel 3000
R397
Die Premiumquelle
für bioverfügbares Selen

- + Selenhefe, 3.000-3.500 ppm Selen, 100 % organisch gebunden.



Diese antioxidative Kombination ist die erste Verteidigungslinie gegen Umweltbelastungen und physiologischen Stress.

+
Kontrollierter oxidativer Stress
=
Optimierte Leistung

Nicht alle Produkte sind in allen Ländern erhältlich und einhergehende Produktansprüche können nicht in allen Regionen geltend gemacht werden.

LALLEMAND ANIMAL NUTRITION ■ SPECIFIC FOR YOUR SUCCESS

Ihr Kontakt: Dr. Christian Scheidemann, animalgermany@lallemand.com www.lallemandanimalnutrition.com/de

LALLEMAND

Dietary sodium diformate and medium chain fatty acids in sows during late gestation and lactation – performance improvements in suckling piglets

Christian Lückstädt¹, Jürgen Hittel², Christoph Hutter¹

¹ADDCON GmbH, Bitterfeld, Germany;

²Dr. Jürgen Hittel Agrarberatung

Abstract

The study tested the efficacy of a blend of sodium diformate with the monoglyceride of lauric acid – monolaurate, in multiparous sows at a research farm in Saxony-Anhalt, Germany. 40 sows were allocated to 2 equal groups and fed a commercial lactation diet from one week before farrowing until weaning. The test diet contained 1.0% of the sodium diformate – monolaurate mixture. Water was available *ad libitum* throughout the trial. The lactation diet was fed according to a feeding curve, from the last week before farrowing to day 13 of lactation and thereafter *ad libitum*. All piglets were weighed at birth and weaning and their performance parameters were recorded. The number of piglets born alive, the weight of new-born piglet and the litter weight of new-born piglets were significantly ($P<0.05$) increased, while the number of weaned piglets differed only numerically ($P=0.11$). At weaning, the body weight of piglet as well as the litter weight were again significantly improved ($P<0.05$). Here, the litter weight was more than 8 kg heavier in the treated group compared to the negative control, while weaning age did not differ (25.7 days).

Introduction

Sustaining growth rate and optimal feed efficiency in pigs are key to their economic performance through to market. With mounting pressure on the costs of pig production in general worldwide, nutrition is increasingly under scrutiny. Compound feed is not only an effective way of delivering nutrients to animals, but it has long been utilised as a delivery strategy for non-nutritive additives used to promote health. To this end, the industry relied heavily on the use of antibiotics as growth promoters in the feed for decades, until it became clear that the development of bacterial resistance against these compounds could jeopardise their future in the fight against bacterial disease, not only in animals, but also in human health care. The search for alternatives became critical around 15 years ago, beginning in Europe, where it led to a ban of antibiotic growth promoters in feed in 2006.

It is generally agreed that good gut health is effective against intestinal pathogens, a strategy that has only been made possible through the removal of antibiotic growth promoters in feed. Creating and maintaining a healthy intestinal environment has become essential to productivity and food safety programmes alike. Maintaining a healthy gut requires up to 25% of the daily protein and 20% of the dietary energy supplied with the feed. This strategy should be carefully planned into the dietary programme, in order to not waste resources (HITTEL AND LÜCKSTÄDT, 2017).

The application of organic acids and their salts to diets for pigs has been studied extensively for more than 50 years. They have proved especially effective in maintaining growth performance since the ban on antibiotic growth promoters came into effect in Europe. Numerous trials have demonstrated their mode and magnitude of action and established effective doses for piglets, fattening pigs and sows. The use of formic acid and its double potassium salt in particular have been the subject of intense

investigation, with the result that we now know its dose-dependent effect on growth performance and feed conversion in pigs under a range of different environmental conditions and feed formulations (LÜCKSTÄDT AND MELLOR, 2011). Its main mode of action is its antimicrobial effect, which makes it comparable with antibiotic growth promoters; but organic acids also reduce pH in the stomach, which optimises conditions for pepsin activity; and increase the digestibility of nitrogen, phosphorus and a number of minerals. This is not only beneficial in sparing nutrients, but it also prevents losses that might otherwise contribute to environmental pollution (THEOBALD AND LÜCKSTÄDT, 2011).

Several studies have demonstrated benefits of adding organic acids to diets for sows. ØVERLAND ET AL. (2009) added 0.8% or 1.2% potassium diformate (KDF) to diets for primiparous and multiparous sows from one mating to the next, feeding the acidifier through gestation and lactation. The performance of the piglets of these sows was also recorded and compared. The authors found that sows fed the diformate had increased back fat thickness during gestation. Feeding KDF also tended to be associated with a heavier birth weight of piglets, irrespective of dose. It also improved average daily gain, resulting in a greater weaning weight. Sows fed the diets containing KDF tended to have increased milk fat content on day 12 post-farrowing. On the other hand, sows fed potassium diformate at a dosage of 0.8% under tropical conditions (LÜCKSTÄDT, 2011) tended ($P < 0.1$) to have a higher feed intake from 3 days after farrowing onwards. Furthermore, reduced weight loss ($P = 0.06$) during the weaning period and lower back fat loss ($P = 0.05$) was observed. The impact on piglets in sows fed with KDF was reported by DURST ET AL. (2012). Here, sows fed with KDF at a dosage of 0.8% under European conditions had a numerically lower backfat reduction during suckling, despite a higher weaning effort. Feeding KDF to sows did, however, have significant effects on the new-born piglets. Weaning weight tended ($P=0.09$) to be increased, while weight gain during weaning and daily weight gain of piglets were significantly improved ($P<0.05$). LÜCKSTÄDT ET AL. (2012) reported furthermore that losses during the weaning period were significantly ($P=0.033$) reduced. A similar impact in swine production was noted recently with sodium diformate (double salt of sodium formate and formic acid), which is produced similarly to potassium diformate with a patented production technology.

However, while the antimicrobial impact of organic acids and their salts, including potassium or sodium diformate, is mainly directed against Gram-negative bacteria, medium chain fatty acids (C-6 to C-12) have been shown to have also an antibacterial impact against various Gram-positive bacteria (PREUSS ET AL., 2005). This is especially true for lauric acid (C-12) and its monoglyceride ester monolaurate (RUZIN AND NOVICK, 2000). Lauric acid has the greatest antibacterial activity of all medium chain fatty acids. This effect is magnified if monolaurate is used (BATOVSKA ET AL., 2009), making it a promising candidate as an additive or as an alternative to antibiotics for treatment of different diseases (ROUSE ET AL., 2005).

Despite the well documented impacts of both additives, data on the combined impact in sows during late gestation and lactation, and their subsequent effects on suckling piglets under semi-commercial conditions had not yet been generated. This formed the impetus of this trial.

Material and methods

The current study tested a mixture of sodium diformate and monolaurate (FORMI® GML, ADDCON, hereafter referred as GML) fed to sows for its impact on suckling piglets. 40 sows (Danbred sow with Pietrain 77 BHZP boar) on a research farm in Saxony-Anhalt, Germany, were equally divided into two groups, containing 20 sows each. They were fed from one week before farrowing till the end of weaning on a lactation diet (see table 1), containing either 1.0% of GML, or a negative control which did not contain the additive. The lactation diet was fed according to a feeding curve, from the last week before farrowing to day 13 of lactation and thereafter *ad libitum*. From the first day after farrowing, only the 13 heaviest piglets from the litter of each sow were kept within the trial. The following parameters were monitored: number of piglets born dead, number of piglets born alive,

individual weight of new-born piglets, litter weight of new-born piglets and litter weight of the 13 piglets after transfer. At weaning the number of weaned piglets, the individual body weight of weaned piglets as well as litter weight during weaning was recorded. Furthermore the average daily gain and the duration of weaning were documented. Data were analysed using the t-test and a significance level of 0.05 was used in all tests.

Table 1: Composition and proximate analysis of commercial lactation diet [%]

Components	Percentage
Wheat	35.02
Barley	31.40
Wheat bran	9.00
Rapeseed meal	7.00
Soybean meal	6.90
By-products from bakeries/sweets	4.50
Soy oil	1.60
Calcium carbonate	1.21
Sunflower meal	1.00
Salt	0.48
Mono-calcium phosphate	0.44
Proximate composition	
Metabolizable energy	13.1 MJ ME
Crude protein	16.5
Crude lipids	4.5
Crude fibre	5.3
Crude ash	5.7
Lysine	1.05

Results and discussion

Feed during the trial was well accepted by both groups. Sows fed the GML diet had a noticeably higher feed intake compared to sows from the negative control group. During farrowing the number of piglets born dead differed significantly ($P=0.013$; 2.15 and 0.70 for Control- and GML-group respectively). The weight and number of piglets born alive were significantly ($P<0.05$) improved due to the addition of the additive (Table 2), in case of weight by more than 10%. Litter weight of piglets at birth differed highly significantly ($P<0.001$) by more than 4 kg, which is an improvement of 21% for the GML-fed sows. After transfer on day 1 after farrowing, the litter weight was significantly ($P<0.01$) higher in the GML-group compared to the control. During weaning at day 25.7 and 25.8 for control and GML respectively, the number of weaned piglets differed only numerically (11.95 and 12.25 for Control- and GML-group; $P=0.11$). However, the weaning weight of the piglets was again

significantly ($P < 0.05$) influenced. This time, piglets from GML-fed sows had a weaning weight of 7.41 ± 0.68 kg, which was 500 g heavier than that of the control piglets. Consequently, the litter weight during weaning also differed significantly ($P < 0.01$). Here, the litter from GML-fed sows was heavier by more than 8.3 kg. The resulting Average Daily Gain varied from 256 g in the control group to 279 g in piglets coming from GML-sows ($P < 0.05$).

Table 2: Performance parameter of piglet from sows fed with or without GML

Parameter	Control	1.0% GML in sows	P-value
Sows [n]	20	20	-
Piglets born alive, per sow [n]	16.4 ± 2.8	18.0 ± 2.8	0.042
Weight of new-born piglets [kg]	1.20 ± 0.14	1.33 ± 0.22	0.018
Litter weight at birth [kg]	19.56 ± 3.26	23.67 ± 3.85	0.001
Litter weight at transfer [kg]	16.83 ± 1.86	18.90 ± 3.07	0.008
Piglets weaned, per sow [n]	11.95 ± 0.59	12.25 ± 0.89	0.11
Weight of weaned piglets [kg]	6.91 ± 0.62	7.41 ± 0.68	0.011
Litter weight at weaning [kg]	82.44 ± 7.58	90.78 ± 10.40	0.004
Average daily gain [g]	256 ± 29	279 ± 35	0.015
Weaning period [d]	25.7 ± 1.2	25.8 ± 1.4	0.41

In general it can therefore be stated that the above findings support the use of dietary sodium diformate and monolaurate (GML) in sows as a performance enhancer for suckling piglets under European conditions. Similar impacts in piglets had been monitored before, as mentioned above, by ØVERLAND ET AL. (2009) at dosages of potassium diformate between 0.8% and 1.2%. This was further confirmed by DURST ET AL. (2012). Recently, HITTEL AND LÜCKSTÄDT (2017) reported that the reduction rate of the *E. coli* count in the faeces of GML-fed sows (1.2% dosage) was above 90%. It varied between 83% and 100% and due to this wide variation, was only a tendency ($P = 0.06$). However, the reduction of the Streptococci count within the trial period was significant (97%; $P < 0.01$) and varied from 89% to 99.9%. The authors speculated that "the use of diformate and monolaurate may therefore not only provide a healthy gut in sows, but might furthermore support the piglets indirectly during the suckling period by providing "clean" conditions and thus greatly reducing the spread of *E. coli* and Streptococci towards the new-born piglets." This has now been confirmed with the current trial.

Acknowledgement

The help of the team from Livestock Feed Tests GbR in Jessen, Germany in providing the research facility and during the data collection is greatly acknowledged.

Literature

- Batovska, D.I., Todorova, I.T., Tsvetkova, I.V. and Najdenski, H.M. (2009). Antibacterial study of the medium chain fatty acids and their 1-monoglycerides: Individual effects and synergistic relationships. *Polish Journal of Microbiology* 58 (1), 43-47.
- Durst, L., Theobald, P. and Lückstädt, C. (2012). Effects of dietary potassium diformate in sows during pre-farrowing till weaning on piglet performance and health – a practical approach in Germany. *Advances in Animal Biosciences* 3 (1), 67.
- Hittel, J. and Lückstädt, C. (2017). Dietary potassium diformate and medium chain fatty acids – support for a healthy gut in sows during late gestation. *Tagungsband 16. BOKU-Symposium Tierernährung 2017*, 91-94.
- Lückstädt, C. (2011). Effects of dietary potassium diformate on feed intake, weight loss and backfat reduction in sows: pre-farrowing till weaning. *Advances in Animal Biosciences* 2 (1), 145.
- Lückstädt, C. and Mellor, S. (2011). The use of organic acids in animal nutrition, with special focus on dietary potassium diformate under European and Austral-Asian conditions. *Recent Advances in Animal Nutrition – Australia, Vol 18*, 123-130.
- Lückstädt, C., Theobald, P., Wegleitner, K. and Durst, L. (2012). Dietary potassium diformate in sows during pre-farrowing till weaning – effects on piglet performance and survival. *Tagungsband 11. BOKU-Symposium Tierernährung 2012*, 245-247.
- Øverland, M., Bikker, P. and Fledderus, J. (2009). Potassium diformate in the diet of reproducing sows: Effect on performance of sows and litters. *Livestock Science* 122, 241–247.
- PREUSS, H.G., ECHARD, B., ENIG, M., BROOK, I. AND ELLIOTT T.B. (2005). Minimum inhibitory concentrations of herbal essential oils and monolaurin for gram-positive and gram-negative bacteria. *Molecular and cellular biochemistry* 272 (1-2), 29-34.
- Rouse, M., Rotger, M., Piper, K., Steckelberg, J., Scholz, M., Andrews, J. and Patel, R. (2005). *In vitro* and *in vivo* evaluations of the activities of lauric acid monoester formulations against *Staphylococcus aureus*. *Antimicrobial Agents Chemother.* 49, 3187-3191.
- Ruzin, A. and Novick, R.P. (2000). Equivalence of lauric acid and glycerol monolaurate as inhibitors of signal transduction in *Staphylococcus aureus*. *J Bacteriology* 182 (9), 2668-2671.
- Theobald, P. and Lückstädt, C. (2011). Experience on the usage of organic acids in swine diets in Europe. In: Lückstädt, C.: *Standards for acidifiers – Principles for the use of organic acids in animal nutrition*. Nottingham University Press, Nottingham, 39-48.

Corresponding author:

Dr. Christian Lückstädt
ADDCON GmbH
Parsevalstrasse 6
06749 Bitterfeld-Wolfen
Germany
christian.lueckstaedt@addcon.com

Untersuchungen zum Kraftfuttereinsatz bei der Milchkuh bei gras- oder maissilagebasierten Rationen

Thomas Ettle, Anton Obermaier, Peter Edelmann

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft

Einleitung

Die Höhe des Gehaltes an (schnell) abbaubarer Stärke und Zucker sowie an strukturwirksamen Faserbestandteilen in der Ration hängt vom Anteil an Grob- und Kraftfutter in der Ration sowie von der Zusammensetzung der Kraftfutter- und Grobfutterkomponenten in der Ration ab. Letztendlich bestimmt die Rationzusammensetzung den Pansen-pH-Wert und damit eine wiederkäuergerechte und „tierwohlgerechte“ Fütterung. Die gängige Fütterungspraxis bewegt sich häufig in einem Bereich, der im Ruf steht, lediglich eine „subakute ruminale Azidose“ hervorzurufen, die über ein Absinken des pH-Wertes charakterisiert ist. Dieser ist in der Praxis jedoch nicht nachzuweisen. Als System zur Beurteilung der „Strukturwirksamkeit“ von Milchkuhrationen wurde deshalb die peNDFom vorgestellt (GfE, 2014). Die in diesem System abgeleiteten Grenzwerte für die Ration wurden aus Literaturdaten mit direktem Bezug zum Pansen-pH-Wert abgeleitet (Zebeli et al., 2008). Da der Gehalt an peNDFom aus den mit der Schüttelbox ermittelten Siebfraktionen in Verbindung mit dem aNDFom-Gehalt der Gesamtration errechnet wird, ergeben sich in der Praxis Probleme bei der Rationsplanung und der Beurteilung von Rationen, die nicht in Form von Totalen Mischrationen vorgelegt werden. Daher wurde von Rutzmoser et al. (2011) mit dem Strukturindex ein Maßstab entwickelt, der diese Limitationen umgeht und zeitgleich die Faktoren „Struktur“ und „pansenabbaubare Stärke + Zucker“ beurteilt. Da dieser Strukturindex bislang nur wenig evaluiert ist, wurde zur Überprüfung ein zweifaktoriell angelegter Milchviehfütterungsversuch mit gezielter Variation der Einflussgrößen Kraftfuttereinsatz und Art des Grobfutters durchgeführt.

Material und Methoden

Für den 17-wöchigen Milchviehfütterungsversuch wurden 48 Brown-Swiss und Fleckviehkühe ausgewählt, die unter Berücksichtigung von Rasse, Laktation, Laktationsstand, Futteraufnahme, Milchleistung und Milchinhaltsstoffen gleichmäßig auf die Gruppen „maissilagebasierte PMR (Teilmischration)“ und „grassilagebasierte PMR“ aufgeteilt. In jeder Gruppe waren 5 Brown Swiss- und 7 Fleckviehkühe vertreten. Im Mittel befanden sich die Tiere zu Versuchsbeginn am 122.±56 Laktationstag der 3. Laktation.

In den Teilmischrationen für diese beiden Gruppen wurden ca. 4 kg TM Maissilage gegen Grassilage ausgetauscht (Tab. 1). Über die Kraftfutterkomponenten in der Teilmischration wurden vergleichbare Energie- und nXP-Gehalte eingestellt. Bei der unterstellten Aufnahme von 18,3 kg TM/Kuh und Tag sollten über die Teilmischration etwa 25 kg Milch je Tier und Tag abgedeckt sein. Für darüber hinausgehende Milchleistungen wurden in den jeweiligen Untergruppen der beiden Grobfuttervarianten entweder 500 oder 800 g Leistungskraftfutter je kg Milch über Abrufstationen angeboten. Daraus ergeben sich die Gruppenbezeichnungen Mais500, Mais800, Gras500 und Gras800.

Tabelle 1: Zusammensetzung und kalkulierte Rohnährstoff- und Energiegehalte der Teilmischrationen

	Teilmischration				
	Maissilage		Grassilage		
	kg TM/Tag	% der TM	kg TM/Tag	% der TM	
Grassilage	5,00	27,3	8,95	48,8	
Maissilage	9,35	51,0	5,00	27,3	
Heu	0,86	4,69	0,86	4,69	
Gerste	0,26	1,44	1,02	5,57	
Körnermais	0,24	1,29	1,18	6,44	
Rapsextraktionsschrot	2,50	13,6	1,20	6,6	
Mineralfutter	0,11	0,62	0,11	0,62	
Gesamt:	18,3	100	18,3	100	
Inhaltsstoff	Je Tag	Je kg TM	Je Tag	Je kg TM	
NEL	MJ	125	6,80	124	6,80
Rohprotein	g	2683	146	2665	145
Nutzbare Protein	g	2822	154	2733	149
Ruminale N-Bilanz	g	-22,3	-1,2	-10,9	-0,6
Rohfaser	g	3515	192	3511	192
Stärke+Zucker	g	4739	259	4306	235
Pansenabbare KH	g	4134	226	3621	198
Pansenstabile Stärke	g	605	33	685	37
pe NDF (Grundfutter)	g	6227	340	6369	348
Strukturindex NDF		62,7	62,7	73,6	73,6

Die Kühe wurden in einem Offenfrontstall mit Liegeboxen gehalten. Die Futterraufnahme wurde tierindividuell über Wiegetröge gemessen. Die Milchleistung wurde täglich erfasst, Milchproben wurden einmal je Woche vom Morgen- und Abendgemelk eines Tages gezogen. Die Körperkondition wurde zu Versuchsbeginn, Versuchsmitte und zu Versuchsende erfasst. Dabei wurde der Body Condition Score (BCS) auf einer 5-stufigen Skala nach den Angaben von Edmonson et al. (1989) und Jilg und Weinberg (1998) beurteilt. Die Rückenfettdicke (RFD) wurde mit einem Ultraschallgerät (Tringa Linear Vet, Esaote Europe BV, Maastricht, Niederlande) nach der Methode von Staufenbiel (1992) gemessen. Zusätzlich wurden die Kühe zu Versuchsbeginn und zum Versuchsende gewogen. Sechs Kühe jeder Versuchsgruppe wurden mit den Boli zur Erfassung des reticulo-ruminalen pH-Wertes (smaxtec[®]) ausgestattet. Die Erfassung des Wiederkauverhaltens erfolgte über Nasenbandsensoren (Rumiwatch), die 5 Kühen jeder Versuchsgruppe über einen Zeitraum von 14 Tagen in 2 wiederholten Messperioden angelegt wurden. Die hier dargestellten Daten wurden mit der Software RumiWatch Converter (0.7.3.2) ausgewertet, die zeitliche Auflösung betrug 1 Minute.

Von den Kraft- und Grobfuttermitteln wurden monatliche Mischproben erstellt, an denen die Rohnährstoffgehalte nach Standardmethoden (VDLUF, 1976) bestimmt wurden. Die Energiegehalte der Futtermittel wurden nach den Vorgaben der GfE (2008) und DLG (2011) bestimmt. Der Strukturindex der Rationen wurde nach Rutzmoser et al. (2011) berechnet. Die Beständigkeitskoeffizienten der Stärke wurden DLG (2001) entnommen. Als Alternative zur Berechnung der peNDFom wurde die aNDFom aus dem Grobfutter (GfE, 2014) kalkuliert. Die Rohnährstoff- und Energiegehalte der TMR wurden aus den Analysenwerten der Einzelkomponenten und den über den Mischwagen erfassten tatsächlich täglich eingewogenen Mengen errechnet.

Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem Statistikpaket SAS (Version 9.2, SAS Institut, Cary, NC, USA) unter Verwendung der Prozedur „GLM“ mit einer zweifaktoriellen Varianzanalyse. In den Tabellen sind die Gruppenmittelwerte und die zugehörigen Standardabweichungen angegeben.

Ergebnisse und Diskussion

Die Gesamtfutteraufnahme war weder durch die Grobfutterbasis noch durch die mittlere Höhe der Kraftfutterzulage signifikant beeinflusst (Tab. 2). Die Grobfutteraufnahme lag im Mittel der grassilagebasiert gefütterten Gruppen dagegen deutlich niedriger als in den maissilagebasiert gefütterten Gruppen. Darüber hinaus wurde bei erhöhter Kraftfutterzulage ein Rückgang in der Grobfutteraufnahme festgestellt. Dieser Effekt der „Grobfutterverdrängung“, der auch bei Gruber (2012) beschrieben ist, führte letztendlich dazu, dass die erhöhte Kraftfutterzulage bei gleichbleibender Gesamtfutteraufnahme nur zu einer leichten Erhöhung der Energie- und nXP-Aufnahme führte. Die Aufnahme an Stärke und Zucker bzw. pansenabbaubarer Stärke und Zucker wurde bei erhöhtem Kraftfuttoreinsatz jeweils nominal gesteigert, die Aufnahme an aNDFom aus dem Grobfutter gegenläufig reduziert.

Die durchschnittliche Milchleistung lag bei knapp 29 kg/Kuh und Tag, es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen (Tab. 3). Die nominal erniedrigte Milchleistung in der Gruppe Gras500 lässt sich über die tendenziell erniedrigte Futter- und Energieaufnahme in dieser Gruppe erklären. Der Milchfettgehalt war durch die Kraftfutterzulage nicht beeinflusst, lag bei den grassilagebasiert gefütterten Kühen aber deutlich ($p < 0,05$) unter den maissilagebasiert gefütterten Kühen. Als physiologische Reaktion der Milchkuh auf einen Mangel an Struktur in der Ration wird häufig der Milchfettgehalt herangezogen (Zebeli und Humer, 2016). Im vorliegenden Versuch konnte allerdings in keiner der Fütterungsgruppen im Durchschnitt eine Milchfettdepression als Folge azidotischer Bedingungen im Pansen festgestellt werden. Die durchschnittliche Aufnahme an Leistungskraftfutter lag in den beiden Kraftfutterstufen bei 3,4 bzw. 5,1 kg/Tier und Tag.

Die aus der Futteraufnahme und den Nährstoffgehalten der Rationen rekalkulierten Kenngrößen aNDFom aus dem Grobfutter und Strukturindex aNDFom sind in Tabelle 2 angegeben. Der Richtwert für den „Strukturindex“ der Ration von 50 war damit bei niedrigerer Kraftfutterzulage weitgehend eingehalten, bei erhöhter Kraftfutterzulage aber unterschritten. In gleicher Weise wurden die Richtwerte zur Versorgung mit physikalisch effektiver aNDFom aus dem Grobfutter bei niedrigerer Kraftfutterzulage eingehalten, bei erhöhter Kraftfutterzulage jedoch nicht. Auf Grund der fehlenden Beziehung zu Futteraufnahme oder Leistung kann dementsprechend geschlossen werden, dass die Richtwerte zum Strukturindex oder zur Versorgung mit aNDFom aus dem Grobfutter relativ hoch angesetzt sind bzw. einen entsprechenden Sicherheitszuschlag enthalten. Vor allem bei der Größe Strukturindex ist allerdings zu berücksichtigen, dass in den Index sowohl die Größen „pansenabbaubare Kohlenhydrate“ (= pansenabbaubare Stärke + Zucker) als auch die aNDFom aus dem Grobfutter eingehen. Bei Zuteilung von Kraftfutter nach Leistung verändern sich die Relationen dieser Größen mit sinkender Milchleistung im Laktationsverlauf und entsprechend sinkender Kraftfutteraufnahme. In gleicher Weise sind die entsprechenden Relationen zwischen Kühen bei unterschiedlicher Grob- und Kraftfutteraufnahme verschoben. Als Ergebnis wird der Strukturindex bei Betrachtung einer Kuhgruppe und Fütterung von Teilmischrationen zuzüglich Leistungskraftfutter am Abrufautomaten „gemittelt“. Dementsprechend kann der Strukturindex zwar als Merkmal der Rationsplanung angewendet werden, nicht jedoch zur Betrachtung der Beziehung zu entsprechenden Merkmalen im Mittel von Kuhgruppen.

Tabelle 2: Tägliche Futter-, Energie- und Nährstoffaufnahme nach Fütterung von mais- oder grassilagebasierten Teilmischrationen und unterschiedlicher Höhe des Kraffutterangebotes

Grobfutterbasis:	Maissilage		Grassilage		p-Wert Grobfutter	p-Wert Kraffutter
	500	800	500	800		
Kraffutter (g/kg Milch für Leistungen > 25 kg/Tag):						
Gesamtfutter, kg TM/Tag	22,4±3,0	22,4±2,8	21,4±2,7	21,9±2,4	0,314	0,787
Grobfutter, kg TM/Tag	15,9±1,4 ^a	14,7±1,2 ^b	14,5±0,9 ^b	13,5±1,5 ^b	0,002	0,012
Kraffutteraufnahme, kg TM/Tag	6,55±2,61	7,72±2,66	6,95±2,37	8,30±2,87	0,520	0,099
nXP-Aufnahme, g/Tag	3401±505	3445±476	3174±460	3285±434	0,151	0,576
NEL-Aufnahme, MJ/Tag	151±22	153±21	144±20	149±19	0,304	0,589
Stärke+ Zucker-Aufnahme, g/Tag	6054±1084	6263±1050	5632±991	5973±1002	0,233	0,359
Aufnahme an pansenabbaubarer Stärke + Zucker, g/Tag	5332±945	5512±913	5177±871	5457±866	0,086	0,345
aNDF Grobfutter, g/Tag	6660±579	6180±2488	6484±383	6057±684	0,375	0,006
aNDFom aus Grobfutter, % der TM („gefressene Ration“)	30	28	31	28	-	-
Strukturindex aNDFom („gefressene Ration“)	49	45	50	45	-	-

Tabelle 3: Milchleistungskriterien der Kühe nach Fütterung von mais- oder grassilagebasierten Teilmischrationen und unterschiedlicher Höhe des Kraffutterangebotes

Grobfutterbasis:	Maissilage		Grassilage		p-Wert Grobfutter	p-Wert Kraffutter
	500	800	500	800		
Kraffutter (g/kg Milch für Leistungen > 25 kg/Tag):						
Milchleistung, kg/Tag	29,0±7,2	29,7±7,2	28,0±7,0	29,0±7,0	0,670	0,677
Milchfettgehalt, %	4,17±0,46	4,02±0,26	4,33±0,44	4,33±0,43	0,049	0,535
Milchweißgehalt, %	3,84±0,27	3,71±0,17	3,91±0,27	3,91±0,24	0,059	0,377
Milchlaktosegehalt, %	4,59±0,18	4,58±0,18	4,58±0,24	4,65±0,12	0,595	0,618
Zellzahl	183±247	181±211	140±99	113±74	0,266	0,780
Milchharnstoffgehalt, mg/l	182±37	196±39	177±30	187±30	0,475	0,217
ECM, kg/Tag	30,1±6,0	30,4±7,7	29,7±6,6	30,7±6,1	0,994	0,725
Milchfett, kg/Tag	1,19±0,21	1,19±0,33	1,19±0,27	1,23±0,22	0,762	0,755
Milchweiß, kg/Tag	1,10±0,23	1,10±0,26	1,08±0,22	1,12±0,23	0,993	0,766

Für vorliegende Untersuchung wurden daher für jede Kuh unabhängig von der Fütterungsgruppe Wochenmittelwerte für die entsprechenden Größen zur Rationsbeurteilung kalkuliert und den jeweiligen Milchfettgehalten gegenübergestellt. Wie Abb. 1 zu entnehmen ist, ergibt sich ein positiver

Zusammenhang zwischen dem Strukturindex und dem Milchfettgehalt. Das Bestimmtheitsmaß ist mit $R=0,16$ jedoch relativ niedrig, was sich jedoch auch aus der großen Streuung in den Milchfettgehalten ergibt. Entscheidend ist jedoch, dass sich mit einem Strukturindex von 50 zwar viele, nicht jedoch alle Kühe mit einem erniedrigten Milchfettgehalt (z.B. $< 3,25\%$) identifizieren lassen. Im Gegensatz dazu konnte dieses Beurteilungskriterium für den Strukturindex in einer Arbeit von Rutzmoser et al. (2011) eingehalten werden. Unter Berücksichtigung möglicher Messfehler kann der Strukturindex unter der Voraussetzung einer Beziehung des Milchfettgehaltes mit den entsprechenden Rationsgrößen durchaus als Mittel für die praktische Fütterungsberatung gesehen werden. Zu berücksichtigen ist aber auch, dass ein gewisser Restfehler in Betracht gezogen werden muss. Auch die aNDFom aus dem Grobfutter zeigte den Erwartungen entsprechend einen positiven Zusammenhang zum Milchfettgehalt. Das Bestimmtheitsmaß lag etwas höher, als für den Zusammenhang zwischen Strukturindex und Milchfettgehalt gezeigt. Nach GfE (2014) sollte der Gehalt an NDF aus dem Grobfutter 300 g/kg TM (270-320 g/kg TM) nicht unterschreiten, wenn der mittlere ruminale pH-Wert 6,2 nicht unterschreiten soll (Abgrenzung zu azidotischen Bedingungen). Die aktuellen Empfehlungen der LfL (2015) sind mit einem Grenzwert von 31,2 % der TM etwas vorsichtiger ausgelegt. Für den Zusammenhang zwischen täglicher Aufnahme an Stärke und Zucker und dem Milchfettgehalt ergab sich ein negativer Zusammenhang bei einem R^2 von 0,206. Dieses Bestimmtheitsmaß konnte bei Verwendung der Größe pansenabbaubare Stärke + Zucker leicht erhöht werden ($R^2=0,214$). Dies ist bemerkenswert, da für die Abbaubarkeit der Stärke der einzelnen Futtermittel keine Messwerte vorliegen, sondern lediglich Tabellenwerte (DLG, 2001) verwendet wurden.

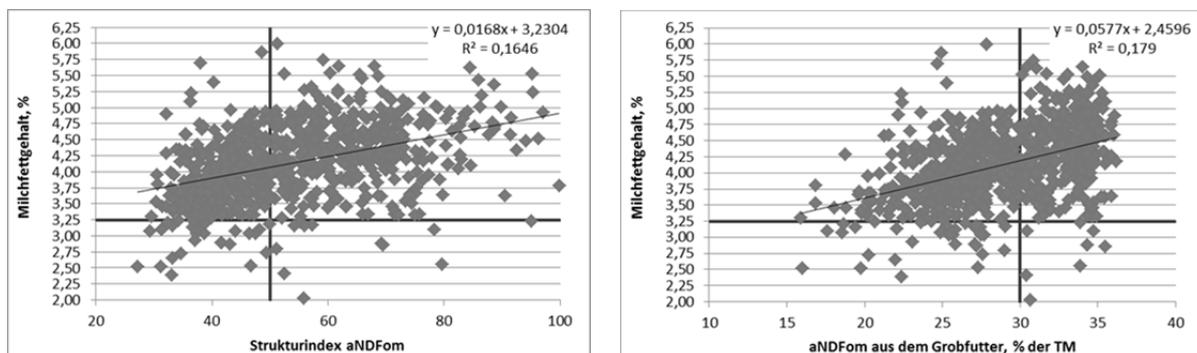


Abbildung 1: Beziehung zwischen dem Strukturindex (links) und dem Gehalt an aNDFom aus dem Grobfutter (rechts) der Ration und dem Milchfettgehalt (ein Wertepaar je Kuh und Versuchswoche)

Tab. 4 zeigt die Kennzahlen zum mit den pH-Boli ermittelten reticuloruminale pH-Werten. Es ergaben sich keine signifikanten Gruppenunterschiede. Die im Vergleich zu maissilagebasiert gefütterten Kühen etwas höheren Werte bei grassilagebasiert gefütterten Kühen entsprechen den Erwartungen bei niedrigerer Aufnahme an pansenabbaubarer Stärke + Zucker, nicht aber der auf Grund der erniedrigten Grobfutteraufnahme erniedrigten täglichen Aufnahme an aNDFom aus dem Grobfutter. Nicht zu erklären ist, dass die erhöhte Kraftfutteraufnahme keinen gerichteten negativen Effekt auf den reticuloruminale pH-Wert hatte. Als Konsequenz aus den eigenen Untersuchungen und aus den Ergebnissen von Mozes et al. (2016) müssen die Messergebnisse der verwendeten pH-Boli zumindest bei der in vorliegender Untersuchung verwendeten hard- und software- Version in Frage gestellt werden. Zudem ist zu diskutieren, ob der technische Toleranzbereich von $\pm 0,2$ pH für entsprechende Fragestellungen nicht zu hoch ist.

Tabelle 4: Einfluss der Fütterungsgruppe auf den reticuloruminalen pH-Wert der Kühe

	Maissilage		Grassilage		p-Wert Grobfutter	p-Wert Kraftfutter
	500	800	500	800		
Tage mit mittlerem pH < 6,15	39±20	44±17	42±16	27±21	0,359	0,553
Tage mit mittlerem pH < 5,8 über mehr als 5,2 h	25±18	25±23	19±24	9±16	0,184	0,559
Mittlerer pH-Wert	5,93±0,2	5,94±0,2	5,97±0,2	6,12±0,2	0,174	0,341

Die tägliche Wiederkaudauer war durch die Fütterung nominal beeinflusst (612±51, 574± 35, 625± 48 und 569± 41 min/Tag für die Gruppen Mais500, Mais800, Gras500 und Gras 800). Der sichtbare Rückgang in der Wiederkautätigkeit bei erhöhter Kraftfutterzulage entspricht dabei den Erwartungen. Die geringste Wiederkaudauer wurde in beiden Messperioden in der Gruppe Gras800 gemessen. Das wiederum lässt sich mit der in dieser Gruppe erniedrigten Aufnahme an aNDFom aus dem Grobfutter erklären.

Fazit

Der Strukturindex der Ration zeigt eine positive Beziehung zum Milchfettgehalt und niedrige Milchfettgehalte von unter 3,25 % können durch ein Unterschreiten des Grenzwertes von 50 überwiegend erklärt werden. Die peNDF aus dem Grobfutter kann nach vorliegenden Daten dem Strukturindex in Hinsicht auf die Abgrenzung erniedrigter Milchfettgehalte als Indikator für das Vorliegen azidotischer Pansen-pH-Werte gleichgesetzt werden. Der reticuloruminale pH-Wert spiegelt die aus der Rationsgestaltung zu erwartenden Effekte kaum wieder. Darüber hinaus weist die absolute Höhe des gemessenen reticuloruminale pH-Wertes auf azidotische Bedingungen hin, die sich aus der Rationsgestaltung und Beobachtungen am Tier nicht erklären lassen. Aus den Zweifeln an den gemessenen Daten zum reticuloruminalen pH-Wert ergeben sich andererseits Limitationen in Bezug auf die Überprüfung der Strukturbewertungssysteme für Milchkuhe. Aus den Daten des vorliegenden Versuches lässt sich ableiten, dass die mit dem verwendeten System zur Erfassung der Wiederkauaktivität erfasste tägliche Wiederkaudauer mit rationsassoziierten Parametern erklärt werden kann. Nicht zuletzt auf Grund der hohen Kosten für das System bleiben jedoch Restriktionen für die Anwendung in der Praxis aber auch im Versuch.

Literatur

DLG (2001): Struktur- und Kohlenhydratversorgung der Milchkuh, DLG-Information 2/2001 des DLG-Arbeitskreises Futter und Fütterung, incl. Ergänzung von 2008, DLG Frankfurt a.M.

DLG (2011): Leitfaden zur Berechnung des Energiegehaltes bei Einzel- und Mischfuttermitteln für die Schweine- und Rinderfütterung.

Edmondson, A.J., Lean, I.J., Weaver, L.D., Farver, T., Webster, U.G. (1989): A body condition scoring chart of Holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 72, 68-78.

GfE (2008): New equations for predicting metabolisable energy of grass and maize products for ruminants. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 17, 191-197.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (2014): Communications of the committee for requirement standards of the society of nutrition physiology: Evaluation of structural effectiveness of mixed rations for dairy cows – status and perspectives. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 23, 165-179.

Gruber, L. (2012): Nährstoffversorgung von Milchkühen aus dem Dauergrünland. Tagungsband 50. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V., 65-78

Jilg, T., Weinberg, L. (1998): Konditionsbewertung jetzt auch beim Fleckvieh. top agrar 6, R12-R15.

LfL (2015): Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe, Ziegen, 40. Auflage, Hrsg.: LfL Bayern

Mozes, S., Gerster, E., Jilg, T., Steingäß, H., Theobald, P. (2016): Untersuchung zur Messgenauigkeit von Sensoren zur Bestimmung des pH-Wertes im Vormagensystem von Milchkühen. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, 39-42

Rutzmoser, K., Ettle, T., Obermaier, A., Schuster, H. (2011): Ein Strukturindex als Fortführung zur Beschreibung der Strukturwirkung mit der physikalisch effektiven NDF. In: Tagungsband 10. BOKU-Symposium Tierernährung, 231-236

Staufenbiel, R. (1992): Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes – Untersuchungskonzept und Messung der Rücken

Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) (Hrsg.) (1976): Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Bd. III Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, 3. Aufl. incl. 1.-8. Ergänzungslieferung, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

Zebeli Q., Dijkstra, J., Tafaj, M., Steingass, H., Ametaj, B.N., Drochner, W. (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, Journal of Dairy Science, 91, 2046–2066

Zebeli, Q., Humer, E. (2016): Ausreichend Struktur in der Milchviehration? Von der Bewertung zur adäquaten Versorgung. Tagungsband 43. Viehwirtschaftliche Fachtagung Raumberg-Gumpenstein, 21-27

Autorenanschrift:

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

PANSIN® pro

**Unser Wirkstoffkomplex
Kräuterkraft für Rinder**



PANSIN® pro

 **PANSIN® pro**

**Der natürliche Wirkstoffkomplex aus
Pflanzenextrakten für Ihre Hochleistungskühe.**

- Verbessert die Futterverwertung
- Verringert das Ketoserisiko
- Reduziert die Ammoniak- und Methanproduktion

Validierung von Referenzwerten für Stoffwechselfparameter bei der Milchkuh anhand von Daten aus einem Fütterungsversuch

Sina Kiel¹, Hubert Spiekers¹, Thomas Ettle¹, Rolf Mansfeld²

¹Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub

²Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung Ludwig-Maximilians-Universität, München

Einleitung

Die durchschnittliche Jahresmilchleistung europäischer Milchkühe hat sich in den letzten 40 Jahren fast verdoppelt (Oltenucu und Algers 2005). Diese Leistungssteigerung wurde durch zielorientierte Zuchtauswahl und intensivierete Fütterung erreicht. Die hohe Milchproduktion hat einen wesentlichen Einfluss auf die Stoffwechsellage der Kuh und kann bei anhaltend hohem Energiedefizit zu Verlusten an Körpersubstanz, zu verminderter Fruchtbarkeit (Walsh et al. 2011) und metabolischen Entgleisungen, wie z.B. Ketose oder hypokalzämischer Gebärdparese führen (Gröhn et al. 1989). Um diese Stoffwechselfdysbalancen frühzeitig zu Erkennen und dadurch einer klinischen Erkrankung gegensteuern zu können, werden zuverlässige Referenzwerte von geeigneten Blut- und Harnparametern benötigt. Durch die richtige Deutung dieser Stoffwechselindikatoren sollen das Tierwohl gesteigert, die Nutzungsdauer der Kühe verlängert und die Kosten für Behandlungen gesenkt werden. Im Rahmen des BLE-Forschungs- und Entwicklungsprojekts „optiKuh“, einem Verbundprojekt aus 12 Versuchseinrichtungen, sollen daher unter anderem neue Referenzwerte für ein Stoffwechselprofil erarbeitet, werden. Ein weiteres Ziel dieses Projekts besteht in der Validierung von bereits vorhandenen Referenzwerten, welche nachfolgend beschrieben wird.

Material und Methoden

Die Blutproben wurden im Rahmen des Verbundprojekts optiKuh am Versuchsstandort Achselschwang von 48 Milchkühen der Rassen Fleckvieh und Brown Swiss entnommen. Die Kühe waren in zwei Gruppen mit unterschiedlicher Fütterung unterteilt. In jeder Gruppe waren 8 Braunvieh und 16 Fleckviehkühe. Die Testgruppe S (Shredlage), erhielt Maissilage mit einer theoretischen Häcksellänge von 26,5 mm Länge. Der Kontrollgruppe K (Konventionell) wurde Maissilage mit einer theoretischen Häcksellänge von 7 mm vorgelegt. Beiden Gruppen wurde eine Trockenmasseaufnahme von 20,7 kg TM bei einer Milchleistung von 30 kg/Tag unterstellt. Der Anteil der Maissilage an der Teilmischung (TMR) wurde mit 8 kg/TM/Tag bewusst hoch gehalten, um einen eventuellen Einfluss der Silage auf die Messparameter deutlich zu machen. Bei einer Milchleistung von mehr als 30 kg/Tag erhielten die Versuchskühe Milchleistungsfutter an der Abrufstation. Die Rückenfettdicke (Rfd) und der Body-Condition-Score (BCS) wurden zu Versuchsbeginn, zur Mitte des Versuches und zu Versuchsende erfasst.

Der Versuch erstreckte sich über einen Zeitraum von 12 Wochen. Die Blutentnahmen fanden zu Beginn (25.5.2016), in der Versuchsmittle (13.07.2016) und am Versuchsende (17.08.2016) statt. Aus den Blutproben wurden ausgewählte Parameter bestimmt (Tab. 1). Die Blutproben wurden zwischen 08.00 Uhr und 11.00 Uhr entnommen. Für die Blutuntersuchung wurden zwei EDTA und drei Serumröhrchen befüllt. Diese wurden bei 3000 U/min zehn Minuten lang zentrifugiert, abpipettiert und

im Anschluss bei -18 Grad Celcius tiefgekühlt. Die Probenanalyse erfolgte in den Labors der Tierärztlichen Hochschule Hannover (TiHo) und dem physiologischen Labor der Universität Bonn.

Die so gewonnen Daten sollten der Überprüfung von Referenzwerten zu Stoffwechselfparametern bei der Milchkuh herangezogen werden.

Tabelle 1: Übersicht der analysierten Blutparameter

Bezeichnung	Erklärung
Aspartat-Amino-Transferase (AST)	Enzym, das in den Mitochondrien von Leber-Skelettmuskel- und Herzmuskelzellen vorkommt, Erhöhung der AST-Konzentration im Blut gibt wichtige Hinweise auf eine Schädigung der genannten Strukturen
Glutamat-Dehydrogenase (GLDH)	leberspezifisches Enzym, das bereits geringe Organschädigungen anzeigt, postpartale Leberverfettung aufgrund einer katabolen Stoffwechsellage geht mit einer Erhöhung der GLDH einher (Gröhn et al. 1983).
Gammaglutamyltransferase (γ -GT)	leberspezifisches Enzym, zur Diagnostik von Leberverfettung geeignet, Veränderungen des Blutwertes reagieren allerdings mit Verzögerung auf die Leberschädigung.
Bilirubin	Abbauprodukt von Hämoglobin, Erhöhung kann prä-, intra- oder posthepatische Gründe haben, vermehrte Hämolyse führt zu prähepatischem Bilirubinanstieg, Krankheiten der Leber zu intrahepatischem und Gallengangsverengung zu posthepatischem Bilirubinanstieg
Gesamtprotein	Gesamtheit aller Plasmaproteine, vor allem Albumin
Glucose	dient dem Körper zum einen als Brennstoff, zum anderen als Vorstufe für viele Stoffwechselzwischenprodukte.
Cholesterin	ist bei eingeschränkter Futtermittelaufnahme reduziert
Harnstoff	erhöhte Werte bei Energieunterversorgung oder Proteinübersversorgung
Betahydroxybuttersäure (BHB)	wird bei der Oxidation von Fettsäuren in der Leber aus der Zwischenstufe Acetyl-CoA gebildet, anhaltende oder ausgeprägte Hungerzustände führen zu einer erhöhten Bildung dieser Ketonkörper, eine Überproduktion kann zu einer Acidose oder zur Ketose führen.
Nicht-veresterte-freie-Fettsäuren (NEFA)	entstehen bei der Hydrolyse von Triglyceriden, erhöhte Werte sind ein guter Indikator für Fettmobilisation und spiegeln dadurch das Risiko für eine Leberverfettung wider (Weber et al. 2013).

Von Kronschnabl (2010) wurden Referenzwerte für ausgewählte Stoffwechselfparameter erstellt. Ziel war es, jeweils für den gesamten Laktationsverlauf von Deutschen Holstein- (DH) und Fleckviehkühen (FV) Referenzwerte in Form eines 95%- Prognosebereichs für die Konzentration verschiedener Blutparameter bei erst- und mehrfach laktierenden Kühen zu erstellen. Diese Prognosebereiche sind sowohl von der Energiebilanz als auch von der Laktationswoche zum Zeitpunkt der Probennahme (Kronschnabl 2010) abhängig. Zu diesem Zweck untersuchte Kronschnabl (2010) Blutproben von 778 Erst- und 1749 klinisch gesunden Mehrfachlaktierenden.

Laktationsspezifische Prognosebereiche zur Beurteilung der Konzentration von Blutparametern beprobter Milchkuhe					
Rasse:	<input type="text" value="1"/>	(FV=1, HF=2)			
LNR:	<input type="text" value="2"/>	(1=Färse, 2=Kuh)			
LW:	<input type="text" value="27"/>	(1-45)			
EB (MJ NEL/d):	<input type="text" value="."/>	(-80 bis 40, "." wenn unbekannt)			
2					
Prognosebereich		Untergrenze	Obergrenze	Untergrenze	Obergrenze
Parameter		mit Energiebilanz		ohne Energiebilanz	
AST	U/l	-	-	59	158
GLDH	U/l	4	56	4	56
gGT	U/l	19	-	19	53
Bilirubin	mg/dl	-	-	0,02	0,23
Ges. Protein	g/l	-	-	.	.
Harnstoff	mmol/l	-	-	1,8	4,0
Cholesterol	mmol/l	-	-	2,7	6,1
Glucose	mmol/l	-	-	2,6	4,1
BHB	mmol/l	-	-	0,2300000	0,93
NEFA	mmol/l	-	-	0,1	0,5

Abbildung 1: Eingabemaske für die Referenzwerte von Kronschnabl (erstellt von Steyer, 2011)

Kronschnabl (2010) berechnete das Energiesaldo (ES) der Versuchskühe und klassifizierte diese in neun Gruppen. Da für jede Laktationswoche, sowie für jede ES-Gruppe verschiedene Referenzwerte abgeleitet wurden, sowie weitere Referenzwerte bei unbekanntem Energiesaldo, wird aufgrund der Vielzahl von Daten für das Auslesen der jeweiligen Referenzwerte eine spezielle Software benötigt (Abb. 1). Diese wurde von Steyer (2011) an der Landesanstalt für Landwirtschaft in Grub erstellt (MS Excel, Microsoft, Redmond, USA). In diese Maske wird die Rasse (1 = FV, 2 = HF), Laktationsnummer (Unterscheidung zwischen 1 = Erstlaktierende und 2 = Mehrfachlaktierende), die Laktationswoche und, falls bekannt, das Energiesaldo eingetragen (Abb. 1). Durch die Verknüpfung mit den Referenzwerten von Kronschnabl (2010) erhält man dadurch die tierindividuellen Grenzwerte. Nach dem Abrufen der individuellen Referenzwerte wurde kontrolliert, wie viele der in vorliegender Arbeit untersuchten Blutproben sich innerhalb der nun erhaltenen Grenzwerte bewegen. Zusätzlich wurden die Blutdaten aus Achselschwang mit den Referenzwerten des Labors „Laboklin“ (2017) verglichen. Als letztes wurden die Gesundheitsdaten der Versuchstiere herangezogen, um eine endgültige Validierung der Referenzwerte für gesunde Kühe zu erhalten.

Ergebnisse

Wie aus Abbildung 2 zu entnehmen ist, unterscheiden sich die prozentualen Einhaltungen der einzelnen Parameter sehr deutlich. Daher ist eine differenzierte Betrachtung sinnvoll:

Aspartat-Amino-Transferase (AST): Beim Vergleich der zur Verfügung stehenden Blutwerte fiel bei der Untersuchung mit bekanntem ES eine 99 prozentige Einhaltung (n=122) der Grenzwerte von Kronschnabl (2010) auf. Beim Vergleich der Werte ohne Einbeziehung des ES ergab sich eine 87 %ige Einhaltung (n=140). Hier wurde der Wert von 13 Proben unter- und einmal überschritten. Die Referenzwerte von Laboklin sind hier deutlich enger gefasst. Hier gibt es bei den vorliegenden Daten nur zu 66 Prozent Übereinstimmungen mit dem Referenzbereich.

Glutamatdehydrogenase (GLDH): Für diesen Parameter gibt es von Kronschnabl (2010) nur vom ES-unabhängige Werte. Die Proben aus Achselschwang (n=140) blieben zu 98 % innerhalb der Grenzwerte. Die Referenzbereiche von Laboklin wurden von 91 % der Proben eingehalten.

Gammaglutamyltransferase (γ -GT): Bei diesem Blutparameter fanden sich bei allen Vergleichsmöglichkeiten annähernd die gleichen Übereinstimmungen (Kronschnabl (2010) ohne ES: 98 %; Kronschnabl (2010) mit ES 97 %, Laboklin 97 %).

Bilirubin: Die vorliegenden Blutwerte lagen zu 69 Prozent im Rahmen der von Kronschnabl (2010) erhobenen Referenzbereiche. 31 % der Proben lagen über der Obergrenze. Bei den Laboklin-Grenzwerten lagen 91 % der Proben innerhalb des Prognosebereichs.

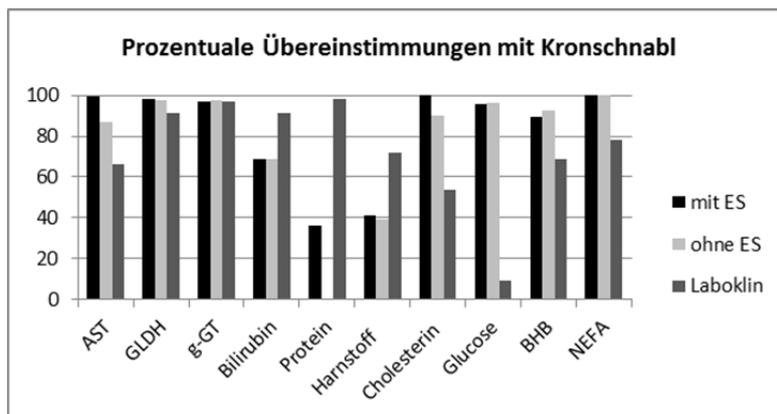


Abbildung 2: Anteil (%) von Stoffwechselfparametern aus vorliegender Untersuchung innerhalb der Referenzbereiche von Kronschnabl (2010) und Laboklin

Protein: hier gibt es von Kronschnabl (2010) nur sehr wenige Referenzwerte. Es findet sich eine 36 % ige Einhaltung der Referenzwerte mit ES, da es allerdings nur zu 11 Proben Grenzwerte verfügbar sind, ist die Aussagekraft hier sehr reduziert (im Vergleich Laboklin: 98 %ige Einhaltung der Referenzwerte)

Glucose: Hier fiel die deutlichste Diskrepanz zwischen den Referenzbereichen von Kronschnabl (2010) und Laboklin auf. Während bei Kronschnabl (2010) 96 % (sowohl mit ES, als auch ohne) der Blutproben im Referenzbereich lagen, waren es bei Laboklin lediglich 9 %.

Cholesterin: Die untersuchten Blutproben lagen beim Vergleich mit bekanntem ES zu 100 % innerhalb des Referenzbereichs. Auch bei der Betrachtung der Werte bei unbekanntem ES fiel eine hohe Einhaltung der Grenzen auf (90 %). Beim Vergleich der Daten mit den Referenzwerten von Laboklin musste allerdings eine deutlich schlechtere Einhaltung (54 %) hingenommen werden.

Harnstoff: beim Harnstoff hielten 41 % mit ES und 39 % ohne ES die Referenzwerte von Kronschnabl (2010) ein. Im Vergleich waren es bei Laboklin 72 Prozent.

Betahydroxybuttersäure (BHB): Auch bei diesem Blutwert befanden sich mehr Proben im Referenzbereich von Kronschnabl (2010) als von Laboklin (89% Kronschnabl mit ES; 93 % Kronschnabl ohne ES; 69 % Laboklin).

Nicht-veresterte-freie-Fettsäuren (NEFA): Hier fielen alle Blutproben (n=140) in den Referenzbereich von Kronschnabl (2010), allerdings nur 78 % der Proben in den von Laboklin.

Fazit und Ausblick

Beim Vergleich der Referenzwerte von Kronschnabl (2010) mit den Referenzwerten von Laboklin (2017) fallen zum Teil deutliche Unterschiede auf. Zieht man die Gesundheitsdaten der Tiere, sowie die erhobenen BCS- und Rfd-Werte hinzu, kann man folgern, dass die Obergrenzen für Harnstoff bei Kronschnabl (2010) prognostisch sensibler sind als die von Laboklin (2017). 33 Prozent der Kühe, die die Obergrenze der Referenzwerte von Kronschnabl von Harnstoff überschritten, zeigten auch gleichzeitig eine Einschmelzung von Rückenfettdicke, während bei Laboklin noch keine Auffälligkeiten deutlich geworden wären. Bei Glucose wären die meisten der untersuchten Kühe oberhalb des Referenzbereichs von Laboklin, während sie bei Kronschnabl (2010) noch innerhalb dieses Bereichs wären. Da eine Hyperglykämie bei Milchkuhen keine große Rolle spielt, wären auch hier die Referenzwerte von Kronschnabl (2010) plausibler. Andersherum verhält es sich bei NEFA. Hier ergibt sich eine Spannweite aller gemessener Werte von 0,42 mmol/l. Trotzdem liegen alle Tiere innerhalb der Referenzbereiche von Kronschnabl (2010). Beim Vergleich der Werte mit den BCS- und Rfd-Daten scheinen jedoch die engeren Grenzen von Laboklin eine mögliche Stoffwechselbelastung besser zu erkennen. Beim Cholesterin liegen viele Blutproben aus Achselschwang über der Obergrenze von Laboklin, allerdings im Referenzbereich von Kronschnabl (2010). Da eine Hypercholesterinämie bei der Milchkuh im Gegensatz zur Hypocholesterinämie nicht von Bedeutung ist, sind auch hier die Referenzwerte von Kronschnabl (2010) vorzuziehen. Der Vergleich der Daten von Gesamtprotein wurde aufgrund der geringen verfügbaren Referenzwerte von Kronschnabl als nicht aussagekräftig erachtet und daher unterlassen.

Aufgrund der geringen Tierzahl von 48 Milchkuhen lässt sich aus diesem Vergleich keine aussagekräftige Schlussfolgerung ziehen. Es lässt sich allerdings feststellen, dass das metabolische Profil von Kronschnabl (2010) gute Anhaltspunkte für Stoffwechselveränderungen der Kühe gibt. Wie bei jeder Blutuntersuchung ist die klinische Untersuchung von auffälligen Tieren unerlässlich.

Literatur

Gröhn, Y.; Lindberg, L.-A.; Bruss, M. L.; Farver, T. B. (1983): Fatty Infiltration of Liver in Spontaneously Ketotic Dairy Cows. In: *Journal of dairy science* 66 (11), S. 2320–2328. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(83)82088-8.

Gröhn, Y. T.; Erb, H. N.; McCulloch, C. E.; Saloniemi, H. S. (1989): Epidemiology of Metabolic Disorders in Dairy Cattle. Association Among Host Characteristics, Disease, and Production. In: *Journal of dairy science* 72 (7), S. 1876–1885. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(89)79306-1.

Kronschnabl, Claudia (2010): Ermittlung laktationsspezifischer Prognosebereiche zur Beurteilung der Konzentration von Blutparametern beprobter Milchkuhe. Online verfügbar unter https://edoc.ub.uni-muenchen.de/12072/1/Kronschnabl_Claudia.pdf, zuletzt geprüft am 29.03.2017.

Laboklin (2017) http://oldsite.laboklin.de/pdf/de/leistungsspektrum/poster_referenzwerttabelle_grosstier.pdf, zuletzt geprüft am 17.08.2017.

Oltenucu, Pascal A.; Algers, Bo (2005): Selection for Increased Production and the Welfare of Dairy Cows. Are New Breeding Goals Needed? In: *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 34 (4), S. 311–315. DOI: 10.1579/0044-7447-34.4.311.

Steyer M., Etle T., Spiekers H. (2011): Anwendung neuer Prognosebereiche zur Beurteilung von Blutanalysen bei der Milchkuh. VDLUFA-Schriftenreihe Bd. 67/2011

Walsh, S. W.; Williams, E. J.; Evans, A. C. O. (2011): A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. In: *Animal reproduction science* 123 (3-4), S. 127–138. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2010.12.001.

Weber, C.; Hametner, C.; Tuchscherer, A.; Losand, B.; Kanitz, E.; Otten, W. et al. (2013): Variation in fat mobilization during early lactation differently affects feed intake, body condition, and lipid and glucose metabolism in high-yielding dairy cows. In: *Journal of dairy science* 96 (1), S. 165–180. DOI: 10.3168/jds.2012-5574.

Autorenanschrift

Sina Kiel
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft (ITE)
Prof.-Dürrwaechter-Platz 3, D-85586 Poing- Grub
Tel. 089 99141 443
Sina.Kiel@LfL.bayern.de

Die Untersuchung wird durch die Friedrich-Wilhelm-Schaumann-Stiftung gefördert.

Milch-Stickstoff-Effizienz um 20 % erhöhen - Die Optimierung von Milchviehrationen auf Aminosäuren zur Einhaltung der neuen DüV

Lukas Bauer, Claudia Parys, Winfried Heimbeck

Evonik Nutrition & Care GmbH, Hanau

Die neue Düngeverordnung trat im Juni 2017 in Kraft. Hier gab es einige Neuerungen, die zu strengeren Auflagen im Bereich des Einsatzes von Phosphor- und Stickstoff-Dünger auf den Flächen beispielsweise eines Milchviehbetriebs führen. So wird bspw. die Nährstoffabfuhr von den Grundfutterflächen durch die Nährstoffaufnahme der Tiere berechnet, wodurch die häufig überschätzten Futtererträge der Vergangenheit angehören. Im gleichen Zug sinkt der derzeit zulässige N-Saldo von 60 kg N/ha im dreijährigen Durchschnitt auf 50 kg N/ha. Ebenso ist die Einbeziehung aller organischen und organisch-mineralischen Dünger bei der Berechnung der N-Obergrenze von 170 kg N/ha eine wesentliche Änderung zur vorherigen Verordnung. All diese Auflagen haben zum Ziel die Umweltbelastungen durch die Landwirtschaft weiter zu vermindern, was dazu führt, dass die Betriebe effizienter werden müssen. Die Effizienz in der Milchproduktion kann durch mannigfaltige Konzepte erhöht werden, u.a. durch eine nährstoffangepasste Fütterung, die die Differenz zwischen Nährstoffaufnahme und Nährstoffabgabe über die Milch reduziert. In diesem Zusammenhang wird ein Versuch vom US Dairy Forage Research Center in Madison (WI) vorgestellt, der das Potenzial zur Verbesserung der Milch-Stickstoff-Effizienz um mehr als 20 % durch reduzierte Proteingehalte und Aminosäurebalancierung zeigt (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). Ausgehend von der höchsten Rohproteinstufe wurde in den drei anderen Rationen der Rohproteingehalt durch Austausch von SES gegen Feuchtmais gesenkt. Hier wurde die Methioninversorgung 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. Aber auch in den beiden Behandlungen mit 17,3 und 16,1 % RP waren die Mengen ausgeschiedenen Stickstoffs als Harnstoff jeweils deutlich verringert.

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
Milchleistung (kg/d)	39,7 ^b	41,6 ^a	41,6 ^a	39,7 ^b	1,2	0,05
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
Kot-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.

Proteinfuttermittel sind die teuersten Komponenten einer Ration. 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. Die N-Ausscheidungen über den Urin hängen sehr stark von dem gefütterten Proteingehalt der Ration ab und die N-Ausscheidungen über den Kot von der Verdaulichkeit des Proteins.

Tabelle 2: Beispielrechnung zur Anzahl der maximalen GVE eines Milchviehbetriebs mit 100 ha LF

Milchviehbetrieb mit 100 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche (LF) und einer durchschnittlichen Herdenleistung von 10000 kg ECM pro Kuh und Jahr max. erlaubter N-Anfall des Betriebs lt. Düngerverordnung (170 kg N/ha LF): 17000 kg N				
	Standard N-Anfall nach Düngerverordnung (kg/GVE)	max. GVE des Betriebs Standard N- Anfall	Aminosäurenoptimiert N-Anfall (kg/GVE)	max. GVE des Betriebs Aminosäurenoptimiert
Grünlandbetrieb (mit Weidegang)	143	119	114	149
Grünlandbetrieb (ohne Weidegang mit Heu)	141	121	113	151
Ackerfutterbaubetrieb (mit Weidegang)	134	127	107	159
Ackerfutterbaubetrieb (ohne Weidegang mit Heu)	133	128	106	160

Die Beispielrechnung zeigt, wie sich die um 20 % geringeren N-Ausscheidungen der Tiere auf die maximal erlaubten Großvieheinheiten (GVE) pro Betrieb nach neuer Düngerverordnung auswirken. Das bedeutet, dass ein Landwirt mit nachgewiesener besserer N-Effizienz eine höhere Anzahl von GVE bzw. Milchkühen auf seinem Betrieb halten kann und damit weniger stark durch die neue Düngerverordnung in seinen Tierzahlen beschränkt wird.

Ein geringerer Rohproteingehalt im Futter verringert zudem die Futterkosten und die renale Harnstoffausscheidung (Broderick et al. 2003). In vielen Fällen kann der Rohproteingehalt einer Ration ohne Verringerung der Leistung um 0,5-1,5 %-Punkte abgesenkt werden (Chase et 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 Aminosäurezusammensetzung des am Dünndarm nutzbaren Rohproteins (nXP) schwankt in Abhängigkeit der Aminosäuregehalte der verwendeten Futtermittel sowie deren UDP-Anteil, ist aber nicht unbedingt auf den Bedarf abgestimmt.

Üblicherweise werden die Aminosäuregehalte 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 2016). 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.

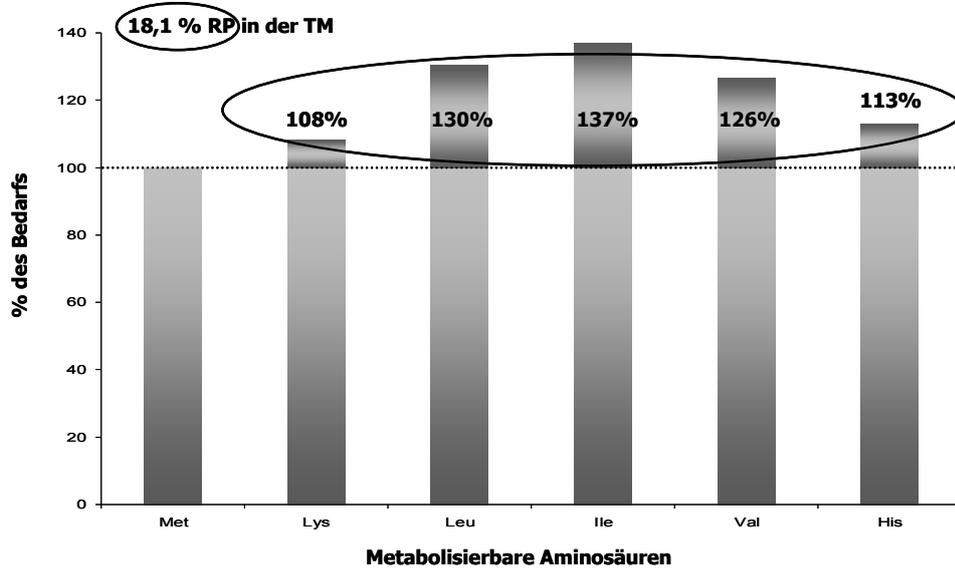


Abbildung 1: Aminosäurenversorgung aus der Beispielration

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.

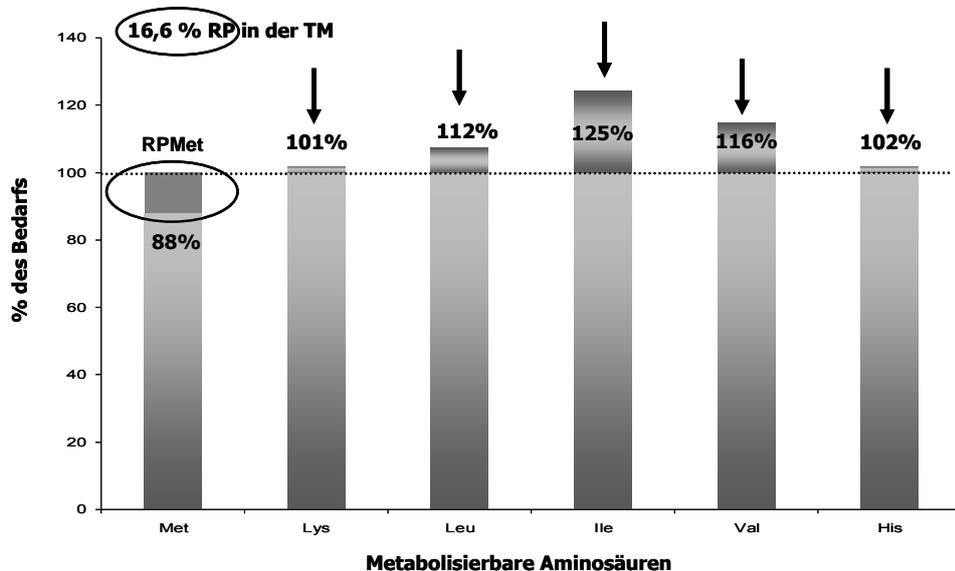


Abbildung 2: Aminosäurenversorgung nach Absenkung des Proteingehaltes und Optimierung auf Aminosäuren

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.

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 (2016): AminoDat 5.0 – Amino Acid Composition of Feedstuffs. Evonik Industries, Hanau, Germany.

NRC (2001): Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th revised edition. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.

Autorenanschrift

Claudia Parys
Evonik Nutrition & Care GmbH
Rodenbacher Chaussee 4
63457 Hanau
claudia.parys@evonik.com

**We take care.
Gut health solutions
by Evonik.**

Unsere Probiotika:

nachhaltig, wissenschaftlich, fundiert

Probiotika von Evonik unterstützen effektiv den Aufbau und den Erhalt einer gesunden Darmflora. Sprechen Sie mit unseren Spezialisten und erfahren Sie, wie Sie am besten von unseren Probiotika profitieren können.

animal-nutrition@evonik.com

www.evonik.com/animal-nutrition



Einfluss von Endotoxinen auf das Klauengewebe in einem ex vivo Modell

Nicole Reisinger¹, Simone Schaumberger², Gerd Schatzmayer¹

¹BIOMIN Research Center, Tulln, Österreich

²BIOMIN Holding GmbH, Getzersdorf, Österreich

Einleitung

Lahmheiten stellen ein häufiges gesundheitliches Problem bei Wiederkäuern dar. Neben dem Tierwohl beeinflussen sie nachhaltig die Wirtschaftlichkeit der betroffenen Tiere. Der finanzielle Verlust, der durch Lahmheiten entsteht, lässt sich in direkte und indirekte Kosten einteilen. Zu den direkten Kosten zählen z.B. die Behandlungskosten (Medikament, Tierarzt), erhöhter Aufwand bei der Betreuung der Tiere (z.B. erhöhter Aufwand bei der Klauenpflege etc.) sowie eine verminderte Milchleistung. Zu den indirekten Kosten zählen z.B. verlängerte Zwischenkalbezeiten; ein erhöhtes Risiko für Sekundärerkrankungen; erhöhte Anfälligkeit für weitere Lahmheiten; reduzierte Milchleistung während der Subklinischen- und der Erholungsphase und gegeben falls ein vorzeitiges Ausscheiden des Tieres aus der Produktion.

Etwa 90% der Lahmheiten können auf Erkrankungen der Klaue zurückgeführt werden. Klauenrehe, auch Laminitis genannt, ist eine der bedeutendsten Erkrankungen der Klaue beim Rind. Es handelt sich um eine nicht infektiöse Entzündung der Lederhaut der Klaue. Im akuten Stadium löst diese Entzündung massive Lahmheiten aus. Des Weiteren gilt Laminitis als prädisponierender Faktor für schädliche Veränderungen an der Klaue z.B. Sohlenblutungen, Sohlengeschwüre, ...

Es ist wichtig anzumerken, dass Laminitis eine multifaktorielle Erkrankung ist. Unterschiedliche Faktoren wie Management, Toxine, Genetik usw. können eine große Rolle bei der Entstehung der Erkrankung spielen (Abbildung 1). Obwohl in diesem Bereich, vor allem beim Pferd, sehr viel geforscht wird, ist die Pathogenese noch nicht vollständig aufgeklärt.

Unter anderem wird auch die Beteiligung von Endotoxinen bei der Entstehung von Klauenreihen diskutiert (Nocek, 1997). Endotoxine, auch Lipopolysaccharide (LPS) genannt, sind Bestandteile der Zellwand von Gram-negativen Bakterien (z.B. E. Coli, Salmonellen). Sie werden vor allem beim Absterben der Bakterien freigesetzt. Durch das Absinken des pH Wertes im Pansen, z.B. bei einer sub-akuten Azidose, kommt es zu einer Störung des Gleichgewichtes der Mikrobiota. Daraus resultiert eine Verschiebung des Gleichgewichtes von Gram-negativen zu Gram-positiven Bakterien (z.B. Streptococcus bovis). Die Folge ist ein massives Absterben der Gram-negativen Bakterien und dadurch eine Freisetzung einer hohen Menge an Endotoxinen (Gozho et al., 2006, 2007; Li et al., 2012). Durch die meist, in diesem Stadium, schon geschädigte Pansen- und Darmwand, können Endotoxine dann den Blutkreislauf erreichen, und damit eine direkte und indirekte Auswirkung auf die Klauengesundheit haben. Zusätzlich induzieren Endotoxine auch die Produktion von proinflammatorischen Zytokinen, wie Interleukin 6 oder dem Tumornekrosefaktor- α , die ebenfalls eine negative Auswirkung auf das Klauengewebe haben können.

Da Tierversuche, um die Pathogenese von Laminitis zu erforschen, sehr kosten- und zeitintensiv sind, bietet sich für die Überprüfung möglicher Einflussfaktoren, ein ex vivo Modell an. Ein Modell dieser Art wurde bereits mit Hufexplantaten vom Pferd publiziert (Pollitt et al., 1998). Das Modell ermöglicht es den Einfluss unterschiedlicher potentieller Einflussfaktoren in unterschiedlichen Konzentrationen zu testen. Da eine erhöhte Endotoxinkonzentration im Pansen und Darm während einer sub-akuten

Azidose als erwiesen gilt, konzentrierte sich die beschriebene Studie auf die Auswirkung von Endotoxinen als potentiellen Einflussfaktoren auf das Entstehen von Klauenrehe.

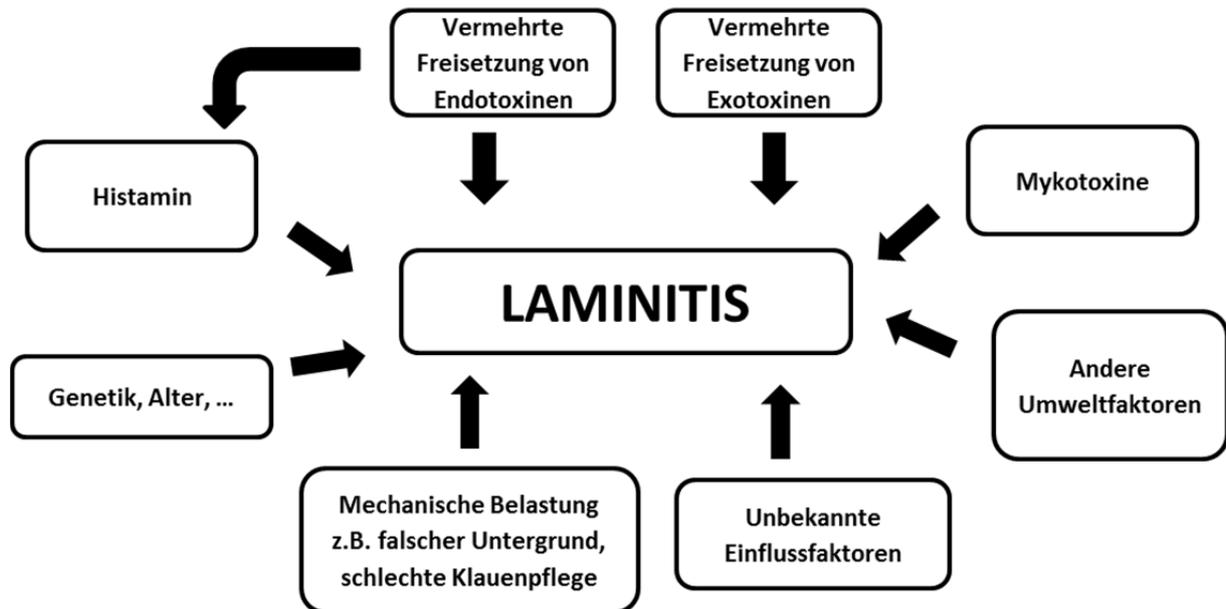


Abbildung 1: Ein Überblick über die Faktoren, die eine Rolle bei der Entstehung von Laminitis (Klauenrehe) spielen können.

Ziel dieser Studie war es, die Auswirkungen von Endotoxine auf das Klauengewebe, in einem ex vivo Modell, zu evaluieren.

Material und Methoden

Die Klauen von drei gesunden Kühen wurden am Schlachthof, direkt nach der Tötung der Tiere, entnommen. Herkunft, Rasse und Alter der Tiere waren unbekannt. Die Klauenform wurde als Auswahlkriterium festgelegt um Tiere mit pathologischen Veränderungen auszuschließen. Die gesunden Klauen wurden sofort nach der Entnahme gekühlt und innerhalb der ersten Stunde ins Labor transportiert. Im Labor erfolgte zuerst die Reinigung der Klauenaußenseite mit einem Desinfektionsmittel, danach begann die Sektion. Um die Explantate zu präparieren, wurden zuerst die groben Schnitte mit einer Bandsäge durchgeführt. Anschließend wurde mit dem Skalpell unter der sterilen Werkbank weitergearbeitet. Die fertigen Explantate bestanden aus drei Gewebeschichten: Innere Klauenwand, Lamellengewebe und dem Verbindungsgewebe zum Klauenbein. An dieser Stelle wurde eine weitere makroskopische Bewertung der Gewebeschichten vorgenommen, um Tiere mit einer schon bestehenden Schädigung des Gewebes ausschließen zu können.

Die Explantate (ca. 5 x 5 mm) wurden nach dem Präparieren in einer 24-Well Zellkulturplatte mit 1 mL Zellkulturmedium (D-MEM), bei 37°C und 5% CO₂, im Quadruplikate inkubiert. Der Einfluss von unterschiedlichen LPS Konzentrationen (1, 10, 100 µg/mL; von *Escherichia coli* O55:B5) auf die Explantate wurde getestet. Bei jedem Versuch wurden zusätzlich vier Explantate im Zellkulturmedium ohne zugesetztem LPS inkubiert (= negative Kontrolle; 0 mg/mL LPS) (Abbildung 2).

Nach 24 Stunden wurde die Kraft gemessen, die benötigt wurde, um das Explantat zu zerreißen (= Separationskraft). Die Messung wurde wie bei Reisinger *et al.* (2014, 2015) beschrieben durchgeführt. Die Explantate wurden auf einer Seite fixiert und auf der anderen Seite mit einem Kraftmesser verbunden. Anschließend wurde die maximale Kraft (Peak) gemessen, bevor es zum Zerreißen der Explantate kam. Die Separationskraft der negativen Kontrolle wurde auf 100% gesetzt.

Zusätzlich erfolgte auch eine Überprüfung auf die Vitalität des Gewebes nach der Inkubation. Dafür wurde der Water soluble tetrazolium (WST-1) Test verwendet. Die Explantate wurden für den Test mit einer Mischung aus Zellkulturmedium und dem Reagenz für zwei Stunden inkubiert. Anschließend wurde die Absorption des Überstandes bei 405 nm.

Für die statistische Auswertung wurde das Statistikprogramm GraphPad Prism verwendet. Eine Varianzanalyse wurde durchgeführt um den Einfluss der LPS Konzentrationen im Vergleich zur Kontrolle zu analysieren. Als Signifikanzlevel wurde $P < 0.05$ gewählt.

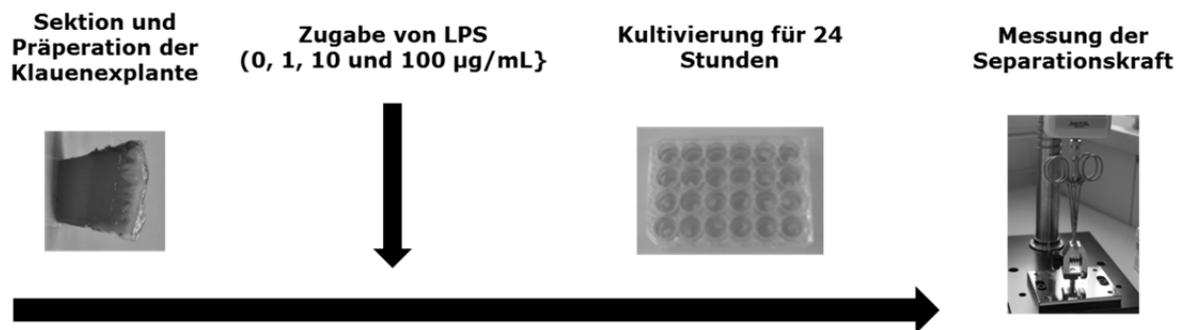


Abbildung 2: Schematische Übersicht der Kultivierung von Klauenexplantaten und der Stimulierung mit unterschiedlichen LPS Konzentrationen (0, 1, 10 und 100 $\mu\text{g/mL}$) in einem *ex vivo* Modell.

Resultate

Die Klauenexplantate wurden mit unterschiedlichen Endotoxinkonzentrationen für 24 Stunden inkubiert, um anschließend den Einfluss auf die Separationskraft zu testen. Die Inkubation der Explantate mit 1 $\mu\text{g/mL}$ LPS hatte keinen Einfluss auf die Separationskraft. Hingegen, senkten 10 und 100 $\mu\text{g/mL}$ LPS signifikant die Separationskraft im Vergleich zur negativen Kontrolle (Inkubation nur mit Kulturmedium).

Im Detail, 1 $\mu\text{g/mL}$ LPS senkte die Separationskraft um weniger als 5% im Vergleich zur Kontrolle. Durch die Inkubation mit 10 und 100 $\mu\text{g/mL}$ LPS konnte die Separationskraft um 50 und 65% gesenkt werden (Abbildung 3). Es konnte kein Einfluss der Inkubationszeit auf die Viabilität der Explantate gemessen werden.

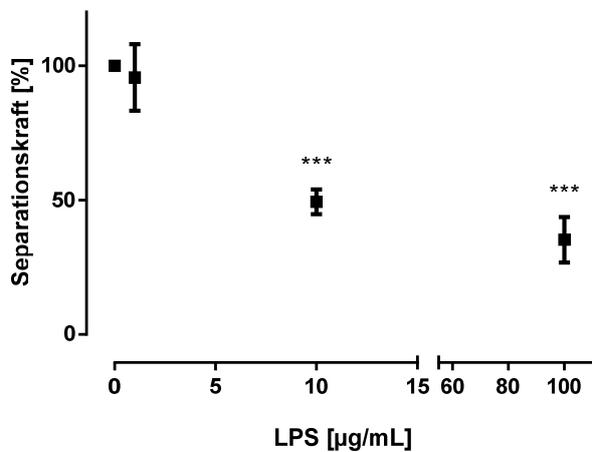


Abbildung 3: Vergleich des Einflusses unterschiedlicher LPS Konzentrationen (1, 10 und 100 µg/mL) auf die Separationskraft der Klauenexplantate nach 24 Stunden. Die Separationskraft der Kontrolle wurde auf 100% gesetzt. n = 3. P > 0.05.

Diskussion

Die Beteiligung von Endotoxinen bei der Entstehung von Laminitis wird schon lange diskutiert (Nocek, 1997). Obwohl es unwahrscheinlich ist, dass Endotoxine alleine Klauenrehe auslösen, dürften sie eine Rolle bei der Entstehung der Erkrankung spielen. Deshalb lag der Fokus dieser Studie auf der Evaluierung der Effekte von Endotoxinen auf das Klauengewebe in einem ex vivo Modell.

In dem verwendeten ex vivo Modell hatte LPS bei einer Konzentration von 10 und 100 µg/mL einen signifikanten negativen Einfluss auf das Klauengewebe. Diese Ergebnisse decken sich mit den Ergebnissen die bereits im Pferd mit dem gleichen Modell beschrieben wurden (Reisinger et al., 2014, 2015). In diesen Studien konnte ebenfalls gezeigt werden, dass eine Konzentration von 10 µg/mL LPS einerseits zu einer signifikanten Erhöhung der Anzahl an separierten Explantaten führte, und andererseits die Separationskraft der Explantate signifikant senkte. In einer der beiden Studien (Reisinger et al., 2014) konnte auch gezeigt werden, dass ein Mariendistelextrakt den negativen Effekt von LPS aufheben konnte. Der Extrakt reduzierte die Anzahl der separierten Explantate, und konnte eine Reduktion der Separationskraft verhindern.

Mit dem ex vivo Modell konnte gezeigt werden, dass Endotoxine ab einer gewissen Konzentration einen negativen Einfluss auf das Klauengewebe haben. Da Laminitis allerdings eine multifaktorielle Erkrankung ist, sollten auch noch weitere Einflussfaktoren, wie z.B. Exotoxine und Mykotoxine, sowohl allein als auch in Kombination mit Endotoxinen untersucht werden.

Fazit

- Im *ex vivo* Modell konnte bestätigt werden, dass Endotoxine eine Rolle bei der Entstehung von Laminitis spielen könnten.
- Das *ex vivo* Modell kann auch dazu dienen den Einfluss von anderer Toxine wie Exotoxine oder Mykotoxine zu testen.
- Die Interaktion unterschiedlicher Faktoren, die zum Entstehen von Laminitis führen können, sollten ebenfalls in dem *ex vivo* Modell getestet werden.

Literature

Gozho, G.N., Krause, D.O., Plaizier, J.C., 2006, Rumen lipopolysaccharide and inflammation during grain adaptation and subacute ruminal acidosis in steers. *J Dairy Sci* 89, 4404-4413.

Gozho, G.N., Krause, D.O., Plaizier, J.C., 2007, Ruminal lipopolysaccharide concentration and inflammatory response during grain-induced subacute ruminal acidosis in dairy cows. *J Dairy Sci* 90, 856-866.

Li, S., Khafipour, E., Krause, D.O., Kroeker, A., Rodriguez-Lecompte, J.C., Gozho, G.N., Plaizier, J.C., 2012, Effects of subacute ruminal acidosis challenges on fermentation and endotoxins in the rumen and hindgut of dairy cows. *J Dairy Sci* 95, 294-303.

Nocek, J.E., 1997, Bovine acidosis: implications on laminitis. *J Dairy Sci* 80, 1005-1028.

Pollitt, C.C., Pass, M.A., Pollitt, S., 1998, Batimastat (BB-94) inhibits matrix metalloproteinases of equine laminitis. *Equine Vet J Suppl*, 119-124.

Reisinger, N., Schaumberger, S., Nagl, V., Hessenberger, S., Schatzmayr, G., 2014, Milk thistle extract and silymarin inhibit lipopolysaccharide induced lamellar separation of hoof explants in vitro. *Toxins (Basel)* 6, 2962-2974.

Reisinger, N., Schaumberger, S., Nagl, V., Hessenberger, S., Schatzmayr, G., 2015, Concentration Dependent Influence of Lipopolysaccharides on Separation of Hoof Explants and Supernatant Lactic Acid Concentration in an *Ex Vivo/In Vitro* Laminitis Model. *PLoS One* 10, e0143754.

Autorenanschrift:

Dr. techn. nat Nicole Reisinger
BIOMIN Research Center
Technopark 1
3430 Tulln, Austria
Nicole.Reisinger@biomin.net

Einfluss einer kraftfutterreichen Fütterung auf Pansen pH-Wert, Endotoxinkonzentration im Kot und Leberenzyme bei laktierenden Milchkühen

Iris Kröger^{1*}, Viktoria Neubauer^{1*}, Caroline Emsenhuber², Elke Humer¹, Qendrim Zebeli¹, Nicole Reisinger²

¹Institut für Tierernährung und funktionelle Pflanzenstoffe, Veterinärmedizinische Universität Wien, Wien, Österreich

²BIOMIN Research Center, Tulln, Österreich

* Gleichberechtigte Erstautoren

Einleitung

Der Energie und Nährstoffbedarf steigt bei hochleistenden Milchkühen besonders während der Hochlaktation stark an. Um den Bedarf der Kühe zu decken, werden in der Praxis häufig hohe Kraftfuttermengen gefüttert. Diese Anpassung kann allerdings negative Auswirkungen auf die Gesundheit haben, und zu einem Absinken des Pansen pH-Wertes führen. Wodurch in weiterer Folge die Mikrobiota im Pansen und Darm gestört wird und es dann auch zu einer Freisetzung einer großen Endotoxinmenge kommen kann.

Endotoxine, auch Lipopolysaccharide (LPS) genannt, sind Bestandteile der äußeren Zellwand von Gram-negativen Bakterien (z.B. E. coli, Salmonellen). LPS bestehen aus drei Bereichen: Einer O-spezifischen Polysaccharid-Kette, einer Kernregion aus Oligosacchariden und dem Lipid A (Abbildung 1). Beim Lipid A handelt es sich um den toxischen Teil von LPS.

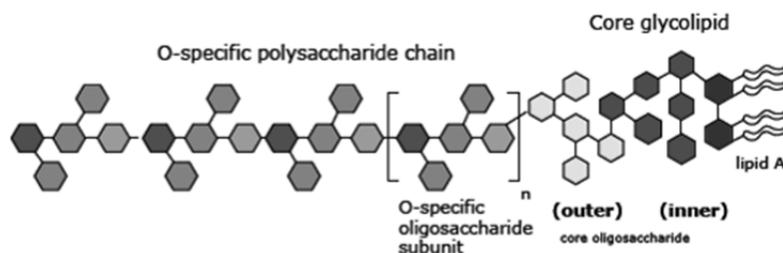


Abbildung 1: Schematischer Aufbau von LPS: O-spezifische Polysaccharid-Kette, Kernregion aus Oligosacchariden und Lipid A. Copyright: BIOMIN Holding GmbH

Eine gewisse Endotoxinkonzentration ist sowohl im Pansen als auch im Darm immer vorhanden, und schadet einem gesunden Tier normalerweise nicht. Die Gabe einer hohen Kraftfuttermenge, kann jedoch dazu führen, dass der pH-Wert nicht nur im Pansen sondern auch im Darm sinkt (Li et al., 2012). Als Folge davon kann das Gleichgewicht der Pansen- und Darmmikrobiota gestört sein. Diese Störung kann einerseits einen Anstieg der Gram-positiven Bakterien (z.B. Streptococcus bovis) sowie andererseits ein Absterben Gram-negativer Bakterien verursachen. Diese Veränderungen können zur Freisetzung einer hohen Menge an Endotoxinen führen (Gozho et al., 2006, 2007; Li et al., 2012). Wenn die Pansen- und/oder die Darmbarriere zusätzlich beschädigt ist, können Endotoxine ins Blut

gelangen, und eine Entzündungsreaktion, unter anderem die Freisetzung von Zytokinen (z.B. Interleukin 1, 6) auslösen. Durch diese Zytokine wird die Produktion von Akute-Phase Proteinen in der Leber induziert (z.B. LPS-bindendes Protein, Haptoglobin) (Gozho et al., 2006; Li et al., 2012).

Die Leber ist das wichtigste Organ für die Detoxifizierung von Schadstoffen, unter anderem auch von Endotoxinen (Munford, 2005; Satoh et al., 2008). In der Leber wird LPS bzw. der Lipid A Teil entweder durch eine reversible Bindung oder eine irreversible Strukturveränderungen unschädlich gemacht (Munford, 2005). Eine Beeinträchtigung der Leberfunktion kann jedoch dazu führen, dass Endotoxine nicht mehr effektiv detoxifiziert werden können (Andersen et al., 1996; Chang et al., 2015) und eine Entzündungsreaktion auslösen.

Eine Beeinträchtigung der Leberfunktion kann vor allem bei Kühen, die mit einer energiereichen Ration gefüttert werden, und/ oder bei überkonditionierten Kühen, beim Abkalben auftreten. In Folge kann es zu einer Leberlipidose (Fettleber) kommen. Diese wird wiederum mit einer schlechten Leistung und einer höheren Anfälligkeit für Krankheiten in Verbindung gebracht.

Ziel dieser Studie war es den Einfluss einer kraftfutterreichen Ration bei laktierenden Kühen auf folgende Parameter zu untersuchen

- den Pansen pH-Wert
- den Endotoxingehalt im Kot
- die Leberenzyme

Material und Methoden

Es wurde ein Versuch mit sechzehn laktierenden Kühen (Fleckvieh) durchgeführt. Während der ersten Versuchswoche erhielten die Tiere eine Totale Mischration (TMR) mit 40% Kraftfutter (Trockensubstanz; TS) und 60% Raufutter (Heu:Grassilage 50:50 DM). Diese Phase diente auch dazu die Grundwerte der gemessenen Parameter zu erheben. Anschließend wurde der Kraftfutteranteil in der TMR auf 60% (TS) erhöht, um eine subakute Pansenazidose zu induzieren. Diese TMR wurde für vier Wochen gefüttert. Während des gesamten Versuches wurde der Pansen pH-Wert kontinuierlich überwacht. Dafür wurde jedem Tier ein pH Sensor (smaXtec®) eingegeben. Für die Bestimmung der Endotoxinkonzentration im Kot wurden rektale Kotproben an Tag 0 (Grundwert, 40% Kraftfutteranteil), Tag 12, Tag 20 und Tag 28 (60% Kraftfutter) genommen. Die Proben wurden in Eppendorf Tubes bei -20°C eingefroren. Für die Bestimmung der Endotoxinkonzentration wurde die Probe aufgetaut und 500 mg Kot in endotoxinfreie Glasröhrchen eingewogen. Anschließend wurden 5 ml endotoxinfreies Wasser hinzugefügt, und die Probe gevortext, und für 1 Stunde bei Raumtemperatur geschüttelt (300 rpm). Anschließend wurden die Proben bei 2 000 x g für 10 Minuten bei 4°C inkubiert. Der Überstand wurde bei 99°C für 5 Minuten hitze-inaktiviert, und mit endotoxinfreiem Wasser 1:5 000 verdünnt. Der Limulus Amoebocyte Lysate (LAL) Assay wurde zur Bestimmung der Endotoxinkonzentration verwendet. Das LAL Reagenz wurde mit einem Glukan-inhibierenden Puffer rekonstituiert um falsch positive Ergebnisse zu verhindern. Die Endotoxinwiederfindungsrate wurde bei jeder Messung zusätzlich analysiert. Zur Evaluierung des Einflusses der hohen Kraftfuttergabe auf die Leberenzyme, wurden Blutproben (Heparinplasma) ebenfalls an Tag 0 (Grundwert), Tag 12, Tag 20 und Tag 28 aus der Jugularvene genommen. Die Proben wurden für 20 Minuten bei 3330 x g zentrifugiert und bis zu den weiteren Analysen bei -20°C gelagert. Die Aktivität der Leberenzyme Aspartat Aminotransferase (AST), Glutamatdehydrogenase (GLDH) und Gamma-Glutamyl Transferase (GGT) wurde colorimetrisch mittels eines konventionellen voll automatischen Analysators für klinische Chemie bestimmt (Cobas 6000/c501; Roche Diagnostics GmbH, Wien, Österreich).

Für die statistische Auswertung wurde das Statistikprogramm GraphPad Prism verwendet. Eine Varianzanalyse wurde durchgeführt, um den Einfluss der kraftfutterreichen Ration auf die einzelnen Parameter zu analysieren. Als Signifikanzlevel wurde $P < 0.05$ gewählt.

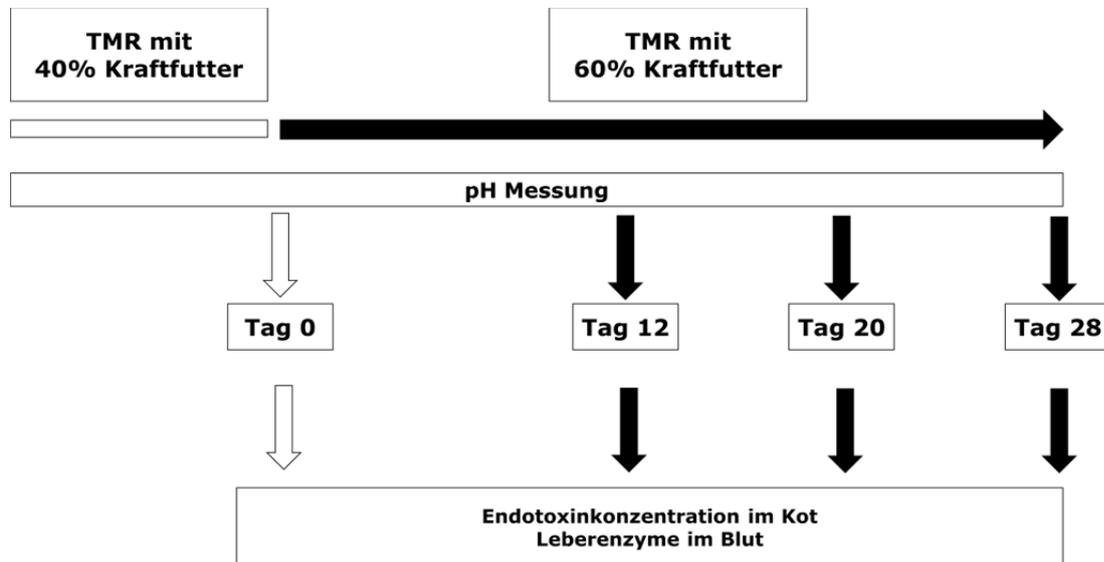


Abbildung 2: Schematischer Überblick über den Versuchsaufbau mit sechzehn laktierenden Kühen (Fleckvieh), die für 1 Woche mit einer TMR mit 40% Kraftfutter gefüttert wurden, und anschließend mit einer TMR mit 60% Kraftfutter gefüttert wurden. An definierten Zeitpunkten wurden Proben für die Endotoxinmessung im Kot und die Bestimmung der Aktivität der Leberenzyme im Blut genommen, sowie der pH-Wert kontinuierlich überwacht.

Resultate

Die Erhöhung der Kraftfuttergabe bewirkt einen Abfall des pH-Wertes im Pansen. Vergleicht man den Pansen pH-Wert an Tag 0 (40% Kraftfutter) mit Tag 12, 20 und 28 (60% Kraftfutter), ist ein kontinuierlicher Abfall des pH-Wertes festzustellen. In der letzten Woche (Tag 28) der erhöhten Kraftfuttergabe unterschied sich der Mittelwert des pH-Wertes mit pH 6,2 deutlich vom Mittelwert am Tag 0 (vor der Erhöhung auf 60% Kraftfutter) mit pH 6,5. Zusätzlich war auch die Dauer des Abfalles des pH-Wertes unter pH 6 am Tag 28 am längsten (550 Minuten $<$ pH 6) im Vergleich zu Tag 0 (210 Minuten $<$ pH 6). Um Rückschlüsse auf die Endotoxinlast im Pansen ziehen zu können, wurden Kotproben auf ihre Endotoxinkonzentration analysiert. Die Endotoxinkonzentration war an allen drei Probenzeitpunkten (Tag 12, 20 und 28) signifikant erhöht im Vergleich zum Grundwert (Abbildung 3).

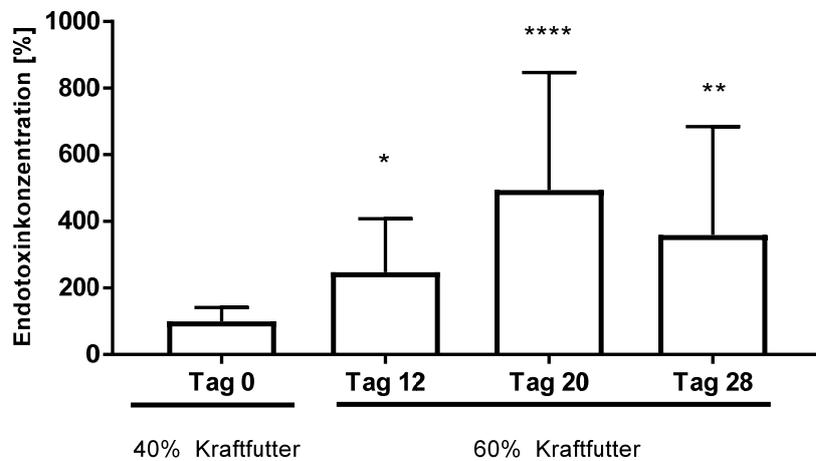


Abbildung 3: Prozentueller Vergleich der Endotoxinkonzentration [%] im Kot am Tag 0 (TMR mit 40% Kraftfutter) zu Tag 12, 20 und 28 (TMR mit 60% Kraftfuttergabe). Die Endotoxinkonzentration am Tag 0 wurde auf 100% gesetzt. n = 16 Kühe; * P < 0.05. * Der Stern markiert einen signifikanten Unterschied zu Tag 0.

Um die Belastung des Leberstoffwechsels zu untersuchen, wurden im Plasma die Leberenzyme AST, GLDH und GGT bestimmt. Ein signifikant erhöhter AST und GLDH Wert wurde an Tag 20 und Tag 28 im Vergleich zum Grundwert (Tag 0) festgestellt (Abbildung 4). Des Weiteren war die GGT Aktivität am Tag 28 im Vergleich zu Tag 0 signifikant erhöht.

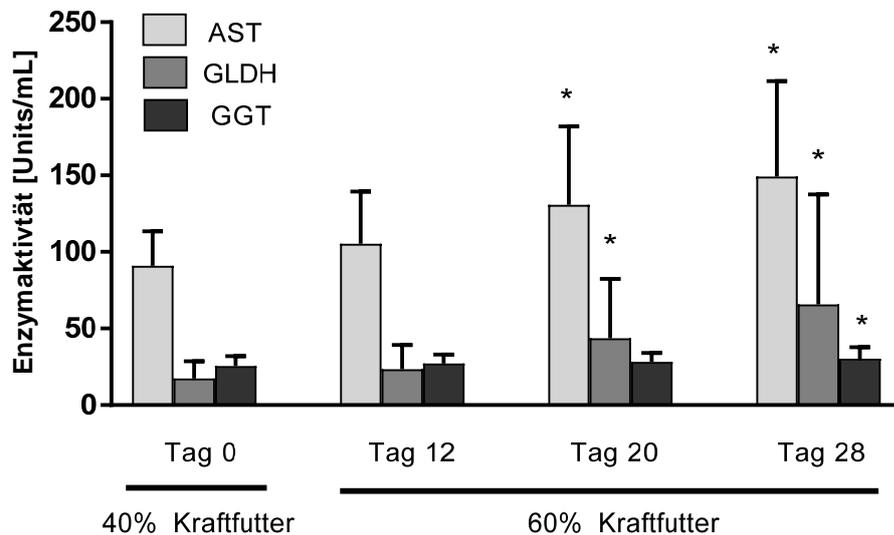


Abbildung 4: Vergleich der Aktivität der Leberenzyme (AST, GLDH und GGT) im Plasma während der Gabe von 40% Kraftfutter für 1 Woche (Tag 0; Grundwert) und während der hohen Kraftfuttergabe von 60% für 4 Wochen (Tag 12, 20 und 28). n = 16 Kühe. P < 0.05.

Diskussion

In der vorgestellten Studie wurde ein signifikanter Einfluss der kraftfutterreichen Ration auf den Pansen pH-Wert, die Endotoxinkonzentration im Kot und auf die Leberenzyme bei laktierenden Kühen festgestellt.

Unterschiedliche Studien konnten zeigen, dass eine höhere Kraftfuttergabe, und der daraus resultierende Abfall des pH-Wertes, zu einem signifikanten Anstieg der Endotoxinkonzentration im Pansen führt (Gozho et al., 2006, 2007; Li et al., 2012). In dem vorgestellten Versuch konnte bestätigt werden, dass eine hohe Menge an Kraftfutter zu einer Senkung des pH-Wertes im Pansen, und zu einem Anstieg der Endotoxinkonzentration im Kot führt. Die Endotoxinkonzentration im Kot kann als Indikator für einen erhöhten Endotoxinwert im Pansen, und vermutlich auch im Darm, dienen (Li et al., 2012). Die erhöhte Endotoxinlast könnte auch eine Rolle beim Anstieg der Leberenzyme (AST, GLDH, GGT) spielen. Leberenzyme können wichtige Parameter sein, um zu untersuchen, ob unterschiedliche Fütterungsstrategien einen Einfluss auf die Lebergesundheit, und damit eventuell auch auf die Detoxifizierung von Endotoxinen, haben. So ist AST beispielsweise ein nicht spezifisches Leberenzym, kann aber Hinweise auf eine allgemeine Beeinträchtigung der Leber geben kann. In einer Studie konnte festgestellt werden, dass der AST Wert bei einer Lipidose signifikant erhöht war, während kein Effekt auf den GGT Wert zu sehen war (Cebra et al., 1997). Kalaitzakis et al. (2007) stellte bei Tieren mit einer Fettleber, ab einem gewissen Schweregrad, ebenfalls eine signifikante Erhöhung des AST und GLDH Wertes, fest. In einer weiteren Studie konnte gezeigt werden, dass es bei einer stärkereichen Fütterung zu einem leichten Anstieg von AST und GGT kam (Marchesini et al., 2013). Der Anstieg der Leberwerte in dieser Studie könnte mit der Detoxifizierung von LPS aus dem Blut zusammenhängen, da die Plasma Konzentration des LPS-bindenden Proteins ebenfalls erhöht war. Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass eine stärkereiche Fütterung die Leberphysiologie beeinträchtigt.

Alle in dem vorgestellten Versuch gemessenen Parameter haben sich mit der Dauer der erhöhten Kraftfuttergabe verändert. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass sich die Tiere während der Versuchsdauer nicht an die kraftfutterreiche Ration adaptieren konnten.

Fazit

Ein Kraftfutteranteil von 60% in der Ration reduzierte den Pansen pH-Wert. Außerdem verlängerte sich die Dauer in welcher der Pansen pH-Wert 6 unterschritt um das 2,5-fache.

Die Endotoxinkonzentration im Kot wurde durch den erhöhten Kraftfutteranteil signifikant erhöht. Dieser Anstieg ist vermutlich auf eine größere Endotoxinlast in Pansen und Darm zurückzuführen.

Die Leberenzyme (AST, GLDH, GGT) waren während der Fütterung einer TMR mit 60% Kraftfutter signifikant erhöht. Dieser Anstieg könnte in Zusammenhang mit der erhöhten Endotoxinlast stehen, welche den Leberstoffwechsel beeinflussen kann.

Literature

Andersen, P.H., Jarlov, N., Hesselholt, M., Baek, L., 1996, Studies on in vivo endotoxin plasma disappearance times in cattle. Zentralbl Veterinarmed A 43, 93-101.

Cebra, C.K., Garry, F.B., Getzy, D.M., Fettman, M.J., 1997, Hepatic lipidosis in anorectic, lactating holstein cattle: a retrospective study of serum biochemical abnormalities. J Vet Intern Med 11, 231-237.

Chang, G., Zhang, K., Xu, T., Jin, D., Seyfert, H.M., Shen, X., Zhuang, S., 2015, Feeding a high-grain diet reduces the percentage of LPS clearance and enhances immune gene expression in goat liver. BMC Vet Res 11, 67.

Gozho, G.N., Krause, D.O., Plaizier, J.C., 2006, Rumen lipopolysaccharide and inflammation during grain adaptation and subacute ruminal acidosis in steers. *J Dairy Sci* 89, 4404-4413.

Gozho, G.N., Krause, D.O., Plaizier, J.C., 2007, Ruminal lipopolysaccharide concentration and inflammatory response during grain-induced subacute ruminal acidosis in dairy cows. *J Dairy Sci* 90, 856-866.

Kalaitzakis, E., Roubies, N., Panousis, N., Pourliotis, K., Kaldrymidou, E., Karatzias, H., 2007, Clinicopathologic evaluation of hepatic lipidosis in periparturient dairy cattle. *J Vet Intern Med* 21, 835-845.

Li, S., Khafipour, E., Krause, D.O., Kroeker, A., Rodriguez-Lecompte, J.C., Gozho, G.N., Plaizier, J.C., 2012, Effects of subacute ruminal acidosis challenges on fermentation and endotoxins in the rumen and hindgut of dairy cows. *J Dairy Sci* 95, 294-303.

Marchesini, G., De Nardi, R., Gianesella, M., Stefani, A.L., Morgante, M., Barberio, A., Andrighetto, I., Segato, S., 2013, Effect of induced ruminal acidosis on blood variables in heifers. *BMC Vet Res* 9, 98.

Munford, R.S., 2005, Detoxifying endotoxin: time, place and person. *J Endotoxin Res* 11, 69-84.

Satoh, M., Ando, S., Shinoda, T., Yamazaki, M., 2008, Clearance of bacterial lipopolysaccharides and lipid A by the liver and the role of argininosuccinate synthase. *Innate Immun* 14, 51-60.

Anschrift Author:

Dr. techn. nat Nicole Reisinger
BIOMIN Research Center
Technopark 1
3430 Tulln, Austria
nicole.reisinger@biomin.net

Mycofix® 5.E



Absoluter Schutz

Wissenschaftlich nachgewiesene Wirkung gegen verschiedenste Mykotoxine*

Effektive Kombination aus 3 Strategien



ADSORPTION



BIOTRANSFORMATION



BIOPROTEKTION



*Zugelassen gemäß EU-Verordnung Nr. 1115/2014, Nr. 1060/2013, Nr. 1016/2013, Nr. 2017/930 und 2017/913 zur Verringerung der Kontamination von Futtermitteln mit Fumonisin, Aflatoxinen und Trichothecenen.

BIOMIN Additive Deutschland GmbH, 37627 Stadtdendorf, Tel.: +49 5532 90 16 0, office.stadtdendorf@biomin.net

mycofix.biomin.net

Natürlich im Futter.

≡ **Biomin** ≡

Experimentelle Untersuchungen zum Wachstum ausgewählter Insektenarten bei Verfütterung von Frischgras, Grassilage und Grascobs

Brigitte R. Paulicks, Maria Gassner, Alina Wohlschläger, Wilhelm Windisch

Lehrstuhl für Tierernährung, Technische Universität München

Einleitung

Insekten werden derzeit in verschiedenen Bereichen als „neue“ Nährstofflieferanten diskutiert, nicht nur in der Boulevardpresse (Föri, 2017; stern, 2017) als alternative Nahrungsmittel, sondern auch in der wissenschaftlichen Fachliteratur (Van Huis, 2013) als Nährstoffquelle für Mensch und Tier. Einige Insektenarten wurden dabei bereits näher untersucht und aufgrund ihrer Körperzusammensetzung als durchaus geeignete und wertvolle potentielle Futtermittel im Hinblick auf die Fett- und Proteinversorgung landwirtschaftlicher Nutztiere erkannt (Rumpold und Schlüter, 2013). In der EU sind Insekten zwar (noch) nicht als Futtermittel zugelassen, das ist aber hauptsächlich auf Fragen der Futtermittelsicherheit zurückzuführen, nicht aber auf die grundsätzliche Eignung von Insekten als Nährstoffquelle.

Wenn Insekten als Futtermittel verwendet werden sollen, spielt deren Ernährung eine wichtige Rolle, denn Wildfänge, wie in Afrika oder Asien üblich, scheiden in Europa aus verschiedenen Gründen aus. In den wenigen vorliegenden Untersuchungen zur Ernährung solcher Futterinsekten – z.B. Larven der Schwarzen Soldatenfliege (*Hermetia illucens*) bei Katz (2013) oder des Mehlkäfers (*Tenebrio molitor*, allgemein als Mehlwürmer bezeichnet) bei Paulicks et al. (2017) - wurden stets Futtermittel verwendet, die auch direkt an das Nutztier verfüttert werden könnten (z.B. Legehennenmehl bzw. Ferkelauf-zuchtfutter). Angesichts eines doppelten Transformationsverlustes bei der Nährstoffverwertung (Futter zu Insekt, Insekt zu Geflügel- oder Schweinefleisch), stellt sich natürlich die Frage nach der Sinnhaftigkeit eines solchen Vorgehens. Da ja bereits Huhn und Schwein als Nahrungskonkurrenten für den Menschen anzusehen sind, gilt das für eine Insektenaufzucht unter den genannten Fütterungsbedingungen erst recht.

Anders wäre das Ganze jedoch dann zu sehen, wenn die Insekten Futtermittel nutzen könnten, die für den Menschen oder monogastrische Nutztiere wie Schwein und Huhn nicht oder nur schlecht verwertbar sind, wie das etwa Gras oder andere grüne Pflanzenmasse.

Um dieser Frage nachzugehen, wurden am Lehrstuhl für Tierernährung der Technischen Universität München in Freising-Weihenstephan Fütterungsversuche durchgeführt, in denen unter kontrollierten Haltungsbedingungen verschiedenen Insektenarten Frischgras, Grassilage oder Grascobs als alleinige Futtermittel vorgelegt wurden, um zu sehen, inwieweit die Tiere diese Futtermittel annehmen und daraus Wachstum und Insektenbiomasse generieren können.

Material und Methoden

Die Untersuchung umfasste insgesamt drei Fütterungsversuche von jeweils vier Wochen Dauer.

In **Versuch 1** wurden 2700 **Larven der Schwarzen Soldatenfliege** (*Hermetia illucens*) gleichmäßig auf neun Gruppen zu je 300 Tieren verteilt und in durchsichtigen Kunststoffboxen bei etwa 20 °C Raumtemperatur und 70 % relativer Luftfeuchte in einem Klimaschrank gehalten. Drei

Gruppen erhielten als Futter alle zwei Tage frisches Wiesengras, drei Gruppen erhielten Grassilage und die restlichen drei Gruppen erhielten eingeweichte Grascobs.

Versuch 2 wurde analog zu Versuch 1, allerdings mit 2700 Larven des Schwarzen Mehlkäfers (*Tenebrio molitor*), allgemein als **Mehlwürmer** bezeichnet, durchgeführt.

In **Versuch 3** wurden 300 subadulte Nymphen der **Wüstenheuschrecke** (*Schistocera gregaria*) eingesetzt und gleichmäßig auf sechs Gruppen zu je 50 Tieren verteilt. Sie wurden in durchsichtigen Kunststoffbehältern bei etwa 25 °C Raumtemperatur gehalten. Drei Gruppen erhielten als Futter frisches Wiesengras, die anderen drei Gruppen erhielten Grascobs, die zur Gewährleistung der Wasserversorgung angefeuchtet wurden. Auf den Einsatz von Grassilage wurde hier verzichtet, weil sich in einem Vorversuch herausgestellt hatte, dass Grassilage von den Heuschrecken nicht als Futter angenommen wurde.

In allen Versuchen wurden wöchentlich der Futterverbrauch aus der Differenz zwischen vorgelegtem Futter und Futterrest, die Anzahl der Tiere und deren gesamte Körpermasse ermittelt. Nach Versuchsende wurden alle Tiere durch Einfrieren getötet und anschließend auf die Gehalte an Gerüstsubstanzen (NDF der Detergentienanalyse), Rohprotein (Kjeldahl-Analyse) und Aminosäuren (AS-Analysator) untersucht. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mittels einfaktorieller Varianzanalyse für jeden Versuch getrennt. Als Mittelwertvergleich wurde der Tukey-Test auf einem Signifikanzniveau von $p < 0,05$ angewendet.

Ergebnisse

Die wichtigsten Daten zur Wachstumsleistung und zu den Nährstoffgehalten der verschiedenen Insektenarten sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Bei den **Larven der Schwarzen Soldatenfliege** wurden zwar alle drei Grasprodukte als Futtermittel eingesetzt, Frischgras und Grassilage wurden allerdings gar nicht oder in so geringen Mengen aufgenommen, dass es insgesamt zu einem Verlust an Biomasse kam. Dieser war nicht nur durch fehlendes Wachstum, sondern insbesondere durch den hohen Verlust an Tieren (bis zu 80 % Mortalität) verursacht. Mit den eingeweichten Grascobs war dagegen ein erheblicher Zuwachs an Biomasse zu verzeichnen. Hier wurden aus 20 g Futtertrockenmasse über 30 g Larvenbiomasse gebildet. Die Mortalitätsrate lag dabei unter 10 %. Im Mittel wurde das Einzeltiergewicht während der vierwöchigen Versuchszeit verachtfacht.

Der Trockenmassegehalt der Larven lag bei Verfütterung von eingeweichten Grascobs bei nur 15 %, was in etwa dem Wert der Tierkörper vor Versuchsbeginn (18 % T) entsprach. Bei Verfütterung von Frischgras und Grassilage lag der TM-Gehalt der Tierkörper deutlich höher bei knapp 50 %. Über die Hälfte der Trockenmasse bestand aus Rohprotein mit einem Lysingehalt von 5 %; rund 20 % der TM wurden der Fraktion der Gerüstsubstanzen – bei Insekten vorwiegend im Exoskelett vorhanden – zugeordnet.

Die **Mehlwürmer** nahmen alle drei Grasprodukte – Frischgras, Grascobs und Grassilage – als Futtermittel an, doch nur beim Einsatz von Frischgras wurde eine Erhöhung der Biomasse um knapp 25 % erzielt. Aus 0,7 g Futtertrockenmasse wurde 1 g Körperzuwachs generiert. Im Durchschnitt verfünffachte das Einzeltier sein Körpergewicht während der Versuchszeit. Silage wurde nur in geringen Mengen aufgenommen, womit die Tiere Körpermasse verloren und damit die gesamte Insektenbiomasse abnahm. Grascobs wurden zwar in großer Menge konsumiert, trotzdem war keine Biomasseerhöhung zu verzeichnen. Obwohl die Einzeltiere im Mittel ihr Körpergewicht wie mit Frischgras verfünffachten, führte die hohe Mortalitätsrate von nahezu 50 % zu einer Abnahme an Biomasse.

Hinsichtlich der Nährstoffgehalte wurden bei allen drei Behandlungsgruppen Gehalte an Rohprotein von 66-70 % und an Gerüstsubstanzen von 15-20 % gefunden. Der Lysingehalt im Rohprotein lag bei 4,5-5 %.

In Versuch 3 mit **Wüstenheuschrecken** konnten nur die Tiere, die Frischgras erhalten hatten, den Versuch beenden. In allen drei Boxen, in denen angefeuchtete Grascobs eingesetzt wurden, gingen alle Tiere innerhalb der ersten 2 Versuchswochen ein, so dass eine Auswertung hier nicht möglich war. Bei den grasgefütterten Tieren lag die Mortalität bei 60 %, trotzdem konnte die Gesamtbiomasse an Insekten aufgrund einer Verachtfachung des Einzeltiergewichtes verdreifacht werden. Der Futteraufwand je g Biomassezuwachs betrug 3 g.

Bei den untersuchten Nährstoffgehalten zeigten die Heuschrecken keine wesentlichen Unterschiede zu den anderen untersuchten Insektenarten; sie enthielten 70 % Rohprotein mit 4,4 % Lysin und 21 % Gerüstsubstanzen.

Tabelle 1: Zootechnische Kennzahlen und Analysenwerte der Versuchstiere

Versuchstiere		Versuch 1			Versuch 2			Versuch 3
		Larven der Schwarzen Soldatenfliege			Mehlwürmer			Wüstenheuschrecken
Futtermittel		Gras	Silage	Cobs	Gras	Silage	Cobs	Gras
Anfangsbestand	Tiere/Box	300	300	300	300	300	300	50
Endbestand	Tiere/Box	51 ^a	79 ^a	270 ^b	266 ^y	275 ^y	155 ^z	21
Anfangsgewicht	g/Box	2,1	2,3	1,9	21	23	23	3,4
	mg/Tier	6,9	7,6	6,5	69	76	78	68
Endgewicht	g/Box	0,4 ^a	1,3 ^b	15,6 ^c	26 ^y	18 ^z	17 ^z	10
	mg/Tier	4,0 ^a	18,1 ^b	57,8 ^c	96 ^y	65 ^z	113 ^y	474
Zunahmen	g/Box	-1,7 ^a	-1,0 ^a	13,7 ^b	4,8 ^y	-4,9 ^z	-6,0 ^z	6,6
	mg/Tier	-3 ^a	11 ^a	51 ^b	27 ^y	-1 ^z	35 ^y	406
Futterverbrauch	g TM/Box	0,3 ^a	0,0 ^a	6,6 ^b	3,2 ^z	1,2 ^z	13,2 ^y	20,0
Trockenmasse	%	49	44	15	24	28	24	21
Gerüstsubst. (NDF)	g/100 g T	-	17	22	17 ^{zy}	20 ^y	15 ^z	21
Rohprotein (XP)	g/100 g T	-	62	53	71 ^y	70 ^y	67 ^z	70
Lysin	g/100 g XP	-	4,8	5,1	4,6	5,1	4,5	4,4

^{a, b, c} bzw. ^{y, z} kennzeichnen signifikant ($p < 0,05$) unterschiedliche Mittelwerte innerhalb eines Versuchs

Diskussion

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen, dass Insekten zum Zwecke der Vermehrung von Biomasse zwar durchaus auf der Basis von Gras und Grasprodukten ernährt werden können, dass ein Erfolg dieses Verfahrens aber von einer Reihe verschiedener Faktoren abhängig ist. Das betrifft zum einen die richtige Auswahl der Insektenart.

Larven der Schwarzen Soldatenfliege ernähren sich in ihrem natürlichen Lebensraum vorwiegend von verrottenden Pflanzenteilen und anderen organischen Substraten und sind hinsichtlich Mundwerkzeugen und Verdauung auf gut verfügbare Nährstoffe ausgerichtet. Sollen die Tiere aber als Futtermittel Verwendung finden, verbietet sich natürlich deren Fütterung mit undefinierten organischen Abfällen. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen demzufolge, dass (älteres) Frischgras oder Grassilage als Futtermittel nicht geeignet sind. Offenbar können die Larven die in den Pflanzenzellen eingeschlossenen Inhaltsstoffe nicht nutzen, weil sie die Zellwände nicht durchbrechen können. Ist das Futter dagegen gemahlen, hochverdaulich und eingeweicht (Grascobs in vorliegender Untersuchung), können die löslichen Zellinhaltsstoffe genutzt werden und ihr hohes Wachstumspotential entfalten. Hinzu kommt, dass bei Haltung und Fütterung der Larven ihr hoher Wasserbedarf berücksichtigt wird, sie also unbedingt in sehr feuchtem Milieu gehalten werden müssen, um eine Dehydrierung und ein daraus bedingtes Absterben der Tiere zu vermeiden.

Mehlwürmer haben dagegen völlig andere Ansprüche an ihre idealen Lebensbedingungen. Hohe Feuchtigkeit des Futters führt zum Verkleben der Tiere mit dem Substrat und zum Absterben. Ansonsten können sie aber durchaus auf der Basis von Gras und Graskonserven wachsen. Allerdings dürften stark faserhaltige Futtermittel wie Grasprodukte grundsätzlich kaum eine geeignete Futtergrundlage für die Mast von Mehlwürmern darstellen. In früheren Untersuchungen (Paulicks et al. 2017) konnte gezeigt werden, dass Mehlwürmer ganz ähnlich wie die monogastrischen Nutztiere Huhn und Schwein, faserreiche Substrate wie Gras oder Kleie nur schlecht zur Bildung von Körpersubstanz verwerten können. Säure, wie in der Grassilage enthalten, wird von Mehlwürmern offenbar völlig abgelehnt, denn die Aufnahme war im vorliegenden Versuch nur marginal.

Heuschrecken sind in Gegensatz zu den o.g. Spezies typische Grasfresser, so dass von ihnen auch eine hohe Wachstumsleistung mit den hier angebotenen Grasprodukten zu erwarten war. Diese Erwartung wurde beim Einsatz von Frischgras auch bestätigt. Die Verwertung lag mit einem Zuwachs von 33 g Insektenbiomasse je 100 g Futtertrockenmasse höher als in der Rinder- oder Schweinemast. Als problematisch erwies sich allerdings die Verfütterung von Graskonserven: so wurde Grassilage überhaupt nicht angenommen und bei angefeuchteten Grascobs gingen alle Tiere innerhalb weniger Tage ein. Letzteres könnte auf eine Vermehrung von Mikroorganismen und deren möglicherweise für die Heuschrecken toxischen Stoffwechselprodukten zurückzuführen sein. Eine neue Untersuchung (Straub 2017; unveröffentlicht) zeigt nämlich, dass bei entsprechender Fütterungshygiene (mehrmals tägliche Futtervorlage) und frühzeitiger (ab dem Schlupf) Adaptation von Heuschrecken an das Futter, der Einsatz von faserreichem Trockenfutter durchaus erfolversprechend für den Zuwachs sein kann.

Als weiterer Faktor für die zum Teil unbefriedigenden Resultate zur Vermehrung von Insektenmasse sind die oft hohen Verlusten bei den Tieren zu nennen. Abgesehen von offensichtlich inadäquaten Haltungsbedingungen – zu trocken für die Larven der Schwarzen Soldatenfliege bei Gras und Grassilage, zu nass für die Mehlwürmer bei eingeweichten Cobs – erlebte über die Hälfte der Heuschrecken das Versuchsende nicht. Viele Tiere fielen dem Kannibalismus ihrer Artgenossen zum Opfer, auch wenn nicht geklärt werden konnte, ob tatsächlich lebende Tiere getötet oder nur tote Tiere gefressen wurden. Inwieweit hier durch abweichende Haltungsbedingungen oder eine Nahrungsergänzung zur Vermeidung eines potentiellen Nährstoffmangels abhilfe geschaffen werden kann, oder ob es sich um einen natürlichen Selektionsvorgang bei den in bestimmten Entwicklungsstadien durchaus räuberisch lebenden Heuschrecken handelt, bedarf weiterer Untersuchungen.

Hinsichtlich der Nährstoffgehalte in den Insektenkörpern wurden überraschend einheitliche Werte gefunden, was bei der Unterschiedlichkeit der Spezies nicht unbedingt zu erwarten gewesen wäre. Der Gehalt an Gerüstsubstanzen wurde mit 15-22 %, der Rohproteingehalt mit 60-70 % bei 4,5-5 % Lysin bestimmt. Diese Proteinwerte lassen Insektenmehl als hoch potentielle Eiweißquelle erscheinen, die durchaus mit praxisüblichen Eiweißfuttermitteln wie Sojaextraktionsschrot, Kartoffeleiweiß oder sogar Fischmehl vergleichbar ist. Einschränkend ist aber zu berücksichtigen, dass im Rohprotein auch das vom höheren Organismus unverdauliche stickstoffhaltige Chitin aus dem Exoskelett enthalten ist. Dieses Exoskelett bindet zudem auch Proteine und Aminosäuren (Finke 2007), weshalb der tatsächliche ernährungsphysiologische Wert von Insekten als Nährstoffquelle für monogastrische Nutztiere noch genauer untersucht werden müsste. In Fütterungsversuchen (Velten et al. 2017) mit Masthähnchen wurde aber bereits gezeigt, dass zumindest ein Teil der derzeit praxisüblichen Eiweißfuttermittel durch Insektenmehl ersetzt werden könnte, ohne dass Leistungseinbußen im Wachstum oder der Produktqualität auftreten.

Fazit

Zumindest einzelne Insektenarten könnten zur Erzeugung von Insektenbiomasse auf der Basis von Frischgras und/oder Graskonserven gefüttert werden, womit keine Nahrungskonkurrenz zum monogastrischen Nutztier entstehen würde. Die artspezifischen Eigenheiten dieser Insekten sind aber bei der Haltung zu berücksichtigen und weitere Untersuchungen zur Ermittlung ihres Nährstoffbedarfs sind erforderlich.

Literatur

Finke, M.K. (2007): Estimate of chitin in raw insects. *Zoo. Biol.*, 26, 105-115.

Föri, D. (2017): Insekten auf dem Teller: Heuschrecke sur son lit de légumes. *Neue Zürcher Zeitung* vom 21.04.2017

Katz, H. (2013): Endbericht zum Forschungsvorhaben "Entwicklung eines Verfahrens zur industriellen Produktion von Präpuppen der Fliege *Hermetia illucens* zur Futterproteinproduktion". *Hermetia Futtermittel GbR, Baruth*

Paulicks, B. R., Eisen, E., Becker, C., Brugger, D., Windisch, W. (2017) Wachstumsleistung und Verdauungskapazität bei Mehlwürmern (*Tenebrio molitor* L.) mit faserreicher oder faserarmer Fütterung. *Proc. Soc. Nutr.* 26, 75

Rumpold, B.A., Schlüter, O.K. (2013): Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Inn. Food Sci. Emerg. Technol.* 17, 1-11.

Stern (2017): Insekten als Lebensmittel: Heuschrecken-Burger gibt es jetzt im Supermarkt. *Zeitschrift Stern* vom 22.04.2017. <https://www.facebook.com/stern.de>

Straub, P.T. (2017): Experimental feeding studies with Mediterranean Field Cricket (*Gryllus bimaculatus*) and the Desert Locust (*Schistocerca gregaria*) on base of storable feed substrates. Bachelor-Arbeit, Lehrstuhl für Tierernährung der TUM.

Van Huis, A. (2013): Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Ann. Rev. Entomol.* 58, 563-583.

Velten, S., Neumann, C., Mast, J., Liebert, F. (2017): Response of meat type chickens due to amino acid optimization of mixed diets with 50 % replacement of soybean-meal by partly defatted insect meal (*Hermetia illucens*) or meal from micro algae (*Spirulina platensis*). *Proc. Soc. Nutr.* 26, 89

Wir danken Herrn Dr. Sebastian Pauli und dem Verband für Landwirtschaftliche Fachbildung (vlf) Waldkirchen-Grafenau für die Anregungen und die Unterstützung dieser Untersuchungen.

Autorenanschrift

Dr. Brigitte Paulicks
Lehrstuhl für Tierernährung
Technische Universität München
Liesel-Beckmann-Straße 2
85354 Freising, Deutschland

Einfluss einer druckhydrothermischen Futtermittelbehandlung der Einzelkomponente Mais auf die ileale Proteinverwertung von Broilern in der Anfangsmast

Reinhard Puntigam¹, Daniel Brugger², Karl Schedle¹, Christiane Schwarz¹, Peter Hechenberger¹, Jens Eipper¹, Martin Gierus¹

¹Interuniversitäres Department für Agrarbiotechnologie, IFA-Tulln, Institut für Tierernährung, Tierische Lebensmittel und Ernährungsphysiologie (TTE), Universität für Bodenkultur, Wien

²Lehrstuhl für Tierernährung, Technische Universität München (TUM), Freising-Weihenstephan

Einleitung

In der nachhaltigen Geflügelernährung bieten eine Vielzahl an Strategien die Möglichkeit gezielten Einfluss auf die chemische wie auch physikalische Beschaffenheit von Futtermischungen aber auch von Einzelkomponenten zu nehmen, um deren Nutzeffizienz zu steigern. Neben der Reduktion der Partikelgröße (Kilburn und Edwards, 2001; Peron et al. 2005) und dem Einsatz von Futtermittelzusatzstoffen (Jiang et al. 2008) rückt speziell die druckhydrothermische Aufbereitung, mittels der **high temperature short time** (HTST) Technologie, stärker in den Vordergrund.

Innerhalb der verschiedenen Verfahren dieser, gewinnt in der modernen Futtermittelindustrie vor allem die Konditionierung und anschließende Expansion zunehmend an Bedeutung. Üblicherweise werden für die Behandlung von Broilerfutter spezifische Energieeinträge von ca. 12-25 kWh/t genutzt. Deren physikalische Einwirkung beruht auf Temperatur, Druck, Feuchte, Scherkraft und Verweilzeit, welche in einem gesteigerten Stärkeaufschluss, einer Proteindenaturierung, einer Ruptur enzymatisch schwer zugänglicher Polysaccharide sowie einer gesteigerten Hygienisierung des Futtermittels resultieren (Amornthawaphat et al., 2005; Abdollahi et al., 2010; Lundblad et al., 2011). Auf Basis dieses futtermitteltechnologischen Aufschlusses kann den Verdauungsenzymen von jungen Broilern die Zugänglichkeit, speziell der Amylasen und Proteasen, erleichtert werden, wodurch sich die Verdaulichkeit der Futtermatrix verbessert (Moritz et al. 2005; Gracia et al. 2003). Andererseits können unerwünschte Nebeneffekte auftreten, wie eine mögliche Schädigung hitzelabiler Inhaltsstoffe (Vitamine, Carotinoide) sowie eine Komplexbildung von Nährstoffen (Maillard Reaktion, Amylose:Lipid Komplexe) (Martins et al., 2000; Zimonja et al., Zimonja et al., 2007). Speziell Mais stellt mit Rationsanteilen von bis zu 50% eine der bedeutendsten Rationsbestandteile in der Broilerfütterung dar und liefert neben ca. zwei Drittel des Bedarfes an umsetzbarer Energie ebenfalls ca. 20% der erforderlichen Proteinmenge (Cowieson, 2005). Eine intensive druckhydrothermische Verarbeitung der Einzelkomponente Mais kann zu höherer Verdaulichkeit führen, aber auch maßgeblich die Schädigung einzelner Nährstoffen verursachen. Das Ziel der vorliegenden Studie bestand darin, den Einfluss einer intensiven Expanderbehandlung der Einzelkomponente Mais (ca. 45 kWh/t) auf die ileale Proteinverwertung in einem Fütterungsversuch mit Broilern zu untersuchen. Vorliegendes Manuskript stellt die ersten Ergebnisse im Verlauf der Anfangsmast dar.

Material und Methoden

Für den vorliegenden Fütterungsversuch wurden 288 gesunde Eintagsküken (Ross 308, Lebendgewicht: $44 \pm 0,16\text{g}$) beiden Geschlechtes in 18 Boxen zu je 16 Tieren in der Geflügelversuchsstation Wimitz (Äußere Wimitz, A-9311 Kraig) randomisiert auf 3 Versuchsgruppen (6 Wiederholungen / Gruppe) aufgestellt (Tabelle 1). Die Versuchsdauer erstreckte sich über einen Zeitraum von 35 Tagen, wobei eine praxisübliche 3-Phasenfuttermischung (Starterfutter (1.-8. Masttag): 22% XP; 1,16% SID-Lysin; 12,35 MJ AME_N/kg, Growerfutter (9.-22. Masttag): 21% XP; 1,05% SID-Lysin; 12,80 MJ AME_N/kg und Finisherfutter (23.-35. Masttag): 20% XP; 0,83% SID-Lysin; 12,70 MJ AME_N/kg TM) zum Einsatz kam.

Ausschließlich der konventionell getrocknete Mais (Starter- und Grower-Phase: 51,9%, Finisher-Phase: 57,4%) der Kontrollgruppe (C) wurde quantitativ durch kurzzeitkonditionierten und expandierten (SC) bzw. langzeitkonditionierten und expandierten (LC) (Amandus Kahl GmbH & Co KG, OEK 15.2) Mais derselben Herkunft innerhalb der Rationen ersetzt (Tabelle 1). Die Futtervorlage erfolgte *ad libitum*. Zur Erfassung der ilealen Aminosäureverdaulichkeit wurde Titandioxid (0,3%) als inerte Marker in der Ration eingesetzt.

Tabelle 1: Versuchsdesign und Parameter der technischen Aufbereitung von Mais

Versuchsgruppe	C	SC	LC
Mais	unbehandelt	expandiert	expandiert
Vorkonditionierdauer, sec.	-	60	1080
Vorkonditioniertemperatur, °C	-	80°C	80°C
Expander - Temperatur, °C	-	145	147
Spez. Energieeintrag, kWh/t	-	45	46
Tiere, n	16	16	16
Boxen, n	6	6	6

C, konventionell getrocknet; SC, kurzzeitkonditioniert und expandiert; LC, langzeitkonditioniert und expandiert

Am 22. Versuchstag wurden 4 repräsentative Tiere pro Box zur Ermittlung der ilealen Proteinverwertung herangezogen. Hierfür wurden diese mit einem stumpfen Schlag betäubt, entblutet und der Schlachtkörper nach dem Brüh- und Rupfvorgang geöffnet. Anschließend wurde Chymus des terminalen Ileum der 4 Tiere ausgestreift, gepoolt, homogenisiert, gefriergetrocknet und analytisch untersucht. Die Analyse der Aminosäuren der Futtermischungen und Chymusproben erfolgte entsprechend dem Vorgehen von Brugger et al. (2016) mittels Ionenaustauschchromatographie auf dem Biochrom30 System (Biochrom Ltd., Cambridge, UK) bei 570 und 440 nm.

Statistisch wurden die aufbereiteten Daten mittels SAS (Vers. 9.4; SAS Institute Inc., Cary, USA) im Rahmen einer einfaktoriellen Varianzanalyse mittels der Prozedur GLM und anschließendem Tukey-Kramer Test ausgewertet. Zusätzlich wurden orthogonale Kontraste, wie auch ein lineares Polynom zwischen unbehandeltem Mais (C) und druckhydrothermisch behandeltem Mais (SC & LC) berechnet. Als Signifikanzniveau wurde ein $p \leq 0,05$ unterstellt.

Ergebnisse

In Tabelle 2 werden die Ergebnisse der ilealen Proteinverwertung von Broilern in der Anfangsmast dargestellt. Wie ersichtlich, übten weder die Kurz- noch die Langzeitkonditionierung und die anschließende intensive Expansion der Einzelkomponente Mais einen Einfluss auf die ileale Aminosäurenverdaulichkeit ($p > 0.05$) aus. Dies kann ebenfalls auf Basis der orthogonalen Kontraste (C vs. SC & LC), mit Ausnahme einer tendenziellen Verdaulichkeitsreduktion von Tyrosin ($p < 0.10$) bestätigt werden. Zusätzlich kann mittels berechnetem linearem Polynom bei den Aminosäuren Arginin, Glutaminsäure sowie Tyrosin eine tendenziell reduzierte Verdaulichkeit auf Basis gesteigerter Retentionszeit im Zuge der Konditionierung (SC: 60sec.; LC: 1080 sec.) festgestellt werden.

Neben der Aminosäureverdaulichkeit wurde ebenfalls der Gehalt an Ammonium im Chymus der Broiler untersucht. Hierbei konnte ein tendenzieller Unterschied ($p < 0.10$) zwischen den Versuchsgruppen nachgewiesen werden, welche mit zunehmender Behandlungsintensität stieg ($p < 0.5$).

Tabelle 2: Ileale Proteinverwertung unterschiedlich modifizierter Maisvarianten (%)

	C	SC	LC	SEM	ANOVA	P-Wert	
						C vs. SC & LC	Linear
Isoleucin	80,77	78,21	75,92	1,219	0,2982	0,1799	0,1265
Leucin	82,27	80,50	78,11	1,133	0,3522	0,2489	0,1598
Lysin	81,35	76,47	74,80	1,572	0,2405	0,1081	0,1056
Methionin	86,29	83,03	81,52	1,256	0,3239	0,1614	0,1451
Phenylalanin	83,14	80,63	79,86	1,017	0,4361	0,2185	0,2198
Threonin	72,99	69,86	68,16	1,486	0,4502	0,2466	0,2177
Valin	76,56	73,72	71,36	1,421	0,3639	0,2155	0,1624
Essentielle AS	79,37	76,28	74,26	1,348	0,3344	0,1825	0,1468
Alanin	80,40	78,13	75,90	1,302	0,4084	0,2573	0,1891
Arginin	86,10	83,90	81,97	0,890	0,1821	0,1087	0,0697
Asparaginsäure	80,24	78,28	76,90	0,936	0,3834	0,2172	0,1742
Cystein	68,02	68,31	64,96	1,275	0,5103	0,6337	0,3607
Glutaminsäure	85,57	83,41	81,58	0,933	0,2434	0,1431	0,0985
Glycin	75,72	73,15	71,04	1,291	0,3724	0,2200	0,1673
Histidin	84,88	82,43	80,72	1,026	0,2829	0,1553	0,1189
Prolin	80,52	80,07	78,53	0,900	0,6674	0,5605	0,4078
Serin	79,13	77,47	75,87	1,119	0,5349	0,3435	0,2722
Tyrosin	83,04	79,62	77,06	1,221	0,1458	0,0809	0,0539
Nichtessentielle AS	81,03	78,88	76,91	1,064	0,3197	0,1947	0,1380
Total AS	80,36	77,90	75,92	1,161	0,3290	0,1917	0,1429
Ammonium, g/kg TM	3,80	4,20	4,59	0,137	0,0625	0,0418	0,0207

C, konventionell getrocknet; SC, kurzzeitkonditioniert und expandiert; LC, langzeitkonditioniert und expandiert

Diskussion

Proteine von (druckhydro-)thermisch unbehandelten Futtermitteln stellen in ihrer Konfiguration eine intakte dreidimensionale Struktur dar. Parameter wie Temperatur, Druck, Scherkraft, Feuchte und deren Einwirkzeit resultieren im Zuge der Aufbereitung mittels der HTST- Technologie in einer Denaturierung und Oberflächenvergrößerung des Proteins, welche in einer gesteigerten Verwertung resultieren kann. Im folgenden Versuch konnte gezeigt werden, dass auch eine stark gesteigerte Retentionszeit im Vergleich zu konventionell getrocknetem Mais keine Auswirkungen auf die Aminosäurenverdaulichkeit in der Anfangsmast erkennen lässt. Auch in Vorversuchen (Puntigam *et al.*, 2016) konnte nachgewiesen werden, dass die druckhydrothermische Futtermittelbehandlung der Einzelkomponente Mais keinen Einfluss auf die ileale Proteinverdaulichkeit bei Broilern sowohl in der Anfangs- als auch Endmast nimmt. Im Gegensatz dazu konnte in einem Broilerversuch von Goodarzi Boroojeni *et al.* (2014) nachgewiesen werden, dass die Expansion einer weizen-maisbasierten Ration bei 110 und 130°C keine Auswirkungen auf die ileale Proteinverwertung von Broilern zeigten, jedoch die Langzeitkonditionierung (3 min.) bei 85°C in einer reduzierten ilealen Aminosäuren- und Proteinverdaulichkeit resultierte. Demgegenüber konnte die Bedeutung der Prozesstemperatur in einer Studie von Karr-Lilienthal *et al.* (2006) mit extrudiertem Sojaextraktionsschrot nachgewiesen werden. Hierbei erzielten die Autoren bei 121 und 135°C eine geringere Aminosäureverdaulichkeit bei Broilern als bei 150 und 160°C. Lundblad *et al.* (2006) konnten in einem Ferkelversuch nachweisen, dass eine geringere (47°C) im Vergleich zu einer erhöhten Konditioniertemperatur (90°C) (20 sec.) in einer gesteigerten Energie- und Proteinverdaulichkeit von weizenbasierten-Futtermischungen resultiert. Neben dem starken Einfluss von unterschiedlichen Prozessparametern scheint vor allem die aufbereitete Futtermatrix die Vergleichbarkeit mit verschiedenen Studien zu erschweren. Zusätzlich kann die mangelnde Kenntnis der Prozessparameter, der „konventionell“ getrockneten Kontrollrationen, wie auch die daraus resultierende Proteinschädigung dazu beitragen, dass möglich Unterschiede in der ilealen Proteinverwertung im Folgenden, wie auch genannten Versuchen, verschleiert werden. Hierzu könnte die analytische Erfassung von möglichen Hitzeschäden im Zuge der Futtermittelbehandlung einen wichtigen wissenschaftlichen Beitrag leisten.

Schlussfolgerung

Mit dargestelltem Versuch konnte nachgewiesen werden, dass sowohl die Kurz- als auch Langzeitkonditionierung und anschließende intensive Expandierung keinen Einfluss auf die ileale Proteinverwertung von Broilern in der Anfangsmast nimmt. Somit wäre speziell die Anwendung der Langzeitkonditionierung der Einzelkomponente Mais unter dem Aspekt der Proteinverwertungssteigerung nicht notwendig. Weitere Untersuchungen müssen zeigen ob sich diese Befunde in der Endmast bestätigen lassen.

Literatur

- Abdollahi M. R., Ravindran V., Wester, T. J. Ravindran G. and Thomas D. V. (2010): Influence of conditioning temperature on performance, apparent metabolisable energy, ileal digestibility of starch and nitrogen and the quality of pellets, in broiler starters fed maize- and sorghum-based diets. *Animal Feed Science and Technology*. 162, 106–115.
- Amornthewaphat N., Lerdsuwan S. and Attamangkune S. (2005): Effect of extrusion of corn and feed form on feed quality and growth performance of poultry in a tropical environment. *Poultry Science*. 84, 1640-7.
- Brugger D., Nadler C., Windisch W. M. and Bolduan C. (2016): Feed protein value of acidic precipitates obtained from press juices of three types of green forage leaves. *Animal Feed Science and Technology*. 222, 236-41.
- Cowieson A. J. (2005): Factors that affect the nutritional value of maize for broilers. *Animal Feed Science and Technology*. 119, 293-305.

- Goodarzi Borojeni F., Mader A., Knorr F., Ruhnke I., Röhe I., Hafeez A., Männer K. and Zentek J. (2014): The Effects of Different Thermal Treatments and Organic Acids Levels on Nutrient Digestibility in Broilers. *Poultry Science*. 93, 1159-1171.
- Gracia M. I., Lazaro R., Latorre M. A., Medel P., Aranibar M. J., Jimenez-Moreno E. and Mateos G. G. (2009): Influence of enzyme supplementation of diets and cooking-flaking of maize on digestive traits and growth performance of broilers from 1 to 21 days of age. *Animal Feed Science and Technology*. 150, 303-315.
- Jiang Z., Zhou Y., Lu F., Han Z. and Wang T. (2008): Effects of Different Levels of Supplementary Alpha-amylase on Digestive Enzyme Activities and Pancreatic Amylase mRNA Expression of Young Broilers. *Asian-Aust. Journal of Animal Science*. 21, 97-102.
- Karr-Lilienthal L. K., Bauer L. L., Utterback P. L., Zinn K. E., Frazier R. L., Parsons C. M. and Fahey Jr., G. C. (2006): Chemical composition and nutritional quality of soybean meals prepared by extruder/expeller processing for use in poultry diets. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54, 8108-8114.
- Kilburn J. and Edwards Jr. H. M. (2001): The response of broilers to the feeding of mash or pelleted diets containing maize of varying particle sizes. *British Poultry Science*. 42, 484-492.
- Lundblad K. K., Issa S., Hancock J. D., Behnke K. C., McKinney L. J., Alavic S. and Prestløkken, E. (2011): Effects of steam conditioning at low and high temperature, expander conditioning and extruder processing prior to pelleting on growth performance and nutrient digestibility in nursery pigs and broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*. 169, 208-217.
- Martins S., Jongen W.M.F. and van Boekel M. (2000): A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. *Trends in Food Science & Technology*. 11, 364-373.
- Moritz J. S., Parsons A. S. and Buchanan N. P. (2005): Effect of Gelatinizing Dietary Starch Through Feed Processing on Zero to Three-Week Broiler Performance and Metabolism. *Journal of Applied Poultry Research*. 14, 47-54.
- Peron A., Bastianelli D., Oury F. -X., Gomez J. and Carree. B. (2005): Effects of food deprivation and particle size of ground wheat on digestibility of food components in broilers fed on a pelleted diet. *British Poultry Science*. 46, 223-230.
- Puntigam R., Shedle K., Schwarz C., Hechenberger P. and Gierus M. (2016): Einfluss einer druckhydrothermischen Behandlung der Einzelkomponente Mais auf die Verdaulichkeit ausgewählter Nährstoffe sowie zootechnische Leistungen bei Broilern unterschiedlichen Alters. 11. BOKU Symposium Tierernährung, Vienna, AUSTRIA, APR 19, 2016, In: Tagungsbeitrag Boku – Symposium Tierernährung, 69-72.
- Redshaw M.S., Fickler J., Fontaine J., Heimbeck W., Hess V. and Reimann, I. (2010): AMINODat 4.0–50 Years of Amino Acid Analysis. Evonik Industries.
- Zimonja O., Stevnebo A. and Svihus B. (2007): Nutritional value of diets for broiler chickens as affected by fat source, amylose level and diet processing. *Canadian Journal of Animal Science*. 87, 553-562.

Autorenanschrift

Reinhard Puntigam
Universität für Bodenkultur Wien
Muthgasse 11/1. Stock
A-1190 Wien
reinhard.puntigam@boku.ac.at

Daniel Brugger
Lehrstuhl für Tierernährung
Technische Universität München
Liesel-Beckmann-Straße 2
85354 Freising, Deutschland



ORFFA
EXCENTIALS

EXCENTIAL SELENIUM₄₀₀₀

The new generation of organic selenium

All selenium is available in the most effective organic form



Engineering your feed solutions

Find your Orffa specialist at www.orffa.com

ORFFA
50
YEARS

Autorenverzeichnis

Ader.....	119	Hittel.....	168
Barbé.....	162	Humer.....	198
Bauer.....	187	Hutter.....	168
Bergermeier.....	25	Ionescu.....	103
Brandl.....	74	Jungbauer.....	141
Brenner.....	108, 113	Kiel.....	181
Brugger.....	211	Korzekwa.....	162
Brunlehner.....	25	Kröger.....	198
Chicoteau.....	156	Landzettel.....	96
Daubner.....	156	Loibl K.....	96
De Marco.....	103	Loibl P.....	125
Degroote.....	89	Lückstädt.....	168
Dersjant-Li.....	131	Mansfeld.....	181
Dourmad.....	93	Margetyal.....	103
Durosoy.....	93	Medel.....	151
Dusel.....	119, 131	Michiels.....	89
Ebertseder.....	1	Müller.....	141
Edelmann.....	173	Neubauer.....	198
Eipper.....	211	Obermaier.....	173
Emsenhuber.....	198	Obermeier.....	74
Engler.....	156	Offenberger.....	33, 68
Ettle.....	173, 181	Oguey.....	103, 136
Feuerstein.....	39, 119	Parys.....	187
Florez.....	108, 113	Paulicks.....	205
Garcia.....	151	Picart.....	103
Gassner.....	205	Pien.....	156
Gierus.....	211	Piron.....	162
Gilani.....	131	Preißinger.....	146
Grünewald.....	12	Probstmeier.....	146
Guilet.....	156	Puntigam.....	211
Hechenberger.....	211	Raß.....	82
Heimbeck.....	187	Reisinger.....	193, 198

Rodehutscord.....	6	van der Klis.....	141
Roméo	89, 93	van Hout	108, 113
Schatzmayer	193	Van Noten	89
Schaumberger	193	Wang	89
Schedle	211	Wendland.....	20, 33, 68
Scheidemann	162	Wiemann.....	125
Scherb	146	Wilhelm.....	108, 113
Schneider	25	Windisch	205
Schuster H.....	74	Winkler.....	119
Schuster M	74	Wohlschläger	205
Schwarz	211	Zebeli.....	198
Spiekers	59, 181	Zhou	141
Stalljohann	48	Zißler	89, 93, 151
Trautwein.....	119	Zoon	103

Sponsoren

Wir danken folgenden Firmen für ihre großzügige Unterstützung:



Animine

335 chemin du noyer
Fr-74330 Sillingy



**BayWa AG
Futtermittel Agrar**

Arabellastraße 4
D-81925 München



**Biomim Additive
Deutschland GmbH**

Am Güterbahnhof 7a
D-37627 Stadtoldendorf



BTC Europe GmbH

Industriestraße 20
D-91593 Burgbernheim



**DuPont Nutrition and
Biosciences Iberia S.L.**

Avenida Espioca, 24
ES-46460-Silla/Valencia

DelaconTM
performing nature

Delacon Biotechnik GmbH

Weissenwolffstraße 14
A-4221 Steyregg



DR. ECKEL
creative solutions

Dr. Eckel GmbH

Im Stiefelfeld 10
D-56651 Niederzissen



DSM
BRIGHT SCIENCE. BRIGHTER LIVING.

**DSM Nutritional
Products GmbH**

Im Breuel 10
D-49565 Bramsche



EVONIK
INDUSTRIES

Evonik Industries AG

Rodenbacher Chaussee 4
D-63457 Hanau-Wolfgang

TSF
SCHAUMANN FORSCHUNG

**ISF Schaumann
Forschung GmbH**

An der Mühlenau 4
D-25421 Pinneberg



LALLEMAND ANIMAL NUTRITION

**Lallemand
Animal Nutrition**

Postfach 34 01 02
40440 Düsseldorf



LKV Bayern e.V.

Landsberger Straße 282
D-80687 München



**Trouw Nutrition
Deutschland GmbH**

Gempfinger Straße 15
D-86666 Burgheim



Orffa Deutschland GmbH

Grünstraße 93
D-46483 Wesel



Pancosma S.A.

Voie-des-Traz 6
CH-1218 Le Grand-Saconnex



**Phytobiotics
Futtermittelzusatzstoffe GmbH**

Wallufer Straße 10a
D-65343 Eltville



Pulte GmbH & Co. KG

Hirtenweg 2
D-82031 Grünwald