

60. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V.

Tagungsband

*„Die Versorgung mit Mineralstoffen tiergerecht
und nachhaltig gestalten!“*

13. Oktober 2022, Hybride-Konferenz



Herausgeber:

Katrin Harms und Wilhelm Windisch

Bayerische Arbeitsgemeinschaft Tierernährung (BAT) e.V.

Liesel-Beckmann-Str. 2

85354 Freising

bat.lte@ls.tum.de

Selbstverlag:

Bayerische Arbeitsgemeinschaft Tierernährung (BAT) e.V.

ISBN 978-3-9816116-9-4

Für den Inhalt der Beiträge sind allein die Autoren verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Übersichtsvorträge

Rodehutschord M Bedarfwerte für Mineralstoffe – Herausforderungen bei der Ableitung	1
Olfs H-W Mineralstoff-Frachten über Wirtschaftsdünger auf die landwirtschaftliche Nutzfläche	6
Feuerstein D Mikrobielle Phytase: eine Schlüsselinnovation für die nachhaltige Mineralstoffversorgung	10
Windisch W Der mühsame Weg von der Forschung über Spurenelemente bis zur praktischen Fütterung am Beispiel des Zinks	21
Krieg J Gestaltung der Mineralstoffversorgung	27
Brugger D Wieviel Zink und Kupfer braucht das Schwein?	34
Puntigam R und Spiekers H Die Stallsaldierung beim Phosphor am Beispiel der Schweinemast	44
Fries M Controlling der Mineralstoffversorgung	52
Schuster H, Rauch P, Brandl J Mineralstoffversorgung beim Rind – wie gestalten?	58
Grünberg W, Wilkens M Physiologische Grundlagen und Konzepte Praktische Umsetzung	64
Denißen J Controlling der Mineralstoffversorgung	76

Fütterungsstrategien und Futtermittel

Belanche A, Canto F, Winkler W, Calisici O Untersuchung des passiven Immunitätstransfers unter Verwendung von Schaf- und Rinderkolostrum sowie Rinderkolostrumpulver bei neugeborenen Lämmern	82
Friederichs J, Manevski D, Ahmann J, Steinhoff-Wagner J Eingefrorene Kolostrumreserven auf Milchviehbetrieben – eine empirische Analyse	88

Honig AC, Inhuber V, Spiekers H, Windisch W, Götz K-U, Etle T Protein-, Fett-, und Energiegehalte wachsender Fleckviehbullen – Vergleich zu Studien von Kirchgessner et al. (1993)	92
Göppel S, Weindl P, Lambertz C, Thesing B, Born S, Schmidt E, Bellof G Fütterungsstrategien für die ökologische Putenmast unter Berücksichtigung von langsam und schnell wachsenden Herkünften, unterschiedlicher Haltung und 100% Bio-Fütterung	98
Kratz R, Lukasek L, Geertsen N Defined fibre feeding for suckling piglets	103
Grimmer F, Schneider M, Brandl J Einsatz von kleinkörnigen Leguminosen in der Milchkuhfütterung	108
Deißer G, Puntigam R, Jais C Schwerpunktberatung Schweinehaltung: Status Quo zu den im LKV-Bayern – organisierten Betrieben hinsichtlich Futter und Fütterung	114
Peschel M, Buffler M, Bolduan C, Windisch W Messung der scheinbaren Verdaulichkeit der Trockenmasse bei Rindern: Vergleich der quantitativen Sammelmethode mit der TiO ₂ -Indikatormethode	121
Nieberding C, von und zur Mühlen F, Tabeling R, Renken C Futterkosten senken durch tierschonendes Impfen zu Mastbeginn – geht das?	128

Futtermittelzusatzstoffe

Sáinz de la Maza-Escola V, Bartelt J, Flisi S, Paratte R, Grilli E Effects of feeding two rumen-protected choline sources during the transition period on Holstein dairy cows performance and blood metabolites	136
Preißinger W, Scherb S, Müller M, Naatjes M Unterschiedliche Anteile an Guanidinoessigsäure in Rationen für Mastschweine – Auswirkungen auf Mast- und Schlachtleistung	142
Möddel A, Brenner S, Kröger I, Eckel B Effects of different feed additives on behaviour, performance and faecal score of pigs at increased stocking density	148
Remmersmann A, Schlagheck A, Hildebrand B Hydrolyzed yeast <i>Kluyveromyces fragilis</i> as a functional feed material in weaner diets reduces feed costs compared to porcine blood plasma	156
Zißler E, Eilert C, Scheidemann C, Jacobs C Reduktion von Saugferkelverlusten mit Hilfe der Lebendhefe <i>Saccharomyces cerevisiae boulardii</i> CNCM I-1079	161

Stenkamp H, Hovenjürgen M Effekt einer Zulage von pansengeschütztem Biotin bei Milchkühen – ein Praxisversuch	167
Schneider M, Misthilger B, Kramer E Prüfung der Wirksamkeit von TMR/PMR-Stabilisatoren für das DLG-Qualitätssiegel	172
Mineralstoffe und Spurenelemente	
Timpfler M, Winkler A, Link YC, Hansen SL Effekte von Zink-Bisglycinat oder Zinksulfat auf den Zinkstoffwechsel bei heranwachsenden Lämmern	179
Rothstein S, Bice I, Hildebrand B, Südekum K-H Influence of different zinc and copper sources on the activity of rumen microbiota tested by <i>in vitro</i> rumen gas technique	186
Torrallardona D; Cañete-González J; zur Wickern A Evaluation of different zinc sources compared to a pharmacological dose of zinc oxide in piglet diets	191
Philipps P, Kromm V, Roméo A, Hanreich A, Steinruck U Spurenelementversorgung von Wiederkäuern mit stabilen Oxiden im Hinblick auf Löslichkeitsverhalten im Pansen	195
Pfeil K, Dubey DK, Pauwelyn B, Mateos J Subklinische Hypokalzämie ("Milchfieber"): Einflussfaktoren und ihre Kontrolle in der Praxis	200
Wiemann M, Wirges J, Lütke-Dörhoff M, Westendarp H Wirkung eines Vitamin D3-Metaboliten (25-OH-D3) auf den Geburtsverlauf von hochleistenden Sauen	205
Deutinger M, Obermaier A, Edelmann P, Weindl P, Ettle T Einfluss einer abgestuften Phosphorversorgung auf die Klauenbeschaffenheit von Fleckviehbullen	211
Ettle T, Deutinger M, Obermaier A, Edelmann P Einfluss einer gestaffelten Phosphorversorgung auf die Mastleistung von Fleckviehbullen	217
Velasco E, Schuster H Stickstoff- und Phosphorflüsse in rinderhaltenden Betrieben in Bayern	222
Autorenverzeichnis	226
Werbepartner	228

Bedarfwerte für Mineralstoffe – Herausforderungen bei der Ableitung

M. Rodehutscord

Institut für Nutztierwissenschaften, Universität Hohenheim und
Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie

Die Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) richtete 1975 den Ausschuss für Bedarfsnormen (AfBN) ein. Seitdem werden Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung für landwirtschaftliche Nutztiere erarbeitet. Dies geschieht auf der Grundlage des internationalen Wissensstands und unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen für die Tierhaltung. Sowohl der Wissensstand als auch die Rahmenbedingungen verändern sich mit der Zeit. Aus diesem Grunde sind Versorgungsempfehlungen regelmäßig in Hinblick auf die Aktualität zu prüfen und bei Bedarf zu überarbeiten. Bereits im Vorwort zu den 1978 erschienenen "Empfehlungen zur Mineralstoffversorgung" des AfBN hieß es: "Die gewonnenen Erkenntnisse haben nur vorläufige Gültigkeit. Sie sind fortlaufenden Ergänzungen und Weiterentwicklungen unterworfen. Daher ist von Zeit zu Zeit zu überprüfen, ob neue Forschungsergebnisse geeignet sind, die bisherigen Vorstellungen zum Energie- und Nährstoffbedarf zu präzisieren." Seitdem gehört diese Fortschreibung und Präzisierung fest zum Arbeitsprogramm des AfBN. Dabei war es zunächst das vorrangige Ziel, eine leistungsgerechte Versorgung der Tiere zu ermöglichen und dem Auftreten von Mangelsituationen vorzubeugen. Mittlerweile sind die Zielsetzungen erweitert. So geht es zusätzlich darum, die Tiergesundheit zu erhalten und Zielkonflikten zwischen Leistung und Tiergesundheit vorzubeugen. Außerdem sollen fütterungsbedingte Einflüsse auf die Ausscheidungen der Tiere und damit verbundene Umweltwirkungen vermindert sowie knappe Ressourcen möglichst effizient genutzt werden. Derzeit liegt der Arbeitsschwerpunkt des AfBN bei den Versorgungsempfehlungen für Milchkühe, wobei neben der Energie- und Proteinversorgung auch die Mengen- und Spurenelemente grundlegend bearbeitet werden. Die Vorgehensweise und die Herausforderungen sind dabei zwischen diesen beiden Gruppen von Mineralstoffen unterschiedlich, was im Folgenden skizziert wird.

Vorgehen bei Mengenelementen

Für die **Mengenelemente** Calcium, Phosphor, Magnesium, Natrium und Chlor werden die Versorgungsempfehlungen faktoriell abgeleitet. Bei dieser Vorgehensweise handelt es sich um eine relativ einfache Form der Modellierung, bei der die Faktoren des Bedarfs zunächst einzeln quantifiziert werden. Damit kann die notwendige Versorgung unter Berücksichtigung von flexiblen Einflussgrößen, wie z. B. der erbrachten Leistung oder der Körpermasse der Tiere, berechnet werden. Es sei vorweg darauf hingewiesen, dass es tierindividuelle Unterschiede in der Höhe einzelner Faktoren gibt, die jedoch in einer spezifischen Fütterungssituation nicht bekannt sind. Die Festlegung der Faktoren erfolgt daher implizierend, dass sie für eine Gruppe von Tieren (Alters- oder Leistungsgruppe, Herde, etc.) gültig sind. Dies passt zu der in der Praxis üblichen Vorgehensweise, dass Alleinfuttermittel oder Rationen nicht für Einzeltiere, sondern für Gruppen von Tieren optimiert werden.

Zu den **Faktoren des Nettobedarfs** gehören die in Form von Leistung enthaltenen Mengenelemente, z. B. in der Milch, im Ei oder im Körpermassewachstum, der trächtigkeitsbedingte Ansatz in Föten und Uterusgeweben, die unvermeidlichen Verluste mit den Exkrementen und über die Körperoberfläche sowie bei den Elektrolyten ein zusätzlicher Verlust mit dem Schweiß (Abb. 1). Die Summe dieser Faktoren ergibt den Nettobedarf der Tiere. Die Höhe der notwendigen Versorgung mit dem Futter (Bruttobedarf) schließt zusätzlich ein, zu welchem Anteil ein Mengenelement für die Deckung des

Nettobedarfs verwertet werden kann. Auf diese Weise werden die Versorgungsempfehlungen also zunächst stets quantitativ abgeleitet und in Gramm oder Milligramm pro Tag ausgedrückt. Nur wenn die Höhe der Futtermittelaufnahme bekannt ist oder sicher geschätzt werden kann, ist die Umrechnung in eine Konzentration in der Ration möglich. Diese Unterscheidung zwischen dem quantitativen Bedarf und einer notwendigen Konzentration im Futter wird in der Sekundärliteratur leider häufig nicht oder nicht deutlich genug vorgenommen. Hieraus können Fehler bei der Versorgung der Tiere entstehen, eben weil die Höhe der Futtermittelaufnahme sehr variabel ist.

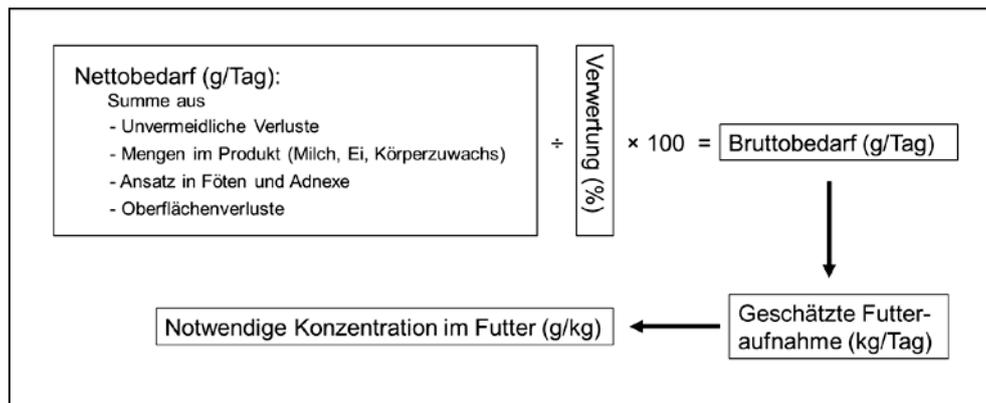


Abb. 1: Prinzipielles Vorgehen bei der faktoriellen Ableitung des Bedarfs und der Berechnung der notwendigen Konzentration im Futter

Die **Ermittlung der Faktoren des Bedarfs** ist unterschiedlich aufwändig und zudem nicht für alle Faktoren mit derselben Sicherheit möglich. Vergleichsweise einfach zu ermitteln sind die in der Milch oder im Ei enthaltenen Mineralstoffe. Die analytische Bestimmung gehört zu den Standardverfahren von chemischen Laboren und es gibt eine größere Zahl von Publikationen, auf deren Grundlage Einflussfaktoren auf die Konzentration in der Milch, insbesondere der Kuhmilch, quantifiziert werden können – wenn auch nicht für jede Sondersituation. Die Mengenelemente in der Körpermasse und der Mengenelementansatz beim Wachstum lassen sich im Grundsatz ebenfalls gut ermitteln. Allerdings ist die Datengrundlage für alle Tierarten gering und überwiegend älter als 20 Jahre. Dies hängt mit dem großen Aufwand zusammen, der mit Schlachtversuchen und der chemischen Analyse von Ganzkörper- oder Teilstückproben verbunden ist, insbesondere bei größeren Tieren. Die begrenzte Anzahl neuerer Arbeiten gibt allerdings keinen Hinweis, dass es bei den Mengenelementkonzentrationen im Körpermassezuwachs über die Jahre (z. B. züchterisch bedingt) zu größeren Veränderungen gekommen ist. Ähnlich verhält es sich mit den Daten zum trächtigkeitsbedingten Ansatz von Mengenelementen. Die unvermeidlichen Verluste werden üblicherweise regressionsanalytisch ermittelt, und zwar unter Verwendung von Daten, die bei gestaffelter Versorgung auf einem insgesamt niedrigen Versorgungsniveau ermittelt wurden. Die exakte Messung würde den Einsatz von Rationen, die das jeweilige Element nicht enthalten, erforderlich machen, was nur mit synthetischen Rationen ginge, die allenfalls für wenige Tage in ausreichender Menge von den Tieren gefressen würden. Bei den Oberflächenverlusten sind die Elektrolytverluste mit dem Schweiß ein Sonderfall, weil sie generell bei hohen Umgebungstemperaturen, aber insbesondere bei verstärkter körperlicher Aktivität, mengenmäßig bedeutsam sind. In den Versorgungsempfehlungen für Pferde wurde dies über Schätzungen zur Schweißmenge in Abhängigkeit von der körperlichen Aktivität sowie die Verwendung durchschnittlicher Elektrolytkonzentrationen im Schweiß berücksichtigt (GfE 2014).

Hinsichtlich der **Verwertung der Mengenelemente** ist die Festlegung von Werten eine besondere Herausforderung. Zum einen kann die Bindungsform, in der ein Element vorliegt, also die Zusammensetzung des Futters, die Höhe der Verwertung beeinflussen. Zum anderen bedingen die Mechanismen der Homöostase der Tiere, dass überschüssig aufgenommene Mengenelemente mit dem Kot oder dem

Harn ausgeschieden werden. Für die tierexperimentelle Bestimmung der Verwertung bedeutet dies, dass die Verwertung umso geringer ausfällt, je mehr die Versorgung mit dem Futter den Bedarf der Tiere überschreitet. Dieser Effekt ist bei der Ableitung von Versorgungsempfehlungen unbedingt zu berücksichtigen, d. h., es sind vorrangig solche Daten heranzuziehen, die bei einem niedrigen (den Bedarf nicht überschreitenden) Versorgungsniveau ermittelt wurden. Anhand eines aktuellen Beispiels aus der Arbeit des AfBN ist dieser Zusammenhang für das Calcium und die Wiederkäuer in Abb. 2 dargestellt. Die zugrundeliegende Literaturlauswertung zeigt, dass mit zunehmender Aufnahme an Calcium die Calcium-Verdaulichkeit kontinuierlich zurückgeht. Der überwiegende Teil der Daten aus der Literatur ist somit für den Zweck der Festlegung eines Verwertungsfaktors und zur Differenzierung der Verwertung zwischen Futtermitteln bzw. Calciumquellen ungeeignet (Wild et al. 2021). Diese Auswertung ergab zudem, dass die Calcium-Ausscheidung mit dem Harn der Tiere sehr gering und von der Höhe der Calcium-Aufnahme unbeeinflusst ist, mithin die Verdaulichkeit als ein Maß für die Verwertung herangezogen werden kann.

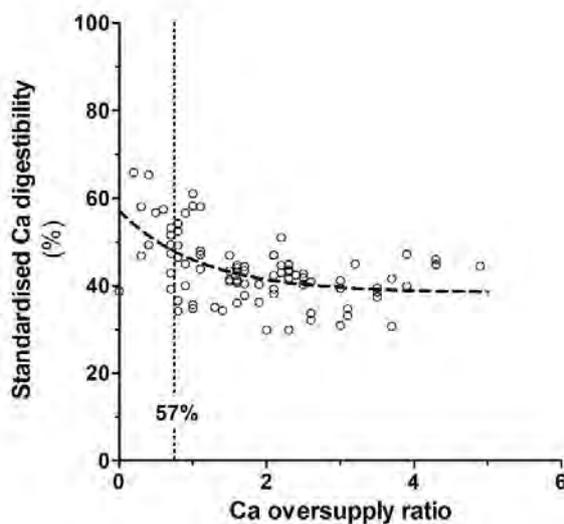


Abb. 2: Beziehung zwischen der standardisierten (um endogenes Calcium korrigierte) Calcium-Verdaulichkeit und der Höhe der Calcium-Übersorgung bei laktierenden Wiederkäuern. Die gepunktete senkrechte Linie kennzeichnet den Bruttobedarf an Ca bei einer angenommenen Verwertung von 57 % (Literaturlauswertung von Wild et al. 2021).

Ein weiteres Beispiel dafür, wie Faktoren mit der Zeit infolge von Wissensfortschritt angepasst werden, ist die Phosphor-Verwertung der Milchkuh. Bei den ursprünglichen Festlegungen schätzte man die Höhe der Phosphor-Verwertung auf 60 % (GEH 1986). Nachdem mehr Versuchsergebnisse hierzu vorlagen, wurde der Faktor für die Phosphor-Verwertung auf 70 % angepasst (GfE 1993, GfE 2001). Eine neue Auswertung von Versuchsdaten legt nahe, dass auch dieser Wert noch eine Unterschätzung ist und die Phosphor-Verwertung bei Milchkuhen oberhalb von 80 % liegt (Haese et al. 2022). Dies passt zu manchen Befunden aus Fütterungsversuchen mit Milchkuhen, in denen trotz einer Phosphor-Versorgung unterhalb der Versorgungsempfehlungen keine negativen Effekte beobachtet wurden.

Vorgehen bei Spurenelementen

Spurenelemente erfüllen im Stoffwechsel vielfältige Funktionen. Von den zahlreichen Elementen, für die eine Essentialität nachgewiesen wurde, spielen in der praktischen Fütterung Eisen, Iod, Kobalt, Kupfer, Mangan, Selen und Zink eine Rolle. Zur Ableitung von Versorgungsempfehlungen für Spurenelemente kommt das faktorielle Vorgehen grundsätzlich zwar auch infrage und es wurde von anderen Gremien und Autoren in einzelnen Arbeiten für bestimmte Spurenelemente angewendet. Der AfBN hält das faktorielle Vorgehen jedoch für weniger gut geeignet, weil einige Faktoren kaum oder nur mit großer Unsicherheit festzulegen wären. Als Bestandteil des Nettobedarfs ließe sich beispielsweise die Abgabe mit der Milch oder dem Ei für viele Spurenelemente gut quantifizieren, allerdings nicht für Elemente,

deren Konzentration in den Produkten von der Höhe der Versorgung abhängt. Das ist z. B. bei Iod und Selen der Fall. Einer faktoriellen Ableitung stehen jedoch insbesondere zwei Probleme entgegen. Zum einen hängt die Verwertung von zahlreichen tier- und fütterungsbedingten Einflüssen ab. Außerdem ist die Konzentration im Körper oder bestimmten Organen weniger entscheidend als die mehr oder weniger spezifischen Funktionen eines Spurenelements, z. B. bei der Aktivität spezieller Enzyme.

Eine besondere Rolle übernimmt dabei die homöostatische Kontrolle des Spurenelementstoffwechsels. Der Organismus hält nämlich die Elementkonzentrationen in wichtigen Körperkompartimenten bei bedarfsüberschreitender Aufnahme durch Regulation von Absorption, Exkretion und Retention in Speicherorganen über einen gewissen Dosierungsbereich weitgehend konstant. In dieser Gleichgewichtsphase erreichen dann auch die biologisch relevanten Messgrößen wie z. B. die Aktivitäten entsprechender Metalloenzyme ein stabiles Niveau. Der Bedarf an Spurenelementen ist somit durch diejenige Aufnahme über die Nahrung gekennzeichnet, bei der das homöostatische Gleichgewicht erreicht ist. Daher verwendet der AfBN für die Herleitung der Versorgungsempfehlungen für Spurenelemente die Ergebnisse aus **Dosis-Wirkungs-Versuchen**. Diese müssen den Versorgungsbereich von einer ungenügenden Aufnahme bis über den Beginn der homöostatischen Regulation hinaus abdecken und die praktische Fütterungssituation möglichst gut widerspiegeln (Windisch 2022). Eine Herausforderung ist dabei die Identifizierung aussagekräftiger Messgrößen, die den Beginn des homöostatischen Gleichgewichtsniveaus zuverlässig anzeigen. Um Schwankungen der Einflussgrößen des Bedarfs und der Verwertung auszugleichen, werden die Versorgungsempfehlungen für Spurenelemente bewusst oberhalb der konkreten Ableitungen aus Dosis-Wirkungs-Beziehungen angesetzt und enthalten somit einen Sicherheitszuschlag. Wie bei den Mengenelementen sind auch die bei den Spurenelementen empfohlenen Konzentrationen im Futter immer nur bei der jeweils unterstellten Futteraufnahme gültig.

Fazit

Versorgungsempfehlungen sollen aktuell und in der Praxis mit allen Facetten der Produktionssysteme und der wandelbaren Rahmenbedingungen anwendbar sein und zutreffen. Dies gelingt am besten mit Modellen, wie sie mit der faktoriellen Ableitung derzeit in einfacher Form angewendet werden, jedoch ausbaufähig sind. Eine große Herausforderung auf dem Weg zu flexibleren Modellen ist der Mangel an (aktuellen) Daten aus Tierversuchen zu einzelnen Faktoren des Bedarfs bzw. Dosis-Wirkungs-Beziehungen. Neue statistische Auswertungsverfahren und die Einbeziehung von Künstlicher Intelligenz ermöglichen es zwar, neue Erkenntnisse aus komplexen Datensammlungen zu gewinnen. Aber ohne Daten gibt es keine Datensammlung und zielgerichtet geplante Versuche sind weiterhin notwendig, um den Wandel und die Diversifizierung auf Seiten der Genetik der Tiere und der Rahmenbedingungen abbilden zu können. Es bleibt abzuwarten, ob die Entwicklung von Biosensoren und die Digitalisierung der Tierhaltung dazu beitragen werden, Daten nicht nur zur Rations- und Bestandskontrolle, sondern auch für Zwecke der Bedarfsableitung zu generieren.

Literatur

GEH [Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere] 1986. Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere Nr. 3: Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag, Frankfurt a. M.

GfE [Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] 1993. Überarbeitete Empfehlungen zur Versorgung von Milchkühen mit Calcium und Phosphor. Proceedings of the Society of Nutrition Physiology 1, 108-113.

GfE [Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] 2001. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag, Frankfurt a. M.

GfE [Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] 2014. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Pferden. DLG-Verlag, Frankfurt a. M.

Haese E., Wild K. und Rodehutscord, M. 2022. A meta-analysis on estimates of efficiency of phosphorus utilization in lactating dairy cows. Proceedings of the Society of Nutrition Physiology 31, 84.

Wild K. J., Siegert W., Windisch W. M., Südekum K.-H. und Rodehutscord, M. 2021. Meta-analysis-based estimates of efficiency of calcium utilization by ruminants. Animal 15, 100315.

Windisch, W. 2022. Der mühsame Weg von der Forschung über Spurenelemente bis zur praktischen Fütterung am Beispiel des Zinks. In: Harms, K. und Windisch, W. (Hrsg): Die Versorgung mit Mineralstoffen tiergerecht und nachhaltig gestalten. Tagungsband 60. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V., ISBN 978-3-9816116-9-4, pp 21-26.

Autorenanschrift:

Prof. Dr. Markus Rodehutscord
Universität Hohenheim
Institut für Nutztierwissenschaften
Emil-Wolff-Str. 8
70599 Stuttgart
E-Mail: inst450@uni-hohenheim.de

Mineralstoff-Frachten über Wirtschaftsdünger auf die landwirtschaftliche Nutzfläche

Hans-Werner Olfs

Hochschule Osnabrück, Fachgebiet Pflanzenernährung und Pflanzenbau

Einleitung

In der Tierhaltung fallen Reststoffe an, die im Wesentlichen aus den Ausscheidungen der Tiere, Futter- und Einstreuresten, Wasch- und Tränkewässern und sonstigen Einträgen bestehen und als nährstoffhaltige Wirtschaftsdünger (u.a. Gülle, Stallmist, Jauche, Kompost) auf landwirtschaftlichen Nutzflächen aufgebracht werden. Dabei ist von besonderer Bedeutung, dass durch den Einsatz von Zukauffuttermitteln insbesondere in der Schweine- und Geflügel-, aber auch in der Rinderhaltung teilweise beachtliche Nährstoffmengen in landwirtschaftliche Betriebe importiert werden. Der Einsatz von Wirtschaftsdüngern und damit die Recyclierung dieser Nährstoffe ist prinzipiell positiv zu bewerten, hat aber in Regionen mit intensiver Tierhaltung dazu geführt, dass die Böden mit Nährstoffen (insbesondere N und P) aber auch mit Schwermetallen (u.a. Cu, Zn) angereichert wurden und in den letzten 3 Jahrzehnten zunehmend negative Auswirkungen auf nicht-agrarische Ökosysteme (Eintrag von Nitrat in das Grundwasser oder P-bedingte Algenblüten in Oberflächengewässern) festzustellen sind. Bedingt durch die gesetzlichen Vorgaben der Dünge-Verordnung 2017/2020 mussten beispielweise tierhaltende landwirtschaftliche Betriebe in Nordrhein-Westfalen oder Niedersachsen umfangreich Wirtschaftsdünger in andere Regionen exportieren (Landwirtschaftskammer Niedersachsen 2022, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen 2021). Für landwirtschaftliche Betriebe ist es daher wichtig sich einerseits einen verlässlichen Überblick über den Input von Nähr- und Schadstoffen in die Tierproduktion zu verschaffen und andererseits belastbare Daten zu den Nähr- und Schadstoffgehalten in den zum Einsatz in der Pflanzenproduktion vorgesehenen Wirtschaftsdüngern vorliegen zu haben.

Nähr- und Schadstoffeintrag in landwirtschaftliche Betriebe über Futtermittel

Daten zu Inhaltsstoffen in kommerziell gehandelten Futtermitteln sind in der Deklaration zusammengestellt und daher für die Betriebe ohne zusätzlichen Aufwand verfügbar. Ganz anders stellt sich die Situation für selbsterzeugte oder von anderen landwirtschaftlichen Betrieben zugekaufte Futtermittel dar. Bei diesen Futtermitteln werden die Inhaltsstoffe nur gelegentlich (und bezogen auf die relevanten Stoffe nur teilweise) analysiert. Regelmäßige Laboruntersuchungen verschiedener selbsterzeugter (oder zugekaufter) Futterchargen sind daher notwendig, um zumindest verlässliche Berechnungen des Nährstoffeintrags in den Stall vornehmen zu können. Sinnvollerweise sollte dies ergänzt werden durch regionalisierte Erhebungsuntersuchungen der Beratungsinstitutionen, in denen neben den für die Fütterung relevanten Inhaltsstoffen auch Begleit- oder unerwünschte Schadstoffe (z.B. Kupfer, Zink oder Cadmium) analysiert werden.

Mit Blick auf die gesamte Prozesskette „Einsatz von Düngemitteln – Erzeugung pflanzlicher Biomasse – Einsatz als betriebseigenes Futtermittel“ ist natürlich auch die Auswahl und die Menge der eingesetzten Dünger von Relevanz. Auch wenn im Hinblick auf die Zusammenstellung der Futterration beispielweise niedrige P-Gehalte im Getreide erstrebenswert für eine „N/P reduzierte Ration“ scheinen, so sollte das

Nährstoffangebot primär auf den Bedarf der jeweiligen Kultur für optimales Wachstum (in Abhängigkeit von der Nährstoffnachlieferung aus dem Boden und unter Berücksichtigung der gesetzlichen Vorgaben) ausgerichtet sein. Jegliche Stresssituation durch mangelnde Versorgung mit einem Nährstoff muss vermieden werden, da sonst die physiologische Leistungsfähigkeit der Pflanzenbestände nicht optimal ausgenutzt wird und auch die Nutzungseffizienz für Wasser und andere Nährstoffe teilweise drastisch reduziert wird.

Die meisten mineralischen Düngemittel sind im Hinblick auf unerwünschte Nebenbestandteile als unbedenklich einzustufen. Dies gilt explizit nicht für P-haltige Düngemittel, da diese je nach Herkunft der eingesetzten Roh-Phosphate teilweise bedenklich hohe Gehalte an Cadmium und Uran aufweisen. Die Absenkung der Grenzwerte durch EU-weite Vorgaben wird dazu führen, dass insbesondere der Eintrag von Cadmium durch den Einsatz von mineralischen P-Düngern zukünftig deutlich zurückgehen wird.

Deutlich kritischer ist der Einsatz bestimmter sogenannter „Sekundärrohstoffdünger“ einzustufen. Zum Einsatz in der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion kamen aufgrund der Gehalte an Pflanzennährstoffen insbesondere Klärschlämme aus der Abwasseraufbereitung und in den letzten Jahren zunehmend Komposte aus der kommunalen Grüngut- und Bioabfallsammlung. Die Schadstoffkonzentrationen konnten durch die implementierten Qualitätssicherungssysteme teilweise deutlich vermindert werden. So sank die Konzentration einiger Schwermetalle (u.a. Cadmium, Chrom, Quecksilber) auf unter 10 % im Vergleich zur Situation Mitte der 1970er Jahre. Für andere Klärschlamm-inhaltsstoffe wie Kupfer oder Zink ist hingegen nur ein vergleichsweise geringer Rückgang der Konzentration festzustellen. Insgesamt ist der Einsatz von Klärschlämmen in der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion seit 2 Jahrzehnten stark rückläufig und wird in absehbarer Zeit wohl vollständig eingestellt. Im Gegensatz dazu wird der Einsatz von Komposten insbesondere in Ackerbaugebieten stark forciert. Hier steht weniger die Nährstoffzufuhr, sondern eindeutig der positive Effekt auf die Bodenhumusgehalte im Fokus. Zum Einsatz sollten dabei nur Produkte kommen, die einer strengen Qualitätskontrolle unterzogen wurden, da sonst mit einem nicht unerheblichen Eintrag von Schadstoffen gerechnet werden muss.

Einsatz von Wirtschaftsdüngern auf landwirtschaftlichen Nutzflächen

Der finanzielle Wert betriebseigener Wirtschaftsdünger lässt sich (neben der positiven Wirkung auf die Bodenhumusgehalte) im Wesentlichen anhand der Gehalte an Pflanzennährstoffen festmachen. Sind die Konzentrationen wichtiger Nährstoffe (insbesondere Stickstoff, Phosphor und Kalium) bekannt, so kann unter Berücksichtigung der aktuellen Nährstoffpreise (abgeleitet aus den Preise für Mineraldünger) der Geldwert berechnet werden.

In der landwirtschaftlichen Praxis werden aber nur von vergleichsweise wenigen tierhaltenden Betrieben regelmäßig Wirtschaftsdüngerproben zur Laboruntersuchung eingeschickt. Als wichtige Hinderungsgründe werden vielfach der Aufwand für eine repräsentative Probenahme, die Kosten für die Laboranalyse sowie die (teilweise) zu lange Wartezeit auf die Übermittlung der Analyseergebnisse genannt. Da aber aufgrund verschiedenster Einflussfaktoren (z.B. veränderte Mengen an Tränkewasser oder unterschiedliche Zusammenstellung der Rationen [Weidehaltung versus Maissilage] im Jahresverlauf) die Zusammensetzung der Wirtschaftsdünger sehr variable ist, sollten zumindest die Parameter Trockensubstanzgehalt (TS), Gesamt-N (N_t), Ammonium-N (NH_4-N), Phosphor (P) und Kalium (K) sowie der pH-Wert regelmäßig untersucht werden.

Im Rahmen einer umfangreichen Erhebungsuntersuchung in Nordwest-Deutschland wurden insgesamt 637 flüssige Wirtschaftsdünger (Rinder- und Schweinegülle sowie Biogasgärreste) von Praxisbetrieben zur Verfügung gestellt und sowohl im Labor als auch mittels Vorort-Schnelltests untersucht. Insbesondere für die Parameter TS, N_t , NH_4-N und K zeigen sich gravierenden Unterschiede für diese Wirt-

schaftsdünger (Abb. 1). Interessant ist darüber hinaus die sehr große Variabilität bei den Mikronährstoffen Mangan (Mn), Kupfer (Cu) und Zink (Zn).

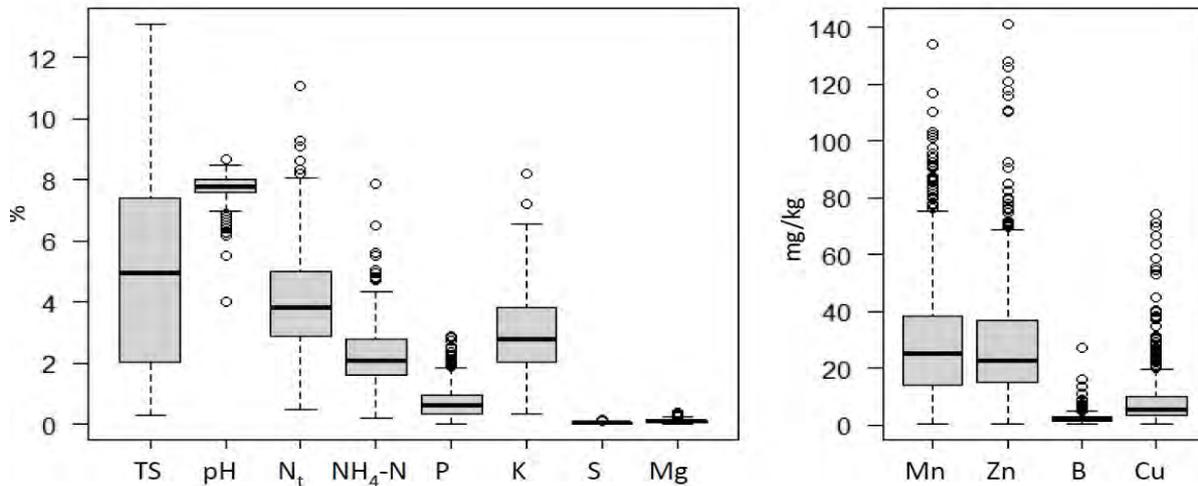


Abb. 1: Schwankungsbereiche für die Trockensubstanz (TS), die pH-Werte sowie wichtiger Makro- und Mikronährstoffe in 637 flüssigen Wirtschaftsdüngern (Rinder- und Schweinegülle sowie Biogasgärreste) einer Erhebungsuntersuchung auf Praxisbetrieben in Nordwest-Deutschland.

An diesem Probensatz wurde weiterhin überprüft, ob auch durch den Einsatz von Vorort-Methoden eine verlässliche Aussage zu Nährstoffgehalten in flüssigen Wirtschaftsdüngern möglich ist. Als sehr verlässliche und einfach durchzuführende Vorort-Schnellmethode zur Bestimmung der NH₄-N-Konzentration erwies sich der Einsatz des Quantofix-N-Volumeters (Olfs und Piepel 2019). Dieses Verfahren kann jederzeit während der Befüllung eines Gülletankwagens durchgeführt werden (Zeitbedarf ca. 5 Minuten). Für Schweinegülle ergab sich eine sehr gute Übereinstimmung zu den Laborwerten ($R^2=0.92$; Piepel et al. 2022b). Bei der Messung mittels sogenannter „ionenselektiver Elektrode“ ergaben sich ebenfalls sehr gute Beziehungen zu den Laborwerten ($R^2=0.92$ für NH₄-N bzw. $R^2=0.91$ für K; Piepel et al. 2022a). Die Ableitung des Parameters N_t ist anhand der TS-Gehalte in Kombination mit den NH₄-N-Werte möglich, während für P keine befriedigende Vorort-Bestimmung gefunden wurde. Mit diesen Vorort-Methoden ist also zumindest die Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben bzgl. der maximal erlaubten N_t-Menge von 170 kg N/ha sowie die Bestimmung des sofort pflanzenverfügbaren NH₄-N in den flüssigen Wirtschaftsdüngern (als wichtigsten Wert für die N-Düngeplanung) möglich.

Als Alternative zur Untersuchung von Gülleproben in einem Labor wird weiterhin die Nutzung der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) diskutiert. Solche NIRS-Sensoren können sowohl in die Pumpstation am Güllelager als auch in die Pumpleitung vor dem Verteilgestänge am Gülleausbringergerät installiert werden und messen im vorbeifließenden Güllestrom neben dem TS-Gehalt auch die wichtigen Nährstoffkonzentrationen N_t, NH₄-N, P und K. Durch den Einsatz von NIRS-Sensoren erübrigt sich die aufwendige Probenahme und das Versenden der Proben. Die Übereinstimmung der Messergebnisse mit Laboruntersuchungen wurde mittlerweile für einige dieser NIRS-Geräte von der DLG getestet und je nach Gerätetyp, hinterlegter Kalibration sowie Gülleart (Rinder-, Schweinegülle, Biogasgärrest) wurde für verschiedene Parameter eine DLG-Anerkennung bescheinigt. Offen ist zurzeit noch wie die Funktionsfähigkeit und Verlässlichkeit der in der Praxis bereits eingesetzten NIRS-Geräte dauerhaft überprüft und sichergestellt werden kann.

Sowohl im Stall als auch bei der Lagerung sollten gasförmige Stickstoffverluste soweit wie möglich reduziert werden. Hier sind beispielsweise in der Milchviehhaltung das regelmäßige Abschieben der Spaltenböden oder auch das Absenken des pH-Wertes in der Gülle als effiziente Maßnahme zu nennen.

In geschlossenen Stallsystemen in der Schweine- oder Geflügelhaltung wurden in den letzten Jahren vielfach Abluftwäscher installiert, die sehr effizient die Ammoniak-Konzentration absenken können, aber natürlich auch die Produktionskosten je Stallplatz erhöhen. Eine faktenbasierte Beurteilung diverser Stoffe, die der Praxis zum Einsatz im Stallbereich angeboten werden um Gülleeigenschaften zu verbessern oder Verluste zu vermindern (beispielsweise Gesteinsmehle) ist zurzeit noch nicht möglich. Als weitere wichtige Maßnahme auf dem Betrieb ist die Abdeckung der Lagerbehälter zu nennen.

Die Ausbringung der Wirtschaftsdünger sollte (neben Aspekten wie beispielsweise Kosten, Bodenbelastung, Schlagkraft) insbesondere fokussiert werden auf die Minimierung von gasförmigen N-Verlusten sowie auf eine hohe Effizienz der applizierten Nährstoffe. Bodennahe streifenförmige Applikation mittels Schleppschlauch ist mittlerweile auf vielen Betrieben als Verfahren etabliert. Auf unbestelltem Ackerland sollte möglichst zeitnahe die Einarbeitung in den Boden erfolgen. Einschlitzen oder die Injektion in ca. 10 – 12 cm Tiefe können zu einer weiteren Verbesserung der Nährstoffzugänglichkeit für die Pflanzen und damit zur Steigerung der Effizienz der eingesetzten Nährstoffe (insbesondere Phosphor) führen.

Schlussfolgerungen

Zur Beurteilung aller relevanten Nährstoffflüsse in einem tierhaltenden Betrieb sind detaillierte Daten zu möglichst vielen In- und Outputstoffen notwendig. Basierend auf entsprechenden Nährstoffbilanzierungen für die Tierproduktion kann dann der Anfall an relevanten Nähr- und Schadstoffen für den Betrieb in Relation zum Bedarf in der pflanzlichen Produktion gesetzt werden. Entsprechend der gesetzlichen Vorgaben müssen Stickstoff- und Phosphorüberschüsse aus dem Betrieb exportiert werden. Die Nährstoffe in den betriebseigenen organischen Düngern sollten möglichst verlustfrei gelagert und ausgebracht werden, um die finanziellen Aufwendungen für den notwendigen Zukauf von Nährstoffen mittels Mineraldüngern gering zu halten. Dazu ist ein Perspektivwechsel von der Einstufung der Wirtschaftsdünger als „Abfallstoff aus der Tierhaltung“ hin zu einem „werthaltigem Betriebsmittel“ notwendig.

Literatur

Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2022): Nährstoffbericht für Niedersachsen 2020/2021. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenburg. [Zugriff am 06.09.2022: file:///C:/Users/Olfs/Downloads/Nhrstoffbericht_fr_Niedersachsen_2020_2021-1.pdf].

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (2021): Nährstoffbericht NRW 2021. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Münster. [Zugriff am 06.09.2022: <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/pdf/naehrstoffbericht-2021.pdf>].

Olfs, H.-W. und M. Piepel (2019): Gülletests für den Praxiseinsatz. Allgäuer Bauernblatt 17/2019, 32-33.

Piepel, M., K. Dittert und H.-W. Olfs (2022a): Ion-selective electrodes for quick on-farm determination of ammonium and potassium concentrations in pig slurry. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* (im Begutachtungsprozess).

Piepel, M., K. Dittert und H.-W. Olfs (2022b): Evaluation of physicochemical on-farm quick tests for estimating nutrient concentrations in pig slurry and development of an application for mobile devices. *Agronomy* (im Begutachtungsprozess).

Anschrift des Autors:

Prof. Dr. Hans-Werner Olfs
Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur
Fachgebiet Pflanzenernährung und Pflanzenbau
Am Krümpel 31
49090 Osnabrück
h-w.olfs@hs-osnabrueck.de

Mikrobielle Phytase: eine Schlüsselinnovation für die nachhaltige Mineralstoffversorgung

Dieter Feuerstein

BASF SE, Ludwigshafen

Die erste kommerzielle mikrobielle Phytase wurde 1991 in den Markt eingeführt (Haefner et al., 2005). Seither ist die Verwendung dieses Enzyms in der Fütterung von Schwein und Geflügel kontinuierlich gestiegen und repräsentiert weltweit 60 % des Marktes für Futterenzyme (Lei et al. 2013). Grünewald et al. (2013) berichteten, dass bereits im Jahr 2012 95 % des beprobten Alleinfutters für Schweine in Deutschland mit mikrobieller Phytase ausgestattet waren. Weltweit wurde die Verwendung in Geflügel und Schweinerationen in dieser Zeit auf 70 % geschätzt (Lei et al., 2013.) Eine Umfrage der American Society of Animal Science sieht mikrobielle Phytase unter den Top 10 der wichtigsten Erfindungen der letzten hundert Jahre in der Schweineernährung (Cromwell, 2009). Seit ihrer Einführung wurden mikrobielle Phytasen für die Anwendung in der Tierernährung kontinuierlich weiterentwickelt (Menezes-Blackburn et al. 2022). In diese Weiterentwicklung sind neben der Steigerung der Effizienz des Phytatabbaus im Tier auch Charakteristika betreffend die Handhabung und Anwendung wie z.B. Stabilität in hydrothermischen Prozessen aber auch bei der Lagerung von phytasehaltigen Prämixen, Mineralfutter und Mischfutter eingeschlossen, um den Anforderungen nachhaltiger Tierproduktion sowohl hinsichtlich Ökologie als auch Ökonomie zu genügen. Zu Beginn des Jahres 2022 hat der DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung in Abstimmung mit dem Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie eine Stellungnahme zur Forderung des Einsatzes von Phytase in Futtermischungen für Schweine und Geflügel erarbeitet. (Krieg et al., 2022) Im Vordergrund steht hier – wie zumeist, wenn es um die Verwendung von mikrobiellen Phytasen in der Ernährung von monogastrischen Nutztieren geht – die verbesserte Verwertung des phytingebundenen pflanzeigenen Phosphors (P) mittels ebendieser Phytasen. Damit einhergehend ist die Reduzierung der Verwendung mineralischen P mit der Zielsetzung den hohen Anforderungen der aktuell gültigen Düngeverordnung (Bundesgesetzblatt 2017, 2020) zur Absenkung der Phosphatsalden in der Nährstoffbilanz gerecht zu werden. Die Tatsache, dass der Mineralstoff P hier stets im Vordergrund der Diskussion steht, erklärt sich nicht nur durch dessen große Bedeutung als essentieller Nährstoff einerseits und andererseits relevanten Umweltbelastungen durch zu hohe P-Ausscheidungen (European Environment Agency, 2019), sondern auch unter dem Aspekt, dass es sich beim P um eine weltweit knappe Ressource handelt (Cordell und White, 2014). Wie sich eine Verknappung auswirken kann, wurde in der Krisensituation des Jahres 2022 offensichtlich. Die in Europa drohenden Lieferengpässe und eine partielle Verknappung mineralischer Phosphate, führten zu historisch hohen Preisen (Milochau, 2022; Schumacher, 2022).

Auch wenn die Verminderung der P-Gehalte durch Reduzierung oder Verzicht auf mineralische Phosphate im Zusammenhang mit Phytaseeinsatz beim Schwein eine dominante Rolle spielt, soll in diesem Kontext die Diskussion um die nachhaltige Nutzung von Ressourcen um weitere Mineralstoffe erweitert werden. Phytinsäure (Phytat, Inositolhexakisphosphat, myo-Inositolhexaphosphorsäureester) bildet Komplexe mit divalenten Kationen wie z.B. Zink (Zn), Magnesium (Mg) und Eisen (Fe) (Askar et al., 1983). Durch die Verwendung mikrobieller Phytase im Futter von Schwein und Geflügel könnte auch deren Verfügbarkeit für das Tier verbessert werden. Im folgenden Beitrag wird deshalb nicht nur auf die Möglichkeiten eingegangen, das Potenzial mikrobieller Phytasen im Hinblick auf eine verbesserte P-Verdaulichkeit in der Schweinefütterung bestmöglich auszuschöpfen, um eine tier- und umweltgerechte P-Versorgung zu gewährleisten, sondern es werden auch die Einsparpotenziale weiterer Mineralstoffe im Sinne einer nachhaltigen Mineralstoffversorgung von Schweinen diskutiert. Während sich bei Fe der Blick überwiegend auf eine verbesserte Versorgung insbesondere des jungen wachsenden Schweines

richten könnte, spielt darüber hinaus beim Zn – ähnlich wie beim P – der Umweltaspekt die wesentliche Rolle.

Minimierung der P-Ausscheidung durch mikrobielle Phytase – Ökologie und Ökonomie im Einklang

Ende des letzten Jahrhunderts wurden von der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) und der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) (GfE 1997, DLG 1999) noch fixe Dosierungen für eine 3-Phytase 500 U/kg und für eine 6-Phytase 750 U/kg im Mischfutter empfohlen. Seitdem ist das Geschehen im Markt deutlich diversifizierter geworden und es gibt neben verschiedenen Phytaseprodukten eine Entwicklung hin zu höheren Dosierungen (Rodehutsord, 2017). Fütterungsstudien zeigten, dass bereits mit den Phytasen der ersten Generation im Schweinemastfutter ab 40 kg Lebendgewicht (Nethe et al., 2013) bzw. ab 34 kg Lebendgewicht (Meyer und Weber, 2011) bei entsprechender Phytasezulage mineralische Phosphate ohne Nachteile für die Mastleistung und Knochenmineralisierung vollständig ersetzt werden konnten. Diese Erkenntnis aus praxisnahen Fütterungsversuchen wurde zeitnah in der landwirtschaftlichen Praxis in Fütterungskonzepte umgesetzt und findet erfolgreich Anwendung in der modernen Schweinemast (Schnippe, 2017). Vergleichende Untersuchungen zwischen Phytase der ersten Generation und einer neu entwickelten Hybridphytase zeigten für die Hybridphytase bei gleicher Höhe der Dosierung signifikant verbesserte Verdaulichkeitswerte auf insgesamt höherem Verdaulichkeitsniveau (Trautwein et al., 2017; Winkler et al. 2019). Durch die höhere Effizienz bei der P-Freisetzung aus Phytat erlaubt die neue Generation der Phytasen bei gleicher Dosierung noch mehr mineralischen P in der Schweinfütterung insbesondere auch im vorderen Wachstumsbereich zu ersetzen, als dies noch in den 2000er Jahren möglich war. Trautwein et al. (2017) und Dusel et al. (2022) zeigten in Verdaulichkeitsstudien mit Ferkeln, dass für die scheinbare Gesamtverdaulichkeit des P Werte von 70 % und darüber erzielt werden können. In einem vom Absetzen bis zum Mastende angelegten Leistungsversuch wurde eine maximale P-Absenkung bei Einsatz einer Hybridphytase ohne negativen Einfluss auf die Leistung und Tiergesundheit dokumentiert (Dusel et al., 2022). Der positive Effekt für die Umwelt wurde in einer parallel dazu angelegten Verdaulichkeitsstudie ermittelt. Die P-Ausscheidung bei den Ferkeln war um 62,3 % und in der Mastperiode bei komplettem Verzicht auf mineralischen P um 37,5 % gegenüber einer Kontrollration nach DLG-Standard reduziert. Um das notwendige Vertrauen der landwirtschaftlichen Praxis und das in diesem Umfeld tätigen Berufsgruppen in diese modernen phosphatsparenden Futterkonzepte zu gewinnen, wurden auch von den landwirtschaftlichen Versuchsanstalten verstärkt anwendungsbezogene Versuche mit phosphatfreien Rationen durchgeführt (Meyer und Vogt, 2018; Nüßlein et al., 2018; Preißinger et al., 2019, 2021), die in ihren Ergebnissen ausnahmslos bestätigten, dass auch der vollständige Ersatz mineralischen P ohne Einbußen bei Leistung, Schlachtqualität und tierischer Gesundheit möglich ist. Dennoch wurden diese Resultate teilweise von Schweinehaltern, Tierärzten und Fütterungsberatern kritisch hinterfragt. Um Kritik und Zweifeln bezüglich Versuchsanstellungen, der Rolle von Genetik, Versuchseinrichtung oder eher anekdotischer Evidenz begegnen zu können, wurde anlässlich des 18. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung 2018 ein bundesweiter Ringversuch an vier landwirtschaftlichen Versuchseinrichtungen unter Mitarbeit des DLG-Arbeitskreises Futter und Fütterung initiiert. Hierbei wurde die P-Konzentration im Ferkelaufzucht- und Mastschweinefutter unter der durch die DLG (2019) beschriebenen sehr stark N-/P-reduzierten Fütterung in Kombination mit einer gezielten Phytaseergänzung abgesenkt. Die erhobenen Daten zur biologischen Leistung, der Knochenmineralisierung, Blutwerten und Transporterexpression in der Niere, d. h. zu Mechanismen, die der Kompensation einer unzureichenden P-Versorgung dienen, zeigten keine Veränderungen durch die P-Reduktion. Durch die gleichbleibenden Wachstumsdaten und Futteraufnahmemengen in Kombination mit der reduzierten P-Konzentration konnte das sehr hohe Potential zur Reduktion der P-Ausscheidungen bestätigt werden (Stalljohann et al., 2021). Durch die Veränderungen an den landwirtschaftlichen Rohstoffmärkten des Jahres 2022, den damit verbundenen Preisauftrieben und

teilweise Unterbrechungen in Lieferketten (Schuhmacher, 2022) hat der Ersatz mineralischer Phosphate durch mikrobielle Phytasen im Tierfutter eine verstärkte ökonomische Relevanz erhalten. Die Preisentwicklung bei Futterphosphaten hatte das Niveau des Krisenjahres 2008 schon im März 2022 überschritten (Milochau, 2022) und treibt damit auch ökonomisch den ökologisch sinnvollen Ersatz mineralischer Phosphate und die gesetzlich untermauerte Forderung nach P-Absenkung voran.

Im ökologischen Landbau ist der Einsatz von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) und Stoffen, die aus oder durch GVO hergestellt wurden, nicht zulässig (Verordnung (EG) 2018/848). Entsprechend kann das Potenzial mikrobieller Phytasen zur Reduzierung der Umweltbelastung in der „ökologischen Schweinefütterung“ in der EU nicht genutzt werden, was Absenkung des P-Gehaltes und die Gestaltung ressourcenschonender und umweltfreundlicher Fütterungskonzepte erschwert. Um dennoch die Umweltbelastung durch P-Ausscheidung auch unter diesen Bedingungen - zumindest teilweise - zu vermindern, könnte in diesem Segment auf Verfahren zurückgegriffen werden, wie sie von Bunte et al. (2019) mit der kontrollierten Fermentation von Flüssigfutter mit hohen Roggen- und Rapsextraktionsschrotgehalten unter Verwendung einer Starterkultur vorgestellt wurden. Die P-Verdaulichkeit konnte gegenüber einer Verfütterung ohne Fermentierung um 19 Prozentpunkte verbessert. Schon in frühen Arbeiten zur Wirkung von Phytasen in der Schweinefütterung wurde herausgestellt, dass diese bei Vorliegen geeigneter pH- und Temperaturbedingungen sowie ausreichendem Feuchtegehalt auch außerhalb des Verdauungstraktes des Tieres ihre Wirkung entfalten können. Das Ausmaß der Phytathydrolyse durch Phytasen vor Aufnahme des Futters durch das Schwein hängt zum einen von der Einweichdauer, der Temperatur und dem pH-Wert des Flüssigfutters ab, zum anderen aber auch davon, ob nur intrinsische oder zusätzlich auch mikrobielle Phytasen im Futter enthalten sind (Kempe und Jungbloed, 1993; Carlson und Poulsen, 2003; Kempe und Jungbloed, 2003; Lyberg et al., 2006; Blaabjerg et al., 2010 a, 2010 b, 2011). Neben den Bedingungen des Einweichens gilt es dabei insbesondere qualitative Unterschiede zwischen mikrobiellen und intrinsischen Phytasen hinsichtlich Wirksamkeit und Stabilität (Rapp et al., 2001; Konietzny und Greiner, 2002) zu berücksichtigen. Blaabjerg et al. (2010b) fanden beim Vergleich verschiedener Fütterungsformen die höchste P-Verdaulichkeit in Getreide basierten Rationen, wenn fermentiertes Futter verabreicht wurde, dem mikrobielle Phytase zugesetzt war. Bei trockener Verfütterung unpelletierten Futters reichten in neueren Arbeiten von Schemmer et al. (2020) und Klein et al. (2021) selbst hohe intrinsische Phytasegehalte nicht aus, um hinreichende Mengen an P aus Phytat freizusetzen und die P-Verdaulichkeit auf das Niveau zu verbessern, das durch Zusatz mikrobieller Phytase ermöglicht wird. Dies wird auf die mangelnde pH- und proteolytische Stabilität der Getreidephytasen im Schweinemagen zurückgeführt. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der scheinbaren P-Verdaulichkeit und dem Phytatgehalt oder der Phytaseaktivität verschiedener Getreidearten und -sorten bestand nicht (Schemmer et al., 2020).

Die Verdaulichkeit des P kann nicht unabhängig von der des Calciums (Ca) betrachtet werden. Beide stehen in engem Zusammenhang, wenn es um den Einfluss des Phytatgehaltes im Futter und der Phytathydrolyse durch mikrobielle Phytase geht. Ca ist ähnlich wie P ein wesentlicher anorganischer Baustein für die Ernährung und das Wachstum von monogastrischen Nutztieren, steht allerdings als Mineralstoff sowohl in Bezug auf Ökologie noch Ökonomie deutlich weniger im Fokus der Diskussion um Verdaulichkeit, Bedarf und Verfügbarkeit als P. Die wissenschaftliche Datenlage ist beim Ca deutlich spärlicher als beim P (Bikker und Blok, 2017). Dennoch hat die Höhe des Ca-Gehaltes in den Rationen für Schwein und Geflügel insbesondere im Zusammenhang mit der Verwendung mikrobieller Phytasen große Relevanz. Ca gehört zu den zweiwertigen Metallionen, welche die Phytathydrolyse durch Phytase hemmen können (Maenz et al., 1999). Schon in frühen Studien wurde deutlich, dass unter Verwendung von mikrobieller Phytase eine Erhöhung des Ca-P-Verhältnisses nicht nur zu einer signifikanten Verschlechterung der P-Verdaulichkeit führen kann (Lei et al., 1994; Kirchgessner und Windisch, 1995; Lantzsch et al., 1995; Qian et al., 1996; Liu et al., 1998), sondern auch einen negativen Einfluss auf die Zunahmen und die Futtermittelverwertung der Schweine zur Folge hatte (Lei et al., 1994; Qian et al., 1996, Liu et al., 1998). Auch neuere Arbeiten (Hu et al. 2022; Klein et al. 2022a, 2022b) zeigen, dass mit

steigenden Ca-Gehalten in der Diät der Phytatabbau beeinträchtigt wird. Basierend auf einer Meta-Analyse von 30 Studien schlussfolgerten Létourneau-Montminy et al. (2012), dass die scheinbare Gesamtverdaulichkeit des P mit steigender Ca-Konzentration im Futter auch unabhängig vom Zusatz mikrobieller Phytase reduziert wird. Hu et al. (2022) kamen zu dem Schluss, dass ein steigender Ca-Gehalt die scheinbare intestinale P-Verdaulichkeit in Rationen mit Phytase durch die Reduzierung des Phytatabbaus und der P-Ausfällung stärker reduziert als in Rationen ohne Phytase. Bei dieser Betrachtung scheint auch das absolute Ca-Niveau relevant zu sein. So konnte in einer dänischen Studie (Poulsen et al., 2010) kein Einfluss eines von vier auf acht g Ca je kg Futter ansteigenden Ca-Gehaltes auf die scheinbare Gesamtverdaulichkeit des P festgestellt werden, was im Einklang mit neueren Ergebnissen von Klein et al. (2022 a, b) steht. Schon in frühen Studien wurde gezeigt, dass mit dem Einsatz mikrobieller Phytasen neben der P-Verdaulichkeit auch die Ca-Verdaulichkeit verbessert wird (O'Quinn et al., 1997; Kies et al. 2006; Guggenbuhl et al., 2007) Als Ursache hierfür werden überwiegend zwei Effekte diskutiert. Dies sind zum einen der Phytatabbau und die damit verbundene Reduzierung von Ca-Phytatkomplexen und zum anderen ein – insbesondere bei marginaler P-Versorgung – mit einer erhöhten P-Absorption verbundener erhöhter Ca-Bedarf im Stoffwechsel (Rodehutsord und Bikker, 2022). Die Hersteller mikrobieller Phytasen tragen im Allgemeinen diesen Erkenntnissen in ihren Anwendungsempfehlungen Rechnung, indem sie für den Phytaseinsatz im Futter neben P- auch eine Ca-Absenkung in Form eines Matrixwertes empfehlen, wie er international seit vielen Jahren in der Linearen Futteroptimierung Anwendung findet (Kies et al., 2001; Torrallardona et al., 2018 a, b). In den Empfehlungen der GfE 2006 (Flachowsky et al., 2006) findet dies Eingang in der Empfehlung eines Ca: dP Verhältnisses für die jeweiligen Futterphasen.

Verbesserung der Verfügbarkeit von pflanzlichem Zink und weiteren Mineralstoffen durch mikrobielle Phytasen

Bereits im Jahr 2000 wurde das Scientific Committee on Animal Nutrition (SCAN) von der EU beauftragt eine Stellungnahme zu Maximalgehalten von Zn im Futter abzugeben. Zielsetzung war es, Zn Emissionen aus der Tierproduktion zu vermindern. Diese Anfrage resultierte in einer Empfehlung und Anpassung der gesetzlich zugelassenen Zn-Gehalte im Schweinefutter von 250 ppm auf 150 ppm (EC, 2003; Verordnung EG Nr. 1334/2003). Mit der Durchführungsverordnung (EU) 2016/1095 (2016) wurde die Höchstgrenze für Zn im Mischfutter für Mastschweine auf 120 mg/kg festgelegt. Zuvor hatte das EFSA FEEDAP Panel (EFSA, 2014) für alle Tierarten eine noch deutlichere Reduzierung der maximal zulässigen Zn-Konzentrationen in Futtermitteln empfohlen. Die vorgeschlagenen Höchstwerte, 150 mg/kg für Ferkel und Sauen und 100 mg/kg für Mastschwein sollten den Zn-Gehalt des in die Umwelt ausgebrachten Wirtschaftsdüngers um etwa 20% verringern (Monteiro et al., 2010). Über diese Höchstwerte hinaus war in die Bewertung des EFSA Panels die zusätzliche Möglichkeit einbezogen, die Wirkung von Phytasen auf die Freisetzung pflanzlichen Zn aus phytatgebundenem und die damit verbundene Verbesserung der Zn-Verfügbarkeit für das Schwein zu nutzen. Aus den überwiegend mit Phytasen der ersten Generation durchgeführten Studien leitete EFSA ab, dass die Verwendung von Phytase bei der Fütterung von Ferkeln, Mastschweinen und Sauen eine weitere Reduktion der vorgeschlagenen Höchstgehalte um 30% ermöglichen würde - von 150 ppm auf 110 ppm bei Ferkeln und Sauen und von 100 ppm auf 70 ppm bei Mastschweinen. Die Empfehlung der EFSA basierte auf einer Reihe von wissenschaftlichen Arbeiten, die sich mit der Quantifizierung der Freisetzung des phytatgebundenen Zn beim Schwein durch mikrobielle Phytase - zumeist 3-phytase aus *Aspergillus niger* - auseinandersetzen (Revy et al., 2004, 2006; Jondreville et al., 2005; Bikker et al., 2012a, b; Blank et al., 2012). Versuche mit Ferkeln zeigten, dass beim Zusatz von 500 FTU/kg Alleinfutter 27-30 mg Zn aus Zn-Sulfat ersetzt werden konnten (Jondreville et al., 2005, 2007; Revy et al., 2006). Unter Anwendung dieser Erkenntnisse prüften Gaudré et al. (2006) in einem Versuch mit steigender Dosierung mikrobieller Phytase neben der üblichen Reduzierung der P-Gehalte eine Absenkung der Zn-Gehalte in allen Futterphasen gegenüber einer Kontrolle, die den in der EU zugelassenen maximalen

und praxisüblichen Zn-Gehalt enthielt, in welchem Umfang sich die Zn-Ausscheidungen über die gesamte Aufzucht- und Mastphase absenken lassen. Im Vergleich zur Kontrolle wurden bei unveränderter tierischer Leistung und Fleischqualität beim Ferkel bis zu 60 % und beim Mastschwein bis zu 70% weniger Zn ausgeschieden. Dabei waren die Plasma-Zn-Level weder in der Aufzucht noch in der Mastperiode gegenüber der Kontrolle vermindert und es traten keinerlei Anzeichen von Keratose auf. In vergleichenden Untersuchungen zeigten Schlegel et al. (2010), dass der Effekt der Verbesserung beim Geflügel der Zn-Verdaulichkeit durch Phytasezusatz mit einer Äquivalenz von 5 ppm deutlich niedriger ist als beim Schwein, was auf eine signifikant höhere natürliche Verfügbarkeit des pflanzlichen Zn beim Geflügel zurückgeführt wird.

Obwohl der Vorschlag der EFSA eine weitere deutliche Reduzierung der Zn-Emissionen aus der Schweinehaltung ermöglichen würde, fand er bislang keinen Eingang in die europäische Futtermittelgesetzgebung. Eine Umsetzung dieser Erkenntnisse in praktische Fütterungsempfehlungen könnte prinzipiell auf nationaler Ebene z.B. in Deutschland durch die Gesellschaft für Ernährungsphysiologie oder den DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung erfolgen und zur weiteren Reduzierung von Emissionen aus der Tierhaltung beitragen.

Bereits in den 90er Jahren des letzten Jahrhunderts waren neben den geschilderten Effekten mikrobieller Phytasen auf Zn auch der auf die Verfügbarkeit von Phytat-gebundenem Fe, Kupfer (Cu) und Mg beim Schwein wissenschaftlich beleuchtet worden. Die Autoren konnten neben einer signifikanten Verbesserung der Retention bei Zn auch eine Verbesserung der Mg-Verfügbarkeit finden (Pallauf 1992; Pallauf et al. 1992; Pallauf et al. 1994; Windisch et al., 1994; Jongbloed et al., 2001; Kies et al., 2006). Bikker et al. (2012a) gingen der Frage nach, ob durch den Zusatz mikrobieller Phytase die Verfügbarkeit des mit Phytat komplexierten Cu in ähnlicher Weise verbessert wird wie beim Zn. Die durchgeführten Versuche zeigten keine konsistente Verbesserung der Cu-Verfügbarkeit durch Phytase, wie dies bereits aus früheren Arbeiten von Pallauf et al. (1992) hervorgeht. Wenige Studien haben sich mit dem Einfluss von Phytase auf die Freisetzung von phytatgebundenem Fe auseinandergesetzt. Pallauf et al. (1992, 1994) konnte keine signifikanten Veränderungen der Fe-Absorption bei Ferkeln durch Zusatz steigender Phytasedosierungen finden. Auch in einer neueren Studie von Laird et al. (2018) wurde der Effekt verschiedener Phytasedosierungen bei Absatzferkeln untersucht, die über das Futter unterschiedlich mit Fe versorgt waren. Ein signifikanter Einfluss der Phytasezulagen auf den hämatologischen Status konnte nicht berichtet werden. Auf ursächliche Zusammenhänge für die Unterschiede bei der Freisetzung von phytatkomplexierten Kationen soll an dieser Stelle nicht eingegangen, sondern lediglich darauf verwiesen werden, dass die Stabilität und Löslichkeit der Metallkationen-Phytat-Komplexe nicht nur vom jeweiligen Kation, sondern auch vom pH und weiteren Faktoren wie dem Phytat-Kationen-Verhältnis abhängen (Askar et al., 1983; Oberleas, 1983; Nielsen et al., 2013).

Ausblick

Auch wenn über mögliche Anwendungen von Phytasen in der Lebensmittelverarbeitung oder der Herstellung pharmazeutische Produkte berichtet wurde (Greiner und Konietzny, 2006), so liegt das Hauptanwendungsgebiet mikrobieller Phytase hauptsächlich, wenn nicht ausschließlich im Futter monogastrischer Nutztiere - von Schwein und Geflügel. Letzteres soll an dieser Stelle, lediglich mit dem Hinweis berücksichtigt werden, dass der Phytatabbau mit Hilfe mikrobieller Phytase für die nachhaltige Mineralstoffversorgung beim Geflügel eine genauso wichtige Rolle spielt wie beim Schwein (Selle und Ravindran, 2007; Singh, 2008; Qiugan et al., 2018). Weiterführende Untersuchungen zur Verwendung mikrobieller Phytase beim Monogastrier befassen sich über die Verbesserung der Freisetzung von Mineralstoffen hinaus mit der Auswirkung der Phytasedosierung und des Phytatabbaus auf die Mikrobiota bei Schwein und Geflügel (Borda-Molina et al., 2019; Künzel et al., 2021; Klein et al., 2022b) oder mit möglichen Effekten auf die Morphologie des Darmtaktes oder die Immunantwort beim Geflügel (Martinez-Vallespin, 2022). In einem Review zum Myo-Inositol - dem finalen Abbauprodukt des Phytats - wird von Gonzalez-Uarquin et al. (2020) dessen Rolle im Stoffwechsel des Geflügels auch im

Zusammenhang zur Phytasedosierung im Futter diskutiert. In geringerem Umfang bestehen auch in der Aquakultur Anwendungsmöglichkeiten für mikrobielle Phytasen. Abweichend von Geflügel und Schwein wird in diesem Segment mikrobielle Phytase neben der Zugabe ins Futter insbesondere zur enzymatischen Vorbehandlung phytatreicher Futtermittel eingesetzt. (Lemos und Tacon, 2017).

Zur Rolle des Phytats und dessen Abbau beim Wiederkäuer gibt es eine Reihe wissenschaftlicher Studien, die in einem Literaturreview von Humer und Zebeli (2015) zusammengefasst wurden. Es wird darauf hingewiesen, dass der phytingebundene P nicht vollständig durch die Phytasen der Pansenflora hydrolysiert wird. Aktuelle *in situ* Untersuchungen (Haese et al., 2022) zeigten, dass thermische Verfahren, die darauf abzielen, das pansenbeständige Protein in Rapsprodukten zu erhöhen, nicht nur den Protein- sondern gleichzeitig auch den Phytatabbau und den für das Tier verdaulichen P vermindern. Neuere Arbeiten (Mickdam et al., 2022) befassen sich – ebenfalls *in situ* - mit der Möglichkeit eines verstärkten Phytatabbaus durch Zusatz organischer Säuren (Einwirkung von 5 % Milchsäure über 24h) zur Wiederkäuerration. In Arbeiten einer dänischen Arbeitsgruppe (Brask-Pedersen et al. 2011, 2013) wurde die Effizienz des Phytatabbaus durch dem Futter zugesetzte, exogene mikrobielle Phytasen *in vitro* und *in vivo* signifikant verbessert. Zurückgeführt wurde dies auf einen Phytatabbau durch die zugesetzten Phytasen schon in der Totalen Mischration (TMR) aber auch eine Verbesserung des Abbaus im Pansen und im Gesamtverdauungstrakt. Im Hinblick auf die praktische Tierernährung gilt es anzumerken, dass derzeit in der EU keine mikrobielle Phytase für die Anwendung beim Wiederkäuer zugelassen ist (European Union, 2022). Inwieweit ein solches Enzym für die Verwendung in der Wiederkäuerernährung – direkt dem Futter zugesetzt oder in Form einer Vorbehandlung pflanzlicher Komponenten – nutzbringend und sinnvoll sein könnte, dürfte primär von der Beantwortung der Frage abhängen, ob und unter welchen Bedingungen eine ausschließlich pflanzliche Ration ohne Zugabe von mineralischem P den Bedarf einer laktierenden Milchkuh an verwertbarem P vollständig deckt oder sogar übersteigt. Rodehutsdord (2000) weist darauf hin, dass eine Ergänzung der Wiederkäuerrationen mit mineralischem P auch bei hoher Milchleistung in den meisten Fällen bei der hiesigen Futtergrundlage nicht erforderlich ist. Diese Aussage spiegelt sich auch in den Empfehlungen der „Gruber Tabelle zur Milchviehfütterung“ (Lfl, 2021) für die Fütterungspraxis wider, die eine Zugabe von mineralischem Phosphat via Mineralfutter lediglich „bei sehr geringer Versorgung aus der Trogration“ empfiehlt.

Literatur

Askar A., El-Samahy S.K. & Abd El-Fadeel M.G. (1983): Phytinsäure in Lebensmitteln. *Alimenta*, 22, 131-137

Blank R., Naatjes M., Baum C., Kohling K., Ader P., Roser U. & Susenbeth A. (2012): Effects of formic acid and phytase supplementation on digestibility and use of phosphorus and zinc in growing pigs. *Journal of Animal Science*, 90 (Suppl. 4), 212–214.

Bikker P., van Diepen J.T.M., Binnendijk G.P. & Jongbloed A.W. (2012a): Phytase inclusion in pig diets improves zinc status but its effect on copper availability is inconsistent. *Journal of Animal Science*, 90, Suppl. 4, 197–199.

Bikker P., Jongbloed A.W. & Thissen J.T.N.M (2012b): Meta-analysis of effects of microbial phytase on digestibility and bioavailability of copper and zinc in growing pigs. *Journal of animal science*, 90, Suppl 4, 134–136

Bikker P. & Blok M.C. (2017): Phosphorus and calcium requirements of growing pigs and sows. CVB Documentation Report nr. 59. September 2017

Blaabjerg K., Carlsson N.-G., Hansen-Møller J. & Poulsen H.D. (2010a): 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 AH. & Poulsen H.D. (2010b): Heat-treatment, phytase and fermented liquid feeding affect the presence of inositol phosphates in ileal digesta and phosphorus digestibility in pigs fed a wheat and barley diet. *Animal*. Jun;4(6):876-85.

Blaabjerg K., Jørgensen H., Tauson A.-H. & 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.

- Borda-Molina, D., Zuber, T., Siegert, W., Camarina-Silva, A., Feuerstein, D. & Rodehutsord, M. (2019): Effects of protease and phytase supplements on small intestinal microbiota and amino acid digestibility in broiler chickens. *Poultry Science* 98, 2906-2918, doi: 10.3382/ps/pez038
- Brask-Pedersen, D.N., Glitsø, L.V., Skov, L.K., Lund, P. & Sehested, J. (2011): Effect of exogenous phytase on feed inositol phosphate hydrolysis in an in vitro rumen fluid buffer system. *J. Dairy Sci.* 94, 951–959.
- Brask-Pedersen, D.N., Glitsø, L.V., Skov, L.K., Lund, P. & Sehested, J. (2013): Effect of exogenous phytase on degradation of inositol phosphate in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 96, 1691–1700.
- Bundesgesetzblatt (2017): Verordnung zur Neuordnung der guten fachlichen Praxis beim Düngen, BGBl. Nr.32 S. 1305-1348.
- Bundesgesetzblatt (2020): Verordnung zur Änderung der Düngeverordnung und anderer Vorschriften, BGBl. 2020, Nr.20 S. 846-861
- Bunte S., Grone R., Schollenberger M., Rodehutsord M., Rimbach M. & Kamphues J. (2019): Influence of feed fermentation on phytate content and phosphorus digestibility in fattening pigs fed a liquid diet based on rye and rapeseed extracted meal. In: *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology: Berichte der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie*. Frankfurt am Main: DLG. S. 34.
- Carlson D. & Poulsen H.D. (2003): Phytate degradation in soaked and fermented liquid feed—effect of diet, time of soaking, heat treatment, phytase activity, pH and temperature. *Anim Feed Sci Technol.* 103:141–154.
- Cordell D. & White S. (2014): Life's Bottleneck: Sustaining the World's Phosphorus for a Food Secure Future. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 2014. 39:161–88 doi:10.1146/annurev-environ-010213-113300
- Cromwell G.L. (2009): Landmark discoveries in swine nutrition in the past century. *J Anim Sci* 2009.87:778-792
- DLG (1999): Schweinefütterung auf der Basis des Verdaulichen Phosphors, DLG-Information 1/1999
- DLG (2019): Leitfaden zur nachvollziehbaren Umsetzung stark N-/P-reduzierter Fütterungsverfahren bei Schweinen, DLG-Merkblatt 418, 4. überarbeitete Auflage, Stand: 10/2019
- Durchführungsverordnung (EU) 2016/1095 der Kommission vom 6. Juli 2016, Amtsblatt der Europäischen Union L 182/7
- Dusel G., Schuh K., Trautwein J. & Feuerstein D. (2022): Reduzierung der N/P-Ausscheidung durch den Einsatz von Enzymen. *Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung*, 204-208.
- EC (European Commission) (2003): Opinion of the Scientific Committee for Animal Nutrition on the use of zinc in feedingstuffs. http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scan/out120_en.pdf
- EFSA, 2014 (updated 2017): Scientific Opinion on the potential reduction of the currently authorised maximum zinc content in complete feed, *EFSA Journal* 2014;12(5):3668 77 pp. doi: 10.2903/j.efsa.2014.3668
- European Environment Agency (2019): Freshwater in The European environment — state and outlook 2020. P 92-111, doi: 10.2800/96749
- European Union (2022): Register of Feed Additives. Edition 04/2022 (299). Annex I – 21.06.2022, 1-195
- Flachowsky G., Pallauf J., Pfeffer E., Rodehutsord M., Schenkel H., Staudacher W. & Susenbeth A. (2006): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen 2006. In *Gesellschaft für Ernährungsphysiologie / Ausschuß für Bedarfsnormen (Ed.), Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere (Vol. 10, p. 247)*. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft Verlag.
- Gaudré, D., Larrère, V., Granier R., Magnin M., Jondreville, C & Paboeuf F. (2006): Quelle réduction du rejet de zinc la 3-phytase microbienne permet-elle chez le porc à partir de 12 kg de poids vif? *Journées Recherche Porcine*, 38, 5-12.
- GfE (1997): Überarbeitete Empfehlungen zur Versorgung von Schweinen mit Phosphor, *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 6,193-200
- Gonzalez-Uarquin, F., Rodehutsord, M. & Huber, K. (2020): Myo-inositol: its metabolism and potential implications for poultry nutrition – a review. *Poultry Science* 99, 893-905, doi: 10.1016/j.psj.2019.10.014
- Greiner, R. & Konietzny, U. (2006): Phytase for Food Application. *Food Technology and Biotechnology*, 44, 125- 140.
- Grünwald K.-H., Danier J. & Steuer G. (2013) Phytasezusatz im Mischfutter. *VDLUFA-Schriftenreihe* 69, 528-533
- Guggenbuhl P, PinonQuintana A. & SimoesNunes C. (2007): Comparative effects of three phytases on phosphorus and calcium digestibility in the growing pig. *Livestock Science*,109 1-3, 258-260.
- Haefner S., Knietsch A., Scholten E., Braun J., Lohscheidt M. & Zelder O. (2005): Biotechnological production and applications of phytases. *Appl Microbiol Biotechnol* 68, 588–597.
- Haese, E., Titze, N. & Rodehutsord, M. (2022): In situ ruminal disappearance of crude protein and phytate from differently processed rapeseed meals in dairy cows. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 102, 2805-2812doi: 10.1002/jsfa.11621

- Hu Y. X., Hendriks W. H., Van Baal J., Resink J. W., Rodehutsord M., Van Krimpen M. M. & Bikker P. (2022): Dietary microbial phytase supplementation enhances the impact of dietary Ca content on P absorption and retention in growing pigs. *British Journal of Nutrition*, *British Journal of Nutrition*, 1-31. doi:10.1017/S0007114522001039
- Humer E. & Zebeli Q. (2015): Phytate in feed ingredients and potentials for improving the utilization of phosphorus in ruminant nutrition. *Animal Feed Science and Technology* 209, 1–15.
- Jondreville C., Hayler R. & Feuerstein D. (2005): Replacement of zinc sulphate by microbial phytase for piglets given a maize-soya-bean meal diet. *Animal Science*, *81*, 77–83.
- Jondreville C., Lescoat P., Magnin M., Feuerstein D., Gruenberg B. & Nys Y. (2007): Sparing effect of microbial phytase on zinc supplementation in maize–soya-bean meal diets for chickens. *Animal*, *1*, 804–811.
- Jongbloed A.W., Diepen, J.Th.M. van, Kemme, P.A., Dias H. & Broz J. (2001): Efficacy of microbial phytase on mineral digestibility in diets for lactating sows and on reduction of phosphorus excretion. Short paper N5.5, Book of Abstracts No. 7, 52nd Annual Meeting EAAP, Budapest, Hungary, 26-29 August 2001, p. 122
- Kemme P.A. & 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. (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., Van Hemert K.H.F. & Sauer W.C. (2001): Effect of phytase on protein and amino acid digestibility and energy utilization. *World's Poultry Science Journal*, 2001, Vol 57 (2), 109-126
- Kies, A.K., Kemme, P.A., Sebek, L.B.J., Diepen, J.Th.M. van & 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. & 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.
- Klein N., Papp M., Rosenfelder-Kuon P., Schroedter A., Avenhaus U. & Rodehutsord M. (2021): Phosphorus digestibility and phytate degradation in pigs fed wheat-based diets with different intrinsic phytase activity and added microbial phytase. *Arch Anim Nutr.*; *75*(6):450-464.
- Klein N., Sarpong N., Feuerstein D., Camarinha-Silva A. & Markus Rodehutsord M. (2022a): Phytase supplementation and varying calcium level in pig feed: Effects on precaecal inositol hexakisphosphate degradation. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology* 31:182
- Klein, N., Sarpong, N., Feuerstein, D., Camarinha-Silva, A. & Rodehutsord, M. (2022b): Effects of different dietary Ca levels on precaecal and postileal phytate degradation, P digestibility, and faecal microbiota in pigs. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* *31*, 50
- Konietzny U. and Greiner, R. (2002): Molecular and catalytic properties of phytate degrading enzymes (phytases). *International Journal of Food Science and Technology*, *37*:791-812.
- Krieg J., Rodehutsord M & Kampf D. (2022): Pflanzlichen Phosphor für das Tier nutzbar machen! *DLG kompakt*; Nr 1, 2022
- Künzel, S., Borda-Molina, D., Zuber, T., Hartung, J., Siegert, W., Feuerstein, D., Camarinha-Silva, A. & Rodehutsord, M. (2021): Relative phytase efficacy values as affected by response traits, including ileal microbiota composition. *Poultry Science* *100*, 101133, doi: 10.1016/j.psj.2021.101133
- Laird, S., Kühn I. & Miller H.M. (2018): Super-dosing phytase improves the growth performance of weaner pigs fed a low iron diet. *Anim. Feed Sci. Technol.* *242*:150–160
- Lantsch H.J., Wjst, S & LiuDrochner, 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. & 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.
- Lei X.G., Weaver J.D., Mullaney E, Ullah A.H. & Azain M.J. (2013): Phytase, a new life for an “old” enzyme. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* *2013*. 1:283–309
- Lemos D. & Tacon A (2017): Uses of phytases in fish and shrimp feed: a review. *Reviews in aquaculture* *9* (3), 266-282
- Létourneau-Montminy Jondreville C., Sauvant D. & Narcy A. (2012): Meta-analysis of phosphorus utilization by growing pigs: effect of dietary phosphorus, calcium and exogenous phytase. *Animal* (2012), *6*:10, pp 1590–1600
- LfL (2021): Gruber Tabelle zur Milchviehfütterung. 47. veränderte Auflage, September 2021. Hrsg. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) 113 S.

- Liu D., Bollinger D.W., Ledoux D.R. & 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. & 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. & 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
- Martinez-Vallespin B., Männer K., Ader P. & Zentek J. (2022): Evaluation of high doses of phytase in a low-phosphorus diet in comparison to a phytate-free diet on performance, apparent ileal digestibility of nutrients, bone mineralization, intestinal morphology, and immune traits in 21-day-old broiler chickens. *Animals* 2022, 12(15), 1955 <https://doi.org/10.3390/ani12151955>
- Menezes-Blackburn D., Greiner R. & Konietzny U. (2022): Phytases: Biochemistry, Enzymology and Characteristics Relevant to Animal Feed Use in: *Enzymes in Farm Animal Nutrition*, 3rd edn (Bedford et al., eds) (pp.103-124)
- Meyer A & Weber M. (2011): Ohne anorganischen Phosphor. *DGS Magazin* 39/2011, 43-45. Ulmer Verlag Stuttgart.
- Meyer A. & Vogt W. (2018): Starke Phosphorreduzierung in der Schweinemast. *Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung*, 153-155
- Monteiro S. C., Lofts S. & Boxall A. B. A. (2010): Pre-Assessment of Environmental Impact of Zinc and Copper Used in Animal Nutrition, NP/FEEDAP/2008/01
- Mickdam E., Khiaosa-Ard R. & Zibeli Q. (2022): Ruminal disappearance of nutrients and ruminal phosphorus concentration in cows fed concentrates treated with lactic acid, with or without inorganic phosphorous supplementation *Livestock Science* Volume 263, 2022 [ps://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.105033](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.105033)
- Milochau G. (2022): Future of IFP, presented CRU Phosphates Conference, Tampa Florida March 9, 2022, communication in [Feedinfo.com](https://www.feedinfo.com), March 10, 2022.
- Nethe L., Patzelt S., Norda C., Feuerstein D., Stalljohann G., Walgern B. & 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.
- Nielsen A.V., Tetens I. & Meyer A.S. (2013): Potential of phytase-mediated iron release from cereal-based foods: a quantitative view. *Nutrients*. 2013 Aug 2;5(8):3074-98. doi: 10.3390/nu5083074. PMID: 23917170; PMCID: PMC3775243.
- Nüßlein A., Preißinger W., Durst L., Propstmeier G, Scherb, S. (2018): Unterschiedliche Gehalte an mineralischen Phosphor für Schweine – Auswirkungen auf Futteraufnahme und Leistungen. *Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung*, 149-152
- Oberleas D. (1983): The role of phytate in zinc bioavailability and homeostasis. In: Inglett GE (Ed.), *Nutritional bioavailability of zinc*. American Chemical Society, Washington DC, 1983, 145-158.
- O'Quinn, P. R., D. A. Knabe & Gregg, E. J. (1997): Efficacy of Natuphos in sorghum-based diets of finishing swine. *J. Anim. Sci.* 75:1299–1307
- Pallauf J. (1992): Phytase als Zusatzstoff beim Schwein zur Verbesserung der Verwertung von Phosphor und weiteren Mengenelementen sowie Spurenelementen. *Schweinezucht und Schweinemast* 40(9): 258-261
- Pallauf J., Höhler D., Rimbach G. & Neusser H. (1992): Effect of microbial phytase supplementation to a maize-soya-diet on the apparent absorption of Mg, Fe, Cu, Mn and Zn and parameters of Zn-status in piglets. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 68(1): 1-9
- Pallauf J., Rimbach G, Pippig S., Schindler B., Höhler D. & Most E. (1994): Dietary effect of phytogenic phytase and an addition of microbial phytase to a diet based on field beans, wheat, peas and barley on the utilization of phosphorus, calcium, magnesium, zinc and protein in piglets. *Z. Ernährungswiss.* 33:128-135
- Poulsen H.D., Carlson D., Nørgaard J.V. & Blaabjerg K. (2010): Phosphorus digestibility is highly influenced by phytase but slightly by calcium in growing pigs. *Livestock Science* 134, 100–102.
- Preißinger W., Propstmeier G. & Scherb, S. (2019): Reduzierung des Phosphors im Mineralfutter für Mastschweine - Auswirkungen auf Futteraufnahme, Leistung und Schlachtkörperqualität. 57. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V. Eigenverlag, BAT e.V., Freising, 26. September 2019., 224-231
- Preißinger W., Scherb S. & Propstmeier G. (2021): Unterschiedliche Ca- und P-Gehalte im (Mineral)Futter für Mastschweine – Auswirkungen auf Futteraufnahme und Leistungen. *Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung*, 164-167

- Qian H., Kornegay E.T. & 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.
- Rapp C., Lantzsch H.-J. & Drochner W. (2001): Hydrolysis of phytic acid by intrinsic plant or supplemented microbial phytase (*Aspergillus niger*) in the stomach and small intestine of minipigs fitted with re-entrant cannulas. 1. Passage of dry matter and total phosphorus. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 85, 406-413
- Revy P.S., Jondreville C., Dourmad J.Y. & Nys Y. (2004): Effect of zinc supplemented as either an organic or an inorganic source and of microbial phytase on zinc and other minerals utilisation by weaning pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 116, 93–112.
- Revy P.S., Jondreville C., Dourmad J.Y. & Nys Y. (2006): Assessment of dietary zinc requirement of weaned piglets fed diets with or without microbial phytase. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 90, 50–59
- Qiugang M.A., Rodehutschord M., Novotny M., Lan L. I. & Yang L. (2018): Phytate and phosphorus utilization by broiler chickens and laying hens fed maize-based diets. *Front. Agr. Sci. Eng.* 2019, 6(4): 380–387
- Rodehutschord, M. (2000): Current phosphorus evaluation systems for livestock in Germany. *Lohmann Information International* No 25, 17-24
- Rodehutschord M. (2017): Phosphorbedarf des Tieres und Bedarfsdeckung. M. Buffler und W. Windisch (Hrsg.) 55. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V., 12. Oktober 2017 in Freising, 6-11.
- Rodehutschord M. and Bikker P. (2022): Phytate degradation, phosphorous and calcium absorption and digestibility in pigs. *Animal - Science Proceedings* 13, 2, 121–144.
- Schlegel P., Nys Y. & Jondreville C. (2010): Zinc availability and digestive zinc solubility in piglets and broilers fed diets varying in their phytate contents, phytase activity and supplemented zinc source. *Animal*, 4, 200-209.
- Schemmer R., Spillner C. & Südekum K-H. (2020): Phosphorus digestibility and metabolisable energy concentrations of contemporary wheat, barley, rye and triticale genotypes fed to growing pigs. *Arch Anim Nutr.* 74:429–444.
- Schnippe F. (2017): Reportage „Wir mästen ohne mineralischen Phosphor“. *Schweinezucht und Schweinemast*, 4/2017, 24-27. Landwirtschaftsverlag Münster.
- Schumacher K.-D., (2022): Entwicklung der globalen Futterwirtschaft. *Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung*, 154-158.
- Selle P.H. & Ravindran V. (2007): Microbial phytase in poultry nutrition *Anim. Feed Sci. Tech*, 35 (2007), pp. 1-41
- Singh P.K. (2008): Significance of phytic acid and supplemental phytase in chicken nutrition: a review *Worlds Poult. Sci. J.*, 64, pp. 553-580
- Stalljohann G., Krieg J., Meyer A., Preißinger W., Schneider S. & Weber M. (2021): Bundesweiter Phosphor-Ringversuch – Einfluss einer P-reduzierten Fütterung bei gleichzeitiger Phytasesupplementierung in der Ferkelaufzucht und Schweinemast. *Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung*, 154-158.
- Torrallardona D., Hall L. & Ader P. (2018a): Validation of nutrient matrix values for a novel bacterial 6-phytase in weaned piglets. *Proceedings of the 14th International Symposium on Digestive Physiology of Pigs, Brisbane, August 21-24, 2018*, p58
- Torrallardona D., Hall L. & Ader P. (2018b): Nutrient and energy sparing with a novel bacterial 6-phytase in weaned piglets *Proceedings of the 14th International Symposium on Digestive Physiology of Pigs, Brisbane, August 21-24, 2018*, p59
- Trautwein J., Feuerstein D., Ader P. & Dusel G. (2017): Einfluss zweier Phytasen auf die Verwertbarkeit von Phosphor, Calcium und Energie beim Ferkel In: A. Zeyner, H. Kluth, M. Bulang, M. Bochnia und M. Bachmann (Hrsg.), 14. Tagung Schweine- und Geflügelernährung, 21-23. Nov. 2017, Lutherstadt Wittenberg, 201-203.
- VERORDNUNG (EG) Nr. 1334/2003 DER KOMMISSION vom 25. Juli 2003 Amtsblatt der Europäischen Union L 187/11-15
- VERORDNUNG (EU) 2018/848 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 30. Mai 2018 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates
- Windisch, W., Kirchgäßner M. & Roth F.X. (1994): Effekt eines Zusatzes mikrobieller Phytase zu einer Weizen-Gerste-Soja-Diät auf zootechnische Leistungen und scheinbare Verdaulichkeiten von Phosphor, Calcium und Magnesium bei abgestufter P-Versorgung von Ferkeln. *Agribiol. Res.* 47:90-99.
- Winkler, A. Feuerstein D. & Dusel, G. (2019): Effekte unterschiedlicher Phytasen auf die Gesamtverdaulichkeit von Phosphor, Calcium und Energie beim Ferkel in: A. Zeyner, H. Kluth, M. Bulang, M. Bochnia und M. Bachmann (Hrsg.) 15. Tagung Schweine- und Geflügelernährung, 19. - 21. November 2019, Lutherstadt Wittenberg, 184-186

Autorenanschrift:

Dr. Dieter Feuerstein

BASF SE

Carl-Bosch-Str. 38

67063 Ludwigshafen am Rhein

E-Mail: dieter.feuerstein@basf.com

Der mühsame Weg von der Forschung über Spurenelemente bis zur praktischen Fütterung am Beispiel des Zinks

Wilhelm Windisch

TUM School of Life Sciences, Technische Universität München

Aufgabenstellung

Zink (Zn), Kupfer (Cu), Eisen (Fe), Mangan (Mn), Iod (I) und Selen (Se) sind essenzielle Spurenelemente, die den Rationen landwirtschaftlicher Nutztiere über das Mineralfutter regelmäßig zugesetzt werden, weil die nativen Gehalte des Futters unter den Empfehlungen für eine ausreichende Versorgung liegen. Bei Wiederkäuern kommt gelegentlich auch noch Kobalt (Co) hinzu. Bei dieser Praxis schwingt auch der durchaus berechtigte Respekt vor den dramatischen Folgen eines klinischen Mangels für die Leistungsfähigkeit und die Gesundheit der Tiere mit. Wenngleich solche Ereignisse in der praktischen Fütterungssituation sehr selten sind, resultiert aus den bekannten Schadensbildern dennoch eine große Motivation für die Vermeidung von Mangel durch reichliche Sicherheitszuschläge. Letztere haben jedoch keinen Zusatzeffekt für Leistung und Gesundheit, denn der Stoffwechsel der Spurenelemente unterliegt einer homostatischen Regulation, der eine den Bedarf überschreitende Zufuhr über die Nahrung wieder zur Ausscheidung bringt. Damit schützt sich der Organismus vor einer Vergiftung durch eben dieselben Spurenelemente, die neben ihrer essenziellen Funktion stets auch ein erhebliches toxisches Potenzial aufweisen. Darüber hinaus haben einige Spurenelemente auch ein ökologisches Schadenspotenzial (Zn, Cu) und können sich durch Anreicherung in Lebensmitteln tierischer Herkunft negativ auf die Lebensmittelsicherheit auswirken (I, Se). Für eine professionelle Nutztierfütterung ist demnach die Kenntnis des Bedarfs der Tiere an Spurenelementen von großer Bedeutung.

Der Bedarf an einem essenziellen Spurenelement bezeichnet diejenige Aufnahme über die Nahrung, bei der kein Mangel mehr vorliegt und die Schutzmechanismen der homöostatischen Regulation beginnen, die im Überschuss aufgenommenen Mengen aus dem Stoffwechsel wieder zu eliminieren. Diesen Umschlagpunkt kann man am besten durch eine Dosis-Wirkungsstudie ableiten, die ausgehend von ausreichenden Gehalten des Spurenelements im Futter mit hoher Auflösung in defizitäre Konzentrationsbereiche hineinreicht (Brugger et al. 2022). Im Idealfall erhält man zwei Konzentrationsbereiche des Futters, innerhalb derer sich die Parameter des Versorgungsstatus unterschiedlich verhalten, beispielsweise eine anfänglich lineare Korrelation zur Konzentration des jeweiligen Spurenelements im Futter, die ab einem bestimmten Punkt in ein Plateau wechselt (also eine Unabhängigkeit von der Konzentration im Futter). Der Knickpunkt zwischen diesen beiden Reaktionsmustern ist dann ein Schätzwert des Bedarfs. Um mittels Dosis-Wirkungsstudien zu aussagefähigen Ergebnissen zu kommen, ist jedoch eine Fülle von Hintergrundinformationen erforderlich, angefangen von den quantitativen Eigenschaften der Funktionselemente der Homöostase bis zur Auswahl repräsentativer Statusparameter. Die Schwierigkeiten bei der Etablierung solcher Dosis-Wirkungsstudien sollen im folgenden Beitrag am Beispiel des Zinks dargestellt und eine konkrete Umsetzung in der Ferkelaufzucht gezeigt werden.

Experimentelle Rahmenbedingungen für Dosis-Wirkungsstudien

In der normalen Fütterungssituation liegt die Ausscheidung an Zink über den Kot nur knapp unter dem Niveau der Zn Aufnahme über das Futter. Dies ist das Ergebnis der Zn-Homöostase, die den Zn-Umsatz zwischen Verdauungstrakt und dem Körperinneren über einen weiten Versorgungsbereich hinweg konstant hält. Hinter diesem statisch erscheinenden Gleichgewicht verbirgt sich jedoch ein komplexes Zusammenspiel von Zn-Flüssen, die sowohl vom Körperinneren in Richtung Verdauungstrakt (endogene Sekretion) als auch umgekehrt erfolgen (Absorption von Nahrungszink). Die endogene Sekretion stammt hauptsächlich aus dem Pankreas und ist für die Funktionalität der Verdauung(senzyme) unverzichtbar (Brugger et al. 2016). Sie liegt bei knapper Zn-Versorgung in etwa in der Größenordnung der bioverfügbaren Menge an Nahrungszink und stellt somit einen bedeutsamen Zinkfluss dar (Windisch und Kirchgessner 1999a). Dieses endogene Zink mischt sich mit dem Zink der Nahrung und unterliegt anschließend einer gemeinsamen Absorption. Diese transportiert sowohl Nahrungszink als auch Zink endogener Herkunft in das Körperinnere. Dabei wird der Umfang der Gesamtaborption (Nahrung plus endogen) durch Anpassung der Transportproteine der Mukosa auf eine Höhe eingestellt, die dem Zinkbedarf des Körperinneren zuzüglich des Aufwands für die endogene Sekretion entspricht. Dies hat zur Folge, dass das Nahrungszink mit steigender Zinkaufnahme zwar in immer größerem Umfang in den Körper einströmt, gleichzeitig aber auch immer mehr Zink endogener Herkunft über den Kot ausgeschieden wird, so dass in der Gesamtbilanz eine bemerkenswert konstante Menge an scheinbar verdaulichem Zink verbleibt (Windisch und Kirchgessner 1994a, b; 1995a). Dies erklärt auch die über einen weiten Versorgungsbereich völlig konstanten Zn-Konzentrationen im Körpergewebe, obwohl sie mit steigender Zinkaufnahme immer stärker mit frisch absorbiertem Nahrungszink durchspült werden (Windisch und Kirchgessner 1994c; 1995b). Eine Änderung der Zinkaufnahme über die Nahrung hat demnach weit größere Folgen für die Zinkflüsse durch den Körper, als dies bei alleiniger Betrachtung der Bilanz zwischen der Aufnahme über die Nahrung und der Ausscheidung über den Kot erkennbar wäre.

In Dosis-Wirkungsstudien wird der Zn-Gehalt der Nahrung über einen relativ weiten Bereich hinweg abgestuft. Für Versuchstiere bedeutet der Beginn solcher Studien eine schlagartige Veränderung der Zinkversorgung. Daraufhin bringt die Homöostase den Ein- und Ausstrom an Zink zwischen Verdauungstrakt und Körperinnenseite durch Neujustierung der Genexpression der intestinalen Zn-Transporter wieder ins Gleichgewicht. Dazu benötigt die Homöostase jedoch mehrere Tage. Eine plötzliche Steigerung der Zn-Zufuhr verursacht demnach in den ersten drei bis vier Tagen einen vorübergehend überhöhten Einstrom in das Körperinnere, der anschließend durch eine ebenfalls drei bis vier Tage dauernde, überproportionale Drosselung des Einstroms wieder kompensiert wird (Windisch und Kirchgessner 1994a). Die homöostatische Anpassung an die Steigerung der Zn-Aufnahme erfolgt also wellenförmig. Bei Absenkung der Zn-Aufnahme kommt es dagegen zu einem Verlust an Zink aus dem Inneren des Körpers, bis sich nach etwa drei bis vier Tagen das neue Gleichgewicht eingestellt hat (Windisch und Kirchgessner 1994a; Windisch 2003). Dieser Verlust an Körperzink tritt bei jeder schlagartigen Absenkung der Zinkaufnahme ein, unabhängig davon, ob die neue Zn-Versorgung langfristig bedarfsdeckend oder defizitär ist. Im Falle einer defizitären Zn-Versorgung gelingt es der Zn-Homöostase trotz Maximierung der Absorptionskapazität jedoch nicht, das intestinale Gleichgewicht von Einstrom und Ausstrom wieder herzustellen und der Organismus verliert über den Kot dauerhaft mehr Zink als er aufnimmt. Nach Beginn einer Dosis-Wirkungs-Studie muss man also etwa vier Tage warten, bis die Homöostase alle Anpassungen an die Veränderung der Zn-Versorgung abgeschlossen hat. Darüber hinaus sollte der Zn-Gehalt des Futters vor Beginn der Studie mindestens so hoch sein, wie die höchste Zinkstufe während der Studie. Dadurch kommt es nur zu Absenkungen des Zn-Gehalts im Futter und damit zu einer rascheren Einstellung des neuen Gleichgewichts als bei der wellenförmig verlaufenden Anpassung an eine Steigerung der Zn-Versorgung.

Die umfangreichen Zn-Flüsse zwischen Verdauungstrakt und Körperinnenseite (Absorption, endogene Sekretion) und ihre homöostatische Kontrolle betreffen auch die Gewebe in Körperinneren, und zwar in unterschiedlichem Ausmaß (Windisch und Kirchgessner 1995b). Hierbei lassen sich mobile und immobile

Gewebe-Kompartimente unterscheiden. So befindet sich der Gesamtbestand an Zink im Körper zu etwa 40% im Skelett und ist dort zu 80% immobil bzw. zu 20% mobil. Immobiles Zink befindet sich in hauptsächlich in der Kompakta und mobiles Zink in der Spongiosa. Die Haut mitsamt Haaren (ca. 15% des Gesamtbestands) weist eine ähnliche Relation auf. Zink in Organen (ca. 10% des Gesamtbestands) ist hoch mobil (ausgenommen das Gehirn). Muskel- und Fettgewebe enthält etwa 35% des Gesamtbestands an Zink und ist zu etwa zwei Dritteln mobil. Auch das Blut ist sehr mobil, hat aber nur einen unbedeutenden Anteil am Gesamtbestand an Zink im Körper (<0,5 %).

Innerhalb der mobilen Zinkfraktionen existieren jedoch Gewebe(bezirke), bei denen die Zinkkonzentration auch noch im Zinkmangel aufrechterhalten wird. So verliert der Organismus im Zinkmangel zwar Muskelmasse, die Zn-Konzentration im Muskel bleibt jedoch erhalten. Andere Gewebe hingegen werden in der Priorität der limitierten Zinkversorgung hintangestellt und verarmen im Zuge der Gewebeerneuerung fortlaufend an Zink, wie etwa die Haut. Ein Abbau des mobilen Zinkbestands zugunsten der Versorgung anderer Gewebe findet jedoch nur im Skelett statt. Dieser mobilisierbare Zinkspeicher umfasst etwa 10% des Ganzkörperbestands an Zink und puffert auch Fluktuationen an Zn-Flüssen, die sich durch plötzliche Schwankungen der Zn-Aufnahme ausgelöst werden (Windisch und Kirchgessner 1995b; Windisch 2003). Zu Beginn einer Dosis-Wirkungs-Studie müssen die Zn-Speicher demnach stets gefüllt sein.

Der Füllungsstand der Zn-Speicher unterliegt ebenfalls der Kontrolle durch die Homöostase. Im Anschluss an einer Entnahme von Zink aus dem Speicher aufgrund einer zeitlich begrenzten Mangelsituation wird in den folgenden Tagen der ursprüngliche Füllungsstatus wieder hergestellt (Windisch 2001). Hierzu fährt die Homöostase die Absorption von Nahrungszink nach dem Wiedereinsetzen einer ausreichenden Zn-Versorgung überproportional hoch und senkt sie dann spiegelbildlich zum Grad der Wiederauffüllung des Speichers bis zum normalen Niveau wieder ab. Die enge Kopplung zwischen Absorption von Nahrungszink und Füllung des Zn-Speichers ist ein weiteres Argument, warum zu Beginn einer Dosis-Wirkungs-Studie alle Versuchstiere über gleichermaßen gut gefüllte Zn-Speicher verfügen sollten.

Dosis-Wirkungsstudien sollen nach Möglichkeit physiologische normale Situationen abbilden. Hierzu zählen auch kurze Episoden mit defizitärer Zn-Versorgung, die im Muster der homöostatischen Kontrolle des Stoffwechsels mitsamt seinem Speicher durchaus vorgesehen sind. Erst bei länger anhaltendem Mangel bzw. starker Entleerung des Speichers kommt es zu Sparmaßnahmen (z.B. Priorisierung bestimmter Gewebe in der Zn-Versorgung auf Kosten anderer), bis nach völliger Entleerung des Speichers der Zn-Stoffwechsel zusammenbricht und klinische Symptome sichtbar werden (Einbruch des Futtermittels, Prakeratose, usw.) (Windisch 2003). Dosis-Wirkungs-Studien müssen solche Situationen vermeiden und dürfen in der tiefsten Stufe der Zn-Versorgung allenfalls die Zone der Sparmaßnahmen des Stoffwechsels erreichen. Dies erfordert die Kenntnis vom metabolischen Zn-Bedarf der Versuchstiere, der Kapazität des Zn-Speichers und der Fähigkeit des Futters mit der niedrigsten Zinkstufe, diesen zu entleeren. Aus diesen Daten ergibt sich die maximale Dauer einer Dosis-Wirkungs-Studie.

Die niedrigste Versorgungsstufe einer Dosis-Wirkungs-Studien sollte ein möglichst hohes Potenzial zur Entleerung des Zinkspeichers aufweisen. Hierzu eignen sich insbesondere Rationen mit hohem Gehalt an Phytat, wie sie in praxisüblichen Futtermischungen für monogastrische Nutztiere üblich sind. Phytat ist ein starker Komplexbildner für Zink und bindet im Verdauungstrakt nicht nur Nahrungszink, sondern auch das Zink aus der endogenen Sekretion. Bei niedriger Zinkaufnahme über die Nahrung ist Phytat somit in der Lage, mehr Zink über den Kot zur Ausscheidung zu bringen, als der Organismus verzehrt hat (Windisch 1999a, b). Um die Wirkung des Phytats zu maximieren, müssen etwaige native Phytase-Aktivitäten von Futterkomponenten deaktiviert werden (z.B. durch Pelletieren) und es darf auch keine Phytase zugesetzt werden.

Praktische Umsetzung am Beispiel von Aufzuchtferkeln

Zur Ableitung experimenteller Rahmenbedingungen verwendet man üblicherweise Modelltiere (z.B. Ratten). Die Übertragung der Befunde auf Zieltiere ist somit immer mit gewissen Unsicherheiten verbunden. In Bezug auf eine Dosis-Wirkungs-Studie mit Aufzuchtferkeln stellt sich insbesondere die Frage nach der Wirksamkeit eines Phytat-haltigen Futters auf die Steigerung der fäkalen Zn-Exkretion und die Kapazität des Zn-Speichers der Tiere bzw. der Zeitbedarf bis zu dessen Entleerung. Die experimentelle Prüfung dieser Fragen anhand einer Standardration (Mais, Soja; pelletiert; keine Phytase; kein Zn-Zusatz, 30 ppm nativer Zn-Gehalt) demonstrierte die Fähigkeit der Ration, mehr Zink über den Kot zur Ausscheidung zu bringen als die Tiere an Zink über die Nahrung aufnahmen (scheinbare Zn-Verdaulichkeit: -3%) (Ettle et al. 2005). Dass dieser Effekt auf der Komplexbildung durch Phytat beruhte, zeigte eine Vergleichsgruppe, bei der der Zn-Mangelration Phytase zugesetzt war (scheinbare Zn-Verdaulichkeit: +8%). Die Tiere mit Zn-Mangelfutter entwickelten sich zunächst normal, bis etwa ab Tag 11 der Futterverzehr abrupt einbrach und den Beginn von klinischem Zinkmangel anzeigte. Ab diesem Zeitpunkt war offenbar der Zn-Speicher der Tiere erschöpft. Insgesamt zeigten diese Befunde, dass die Testration grundsätzlich geeignet war und nicht länger als etwa 8 Tage verfüttert werden sollte, um eine völlige Entleerung des Zn-Speichers zu vermeiden.

Unter diesen Rahmenbedingungen wurde eine 8tägige Dosis-Wirkungsstudie mit Aufzuchtferkeln durchgeführt (n=48, individuelle Aufstallung), in der die Zn-Gehalte der Ration in 8 Stufen von defizitärer (28 ppm natives Zink, kein Zn-Zusatz) bis in leicht bedarfsüberschreitend Zn-Versorgung (88 ppm, Zusatz von 60 ppm Zn als Zn-Sulfat) variiert wurden (Brugger et al. 2014). Große Sorgfalt wurde dabei auf die Homogenität der Futtermischungen gelegt. Die Wiederfindung der beabsichtigten Zn-Konzentrationen betrug praktisch 100 % mit einer Streuung von nur 0,7 ppm innerhalb der jeweiligen Zn-Stufe. Zur Sicherstellung einheitlich gefüllter Zn-Speicher erhielten die Tiere zwei Wochen vor Versuchsbeginn das Futter mit 88 ppm Zn *ad libitum*. Anschließend wurden die Tiere mit den 8 Futtrationen (6 Tiere pro Ration) nach Rationsliste gefüttert, um eine einheitliche Aufnahme an Futter bzw. an Zink sowie ein gleichmäßiges Wachstum zu gewährleisten. Bis zum Ende der Studie (Tag 8) nahmen die Tiere das Futter restlos auf und auch die zootechnischen Leistungen blieben von der Zn-Versorgung völlig unberührt. Damit waren die Rahmenbedingungen für eine Dosis-Wirkungsstudie erfüllt.

Im nächsten Schritt galt es, Parameter zu identifizieren, die den Umschlagpunkt der Zn-Homöostase von einer defizitären auf eine bedarfsdeckende Versorgung repräsentativ widerspiegeln. Die Menge an scheinbar verdaulichem Nahrungszink zeigt diesen Umschlagpunkt am zuverlässigsten an, denn sie ist unmittelbarer Ausdruck der homöostatischen Regulation des Ein- bzw. Ausstroms an Zink zwischen Verdauungstrakt und Körperinnenseite. In der vorliegenden Studie verursachte das Futter mit dem niedrigsten Zn-Gehalt für die scheinbar absorbierte Zinkmenge einen negativen Wert (-10 mg/Tag), der sich mit steigendem Zn-Gehalt des Futters kontinuierlich in Richtung positiver Werte bewegte und von der fünften zur sechsten Stufe (48 bzw. 58 ppm Futter-Zn) in ein Plateau überging (ca. +5mg/Tag) (Brugger et al. 2014). Die detaillierte statistische Auswertung über ein *broken-line* Modell ergab einen Umschlagpunkt bei 58 ppm Zn im Futter. Ähnliche Umschlagpunkte ergaben die Zn-Konzentration in der Leber (51 ppm), die Genexpression von verschiedener Metallothioneine in der Leber (zwischen 49 und 58 ppm), die Aktivität pankreatischer Verdauungsenzyme (41 bis 58 ppm), die scheinbaren Verdaulichkeiten von Trockenmasse, Rohprotein, Fett und Rohasche (45 bis 58 ppm) (Brugger und Windisch 2016). Demgegenüber reagierte die Zn-Konzentration im Blutplasma und im Knochen proportional zur Zn-Versorgung, ohne einen Umschlagpunkt anzuzeigen (Brugger et al. 2014). Offenbar sind diese Parameter eher für langfristige Endpunktmessungen geeignet, nicht jedoch für kurzfristige Betrachtungen im Rahmen einer Dosis-Wirkungsstudie zur Ableitung des Zinkbedarfs. Sensitive Reaktionen auf die Variation der Zn-Versorgung zeigten auch die Zn-Konzentrationen in weiteren Körpergeweben und die Genexpressionen verschiedener Zn-Transporter und anderer Proteine, die von Zn-Mangel betroffen sind (Brugger und Windisch 2017, 2019; Brugger et al. 2021). Die Befunde zeigten weniger die Zn-Versorgungslage des Organismus in seiner Gesamtheit an, sondern eher die

Verschiebungen des Zn-Stoffwechsels zwischen einzelnen Geweben. Sie sind demnach zur Ableitung des Bedarfs weniger gut geeignet. Insgesamt ergab die vorliegende Dosis-Wirkungsstudie einen Umschlagpunkt der Zn-Homöostase von einer defizitären in eine bedarfsdeckende Zn-Versorgung bei einem Zn-Gehalt des Futters zwischen etwa 50 und 60 ppm.

Schlussfolgerung und Ausblick

Aus der oben genannten Dosis-Wirkungsstudie lässt sich ableiten, dass ein Zn-Gehalt des Futters von 60 ppm zur sicheren Abdeckung der Funktionalität des Zn-Stoffwechsels von Aufzuchtferkeln ausreicht. Auch wenn dieser Wert retrospektiv aus einer bestimmten experimentellen Situation heraus abgeleitet wurde, ist er dennoch für die prospektive Beurteilung der Zinkversorgung von Aufzuchtferkeln geeignet, da er den oberen Wert der experimentellen Daten darstellt. Weiterhin wurde die im Hinblick auf die Futterkomponenten durchaus praxisübliche Ration auf ein *worst case* Szenario mit möglichst geringer Bioverfügbarkeit des Nahrungszinks eingestellt (Elimination nativer Phytase-Aktivitäten, kein Zusatz von Phytase). Für die praktische Fütterungssituation besteht somit selbst bei 60 ppm Zink im Futter bereits ein gewisser Spielraum für Variationen des metabolischen Bedarfs und für Faktoren des Futters, die die Bioverfügbarkeit des Zinks negativ beeinflussen können. Im Vergleich dazu sind die Versorgungsempfehlungen für Aufzuchtferkel (80 – 100 ppm, GfE 2006) reichlich bemessen. Dies gilt umso mehr, wenn native Phytase-Aktivitäten des Futters erhalten geblieben sind und insbesondere, wenn Phytase mikrobieller Herkunft zugesetzt wird.

Der Bedarf von Spurenelementen und entsprechenden Versorgungsempfehlungen werden in der Regel als Gesamtkonzentrationen des jeweiligen Elements im Futter angegeben. Solche Zahlen sind strenggenommen kein Bedarf, sondern eine Anweisung, wie ein angenommener metabolischer Bedarf (im Sinne von Milligramm pro Tag) bei einer unterstellten Futterraufnahme und Bruttoverwertung sicher gedeckt werden kann. Die damit verbundenen Unsicherheiten ließen sich theoretisch durch eine faktorielle Bedarfsableitung vermindern, bei der zunächst der Nettobedarf anhand bekannter Faktoren abgeleitet und dann mit einer konstanten Verwertung auf den Bruttobedarf bzw. wie beim Phosphor (P) anhand futtermittelspezifischer Tabellenwerte auf den Bedarf an verdaulichem P hochgerechnet wird (Rodehutsord 2022). Dies macht jedoch nur Sinn, wenn die Bruttoverwertung entweder hinreichend konstant ist oder größere Variationen der Verwertung in einer Futterwerttabelle als futtermittelspezifische Eigenschaften abgebildet werden können (z.B. P-Verdaulichkeit). Sobald jedoch Interaktionen zwischen einzelnen Futterkomponenten in Bezug auf die Gesamtverwertung an Bedeutung gewinnen, verliert auch das Prinzip der faktoriellen Bedarfsableitung seinen Präzisionsvorteil. Dies ist beim Zink der Fall, denn Körnerfrüchte und ihre Verarbeitungsprodukte tragen große Mengen an Phytat in praxisübliche Rationen monogastrischer Nutztiere ein. So kann bei einem angenommenen Bruttobedarf von 60 ppm Zink im Futter davon ausgegangen werden, dass etwa zwei Drittel des Zinks in der Gesamtration allein zur Abdeckung des Komplexbildners Phytat verbraucht werden, und zwar weitgehend unabhängig von den spezifischen Eigenschaften der aufgenommenen Zinkquellen. Vor diesem Hintergrund wird man die Versorgungsempfehlungen für Spurenelemente auch weiterhin als Brutto-Konzentrationen im Futter unter Berücksichtigung angemessener Sicherheitszuschläge angeben.

Literatur

Brugger D, Buffler M, Windisch W (2014): Development of an experimental model to assess the bioavailability of zinc in practical piglet diets. Arch Anim Nutr 68, 73–92.

Brugger D, Windisch W (2016): Subclinical zinc deficiency impairs pancreatic digestive enzyme activity and digestive capacity of weaned piglets. Br J Nutr 116, 425–433.

- Brugger D, Windisch W (2017): Short-term subclinical zinc deficiency in weaned piglets affects cardiac redox metabolism and zinc concentration. *J Nutr* 147, 521–527.
- Brugger D, Windisch W. (2019): Adaption of body zinc pools in weaned piglets challenged with subclinical zinc deficiency. *British Journal of Nutrition* 121, 849-858.
- Brugger D, Hanauer M, Ortner J, Windisch W (2021): The response of zinc transporter gene expression of selected tissues in a pig model of subclinical zinc deficiency. *Journal of Nutritional Biochemistry* 90, 108576.
- Brugger et al. 2022 Bioavailability
- Rodehutsord M (2022): Bedarfswerte für Mineralstoffe – Herausforderungen bei der Ableitung. In: Harms K, Windisch W (Hrsg): Die Versorgung mit Mineralstoffen tiergerecht und nachhaltig gestalten. Tagungsband 60. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V., ISBN 978-3-9816116-9-4, pp 1-5.
- Ettle T, Windisch W, Roth FX (2005): The effect of phytase on the bioavailability of zinc in piglets. In: Strain, J.J. et al. (Eds.): TEMA 12: 12th International Symposium on Trace Elements in Man and Animals, 19.-23.06.2005, University of Ulster, Coleraine, Northern Ireland, UK, 55.
- GfE (ed.) (2006): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung bei Schweinen. In: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Frankfurt am Main: DLG-Verlag
- Windisch W, Kirchgessner M (1994a): Zur Messung der homöostatischen Anpassung des Zinkstoffwechsels an eine defizitäre und hohe Zinkversorgung nach alimentärer ⁶⁵Zn-Markierung. 1. Mitteilung. Zum Effekt einer unterschiedlichen Zinkversorgung auf den quantitativen Zinkumsatz im Stoffwechsel adulter Ratten. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 71: 98-107
- Windisch W, Kirchgessner M (1994b): Zinkexkretion und Kinetik des Zink austauschs im Ganzkörper bei defizitärer und hoher Zinkversorgung. 2. Mitteilung. Zum Effekt einer unterschiedlichen Zinkversorgung auf den quantitativen Zinkumsatz im Stoffwechsel adulter Ratten. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 71: 123-130
- Windisch W, Kirchgessner M (1994c): Verteilung und Austausch von Zink in verschiedenen Gewebefractionen bei defizitärer und hoher Zinkversorgung. 3. Mitteilung. Zum Effekt einer unterschiedlichen Zinkversorgung auf den quantitativen Zinkumsatz im Stoffwechsel adulter Ratten. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 71: 131-139
- Windisch W, Kirchgessner M (1995a): Anpassung des Zinkstoffwechsels und des Zn-Austauschs im Ganzkörper ⁶⁵Zn-markierter Ratten an eine variierende Zinkaufnahme. 1. Mitteilung: Zum quantitativen Zinkumsatz im Stoffwechsel adulter Ratten bei physiologisch adäquater Zinkversorgung. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 74: 101-112
- Windisch W, Kirchgessner M (1995b): Zinkverteilung und Zink austausch im Gewebe ⁶⁵Zn-markierter Ratten. 2. Mitteilung: Zum quantitativen Zinkumsatz im Stoffwechsel adulter Ratten bei physiologisch adäquater Zinkversorgung. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 74: 113-122
- Windisch W, Kirchgessner M (1999a): Zinc absorption and excretion in adult rats at zinc deficiency induced by dietary phytate additions: I. Quantitative zinc metabolism of ⁶⁵Zn-labelled adult rats at zinc deficiency. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 82, 106 - 115.
- Windisch, W., Kirchgessner, M. (1999b): Tissue Zn distribution and Zn exchange in adult rats at Zn deficiency induced by dietary phytate additions. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 82: 116-124
- Windisch W (2001): Homeostatic reactions of quantitative Zn metabolism on deficiency and subsequent repletion with Zn in ⁶⁵Zn labeled adult rats. *Trace Elements and Electrolytes* 18: 122-128
- Windisch W (2003): Development of zinc deficiency in ⁶⁵Zn labeled, fully grown rats as a model for adult individuals. *JTEMB* 17: 91-96

Autorenanschrift:

Prof. Dr. Wilhelm Windisch
TUM School of Life Sciences
Liesel-Beckmann-Straße 2
85354 Freising
E-Mail: wilhelm.windisch@tum.de

Gestaltung der Mineralstoffversorgung

Jochen Krieg

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Fachbereich 71, Haus Düsse 2, 59505 Bad Sassendorf, jochen.krieg@lwk.nrw.de

Einleitung

Die Mineralstoffversorgung von Hausschweinen (*Sus scrofa*) spielt einerseits eine zentrale Rolle bei der Gesunderhaltung, andererseits wird die Ausscheidung einiger Mineralstoffe durch Nutztiere hinsichtlich ihrer Umweltwirkung kritisch diskutiert. Eine Versorgung möglichst nahe am Bedarf der Tiere ist daher besonders bei diesen Mineralstoffen unabdingbar.

Mineralstoffe können in Mengenelemente (> 100 mg/kg Lebendmasse, LM) und Spurenelemente (< 100 mg/kg LM) unterteilt werden. Von den Mengenelementen werden in Schweinerationen üblicherweise Calcium (Ca), Chlor (Cl), Kalium (K), Magnesium (Mg), Natrium (Na), Phosphor (P) und Schwefel (S) berücksichtigt. Bei den Spurenelementen erfolgt meist eine Zulage von Eisen (Fe), Iod (I), Kupfer (Cu), Mangan (Mn), Selen (Se) und Zink (Zn) im Futter, um eine ausreichende Versorgung sicher zu stellen. Je nach Element ist eine Überversorgung aus ernährungsphysiologischer Sicht ebenso zu vermeiden, wie eine Unterversorgung. Bei einigen Elementen führt eine Zufuhr über dem Bedarf der Tiere allerdings nicht direkt zu negativen Auswirkungen auf die Leistung oder die Tiergesundheit, sondern zu einem vermehrten Eintrag von Mineralstoffen in die Umwelt. Deshalb sind neben den Vorgaben im Futtermittelrecht und den physiologischen Folgen einer Fehlversorgung auch die Vorgaben beispielsweise des Düngerechts oder der TA-Luft zu beachten.

Mengen- und Spurenelemente sind für die Körperfunktionen unverzichtbar, können aber auch, zum Beispiel im Fall von Schwermetallen, negative Auswirkungen auf die Tiergesundheit, die Umwelt und die Lebensmittelsicherheit haben. Dementsprechend ist besonders hier auf die futtermittelrechtlich festgelegten Höchstgehalte hinzuweisen.

Eine auf den Bedarf der Tiere angepasste Fütterung ist daher absolut notwendig, was wiederum eine auf die Leistung (Anzahl Ferkel, Tageszunahmen, ...) angepasste Rationsoptimierung erfordert. In der Praxis sind dementsprechend eine Vielzahl verschiedener Mineralfutter zur Ergänzung der Ration mit Mineralstoffen und verschiedenen Futtermittelzusatzstoffen verfügbar. Je nach Gehalt und Einsatzzweck sind Mineralfutter mit unterschiedlichen Vorgaben zum Mischungsanteil an der Gesamtration, meist von 1-5 %, verfügbar. Bei der Auswahl des passenden Mineralfutters spielen aber neben dem Gehalt an Mineralstoffen auch die Anzahl und Konzentration freier Aminosäuren, Vitamine und weiterer Zusatzstoffe, wie z.B. Enzyme (Phytasen, NSP spaltende Enzyme, ...), eine zentrale Rolle.

Aufgrund der Vielfalt von verfügbaren Mischungen und Anteilen an der Gesamtration soll im Folgenden nicht auf Mineralfutter, sondern Orientierungswerte für die gängigsten Mengen- und Spurenelemente in der Fütterung von Schweinen eingegangen werden. Nachfolgend wird auf eine Auswahl von Mengen- (P, Ca und K) und Spurenelementen (Fe, Zn, Cu und Se) detaillierter eingegangen. Diese erfolgt basierend auf der Bedeutung in der aktuellen Rationsoptimierung bzw. der möglichen negativen Auswirkungen eines übermäßigen Einsatzes.

Mengenelemente

Ca und P

Calcium ist, aufgrund der Bedeutung im Knochenaufbau und bei der Milchbildung, ein schon sehr lange in der Tierernährung beachtetes Mengenelement. Mit etwa 99% des Gesamtcalciums, liegt der Großteil des Calciums im Tierkörper im Skelett vor (Carafoli, 1991). Während historisch eine ausreichende Versorgung mit Calcium Hauptziel war, ist heute auch eine übermäßige Versorgung mit Ca zu vermeiden. Die Ca-Homöostase ist sehr eng geregelt und damit eine Überversorgung für das Tier an sich weniger problematisch als für die Verfügbarkeit anderer Nährstoffe. So ist die Verfügbarkeit von u.a. P an die Verfügbarkeit von Ca gekoppelt: bei hoher Ca-Konzentration im Futter bzw. Chymus ist die Verfügbarkeit von P negativ beeinflusst. Liegt im Stoffwechsel zu wenig Ca vor, wird P vermehrt über die Nieren ausgeschieden (Lautrou *et al.*, 2021). Daher werden die P und Ca-Versorgung gemeinsam und häufig das Verhältnis der beiden Nährstoffe zueinander betrachtet. Neben der Ca- und P-Konzentration beeinflusst allerdings auch die Löslichkeit des Ca die Ca-Absorption und damit auch die P-Verfügbarkeit (Lautrou *et al.*, 2021). In der Praxis wird das Konzept des Ca:P Verhältnisses weitestgehend umgesetzt. Der größte Schritt in der P-Reduktion war durch die Zulassung der ersten Generation Phytasen Anfang der 1990er Jahre begründet. In Pflanzensamen ist Phosphor zum Großteil in Form von Phytat (Myo-Inositolhexakisphosphat) gespeichert. Dies ist für Nicht-Wiederkäuer nur bedingt verfügbar. Phytasen katalysieren die hydrolytische Abspaltung von Phosphatgruppen von Phytat. Dies erlaubt es durch eine Steigerung der P-Verdaulichkeit die Gesamt-P Konzentration in der Ration zu reduzieren und gleichzeitig die Versorgung der Tiere mit verdaulichem P (vP) zu gewährleisten. Das bedeutet auch, dass die Rationsoptimierung auf Basis des vP erfolgen muss um den Effekt von Phytasen berücksichtigen zu können. Dementsprechend wird auch vom Ca:vP Verhältnis gesprochen. Die Kontrolle der Ration muss nach wie vor über die chemisch analysierbare Größe des Gesamt-P erfolgen, da vP analytisch nicht nachzuweisen ist. Beim Einsatz von Koppelprodukten ist die Bewertung auf Basis vP schwer zu realisieren, da die Verdaulichkeit von Nährstoffen oft unbekannt ist.

In der Praxis enthalten die allermeisten Mineralfuttermittel im konventionellen Bereich heute Phytasen der dritten oder „neuen“ Generation, welchen zugeschrieben wird, Phytat effektiver zu spalten als Phytasen der ersten Generation. In der Tierhaltung bzw. Fütterung nach der Öko-Verordnung sind Phytasen nicht zugelassen, weshalb eine Reduktion des P-Gehalts auf ein Niveau der konventionellen Tierhaltung nicht erreichbar ist. Bei konventionellen Mastschweinerationen werden in der Regel maximal 1000 FTU/kg Futter eingesetzt. Eine Auswertung von Studien (Metaanalyse) zur Phytasewirkung in Mastschweinerationen aus den Jahren 2007 bis 2019 kam zu dem Schluss, dass bei einer Phytasedosierung von bis zu 2500 FTU/kg Futter eine Verdaulichkeit von ca. 65% nicht überschritten wird, auch wenn einzelne Studien Werte für die P-Verdaulichkeit von bis zu 88,6% feststellen konnten. In derselben Arbeit wurde geschlussfolgert, dass bei 1000 FTU/kg Futter bereits eine Steigerung der P-Verdaulichkeit von 21% erreicht werden kann, während eine Dosierung mit 2000 FTU/kg nur noch eine Steigerung von knapp 4% bewirkte (Rosenfelder-Kuon *et al.*, 2020). Dies bestätigt die aktuell übliche Einsatzhöhe von 1000 FTU/kg.

Da gerade Ca und P bei der Skelettbildung eine zentrale Rolle einnehmen, wird häufig diskutiert, ob die P-Reduktion in der Praxis mit Fundamentproblemen in der Mastschweinehaltung in Verbindung steht. Zu diesem Thema wurde ein gemeinsamer Versuch der Landwirtschaftskammern Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Nordrhein-Westfalen, sowie dem LfL durchgeführt. In diesem Fütterungsversuch wurde der Effekt einer P-Reduktion bei Ferkeln bzw. Mastschweinen vom Absetzen bis zum Ende der Mast auf vier verschiedenen Versuchsstandorten geprüft. In diesem Versuch waren, selbst bei einer P-Versorgung unter den DLG Vorgaben für eine sehr stark N-/P-reduzierte Fütterung (DLG, 2019), die Knochenmineralisierung und die Leistung unbeeinflusst. Ebenso ergaben Expressionsanalysen von am Mineralstoffhaushalt beteiligten Transportern in der Niere keine Hinweise auf eine Unterversorgung mit P. Die P-Versorgung innerhalb des dargestellten Rahmens wurde als Fazit als alleiniger Grund für die in der Praxis auftretenden Fundamentprobleme ausgeschlossen (Stalljohann *et al.*, 2021).

Etwas weniger klar stellt sich die Lage bei der Versorgung von Sauen mit P dar. Zwar gibt es auch hier Praxiserfahrungen, aber die Möglichkeiten Fütterungsversuche mit Sauen unter standardisierten Bedingungen durchzuführen sind begrenzt. In der Praxis wird oft die P-Versorgung der Sauen als Ursache der Fundamentprobleme der Ferkel und Mastschweine diskutiert, weshalb bei Sauen oft Sicherheitszuschläge gegeben werden. Ob dies notwendig ist, müssen praxisnahe Versuchsanstellungen zeigen.

K

Im Tier ist K, u.a. neben der Funktion in verschiedenen Enzymen im Protein- und Kohlenhydratstoffwechsel und Transportvorgängen über die Zellwand, auch am Säure-Basenhaushalt beteiligt und spielt eine zentrale Rolle in der Reizleitung in Nerven und der Muskelkontraktion. Aufgrund der zentralen Rolle in allen Formeln zur Berechnung der Kationen-Anionen-Bilanz (AKB, auch dCAB, dietary Cation Anion Balance) findet es besonders bei der Fütterung von Sauen Beachtung. Neben einer Reduktion des Harn pHs durch eine Reduktion der AKB (Dourmad *et al.*, 2019) über eine Reduktion der K und Na Gehalte/eine Erhöhung des Cl und S Gehalts, wirkt sich die Absenkung der dCAB vom Tragend- auf das Laktationsfutter positiv auf die Calciumverfügbarkeit zu Beginn der Laktation aus. Angaben in der Literatur hinsichtlich Effekten der dCAB auf die Leistung von Ferkeln und Mastschweinen sind widersprüchlich (Engelking, 2016).

Spurenelemente

Fe

Eisen spielt besonders bei Ferkeln zur Vorbeugung einer Anämie eine große Rolle. Hintergrund ist die Bedeutung von Fe bei der Bildung von Hämoglobin und damit beim Sauerstofftransport im Blut (Anderson und Easter, 1999). Die Fe-Versorgung von Saugferkeln wird häufig mittels einer Injektion sichergestellt. Dennoch spielt die Fe-Versorgung über das Futter eine wichtige Rolle. Oral aufgenommenes Fe wird im Duodenum (Zwölffingerdarm) und Jejunum (Leerdarm) in Form von Fe²⁺ Ionen absorbiert. Häufig wird Fe im Futter in Form von Eisen-(II)-sulfat, Eisen-(II)-fumarat, Eisen-(II)-lactat oder Eisen-Chelaten eingesetzt. Futtermittelrechtlich ist auch der Einsatz weiterer Formen wie z.B. Eisencarbonat erlaubt. In der Praxis werden oft organische Verbindungen und Chelate bevorzugt, da eine höhere Verdaulichkeit und/oder Verfügbarkeit des enthaltenen Fe angenommen wird. Eine erhöhte Verfügbarkeit von Fe aus organischen Quellen gegenüber Fe-Sulfat in Ferkelrationen konnte aber nicht einheitlich nachgewiesen werden (Ettle *et al.*, 2008).

Neben einer Unterversorgung mit Fe sollte auch eine Überversorgung vermieden werden, da negative Effekte auf das Mikrobiom im Darm von Ferkeln und die Darmgesundheit bestehen. Negative Effekte einer erhöhten Fe-Zufuhr wurden sowohl bei Dosen weit über der gesetzlich geregelten Höchstmenge (3000 mg/kg; kein Effekt bei 300 mg/kg, Ding *et al.*, 2020), als auch bei Werten ab 250 mg/kg nachgewiesen (Lee *et al.*, 2008). Eine Fe-Versorgung im Bereich der in Tabelle 1 dargestellten Empfehlungen und nicht im Bereich der gesetzlichen Höchstmengen ist daher anzuraten.

Zn und Cu

Zink ist in einer Vielzahl von Enzymreaktionen u.a. bei der Proteinsynthese und in der Immunabwehr beteiligt. Ebenso spielt Cu eine zentrale Rolle in einer Vielzahl von Stoffwechselwegen wie z.B. der Zellatmung. Dementsprechend ist die ausreichende Zufuhr von Zn und Cu über das Futter für die Gesunderhaltung und Leistungsfähigkeit der Tiere bedeutend. Zink und Cu wirken zudem antimikrobiell, weshalb sie besonders zur Vorbeugung von Ferkeldurchfall rund um das Absetzen im oberen Dosierungsbereich der zugelassenen Höchstmenge eingesetzt werden bzw. wurden. Im Falle von Zn

wären Konzentrationen über der gesetzlich zulässigen Einsatzhöhe nötig, um einen leistungssteigernden Effekt zu erzielen (Lindermayer, unbekannt). Hohe Einsatzmengen dieser Schwermetalle haben allerdings zur Folge, dass sie sich in der Gülle und damit der Umwelt anreichern und Kreuzresistenzen gefördert werden (López-Gálvez *et al.*, 2020).

Um den negativen Folgen eines erhöhten Zn-Einsatzes in der Fütterung von Tieren entgegenzuwirken, hat die EFSA (European Food Safety Authority) bereits 2014 eine Stellungnahme veröffentlicht, in der eine Reduktion der Höchstgehalte auf 150 mg Zn/kg für Ferkel- und Sauenfutter und 100 mg/kg für Mastschweine empfohlen wurde (EFSA, 2014; Vgl. Tabelle 1). Sowohl die EFSA (2014) als auch die Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP (Schlegel, 2011) weisen auf die Bedeutung von Phytasen bei der Verfügbarkeit und damit der Einsatzhöhe von Zn hin: Der Einsatz von Phytasen erlaubt nach der EFSA generell eine weitere Reduktion des maximalen Zn-Gehalts um 30%, während Schlegel den Effekt vom nativen Zn Gehalt der Ration, dem zugesetzten Zn und der Einsatzhöhe der Phytase abhängig macht.

Ähnlich wie für Zn, hat die EFSA auch zum maximal erlaubten Cu-Gehalt in Futtermitteln eine Stellungnahme veröffentlicht (EFSA, 2016), in der u.a. auf die Entwicklung von Antibiotikaresistenzen eingegangen wird. Entsprechend der Empfehlung, die Cu Höchstgehalte zu reduzieren, wurden die gesetzlichen Vorgaben angepasst (siehe Tabelle 1).

Wie für andere Nährstoffe, gilt auch bei Zn und Cu, dass die Empfehlungen Sicherheitszuschläge zum Bedarf enthalten, um z.B. natürliche Schwankungen in den Futtermitteln auszugleichen. Um die Ausscheidung an den Schwermetallen Cu und Zn zu reduzieren ist der, bereits weit verbreitete, Einsatz von organisch gebundenen Mineralstoffen sinnvoll, da diese i.d.R. eine höhere Verfügbarkeit aufweisen und somit geringere Einsatzhöhen möglich sind (z.B.: Espinosa und Stein, 2021; Pearce *et al.*, 2015). Als Alternative zu hohen Gaben an Zn oder Cu haben sich der Einsatz von organischen Säuren und die Reduktion des Proteingehalts im Bereich des Absetzens bewährt, um Ferkeldurchfällen vorzubeugen. Leistungsfördernde Effekte durch den Einsatz von organischen Säuren konnten in einzelnen Studien ebenso beobachtet werden (López-Gálvez *et al.*, 2020).

Se

Selen ist an vielen Stoffwechselwegen auf zellulärer Ebene beteiligt. Ein Mangel an Se spiegelt sich z.B. in einer Beeinträchtigung der Immunabwehr und einer verminderten Fruchtbarkeit wider (Nathues *et al.*, 2010). Andererseits sind Se-Konzentrationen im Alleinfutter für Mastschweine von >1-5 mg/kg als toxisch einzustufen (Nathues *et al.*, 2010). Somit liegen bei Se die Grenzen zwischen den Empfehlungen der GfE, den futtermittelrechtlichen Höchstgehalten (Tabelle 1) und einem möglicherweise zur Intoxikation führenden Gehalt besonders eng zusammen. Daher sollte sich auch bei Se an den Empfehlungen und nicht am gesetzlich erlaubten Höchstgehalt orientiert werden.

Fazit

Wie von P und Rohprotein bzw. Stickstoff bekannt, muss auch bei weiteren Mengen- und Spurenelementen auf eine möglichst an den Bedarf der Tiere angepasste Fütterung geachtet werden. In der Praxis werden in Mineralfuttermitteln immer wieder Schwermetallkonzentrationen im oberen Bereich der Toleranz analytisch nachgewiesen, was besonders bei den Schwermetallen kritisch zu bewerten ist. Neben der Minimierung des Risikos von Resistenzbildungen ist die Reduktion der Umweltwirkung und damit die Zukunftsfähigkeit der Tier- und insbesondere der Schweinehaltung eines der Hauptargumente, warum auch Mineralstoffe in der Praxis mit Bedacht eingesetzt werden sollten. Es gibt eine Vielzahl von Wechselwirkungen zwischen der Verfügbarkeit und Höhe der Zufuhr von Mineralstoffen, wobei eine Überversorgung sich meist auch negativ auf die Verfügbarkeit anderer Mineral- bzw. Nährstoffe auswirkt. Somit ist auch aus Sicht der Leistungsfähigkeit und der

Wirtschaftlichkeit – sowohl seitens der Futterkosten je t, als auch seitens der Futterverwertung und damit der Futterkosten je Tier- auf eine Versorgung möglichst nahe am Bedarf der Tiere zu achten.

Tabelle 1: Empfehlungen, Richtwerte und Höchstgehalte für Spurenelementgehalte in Alleinfuttermitteln für Sauen, Ferkel und Mastschweine (in mg/kg Futter; Quellen: GfE 2006, LfL 2021, Richtlinie 70/524/EWG und Übergangsregelung Verordnung EG 1831/2003, sowie ergänzende Bestimmungen)

	Empfehlungen nach GfE	Richtwerte LfL	Futtermittelrechtliche Höchstgehalte
Sauenfutter			
Eisen (Fe)	80 - 90	80-100	750
Kupfer (Cu)	8 - 10	15-20	25
Zink (Zn)	50	60-80	150
Mangan (Mn)	20 - 25	30-50	150
Iod (I)	0,6 ¹⁾	1-1,5	10
Selen (Se)	0,15 – 0,20	0,2-0,4	0,5
Ferkelfutter			
Eisen (Fe)	80-120 ²⁾	100-120	750 (250 mg/ Tag bis 1 Woche vor Absetzen)
Kupfer (Cu)	6	20-150	150 (bis 4 Wo. nach Absetzen) 100 (bis 8 Wo. nach Absetzen)
Zink (Zn)	80-100	70-100	150
Mangan (Mn)	15-20	30-50	150
Jod (J)	0,15 ¹⁾	1-1,5	10
Selen (Se)	0,20-0,25	0,2-0,4	0,5
Mastfutter			
Eisen (Fe)	50-60	50-60	750
Kupfer (Cu)	4-5	10-15	25
Zink (Zn)	50-60	50-60	120
Mangan (Mn)	20	30-50	150
Jod (J)	0,15 ¹⁾	1-1,5	10
Selen (Se)	0,15-0,20	0,2-0,3	0,5

¹⁾ bei Einsatz von glucosinolathaltigen Futtermitteln (z. B. Rapsschrot) Erhöhung erforderlich

²⁾ bei Saugferkeln mind. 200 mg Fe i.m. am 2.-3. Tag post natum

Literatur

- Anderson B.K. und Easter R.A. (1999): A Review of Iron Nutrition in Pigs. Illinois Livestock Trail, University of Illinois Extension.
- Carafoli, E. (1991): Calcium pump of the plasma membrane. *Physiological Reviews* 71, 129–149.
- Ding H., Yu X., Chen L., Han J., Zhao Y., Feng J. (2020): Tolerable upper intake level of iron damages the intestine and alters the intestinal flora in weaned piglets. *Metallomics* 12 (9): 1356–1369, <https://doi.org/10.1039/d0mt00096e>
- DLG (2019). DLG Merkblatt 418: Leitfaden zur nachvollziehbaren Umsetzung stark N-/P-reduzierter Fütterungsverfahren bei Schweinen. 4. Auflage, DLG e.V. Frankfurt am Main, Germany.
- EFSA FEEDAP Panel (EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed) (2014): Scientific Opinion on the potential reduction of the currently authorised maximum zinc content in complete feed. *EFSA Journal* 12(5):3668, 77 pp. doi:10.2903/j.efsa.2014.3668
- EFSA FEEDAP Panel (EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed) (2016): Scientific opinion on the revision of the currently authorised maximum copper content in complete feed. *EFSA Journal* 14(8):4563, 100 pp. doi:10.2903/j.efsa.2016.4563
- Engelking (2016): Effekte einer Kalium-abhängigen Variation in der Kationen-Anionen-Bilanz des Futters auf die Elektrolyt- und Stickstoffbilanz bei Schweinen. Dissertation. Veterinärmedizinische Fakultät der Universität Leipzig.
- Espinosa C.D., Stein H.H. (2021): Digestibility and metabolism of copper in diets for pigs and influence of dietary copper on growth performance, intestinal health, and overall immune status: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 12: 13. <https://doi.org/10.1186/s40104-020-00533-3>
- GfE (Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (2006): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- Lautrou M., Narcy A., Dourmad J.Y., Pomar C., Schmidely P., Létourneau Montminy M.P. (2021): Dietary Phosphorus and Calcium Utilization in Growing Pigs: Requirements and Improvements. *Frontiers in Veterinary Science* 8: 734365. doi: 10.3389/fvets.2021.734365. PMID: 34901241; PMCID: PMC8654138.
- Lee S.H., Shinde P., Choi J., Park M., Ohh S., Kwon I.K., Pak S.I. und Chae B.J. (2008): Effects of Dietary Iron Levels on Growth Performance, Hematological Status, Liver Mineral Concentration, Fecal Microflora, and Diarrhea Incidence in Weaning Pigs. *Biological Trace Element Research* 126 (Suppl 1): 57–68. <https://doi.org/10.1007/s12011-008-8209-5>
- LfL (2021): Futterberechnung für Schweine. 26. Unveränderte Auflage, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weißenstephan.
- Lindermayer H.: Minderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Schweinegülle, LfL Grub.
- López-Gálvez G., López-Alonso M., Pechova A., May, B., Dierick N. und Gropp J. (2021). Alternatives to antibiotics and trace elements (copper and zinc) to improve gut health and zootechnical parameters in piglets: A review. *Animal Feed Science and Technology* 271, 114727.
- Nathues H., Boehne I., grosse Beilage T., Gerhauser I., Hewicker-Trautwein M., Wolf P., Kamphues J., grosse Beilage E. (2010): Peracute selenium toxicosis followed by sudden death in growing and finishing pigs. *Canadian Veterinary Journal* 51(5):515-8. PMID: 20676295; PMCID: PMC2857432.
- Pearce S. C., Sanz Fernandez M.-V., Torrison J., Wilson M. E., Baumgard L. H. und Gabler N. K. (2015): Dietary organic zinc attenuates heat stress–induced changes in pig intestinal integrity and metabolism, *Journal of Animal Science*, 93(10): 4702–4713, <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9018>
- Rosenfelder-Kuon P., Siegert W., Rodehutschord M. (2020): Effect of microbial phytase supplementation on P digestibility in pigs: a meta-analysis. *Archives of Animal Nutrition* 74(1): 1-18. doi: 10.1080/1745039X.2019.1687249. Epub 2019 Nov 26. PMID: 31769698.
- Schlegel P. (2011): Zink in der Schweinefütterung, Merkblatt für die Praxis Nr. 40|2011, ISSN: 1660-7627
- Stalljohann G., Krieg J., Meyer A., Preißinger W., Schneider S., Weber M. (2021): Bundesweiter Phosphor-Ringversuch - Einfluss einer P-reduzierten Fütterung bei gleichzeitiger Phytasesupplementierung in der Ferkelaufzucht und Schweinemast. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, 27.-28.04.2021 Soest.
- Suttle N. F. (2010): Mineral Nutrition of livestock, 4. Auflage, ISBN: 978 1 84593 472 9
- Dourmad J.Y., Garcia-Launay F., Méda B., Lessire M. und Narcy A. (2019): Nutrition and environmental Sustainability. pp. 315–339, In: Poultry and pig nutrition Challenges of the 21st century. Editors: Hendriks W.H., Verstegen M.W.A. and Babinszky L. eISBN: 978-90-8686-884-1 | ISBN: 978-90-8686-333-4 <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-884-1>

Autorenanschrift:

Jochen Krieg
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
Referent für Schweine-, Geflügel- und Pferdefütterung
Ostinghausen - Haus Düsse 2
59505 Bad Sassendorf
E-Mail: Jochen.Krieg@lwk.nrw.de

Wieviel Zink und Kupfer braucht das Schwein?

Daniel Brugger

Institut für Tierernährung und Diätetik, Vetsuisse-Fakultät, Universität Zürich

Einleitung

Zink und Kupfer sind Spurenelemente mit nachgewiesener, essenzieller Bedeutung für den tierischen Stoffwechsel. Die Betonung liegt hierbei auf „Spuren“, kommen derartige Elemente doch üblicherweise nur in Größenordnungen <50 mg/kg Körpergewicht im Organismus vor. Trotz der niedrigen Körpergehalte führt die mangelhafte Aufnahme über die Nahrung zu einer Reduktion der Körperreserven und damit einhergehend, zu drastischen Stoffwechselstörungen und Pathologien. Es ist daher unumgänglich, dass diese Elemente über die Nahrung zugeführt werden. Andererseits führt ein Anstieg des Gehaltes im Organismus ebenfalls zu schweren Ausfallerscheinungen bedingt durch unkontrollierte Assoziation der Elemente mit Biomolekülen und dem, mit der Detoxifizierung einhergehenden, oxidativen Stress. Dementsprechend hat es die Natur so eingerichtet, dass sowohl der Einstrom in als auch die Ausscheidung aus dem Organismus streng reguliert werden (Suttle, 2022).

Die vergangenen Jahrzehnte waren von einem großzügigen Einsatz von Zink und Kupfer in der Schweinefütterung geprägt. Dies hatte nicht nur zum Ziel eine adäquate Versorgung mit Spurenelementen sicherzustellen. Vielmehr zeigten stark erhöhte Gaben von Zink aus Zinkoxid bzw. Kupfer aus Kupfersulfat (~ 2500 bzw. ~ 250 mg/kg Alleinfutter) positive Aspekte im Management von absetzbedingtem Durchfall in ferkelerzeugenden Betrieben (Liu et al., 2018). Diese Praktik gewann insbesondere ab dem Verbot antibiotischer Leistungsförderer in der europäischen Tierhaltung an Fahrt (Anonymous, 2001). Der Einsatz derart hoher Mengen in der Fütterung bedingt aber auch, dass der größte Teil der supplementierten Spurenelemente wieder über die Wirtschaftsdünger ausgeschieden wird (Döhler et al., 2004; Kicking et al., 2008; Kicking et al., 2010). Derart hohe Schwermetallfrachten auf landwirtschaftliche Nutzflächen sind bei längerfristiger Applikation, mit einer Beeinträchtigung des Bodenmikrobioms und der Pflanzenproduktion assoziiert worden (Rout and Das, 2003). Zudem besteht eine Gefahr für den Trinkwasserschutz, da je nach Bodenart und Element überhöhte Mengen Schwermetalle ins Grundwasser verlagert werden können (Asada et al., 2010). Den „finalen Todesstoß“ versetzte der Praxis pharmakologischer Zink- und Kupfergaben jedoch die Beobachtung, dass diese Dosierungen einen signifikanten Anstieg antibiotikaresistenter Keime im Schweinedarm und letztlich auch in den Wirtschaftsdüngern provoziert (Hölzel et al., 2012; Vahjen et al., 2015). Dies darf man getrost als „Treppenwitz der Geschichte“ verstehen, wenn man sich der Tatsache vergegenwärtigt, dass hohe Zink- und Kupfergaben als Alternative zu antibiotischen Leistungsförderern beworben wurden. Das Phänomen von Kreuzresistenzen von Bakterien gegen hohe Metallfrachten und Antibiotika ist in der mikrobiologischen Literatur intensiv bearbeitet worden und die zugrunde liegenden Mechanismen wurden vor einiger Zeit in einem Übersichtsartikel zusammengefasst (Baker-Austin et al., 2006).

Der Gesetzgeber hat reagiert und die Höchstmengen von Zink und Kupfer in Alleinfuttermitteln für Tiere stark begrenzt (Anonymous, 2016 and 2018). Zudem wurde der Einsatz pharmakologischer Spurenelementgaben im Rahmen veterinärmedizinischer Intervention mit einer Wartefrist von fünf Jahren ebenfalls verboten. Diese Übergangsfrist ist dieses Jahr ausgelaufen. Dennoch sind immer noch 150 mg/kg Zink bzw. 150 bzw. 100 mg/kg Kupfer (in den ersten 4 Wochen bzw. in Woche 4 – 8 nach dem Absetzen) im Alleinfutter von Ferkeln erlaubt. Verschiedene Anbieter „neuartiger“ Zink- und Kupferverbindungen nutzen die Gunst der Stunde und versprechen ähnlich positive oder sogar stärkere Effekte auf die Ferkelaufzucht innerhalb legaler Dosierungsbereiche, wie sie mit den klassischen,

hochdosierten Quellen erreicht wurden (Morales et al., 2012). Manche Arbeitsgruppen möchten Effekte im Bereich von 150 mg/kg und darüber sogar als Deckung des „physiologischen Bedarfs“ verstanden wissen (Hansen et al., 2022).

Dies sollte Anlass genug sein, sich einmal eingehend mit der Frage zu befassen, welchen Bedarf Schweine an Zink und Kupfer wirklich haben. Dieser Artikel versucht seinen Beitrag dazu zu leisten.

Wie setzt sich der Bedarf zusammen und was beeinflusst ihn?

Die Tierernährung unterteilt den Nährstoffbedarf klassischerweise in die notwendige Aufnahme zur Erhaltung der Körperkondition und Grundfunktionen des Lebens (Erhaltungsbedarf), und die zusätzlich notwendige Aufnahme zur Gewährleistung der tierischen Leistung in Form von Körperzuwachs, Laktation, Reproduktion etc. (Leistungsbedarf). In der Summe ergibt sich der Netto-Gesamtbedarf eines Nährstoffs der in Abhängigkeit von Körpergewicht, Alter und Leistungsstadium variiert. Davon abzugrenzen ist der Bruttobedarf, der üblicherweise über dem Nettobedarf liegt und darlegt, wie viel des jeweiligen Nährstoffes tatsächlich über eine bestimmte Diät aufgenommen werden muss, um die notwendige Nettomenge hinter die Darmschranke zu bringen. In der Tat ist die Effizienz der Verwertung von Nährstoffen aus dem Futter in den seltensten Fällen 100% und insbesondere nicht bei essentiellen Spurenmetallen (Kirchgessner et al., 2014; Brugger et al., 2022).

Antinutritive Effekte von Diäten begrenzen die Aufnahme bestimmter Nährelemente aus dem Magen-Darm-Kanal und machen unter Umständen eine zusätzliche Supplementierung des Futters notwendig. Hier ist insbesondere die Phytinsäure zu nennen. Diese geht unter den sauren Bedingungen im Magen in Lösung und bindet anschließend, im neutralen Milieu des Dünndarms, insbesondere Kationen mit unterschiedlicher Affinität, wobei sogenannte Phytatkomplexe entstehen. Besonders Zn^{2+} -Ionen werden mit hoher Affinität im Schweinedarm gebunden und so der Absorption entzogen. Findet die Bindung von Zink zusammen mit Calcium statt entsteht ein nahezu phytaseresistenter Komplex (Humer et al., 2015). Bei Phytatgehalten im Alleinfutter von >8 g/kg tendiert die Absorbierbarkeit des nativen Zinkanteils in Diäten für monogastrische Säuger ohne relevante Phytaseaktivität im Futter gegen Null, wie Arbeiten an Ratten und Absetzferkeln belegen (Windisch and Kirchgessner, 1999; Brugger et al., 2014; Boerboom et al., 2022).

Auch Kupfer kann von Phytinsäure gebunden werden (Marolt et al., 2020). Einzelbefunde zu positiven Effekten eines Einsatzes exogener Phytase auf die Kupferverwertung legen nahe, dass dies auch in der Praxis vorkommen kann (Adeola et al., 1995). Eine Metaanalyse publizierter Datensätze kam hingegen zu Schluss, dass Phytasezusätze keinen nennenswerten Effekt auf die Kupferverwertung im Schwein ausüben (Bikker et al., 2012). Anders als Zink, kommt Kupfer in der Natur in zwei Valenzzuständen vor, Cu^+ und Cu^{2+} . Dementsprechend sind Kupferionen für sich pro-oxidativ und können direkt in Fenton-ähnlichen Reaktionen zur Bildung reaktiver Sauerstoffspezies beitragen (Kaplan and Maryon, 2016). Interessanterweise zeigen Studien zur Bindungsaffinität von Phytinsäure für beide Ionen ähnliche Befunde wie für das Zn^{2+} (Marolt et al., 2020). Es stellt sich also die Frage, wieso die Phytateffekte mit Bezug auf Kupfer in der Praxis nicht so ausgeprägt sind? Es ist anzunehmen, dass im Darm bei ausreichend hohen Mengen gelösten Sauerstoffs der überwiegende Teil von Cu^+ im Dünndarm in Cu^{2+} umgewandelt wird. Interessanterweise, scheinen Cu^{2+} und Ca^{2+} um dieselbe Phosphatgruppe am Phytat zu konkurrieren (Marolt et al., 2020). Da Calcium mit hoher Affinität gebunden wird und zudem in weitaushöheren Konzentrationen im Darm vorliegt als Kupfer ist davon auszugehen, dass es Cu^{2+} von der Bindung an Phytinsäure verdrängt. Dementsprechend verwundert es nicht, dass Schweine native Kupfergehalte besser verwerten können als native Zinkgehalte (z.B. 33% vs. 20% scheinbare Absorption von Kupfer vs. Zink aus einer Basisdiät aus 70% Gerste, 15% Erbsen und 15% Rapskuchen ohne Zink-, Kupfer- und Phytaseergänzung; (Larsen et al., 1999)).

Ein weiterer Aspekt, der die Verwertung von Zink und Kupfer aus dem Futter beeinträchtigt, ist die Konkurrenz beider Ionen zueinander und zu anderen Elementen. Die Absorption von Zink und Kupfer

kann durch zu hohe Gehalte an Eisen im Futter beeinträchtigt werden (Hedges and Kornegay, 1973; Bertolo et al., 2001b). Dies liegt mutmaßlich an einer Konkurrenz um passive Absorptionspfade an der Dünndarmschleimhaut (Suttle, 2022). Die Zinkabsorption wird außerdem von hohen Calciumgehalten negativ beeinflusst. Hier spielen neben einer Konkurrenz um Absorptionspfade (Bertolo et al., 2001a) zudem die bereits angesprochene Bildung phytaseresistenter Ca-Zn-Phytate eine tragende Rolle (Humer et al., 2015). Nicht zuletzt hemmen sich Zink und Kupfer zudem gegenseitig in ihrer Absorption. Bereits 100 mg Zinkzulage je kg Futter reduzierten die scheinbare Kupferverdaulichkeit im Schwein von 22% auf 13% (Mais-Soja-Diät mit 14 mg Cu/kg Alleinfutter) (Adeola et al., 1995). Das Ganze funktioniert auch in die andere Richtung, mit exzessiven Kupfergaben, die die Verwertung von Zink und Eisen hemmen und eine deutliche Erhöhung der Konzentrationen beider Ionen im Futter notwendig macht um negative Effekte abzuf puffern (Suttle and Mills, 1966; Hill et al., 1983). Dies sind nur ein paar prominente Beispiele solcher Interaktionen. Grundsätzlich ist bei der Futtergestaltung unbedingt darauf zu achten, die Gehalte an den verschiedenen Nährelementen zu balancieren und unnötige Überschüsse zu vermeiden.

Wie hoch ist der Bruttobedarf an Zink und Kupfer für das Schwein?

Die bestehende Datenlage zum Bruttobedarf an Zink und Kupfer basiert überwiegend auf Daten aus den 50er bis 80er Jahren des letzten Jahrhunderts (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE), 2006; National Research Council (NRC), 2012). Diese Experimente wurden grundsätzlich ohne Phytasezulagen durchgeführt und ermittelten die meisten der in Tabelle 1 dargestellten Bruttobedarfswerte. Dementsprechend wurde bisher für Absetzferkel ein Bruttobedarf an Zink- bzw. Kupfer von 50 bzw. 5-6 mg/kg Alleinfutter unterstellt, der dann mit fortschreitender Wachstumsentwicklung sukzessive auf 30 bzw. 4 mg/kg Alleinfutter abnimmt, bedingt durch das höhere Futteraufnahmevermögen und den allgemein niedrigeren, relativen Stoffwechselumsatz. Für gravide und laktierende Sauen ist die Datenlage deutlich schlechter als für wachsende Schweine. Grundlage der Bewertungen waren Bedarfswerte von bis zu 33 bzw. 10 mg/kg Alleinfutter für Zink bzw. Kupfer.

Innerhalb der letzten 16 Jahre wurden neuere Bedarfswerte für Zink im Absetzferkel publiziert. Zwei Arbeiten leiteten leicht erhöhte Bedarfswerte von 58 bzw. 55 mg/kg Alleinfutter, auf Basis der homöostatischen Anpassung der Zinkverdaulichkeit bei subklinischem Zinkmangel, ab (Brugger et al., 2014; Boerboom et al., 2022). Dies passierte mit Mais-Soja-Diäten ohne Ergänzung mit Phytase oder kristallinen Aminosäuren und spiegelt womöglich das höhere Wachstumspotential moderner Dreinutzungshybriden wider. Eine französische Arbeit versuchte den Effekt von Phytasezulagen auf den Zinkbedarf von Absetzferkeln abzuleiten (Revy et al., 2006). Basierend auf einer Maximierung von Plasmaparametern (Alkalische Phosphataseaktivität, Zinkkonzentration) schlussfolgerten die Autoren den Zinkbedarf ohne Phytase zwischen 86-92 mg/kg Alleinfutter und bei Gabe von 700 FTU/kg Phytase (Natuphos®) bei 49-54 mg/kg Alleinfutter. Diese Werte müssen kritisch hinterfragt werden, da sie sich nur auf die Reaktion von Blutparametern beziehen, die nur sekundär auf die Anpassung von Absorption und Exkretion reagieren und zudem von einer Vielzahl anderer Faktoren beeinflusst werden. So ist der Plasmazinkspiegel unter anderem abhängig von der Aufnahme bzw. Ausscheidung von Zink in bzw. aus unterschiedlichen Gewebekompartimenten, was insbesondere unter Stressbedingungen zu Verzerrungen der von Revy et al. (2006) gemessenen Parameter führt. Bei laufenden Entzündungsgeschehen, wie sie sowohl bei Zinkmangel als auch -überschuss vorkommen können (Eide, 2011; Maret, 2019), wird gezielt Zink aus der Zirkulation abgezogen und in bestimmte Weichgewebe verlagert (Liuzzi et al., 2005). Revy et al. (2006) haben Ferkel mit klinischem Zinkmangel repletiert, dementsprechend ist von einem allgemein erhöhten Entzündungsstatus in der Kohorte auszugehen und insbesondere die Steigung der Kurven, die zur Ableitung von Umschlagpunkten herangezogen wurden zu hinterfragen. Metalloenzyme wie die alkalische Phosphatase, sind auch in Tieren ohne erkennbaren, klinisch-manifesten Mangel nie zu 100% mit Zink gesättigt, denn das Hinzufügen bzw. Entfernen von

Zink aus dem katalytischen Zentrum ist eine Maßnahme der physiologischen Regulation der Enzymaktivität (Maret and Li, 2009; Maret, 2013). Dementsprechend sind Sättigungskurven der Aktivität infolge steigender (exzessiver) Zinkversorgung kritisch zu hinterfragen. Interessant ist die Studie von Revy et al. (2006) aber vor dem Hintergrund der drastisch reduzierten Umschlagpunkte in Gegenwart exogener Phytase im Futter. Dies zeigt eindrücklich, dass die derzeit empfohlenen Mindestgehalte an Zink im Futter durch Phytasezulage deutlich begrenzt werden können. In diesem Zusammenhang sind die Befunde der bereits erwähnten Metaanalyse aus Wageningen zu Phytaseeffekten auf die Spurenelementverwertung interessant, denen zufolge im Mittel 27 mg Zn/kg Alleinfutter (aus ZnSO₄) beim Einsatz von 500 FTU Phytase eingespart werden können (Bikker et al., 2012). Wie sich das aber effektiv auf den Bedarf in harten Zahlen auswirkt, muss noch durch kontrollierte Folgestudien abgeleitet werden. Allerdings ist es auffällig, dass dies recht genau der Differenz zwischen dem geschätzten Bruttobedarf an Zink ohne Phytaseaktivität des Futters (~50 mg/kg Alleinfutter; Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) (2006); National Research Council (NRC) (2012)) und der geschätzten, notwendigen Mindestkonzentration an Zn bei Fütterung Phytinsäure-freier Diäten entspricht (~20 mg/kg Alleinfutter; Smith et al. (1962); Shanklin et al. (1968)).

Zum Kupfer fehlen für das Schwein belastbare, neuere Daten. Interpretiert man die neueren Befunde zum Bruttoszinkgehalt (~56 mg/kg Alleinfutter; Brugger et al. (2014); Boerboom et al. (2022)) als moderaten Anstieg des Spurenelementbedarfs moderner Genotypen, ist unter Berücksichtigung der geringeren Körpergehalte an Kupfer nicht davon auszugehen, dass sich am Kupferbedarf grundlegend etwas verändert hätte. Letztlich fällt aber auf, dass die Datenlage für Kupfer im Schwein insgesamt weniger umfangreich ist als für Zink. Zudem weichen die aktuellen Empfehlungen insbesondere bei wachsenden Schweinen nur unwesentlich von den publizierten Bedarfswerten ab. Neue Dosis-Wirkungsstudien zur genaueren Ableitung des Bedarfs moderner Genotypen, und Überprüfung der geltenden Versorgungsempfehlungen für Schweine, erscheinen daher dringend angebracht. Dennoch kann davon ausgegangen werden, dass die in den letzten Jahren postulierten Mindestkupfergehalte im Alleinfutter (insbesondere von Ferkeln) den wahren Bedarf weit überschreiten. Bei Kupfergehalten von >100-150 mg/kg Alleinfutter in den ersten acht Wochen nach dem Absetzen (Anonymous, 2018) geht es nicht primär um die Ausfütterung des Bedarfs, sondern um pharmakologische Sonderwirkungen.

Tabelle 1. Publierte Bruttobedarfswerte sowie aktuelle Fütterungsempfehlungen für Zink und Kupfer von Schweinen

	Bruttobedarf		Versorgungsempfehlungen			
	mg/kg Alleinfutter (88% TM)		mg/kg Alleinfutter-TM			
	Cu	Zn	GfE 2006		NRC 2012	
	Cu	Zn	Cu	Zn	Cu	Zn
Ferkel ¹	5 - 6	50 - 56	6	80 - 100	6 - 7	89 - 111
Mastschwein ³	4 - 5	30 - 50	4 - 5	50 - 60	3 - 4	56 - 67
Tragende Sau ⁴	6 - 9,5	25 - 33	8 - 10	50	11	111
Laktierende Sau ⁵	10	>33	8 - 10	50	22	111

¹**Zn:** Luecke et al. (1956); Stevenson and Earle (1956); Lewis et al. (1957a); Lewis et al. (1957b); Smith et al. (1958 and 1962); Baker and Ammerman (1995); Brugger et al. (2014); Boerboom et al. (2021). **Cu:** Okonkwo et al. (1979); Hill et al. (1983).

²Hedges et al. (1976) konnten keine Sättigung positiver Effekte bei 33 mg Zn/kg Alleinfutter ableiten, was nahelegt, dass der Bedarfswert höher liegt. Eine präzise Bedarfsableitung steht noch aus.

³**Zn:** Lewis et al. (1956); Smith et al. (1962); Liptrap et al. (1970); Miller et al. (1970). **Cu:** Jondreville et al. (2002).

⁴**Zn:** Hedges et al. (1976); Kirchgessner et al. (1981). **Cu:** Kirchgessner et al. (1980); Kirchgessner et al. (1981).

⁵**Zn:** Hedges et al. (1976). **Cu:** Kirchgessner et al. (1983).

Ein Schwachpunkt früherer und neuerer Experimente zur Ableitung des Zink- bzw. Kupferbedarfs im Schwein ist die Tatsache, dass (abgesehen vom Zinkmangel) grundlegend unter basalen Bedingungen gearbeitet wurde. Bis heute gibt es keine verlässlichen Daten aus ausreichend hochauflösenden Dosis-Wirkungsstudien innerhalb physiologischer Dosisbereiche, die unter Challengebedingungen wie Hitzestress oder Infektionen stattgefunden haben. Aus diesem Grund haben wir kein gutes Verständnis davon, wie stark der Bruttobedarf an Zink und Kupfer verschiedener Alters- und Leistungsklassen von Schweinen unter derartigen Bedingungen ansteigt. Zudem fehlen klare Empfehlungen zur Rationsgestaltung vor dem Hintergrund der Verwertung von Zink und Kupfer unter verschiedenen Fütterungsbedingungen, wie variierender Phytaseergänzung und Verwendung verschiedener Rohkomponenten nach unterschiedlicher Prozessierung (Stichwort: «native Phytaseaktivität»; Viveros et al. (2000)). Ein besseres Verständnis der Zink- und Kupferverwertung unter verschiedenen Lebens- und Fütterungsbedingungen von Schweinen dürfte uns dem Ziel des «Precision Feeding» von Spurenelementen deutlich näherbringen und helfen Supplemente künftig auf ein notwendiges Minimum zu begrenzen.

„Physiologischer Bedarf“ und pharmakologische Effekte: Was braucht das Schwein wirklich?

Es gibt Wirkungen von Zink und Kupfer auf Absetzferkel, die unabhängig von deren Rolle als essenzielle Nährelemente sind. Solche "pharmakologischen Effekte" wirken primär auf das Darmsystem. Dabei kommen insbesondere Veränderungen in der Darmarchitektur und der Wirts-Mikroben-Interaktion zum tragen (Poulsen, 1998). Traditionell wurden solche Effekte durch ~2500 bzw. ~250 mg/kg Zn bzw. Cu aus futterreinem ZnO bzw. CuSO₄ erreicht. Damit einher gingen jedoch auch eine Vielzahl negativer Effekte, von unerwünschter Akkumulation im Organismus (Fry et al., 2012; Pieper et al., 2015), über erhöhte Schwermetallbelastung der Umwelt durch Wirtschaftsdünger (Döhler et al., 2004), bis hin zur Förderung multiresistenter Keime durch überhöhte Metallgehalte im Darm und Güllekanal (Baker-Austin et al., 2006; Hölzel et al., 2012; Vahjen et al., 2015). Dementsprechend wurden die erlaubten Höchstgehalte im Alleinfutter für alle Tierarten und insbesondere für Schweine stark begrenzt. Dennoch sind für Ferkel nach wie vor 150 mg Zn/kg Alleinfutter und 150 bzw. 100 mg Cu/kg Alleinfutter bis zu 4 bzw. 8 Wochen nach dem Absetzen erlaubt (Anonymous, 2016 and 2018). Dies hat verstärkte Bestrebungen der Industrie ausgelöst, zu zeigen, dass bestimmte Quellen an Zink und Kupfer in der Lage sind auch bei 150 mg/kg noch einen pharmakologischen Effekt auszulösen (Morales et al., 2012; Roméo et al., 2018). Es muss jedoch klar darauf hingewiesen werden, dass dies nichts mit der Deckung eines spezifischen Bedarfs für Zink und Kupfer zu tun hat, deren jeweilige Bedarfsschwellen in jedem Fall deutlich unter 100 mg/kg liegen (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE), 2006; National Research Council (NRC), 2012). Schließlich lassen sich diese Effekte mit Substanzen wie Fütterungsantibiotika ebenfalls erzeugen (Kyriakis, 1989), die man ja auch nicht als essenzielle Nahrungsbestandteile deklarieren würde.

Als bedenklich können jüngste Bestrebungen interpretiert werden, solche Effekte als essenziellen metabolischen Bedarf zu interpretieren und die Fütterungsempfehlungen nach oben zu korrigieren. So postulierten Hansen et al. (2022) jüngst einen Bruttozinkbedarf von Ferkeln nach dem Absetzen von 1100-1400 mg Zn/kg Alleinfutter (entsprechend 166-400 mg Zn/d). Dieser Anstieg in der Konzentration soll die geringere Futteraufnahme um das Absetzen kompensieren. Die Autoren zeigten jedoch nicht, wie sich die Fütterung auf den endogenen Zinkstoffwechsel ausgewirkt hat. Damit steht der Beweis aus, dass 500 mg Zn/kg Alleinfutter in der Tat die Schwelle zur Deckung des endogenen Bedarfs war und nicht einfach die Minimumdosis zur Auslösung eines pharmakologischen Effektes unter den gegebenen Produktionsbedingungen. Zudem wurden Dosierungen <100 mg/kg nicht berücksichtigt und der Zinkgehalt im Plasma als ursächlich bei der Durchfallintervention interpretiert, ohne Beweise dafür zu liefern, dass Korrelation und Ursächlichkeit in diesem Fall tatsächlich beieinanderliegen.

Natürlich muss man die Bedenken der Schweineproduzenten ernst nehmen. In der Tat bedeutet die Kompensation des Wegfalls pharmakologischer Effekte von Zink und Kupfer zunächst höhere Produktionskosten, da es künftig sehr viel stärker darauf ankommen wird den richtigen «Cocktail» an zugelassenen Futterzusätzen zur Wirkung zu bringen; z.B. organische Säuren, Faserzusätze etc. (Laskoski et al., 2021). Langfristig gewinnen wir jedoch nichts, würden wir die Praxis pharmakologischer Zink- und Kupferzusätze fortführen. Die European Chemical Society (EuChemS) hat jüngst ihr spezielles Periodensystem aktualisiert, das den Status der Weltreserven für diejenigen Elemente widerspiegelt, die in Industrie und Medizin eine besondere Rolle spielen (online frei verfügbar unter <https://www.euchems.eu/wp-content/uploads/2021/11/Endangered-ElementsCarbon-Updated.pdf>). Dies weist auf die begrenzten Kupfervorkommen hin, die künftig zu Versorgungsengpässen führen können. Für Zink geht man sogar von einer kritischen Versorgungslage innerhalb der nächsten 100 Jahre aus. Daraus kann man nur schlussfolgern, dass die Zukunft dem «Precision Feeding» gehört und der Etablierung von Produktionsprozessen mit einem Höchstmaß an rezyklierenden Nährstoffen (~Nährstoffrecycling) innerhalb des agrarwirtschaftlichen Wertschöpfungsgeflechtes.

Wie misst man eigentlich den Bedarf von Spurenelementen?

Wie bereits mehrfach angeklungen fehlen zeitgemäße Bedarfsableitungen für Zink und Kupfer für Schweine. Die letzten dem Autor bekannten Studien waren eigene Arbeiten zur Ableitung des Zinkbedarfs im Absatzferkel (Brugger et al. 2014, Boerboom et al. 2022). Diese Arbeiten legten einen um 5-8 mg/kg höheren Bruttozinkbedarf fest als er in den klassischen Arbeiten aus den 1950er und 1960er Jahren definiert wurde (50 mg/kg Alleinfutter, Tabelle 1). Dies mag das höhere Leistungspotential moderner Genotypen bei nur unbeträchtlich gestiegenem Futteraufnahmevermögen widerspiegeln. Es ist jedoch auch möglich, dass die Unterschiede mit unterschiedlichen Messparametern zusammenhängen. Denn während die klassischen Arbeiten überwiegend auf den zur Sättigung des Leistungsbedarfs notwendigen Zinkbedarf fokussiert waren, verwendeten die beiden neueren Arbeiten die scheinbar verdaute Zinkmenge als Parameter der Bedarfsableitung. Letzterer reflektiert, bei Betrachtung unter ausreichend hochauflösenden Dosis-Wirkungsbedingungen innerhalb physiologischer Dosisbereiche, den Status der homöostatischen Regulation in Abhängigkeit der über das Futter verabreichten Zinkmenge. Damit lässt sich ableiten, ob der Organismus noch aktive Absorption betreibt oder solche Mechanismen bereits weitestgehend gedämpft wurden und vermehrt Überschüsse hinter der Darmschranke wieder ausgeschieden werden (Brugger and Windisch, 2019; Brugger et al., 2022). In anderen Worten, die neueren Studien haben es dem Organismus selbst überlassen zu signalisieren wie sein Bedarfsstatus ist. Sich auf zootechnische Parameter z.B. die Sättigung von Zuwachsraten zu verlassen, mag unter Umständen dazu führen, dass die Sättigung bei niedrigerer Zinkversorgung eintritt als bei Berücksichtigung des Gesamtbedarfs. So könnte die, mit dem Zuwachs einhergehende Immunaktivität (tierisches Wachstum ist ein pro-oxidativer Prozess und damit potenziell inflammatorisch), dabei nicht berücksichtigt worden sein, wohingegen sich bei Betrachtung der Ganzkörperhomöostase mutmaßlich der Bedarf der anderen Körperkompartimente ebenfalls niederschlägt. Dies sind zum jetzigen Zeitpunkt natürlich nur Vermutungen und bedürfen der Überprüfung in präzisen Stoffwechselversuchen.

In jedem Fall zeigen diese Vergleiche, dass methodische Aspekte wie die Wahl des Messparameters einen nachhaltigen Einfluss auf das Ergebnis der Bedarfsableitung haben können. Grundsätzlich scheint eine gewisse Unsicherheit bei der experimentellen Modellierung des Bedarfs zu bestehen und die Mehrzahl der Arbeiten zum Thema Spurenelemente aus den letzten 20 Jahren haben sich auf den Vergleich von Spurenelementquellen unter Bedingungen bedarfsdeckender Spurenelementversorgung fokussiert, was für sich als kritisch bewertet werden kann (siehe Brugger et al. (2022) für weiterführende Informationen). Diese und andere Sachverhalte wurden jüngst in einem Positionspapier der Arbeitsgruppe "Bioverfügbarkeit" aus der BfR-Kommission "Futtermittel und Tierernährung" zusammengefasst und mittlerweile auch umfassend in einem Übersichtsartikel diskutiert (Brugger et al.,

2022). Grundsätzlich plädieren die Autoren für ein Modellieren praktisch relevanter Phänotypen unter Bedingungen hochauflösender Dosis-Wirkungsbetrachtungen. Am Beispiel von Zn, Cu und Mn wurden die Besonderheiten des Stoffwechsels und insbesondere in der Fütterung verschiedener Nutztierspezies erörtert und Vorschläge für geeignete Statusparameter gemacht. Dies geschah in der Hoffnung einen methodischen Beitrag dazu zu leisten, die Datenlage zum Spurenelementbedarf unter verschiedenen Produktionsbedingungen zu verbessern und somit auch hier dem Prinzip des "Precision Feeding" näherzukommen.

Schlussfolgerungen

Neuerdings werden Effekte von Zink und Kupfer im Schwein als «Bedarfsdeckung» beworben, die sich deutlich über den publizierten Bruttobedarfsableitungen bewegen. Obschon sich der Gesamtbedarf an Zink und Kupfer im Zuge des züchterischen Fortschritts seit den klassischen Experimenten zur Bedarfsableitung im Schwein mutmaßlich verändert hat, waren die Zunahmen ausgedrückt in mg/kg Alleinfutter mit Sicherheit nicht derart dramatisch um Zulagen jenseits von 100 mg/kg zu rechtfertigen. Leistungssteigerungen oder Effekte auf die Darmgesundheit, die mit solchen Dosierungen erzielt werden, müssen dem Bereich pharmakologischer Effekte zugerechnet werden. Diese sind keine essentiellen Effekte des jeweiligen Spurenelements und können durch andere Futterzusätze ebenfalls ausgelöst werden.

Es kann von Seiten der Praktiker problemlos davon ausgegangen werden, dass die meisten geltenden Fütterungsempfehlungen für alle Altersklassen und Leistungsstadien als bedarfsdeckend angesehen werden können, liegen sie doch bereits weit über dem geschätzten Bruttobedarf. Dies gilt auch unter Berücksichtigung neuerer Studien die, zumindest für Zink, leicht erhöhte Bruttobedürfnisse von Absetzferkeln gegenüber den klassischen Studien nahelegen. Allerdings muss auch festgehalten werden, dass ein deutlicher Engpass in der Datenlage zum Kupfer beim Schwein vorliegt, den wir schnellstmöglich beseitigen sollten. Es ist aber nicht davon auszugehen, dass der Bruttokupferbedarf unabhängig von Alters- und Leistungsklasse >50 mg/kg liegt. Auf Basis der gegenwärtigen Datenlage bewegen sich die Bedarfspunkte von Schweinen, über Altersklassen und Produktionszweige hinweg betrachtet, mutmaßlich zwischen 5 und 20 mg Cu/kg Alleinfutter, auch bei Berücksichtigung der potentiellen Effekte des züchterischen Fortschritts.

Die Zukunft gehört auch bei den Spurenelementen dem „Precision Feeding“. Hierfür ist es notwendig die zum Teil veraltete Datenlage zu aktualisieren, um Bedarfspunkte unter experimentellen Bedingungen abzuleiten, die moderne Produktionsbedingungen reflektieren. Zudem muss endlich eine Bedarfsableitung auch unter Challengebedingungen durchgeführt werden um temporäre Ausschläge im Bedarf nach oben, unter Bedingungen von Stress, Infektion bzw. Inflammation, besser einschätzen zu können. Das mittelfristige Ziel muss es sein, Supplementierung auf das notwendige Minimum zurückzuschrauben und insbesondere in Ausnahmesituationen mit gezielten Behandlungen entgegenzuwirken.

Literatur

Adeola, O., Lawrence, B.V., Sutton, A.L., Cline, T.R., 1995. Phytase induced changes in mineral utilization in zinc-supplemented diets for pigs. *Journal of Animal Science* 73, 3384-3391.

Anonymous, 2001. Regulation (EC) No 999/2001 of the European parliament and the council of 22 May 2001 laying down rules for the prevention, control and eradication of certain transmissible spongiform encephalopathies. *Official Journal of the European Union* 32, 289-328.

Anonymous, 2016. Commission implementing regulation (EU) 2016/1095 of 6 July 2016 concerning the authorisation of Zinc acetate dihydrate, Zinc chloride anhydrous, Zinc oxide, Zinc sulphate heptahydrate, Zinc sulphate monohydrate, Zinc chelate of amino acids hydrate, Zinc chelate of protein hydrolysates, Zinc chelate of glycine hydrate (solid) and Zinc chelate of glycine

hydrate (liquid) as feed additives for all animal species and amending Regulations (EC) No 1334/2003, (EC) No 479/2006, (EU) No 335/2010 and Implementing Regulations (EU) No 991/2012 and (EU) No 636/2013. Official Journal of the European Union 182, 7-27.

Anonymous, 2018. Commission implementing regulation (EU) 2018/1039 of 23 July 2016 concerning the authorisation of Copper(II) diacetate monohydrate, Copper(II) carbonate dihydroxy monohydrate, Copper(II) chloride dihydrate, Copper(II) oxide, Copper(II) sulphate pentahydrate, Copper(II) chelate of amino acids hydrate, Copper(II) chelate of protein hydrolysates, Copper (II) chelate of glycine hydrate (solid) and Copper(II) chelate of glycine hydrate (liquid) as feed additives for all animal species and amending Regulations (EC) No 1334/2003, (EC) No 479/2006, (EU) No 349/2010 and Implementing Regulations (EU) No 269/2012, (EU) No 1230/2014 and (EU) 2016/2261. Official Journal of the European Union 186, 3-24.

Asada, K., Toyota, K., Nishimura, T., Ikeda, J., Hori, K., 2010. Accumulation and mobility of zinc in soil amended with different levels of pig-manure compost. *J. Environ. Sci. Health B* 45, 285 - 292

Baker-Austin, C., Wright, M.S., Stepanauskas, R., McArthur, J.V., 2006. Co-selection of antibiotic and metal resistance. *Trends in Microbiology* 14, 176-182.

Baker, D.H., Ammerman, C.B., 1995. Zinc bioavailability. In *Bioavailability of nutrients for animals: amino acids, minerals, and vitamins* (eds. CB Ammerman, DG Baggott and AJ Lewis), Academic Press, San Diego, California, USA, pp. 367-398.

Bertolo, R.F., Bettger, W.J., Atkinson, S.A., 2001a. Calcium competes with zinc for a channel mechanism on the brush border membrane of piglet intestine. *Journal of Nutritional Biochemistry* 12, 66-72.

Bertolo, R.F., Bettger, W.J., Atkinson, S.A., 2001b. Divalent metals inhibit and lactose stimulates zinc transport across brush border membrane vesicles from piglets. *Journal of Nutritional Biochemistry* 12, 73-80.

Bikker, P., Jongbloed, A.W., Thissen, J.T.N.W., 2012. Meta-analysis of effects of microbial phytase on digestibility and bioavailability of copper and zinc in growing pigs. *Journal of Animal Science* 90, 134-136.

Boerboom, G., Gansmaier, E., Busink, R., Martín-Tereso, J., Windisch, W.M., Brugger, D., 2021. Short-term fluctuations in dietary zinc supply can promote temporal emptying of bone Zn reserves in weaned piglets. In *Abstract Book - International Conference of Trace Elements and Minerals (ICTEM)*, p. 49.

Boerboom, G., Gansmaier, E., Oeckl, J., Busink, R., Martín-Tereso, J., Windisch, W., Brugger, D., 2022. Dietary L-glutamic acid N,N-diacetic acid improves short-term maintenance of zinc homeostasis in a model of subclinical zinc deficiency in weaned piglets. *British Journal of Nutrition* doi: 10.1017/S000711452100489X, 1-10.

Brugger, D., Windisch, W., 2019. Zn metabolism of monogastric species and consequences for the definition of feeding requirements and the estimation of feed zinc bioavailability. *J. Zhejiang Univ. Sci. B* 20, 617-627.

Brugger, D., Buefler, M., Windisch, W., 2014. Development of an experimental model to assess the bioavailability of zinc in practical piglet diets. *Archives of Animal Nutrition* 68, 73-92.

Brugger, D., Wagner, B., Windisch, W., Schenkel, H., Schulz, K., Südekum, K.-H., Berk, A., Pieper, R., Kowalczyk, J., Spolders, M., 2022. Review: Bioavailability of trace elements in farm animals: definition and practical considerations for improved assessment of efficacy and safety. *Animal* 16, 100598.

Döhler, H., Eckel, H., Fruchtenicht, K., H., G., Kühnen, V., Roth, U., Schultheiß, U., Steffens, G., Uihlein, A., Wilcke, W., 2004. Forschungsbericht 29972104, UBA-FV 000580: Erfassung von Schwermetallströmen in landwirtschaftlichen Tierproduktionsbetrieben (engl. Mapping heavy metal fluxes in agricultural animal production systems). Umweltbundesamt Berlin, Berlin (Germany).

Eide, D.J., 2011. The oxidative stress of zinc deficiency. *Metallomics* 3, 1124-1129.

Fry, R.S., Ashwell, S., Lloyd, K.E., O'Nan, A.T., Flowers, W.L., Stewart, K.R., Spears, J.W., 2012. Level and source of dietary copper affects small intestine morphology, duodenal lipid peroxidation, hepatic oxidative stress and mRNA expression of hepatic copper regulatory proteins in weanling pigs. *Journal of Animal Science*.

Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE), 2006. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung bei Schweinen. In *Energie und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere* (ed. GfE), DLG-Verlag, Frankfurt am Main

Hansen, S.V., Nørskov, N.P., Nørgaard, J.V., Woyengo, T.A., Poulsen, H.D., Nielsen, F.H., 2022. Determination of the optimal level of dietary zinc for newly weaned piglets: A dose-response study. *Animals* 12, 1552.

Hedges, J.D., Kornegay, E.T., 1973. Interrelationship of dietary copper and iron as measured by blood parameters, tissue stores and feedlot performance of swine. *Journal of Animal Science* 37, 1147-1154.

Hedges, J.D., Kornegay, E.T., Thomas, H.R., 1976. Comparison of dietary zinc levels for reproducing sows and the effect of dietary zinc and calcium on the subsequent performance of their progeny. *Journal of Animal Science* 43, 453-463.

Hill, G.M., Ku, P.K., Miller, E.R., Ullrey, D.E., Losty, T.A., O'Dell, B.L., 1983. A copper deficiency in neonatal pigs induced by a high zinc maternal diet. *Journal of Nutrition* 113, 867-872.

- Hölzel, C.C., Müller, C., Harms, K.S., Mikolajewski, S., Schäfer, S., Schwaiger, K., Bauer, J., 2012. Heavy metals in liquid pig manure in light of bacterial antimicrobial resistance. *J. envres. Environ. Res.*
- Humer, E., Schwarz, C., Schedle, K., 2015. Phytate in pig and poultry nutrition. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 99, 605-625.
- Jondreville, C., Revy, P.S., Jaffrezic, A., Dourmad, J.Y., 2002. Le cuivre dans l'alimentation du porc: oligoélément essentiel, facteur de croissance et risque potentiel pour l'homme et l'environnement. *INRA Prod. Anim.* 15, 247-265.
- Kaplan, J.H., Maryon, E.B., 2016. How mammalian cells acquire copper: An essential but potentially toxic metal. *Biophysical Journal* 110, 7-13.
- Kickinger, T., Würzner, H., Windisch, W., 2010. Zinc and copper in feeds, slurry and soils from Austrian pig fattening farms feeding commercial complete feed or feed mixtures produced on-farm. *Bodenkultur* 60, 47 - 58.
- Kickinger, T., Hummer, J., Aichberger, K., H., W., Windisch, W., 2008. Survey on zinc and copper contents in dung from Austrian livestock production. *Bodenkultur* 59, 101 - 110.
- Kirchgessner, M., Mader, H., Grassman, E., 1980. Zur Fruchtbarkeitsleistung von Sauen bei unterschiedlicher Cu-Versorgung. *Züchtungskunde* 52, 46-53.
- Kirchgessner, M., Roth-Maier, D., Spörl, R., 1981. Studies on pregnancy anabolism of copper, zinc, nickel and manganese of sows. *Archives of Animal Nutrition* 31, 21-34.
- Kirchgessner, M., Roth-Maier, D., Spörl, R., 1983. Spurenelementbilanzen (Cu, Zn, Ni und Mn) laktierender Sauen. *Zeitschrift für Tierphysiologie Tierernährung und Futtermittelkunde* 50, 230-239.
- Kirchgessner, M., Stangl, G., Schwarz, F.J., Roth, F.X., Südekum, K.-H., Eder, K., 2014. *Tierernährung*. DLG-Verlag, Frankfurt a. M., Germany.
- Kyriakis, S.C., 1989. The effect of avilamycin in the control of stress-induced post-weaning diarrhoea in piglets. *J. Vet. Pharmacol. Ther.* 12, 296-301.
- Larsen, T., Skoglund, E., Sandberg, A.-S., Engbert, R.M., 1999. Soaking and pelleting of pig diets alters the apparent absorption and retention of minerals. *Canadian journal of animal science*. Ottawa ON 79, 477-483.
- Laskoski, F., Tokach, M.D., Woodworth, J.C., DeRouchey, J.M., Dritz, S.S., Gebhardt, J.T., Goodband, R.D., Faccin, J.E.G., Bortolozzo, F.P., 2021. Effects of different diet alternatives to replace the use of pharmacological levels of zinc on growth performance and fecal dry matter of weanling pigs. *Transl. Anim. Sci.* 5, txab074.
- Lewis, P.K., Grummer, R.H., Hoekstra, W.C., 1957a. The effect of method of feeding upon the susceptibility of the pig to parakeratosis. *Journal of Animal Science* 16, 927-936.
- Lewis, P.K., Hoekstra, W.C., Grummer, R.H., 1957b. Restricted calcium feeding versus zinc supplementation for the control of parakeratosis in swine. *Journal of Animal Science* 16, 578-588.
- Lewis, P.K., Hoekstra, W.C., Grummer, R.H., Phillips, P.H., 1956. The effects of certain nutritional factors including calcium, phosphorus and zinc on parakeratosis. *Journal of Animal Science* 15, 741-751.
- Liptrap, H.D., Miller, E.R., Ullrey, D.E., Whitenack, D.L., Schoepke, B.L., Luecke, R.W., 1970. Sex influence on zinc requirement of developing swine. *Journal of Animal Science* 30, 736-741.
- Liu, Y., Espinosa, C.D., Abelilla, J.J., Casas, G.A., Lagos, L.V., Lee, S.A., Kwon, W.B., Mathai, J.K., Navarro, D.M.D.L., Jaworski, N.W., Stein, H.H., 2018. Non-antibiotic feed additives in diets for pigs: A review. *Animal Nutrition* 4, 113-125.
- Liuzzi, J.P., Lichten, L.A., Rivera, S., Blanchard, R.K., Aydemir, T.B., Knutson, M.D., Ganz, T., Cousins, R.J., 2005. Interleukin-6 regulates the zinc transporter Zip14 in liver and contributes to the hypozincemia of the acute-phase response. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 102, 6843-6848.
- Luecke, R.W., Hoefler, J.A., Brammell, W.G., Thorp, F., 1956. Mineral interrelationships in parakeratosis of swine. *Journal of Animal Science* 15.
- Maret, W., 2013. Inhibitory zinc sites in enzymes. *BioMetals* 26, 197-204.
- Maret, W., 2019. The redox biology of redox-inert zinc ions. *Free Radical Biology and Medicine* 134, 311-326.
- Maret, W., Li, Y., 2009. Coordination dynamics of zinc in proteins. *Chemical Reviews* 109, 4682-4707.
- Marolt, G., Gricar, E., Pihlar, B., Kolar, M., 2020. Complex formation of phytic acid with selected monovalent and divalent cations. *Front. Chem.* 8, 582746.
- Miller, E.R., Liptrap, D.O., Ullrey, D.E., 1970. Sex influence on zinc requirement of swine. In *Trace Element Metabolism in Animals* (Ed. CF Mills), pp. 377-379. E. & S. Livingstone, Edinburgh, UK.

- Morales, J., Cordero, G., Pineiro, C., Durosoy, S., 2012. Zinc oxide at low supplementation level improves productive performance and health status of piglets. *Journal of Animal Science* 90, 436-438.
- National Research Council (NRC), 2012. Nutrient requirements of swine, 11th revised edition. National Academy Press, Washington, D.C., USA.
- Okonkwo, A.C., Ku, P.K., Miller, E.R., Keahey, K.K., Ullrey, D.E., 1979. Copper requirement of baby pigs fed purified diets. *Journal of Nutrition* 109.
- Pieper, R., Martin, L., Schunter, N., Tudela, C.V., Weise, C., Klopffleisch, R., Zentek, J., Einspanier, R., Bondzio, A., 2015. Impact of high dietary zinc on zinc accumulation, enzyme activity and proteomic profiles in the pancreas of piglets. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 30, 30-36.
- Poulsen, H.D., 1998. Zinc and copper as feed additives, growth factors or unwanted environmental factors. *J. Anim. Feed Sci.* 7, 135-142.
- Revy, P.S., Jondreville, C., Dourmad, J.Y., Nys, Y., 2006. Assessment of dietary zinc requirement of weaned piglets fed diets with or without microbial phytase. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 90, 50-59.
- Roméo, A., Durosoy, S., Van Baal, J., Bikker, P., 2018. Effect of two copper sources on growth performance and copper status of weaned piglets. *Journées Recherche Porcine* 50, 131-136.
- Rout, G.R., Das, P., 2003. Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism: I. Zinc. *Agronomie* 23, 3 - 11.
- Shanklin, S.H., Miller, E.R., Ullrey, D.E., Hoefler, J.A., Luecke, R.W., 1968. Zinc requirement of baby pigs on casein diets. *Journal of Nutrition* 96, 101-108.
- Smith, W.H., Plumlee, M.P., Beeson, W.M., 1958. Zinc requirement for growing swine. *Science* 128, 1280-1281.
- Smith, W.H., Plumlee, M.P., Beeson, W.M., 1962. Effect of source of protein on zinc requirement of the growing pig. *Journal of Animal Science* 21, 399-405.
- Stevenson, J.W., Earle, I.P., 1956. Studies on parakeratosis in swine. *Journal of Animal Science* 15, 1036-1045.
- Suttle, N.F., 2022. Mineral Nutrition of Livestock, 5th Edition. CABI, Wallingford, UK.
- Suttle, N.F., Mills, C.F., 1966. Studies of the toxicity of copper to pigs. 2. Effect of protein source and other dietary components on the response to high and moderate intakes of copper. *British Journal of Nutrition* 20, 149-161.
- Vahjen, W., Pietruszynska, D., Starke, I.C., Zentek, J., 2015. High dietary zinc supplementation increases the occurrence of tetracycline and sulfonamide resistance genes in the intestine of weaned pigs. *Gut Pathog.* 7, 23.
- Viveros, A., Centeno, C., Brenes, A., Canales, R., Lozano, A., 2000. Phytase and acid phosphatases in plant feedstuffs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48, 4009-4013.
- Windisch, W., Kirchgessner, M., 1999. Zinc absorption and excretion in adult rats at zinc deficiency induced by dietary phytate additions: I. Quantitative zinc metabolism of ⁶⁵Zn-labelled adult rats at zinc deficiency. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 82, 106 - 115.

Autorenanschrift:

Dr. Daniel Brugger
Institut für Tierernährung und Diätetik
Vetsuisse-Fakultät
Universität Zürich
E-Mail: dbrugger@nutrivet.uzh.ch

Die Stallsaldierung beim Phosphor am Beispiel der Schweinemast

Reinhard Puntigam und Hubert Spiekers

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

Herausforderung in der Phosphorreduktion

Seit einigen Jahren stellt die Phosphor (P)-Versorgung landwirtschaftlicher Nutztiere einen bedeutenden Gegenstand der Forschung im Bereich der Tierernährung dar. Für verschiedene Tierarten wurden die Empfehlungen zur Versorgung vom Ausschuss für Bedarfsnormen (AfBN) der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) überarbeitet. Anlass für die wissenschaftlichen Bemühungen gab zunächst die Erkenntnis, dass die landwirtschaftliche Produktion in Regionen mit sehr hohen P-Gehalten der Böden für einen überhöhten Eintrag von P in die Umwelt, insbesondere die Oberflächengewässer, mitverantwortlich ist (Mengel, 1997). Aus der Erkenntnis resultierten Vorgaben in der Düngeverordnung (DüV, 2017) und der Stoffstrombilanzverordnung (StoffBilV, 2017). Neben der Belastung durch Emissionen rückte ebenfalls die Belastung durch Immissionen (z.B. durch Luftschadstoffe) zunehmend in den Vordergrund. Im Rahmen der Umweltgesetzgebung (NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284; Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft, 2021); 43. Bundesimmissionsschutzverordnung) wurden unter anderem nationale Emissionsreduktionsverpflichtungen für ausgewählte Luftschadstoffe festgelegt, welche die Landwirtschaft insbesondere bei Stickstoff (N) und Phosphat (P_2O_5) vor große Herausforderungen stellen. Hier kommt die Einbindung der Nutztierhaltung in die P-Kreisläufe ins Spiel. Während es bei den Empfehlungen zur Nährstoffversorgung zunächst hauptsächlich darum ging, einen Mangel in der Versorgung der Nutztiere sicher auszuschließen, wurde zunehmend der Anspruch berücksichtigt, eine hohe Verwertung des P zu erreichen und damit die P-Ausscheidungen zu minimieren (Rodehutschord und Haese, 2009). Hier gilt es insbesondere den pflanzlichen P z.B. durch Zulage mikrobieller Phytase nutzbar zu machen (DLG, 2022). Damit wird es möglich gemacht der Eutrophierung und Gefährdung der Ökosysteme durch hohe P-Frachten wirkungsvoll entgegenzutreten und nachhaltig Umwelt- und Ressourcenschutz zu betreiben. Die EU-Kommission hat hierzu Merkblätter veröffentlicht, welche die „Beste Verfügbare Technik“ (BVT) im Bereich Futter und Fütterung ausweisen. Für den Bereich der Schweine- und Geflügelhaltung wurde hierzu das BVT-Merkblatt „Intensivtierhaltung von Schweinen und Geflügel“ (Durchführungsbeschluss EU, 2017/302, 2017) veröffentlicht.

Die Saldierung von Nährstoffen

Ausschließlich was man misst kann man auch steuern – vor diesem Hintergrund hat sich die Nähstoffsaldierung bewährt, wodurch eine valide Abschätzung des Nähstoffanfalls möglich ist. Die Saldierung von Nährstoffen kann dabei auf unterschiedlichen Ebenen erfolgen. Aufbauend auf der kleinsten Einheit, dem Tier, kann ebenfalls eine stall- bzw. anlagenspezifische wie auch gesamtbetriebliche Saldierung Anwendung finden. Die gesamtbetriebliche Betrachtung einer nährstoffangepassten Schweinefütterung und deren Einfluss auf den Nährstoffkreislauf schweinehaltender Betriebe wurde durch das Projekt „demonstration farms – nährstoffangepasste Fütterung“ mit speziellem Fokus auf die N- und P-Salden beleuchtet (Schneider et al., 2021a und 2021b).

Die Gegenüberstellung von P-Zufuhren in den Betrieb abzüglich der gesamten P-Abgaben in pflanzlichen und tierischen Produkten sowie Wirtschaftsdüngern ermöglicht eine Berechnung der betrieblichen N-

Salden. Zur Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere sind Tabellen und Berechnungsansätze im DLG Bd.199, Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere, 2. Auflage (DLG, 2014b) beschrieben. In Tabelle 1 werden exemplarisch die Futtermengen, die Gehalte an P je kg Futter (88 % TM) für das Standardverfahren der N-/P-reduzierten Fütterung bei einem Leistungsniveau von 850 g TZ sowie die daraus resultierenden Ausscheidungsmengen an P pro Mastschwein angeführt.

Tabelle 1: P-Gehalte und -Aufnahmen in verschiedenen Mastabschnitten der Schweinemast nach Angaben der DLG (2014b) mit 88 % Trockenmasse im Futter, 3-phasige Fütterung, stark N-/P-reduziert, Leistungsniveau: 850 g mittlere Tageszunahmen.

Lebendmasse (LM)	Futtermenge, kg/Phase	P, g/kg	P-Menge, g/Phase
28 - 40 kg LM	24,3	4,7	114
40 - 65 kg LM	59,9	4,5	270
65 - 90 kg LM	69,7	4,2	293
90 - 118 kg LM	97,5	4,2	410

Für bestimmte tierhaltende Betriebe sowie Betriebe mit Biogasanlagen ist eine betriebliche Stoffstrombilanz für N und P durch die Stoffstrombilanzverordnung (StoffBilV, 2017) bereits seit 2018 verbindlich vorgeschrieben. Ab dem 1. Januar 2023 wird die Pflicht zur betrieblichen Nährstoffsaldierung auf Basis der StoffBilV auf die Mehrzahl der Betriebe ausgeweitet. Eine Anpassung der Saldenbewertung unter Einbeziehung des P ist vom Gesetzgeber vorgesehen.

Die vereinfachte Stallsaldierung wurde in Bayern zur Plausibilisierung der stark N-/P-reduzierten Fütterung im Rahmen der DüV eingesetzt. In weiteren Bundesländern z.B. Nordrhein-Westfalen (NRW) stellt die Stallsaldierung von N und P die Grundlage der einzelbetrieblichen Beurteilung des Nährstoffanfalls dar. In den Niederlanden ist die Stallsaldierung zur Beurteilung des Nährstoffanfalls in Veredlungsbetrieben Standard (Bikker et al., 2019).

Durch die Änderungen bei der TA-Luft sowie der BVT rückt die Stallsaldierung verstärkt in den Fokus. Im Auftrag der Umweltverwaltung erfolgte in Bayern eine konkrete Umsetzung im Bereich Schwein und Geflügel. Hierbei gilt es die anlagenspezifische Stallsaldierung für N und P (genehmigungspflichtig gemäß IE-Richtlinie) für das Jahr 2021, sowie rückwirkend für das Jahr 2020 durchzuführen. Die Emissionswerte der TA Luft (TA Luft, 2021; Tabelle 9, maximale Nährstoffausscheidungen von Schweinen) sind an die N- und P-Ausscheidungen der Tiere und den Gehalt an Rohprotein (XP) und P im Futter gekoppelt. Zu erreichen sind diese Vorgaben mit der Anwendung einer stark N-/P-reduzierten Fütterung, welche die BVT im Bereich Futter und Fütterung widerspiegelt. Exemplarisch wird für ein Mastschwein mit 850 g Tageszunahme (TZ) im Zuge der Mast (von 28 bis 118 kg Lebendmasse, 2,73 Durchgänge) eine maximale Ausscheidung von 3,9 kg P₂O₅ pro Tierplatz und Jahr (entspricht 4,95 kg P₂O₅ je mittlerem Jahresbestand) unterstellt. Diese maximalen Ausscheidungswerte gilt es einzuhalten, bzw. deren Unterschreitung nachzuweisen. In Tabelle 2 werden die unterstellten Gehalte an P im mittleren Mastfutter bei unterschiedlichen Fütterungsverfahren und einer Leistung von 850 g TZ dargestellt (Merkblatt 418, DLG, 2019). Der gewichtete Gehalt an P des mittleren Mastfutters errechnet sich mit den zugrundeliegenden Futtermengen und P-Gehalten aus Tabelle 1.

Tabelle 2: Unterstellte Nährstoffgehalte im Futter bei unterschiedlichen Fütterungsverfahren (je kg Futter, 88 % TM).

Produktionsverfahren	Leistung	Fütterungsverfahren	Mittleres Mastfutter P-Gehalte, g/kg Futter
Mast von 28 - 118 kg LM	850 g TZ, 2,73 Durchgänge / a	Universalfutter	5,0
		N-/P-reduziert	4,5
		stark N-/P-reduziert	4,3
		sehr stark N-/P-reduziert	4,1

Die Vorgehensweise beim Erstellen einer stall- bzw. anlagenspezifischen Stallsaldierung wird durch eine sogenannte „Massenbilanz“ beschrieben und folglich veranschaulicht. Die Nährstoff-Ausscheidungen ergeben sich aus der Differenz der Nährstoff-Aufnahme mit dem Futter und Nährstoff-Ansatz durch den Zuwachs, bzw. das Produkt (Milch, Eier) der Nutztiere.

$$\boxed{\text{Nährstoffaufnahme über das Futter}} - \boxed{\text{Nährstoffansatz im Produkt}} = \boxed{\text{Nährstoffausscheidung}}$$

Bei einer unterstellten Futteraufnahme von 251 kg und einer mittleren täglichen Zunahme von 850 g lässt sich eine P-Aufnahme pro Tier (90 kg Zuwachs) von 1.087 g im Zuge der Mast errechnen. Der Nährstoffansatz im Produkt errechnet sich aus dem Zuwachs an Lebendmasse (90 kg) multipliziert mit dem P-Gehalt im Produkt (5,1 g P/kg Zuwachs). Dies ergibt einen Zuwachs von 459 g P im Zuwachs pro Mastschwein. Die Differenz zwischen P-Input über das Futter (1.087 g) sowie dem P-Ansatz über den Zuwachs (459 g P) ergibt eine Ausscheidung von 628 g P pro Schwein. Die Verrechnung pro Platz (2,73 Umtriebe) sowie die Umrechnung von P in P₂O₅ (Faktor 2,291) ergeben das Resultat von 3,9 kg Phosphat pro Mastschwein, Platz und Jahr.

Berechnungshilfe zur Stallsaldierung

Das Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) Grub erstellte in fachlicher Amtshilfe für die Umweltverwaltung in Zusammenarbeit mit dem Bereich Düngung und Emissionsfragen der LfL zum Nachweis einer stark N-/P-reduzierten Fütterung ein Excel-Anwendung zur Durchführung der Stallsaldierung (siehe Abbildung 1) für Betriebe mit Schweine- oder Geflügelhaltung (Puntigam et al., 2022a). Auch Programme weiterer Bundesländer (z.B. NRW, Rechner für N-/P-reduzierte Mastschweinefütterung) und länderspezifische Vorgaben zur Saldierung von N und P (Bikker et al. 2019) werden hierzu im Internet zur freien Verfügung bereitgestellt.

Für den von der bayerischen Umweltverwaltung geforderten Nachweis gilt es neben dem Zukauf an Tieren, z.B. Ferkel den Einsatz an Futtermitteln anlagenspezifisch als Input zu dokumentieren. Der Verkauf, z.B. Mastschweine, bzw. die Bestandsveränderung oder Abgänge an Tieren spiegeln den Nährstoffansatz wider. Die Differenz stellt die Nährstoffausscheidung in Summe bzw. pro mittlerem Jahresbestand dar. Unterschreitet die anlagenspezifische Nährstoffausscheidung die Maximalwerte der Tabelle 9 der TA Luft erfolgt eine positive Bewertung („ja“). Darüber hinaus wird ebenfalls das Maß der Unter- bzw. Überschreitung relativ dargestellt (Ausscheidungswerte der TA Luft = 100 %).

Berechnungsergebnis - Nährstoffe in kg - nach TA-Luft (Nr. 5.4.7.1)

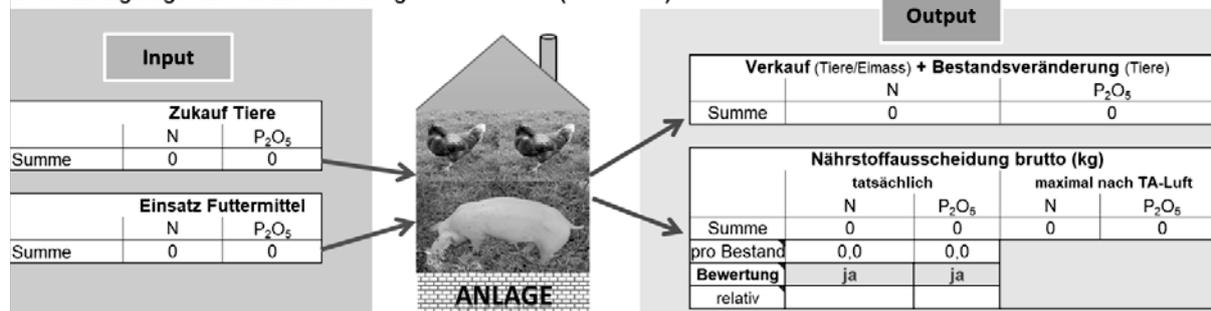


Abbildung 1: Stallsaldierungsprogramm der LfL, Darstellung des Nährstoff-In- und -Outputs sowie deren Bewertung.

Anwendungsbeispiel

Nachstehend wird ein praktisches Beispiel zur anlagenspezifischen Saldierung eines Schweinemastbetriebes zur Verdeutlichung des Vorgehens dargestellt. Ein Schweinemastbetrieb verkauft pro Jahr eine Anzahl von 6.900 Tieren mit einer durchschnittlichen Lebendmasse von 118 kg. Bei einem jährlichen Zukauf von 7.000 Ferkeln (je 28 kg LM) und einem Abgang von 100 Tieren pro Jahr (je 75 kg LM) entspricht dies einem mittlerem Jahresbestand von 2.095 Tieren. Die Bestandsveränderung (Tierbestand zu Jahresbeginn und -ende) wird mit 6.000 kg LM angegeben. Der Futtermiteinsatz beträgt pro Jahr ca. 66.700 kg, was einer Trockenfuturaufnahme (88 %) pro Schwein von ca. 250 kg entspricht. Die Gehalte an P der eingesetzten Futtermittel sind in Tabelle 3 veranschaulicht. Beispielhaft werden 4 unterschiedliche Gehalte an P des Molkefuttermittels zur Veranschaulichung der Variabilität im P-Gehalt sowie 4 Mineralfuttermittel mit unterschiedlichen P-Gehalten dargestellt.

Tabelle 3: P-Gehalte der eingesetzten Futtermittel.

Futtermittel	P-Gehalt, % je kg Originalsubstanz			
Winterweizen C Sorte			0,36	
Wintergerste			0,35	
Maiskornsilage			0,23	
Molkefuttermittel	0,027	0,030	0,030	0,040
Kartoffeldampfschale			0,03	
Sojaextraktionsschrot			0,67	
Mineralfuttermittel, AM			1,50	
Mineralfuttermittel, EM	2,0	2,0	2,50	3,0

AM, Anfangsmast; EM, Endmast

In Tabelle 4 erfolgt die Kalkulation der P-Ausscheidung anhand der Differenz von der mit dem Futter aufgenommenen P-Menge und jener des P-Ansatzes auf Basis des Tierverkaufs bzw. der Bestandsveränderung. Diese wird im Abgleich mit den maximalen Ausscheidungswerte der TA Luft bewertet. Neben den eingesetzten Futtermengen birgt speziell der Einsatz von Nebenprodukten, hier beispielhaft anhand des Molkeinsatzes dargestellt, das Risiko einer negativen Bewertung (Bewertung: „Nein“; >100 %). Darüber hinaus kann ein zu hoher P-Gehalt im Mineralfutter die Problematik hinsichtlich der Nichteinhaltung der maximalen P-Ausscheidungen verschärfen.

Tabelle 4: Verrechnung der P-Ausscheidung und anlagenspezifische Bewertung mittels Stallsaldierungsprogramm der LfL.

	Menge an P ₂ O ₅ / Bewertung				Maximale P-Ausscheidung nach TA Luft
Summer Zukauf Tiere, kg	2.293				
Summe Futtermittel, kg	18.070				
Verkauf und Bestandsveränderung, kg	9.684				
Summe Nährstoffausscheidung, kg	10.370	10.679	11.218	12.842	10.370
Bewertung, stark N-/P-reduziert laut TA Luft	Ja	Nein	Nein	Nein	
Relativ, %	100	103	108	124	100

Limitierende Faktoren

Die Stallsaldierung von P und weiteren Nährstoffen (vorrangig N) stellt ein wirksames Instrument zum anlagenspezifischen Nährstoffcontrolling unter Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben zum Umweltschutz dar. Die Berechnung der P-Ausscheidung auf Basis der Massenbilanzierung erfordert im Speziellen eine genaue Einschätzung des Futtermitelesinsatzes und deren nährstofflichen Zusammensetzungen. Die für eine energie- und nährstoffangepassten Rationsformulierungen benötigten Nährstoffgehalte von Getreide- und Eiweißfuttermittel sowie Nach- und Nebenprodukten können umfangreichen Tabellenwerken entnommen werden (DLG, 2014a; NRC, 2012). Diese Angaben können jedoch auf Grund verschiedenster Faktoren (z.B. Sorten-, Dünge- und Witterungseinflüsse; Verarbeitung) einer starken nährstofflichen Streuung unterliegen. Herz und Groth (2021; unveröffentlicht) veranschaulichten anhand eines Düngeversuches den Effekt der Stickstoff-Düngung auf den Gehalt an XP und P in einer Vielzahl an Sorten der Wintergerste. Als ein Ergebnis dieser Studie geht hervor, dass mit steigender N-Düngung eine signifikante positive Korrelation zwischen dem Gehalt an XP und P auftritt ($R^2 = 0.68$). Diese Schwankungen konnten ebenfalls in einem Fütterungsversuch von Preißinger et al. (2022) nachgewiesen werden und gestalten laut Angaben des Autors die stark N-/P-reduzierte Fütterung schwierig.

Die Anwendung von Nach- und Nebenprodukten aus der Lebensmittelindustrie und Bioethanolerzeugung gewinnt vor dem Hintergrund des Kreislaufgedankens und dem Schluss von Stoffkreisläufen zunehmend Bedeutung in der Rationsgestaltung von Schweinen. Darüber hinaus kann damit die Nahrungsmittelkonkurrenz zwischen Human- und Tierernährung vermindert werden (Puntigam et al., 2022b). Laut Angaben des Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung e.V. wurden im Jahr 2020/2021 rund 22 % der geprüften Mastschweine mit Nebenprodukten (vor allem mit Molken) gefüttert (LKV Bayern, 2021). Es gilt jedoch zu berücksichtigen, dass beim Einsatz von Nach- und Nebenprodukten zwingend die Kenntnis der wertgebenden Inhaltsstoffe und des Futterwertes erforderlich sind, um eine Unter- bzw. Überversorgung der Tiere mit Nährstoffen zu vermeiden. Im Hinblick auf futtermittelrechtliche Vorgaben bzgl. der Kennzeichnung der analytischen Bestandteile von Nach- und Nebenprodukten herrscht jedoch keine Kennzeichnungspflicht des P-Gehaltes (Verordnung (EU) Nr. 767/2009). Des Weiteren werden in der Praxis oftmals Datenblätter mit unzureichenden Angaben zum Gehalt an Nährstoffen (z.B. min., max., ca., Spannweiten) angegeben, welche die Streuungen im Nährstoffgehalt nicht darstellen. Im Zeitraum von 2017 bis 2020 wurden im LKV-Futtermittellabor in Grub 138 Molkereinebenprodukte verschiedenster Hersteller analysiert. Als ein Ergebnis der Arbeit ging hervor, dass mit steigendem Gehalt an Trockenmasse ebenfalls der Asche- und somit ebenfalls der P-Gehalt deutlich zunehmen

(Kraft et al., 2021). Nach Angaben der Autoren konnte in Abhängigkeit der TM ein Gehalt an P von 3 bis 21 g pro kg TM (88 %) nachgewiesen werden. Diese starke Variabilität stellt die Wichtigkeit der regelmäßigen Laboranalytik zur bedarfsgerechten Rationskalkulation sowie der Einhaltung gesetzlicher Ausscheidungswerte im Zuge der Stallsaldierung dar. Beim Zukauf der Nebenprodukte ist neben der Mengenangabe die Deklaration der Gehalte an XP und P als Standard zu etablieren.

Neben dem Einsatz und dem Gehalt an P von Einzelfuttermitteln gilt es ebenfalls die P-Ausstattung des Mineralfuttermittels zu beachten. In der landwirtschaftlichen Praxis werden häufig nährstoffreduzierte Eigenmischungen bzw. zugekaufte nährstoffreduzierter Alleinfuttermischungen nach den beschriebenen Vorgaben eingesetzt (Friggemann et al., 2020). Grünewald und Krieg (2021) fassten in ihrer Studie die Untersuchungen des Verein Futtermitteltest (VFT; 2018-2020) eine Vielzahl an Alleinfuttermitteln für Sauen, Ferkel und Mastschweine im Hinblick auf deren N- und P-Reduzierte Konzeption zusammen. Zum einen zeigt sich über den zeitlichen Verlauf ein deutlicher Anstieg jener Futtermittel mit N- und P-reduzierten Konzeptionen, insbesondere bei den sehr stark N- und P-reduzierten Futtermitteln. Darüber hinaus wurden die deklarierten Gehalte an XP und P für alle untersuchten Alleinfuttermittel bestätigt. Dieser Umstand verdeutlicht das rasche Agieren der Mischfutterindustrie zur Einhaltung sich ändernder gesetzlicher Rahmenbedingungen.

Weitere Fragen resultieren aus der Jahresabgrenzung und den natürlichen Schwankungen der Gehalte in den betriebseigenen Futtermitteln. Dies betrifft z.B. die Einschätzung des Gewichts der Tiere und der Vorräte an Futtermitteln. Die Betrachtung und Beurteilung der Salden sollten daher möglichst als gleitendes Mittel erfolgen.

Die Erfahrungen aus der Anwendung des Programms zeigen, dass die Betriebe die Maßgaben zur stark N-/P-reduzierten Fütterung weitgehend eingehalten haben. Für die Zukunft rückt eine weitere Absenkung der P-Gehalte bei bedarfsgerechter Versorgung mit verdaulichem P in den Fokus.

Fortschritte in der P-Reduktion

Durch den forcierten Einsatz neuer Mineralfutter- und Ergänzerkonzepte konnte eine deutliche Rohprotein- und Phosphorabsenkung in den beim LKV Bayern organisierten Betrieben zwischen 2016-2021 festgestellt werden. Der Gehalt an P im mittleren Mastfutter (88 % TM) konnte dadurch im Mittel der Betriebe von 4,8 auf 4,3 g/kg gesenkt werden. Speziell die Entwicklung und der Einsatz hoch-effizienter Phytasen sowie die Rationskalkulation auf Basis des verdaulichen P nahmen dabei eine bedeutende Rolle ein (Rosenfelder-Kuon et al., 2020; Lautrou et al., 2021). In einem Mastschweineversuch von Preißinger et al. (2018) konnte durch den Einsatz kristalliner Aminosäuren der Gehalt an XP deutlich abgesenkt werden und in der Phase der Endmast (90-120 kg LM) auf den Einsatz des Eiweißfuttermittels (Sojaextraktionsschrot) gänzlich verzichtet werden. Dadurch ließen sich die N-Ausscheidungen pro Mastschwein von 3,85 kg in der Kontrollgruppe auf bis zu 2,99 kg bei Tieren der stärksten Nährstoffabsenkung reduzieren. Auch die P-Ausscheidung pro Mastschwein konnte von 470 g in der Kontrollgruppe auf 375 g bei der Extremvariante vermindert werden. Dieser Erkenntnisse gilt es bestmöglich über eine betriebspezifische Beratung zu transformieren.

Schlussfolgerung und Ausblick

Die bedarfsgerechte Tierernährung trägt, ohne die Leistungsfähigkeit sowie das Wohlbefinden und die Tiergesundheit einzuschränken, wesentlich zum Umwelt- und Ressourcenschutz bei. Die Stallsaldierung kann hierzu als wertvolles Mess- und Steuerinstrument zur betrieblichen Optimierung und zur Einhaltung gesetzlicher Vorgaben eingestuft werden. Grundlegend hierfür ist die optimale Bewertung von Futter und Fütterung. Neben der Mengenerfassung gilt es im Zuge der Rationskalkulation spezielles Augenmerk auf die richtige Einschätzung des Nährstoffgehaltes der Rationskomponenten zu legen.

Dies betrifft vor allem den steigenden Einsatz von Nach- und Nebenprodukten zur Schließung von Stoffkreisläufen und Reduktion der Konkurrenz zwischen der Human- und Tierernährung. Die hohe Variabilität im Nährstoffgehalt auf Grund des Ausgangsmaterials und der Verarbeitung machen eine genaue Deklaration erforderlich, um den gezielten N- und P-Einsatz in der Rationsgestaltung sicherzustellen.

Literaturangaben

Bikker, P., Šebek, L. B., van Bruggen, C., Oenema, O. 2019: Stikstof-en fosfaatexcretie van gangbaar en biologisch gehouden landbouwhuisdieren: Herziening excretieforfaits Meststoffenwet 2019 (No. 152). Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.

DLG - Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e. V. 2014a: DLG-Futterwerttabellen Schweine, 7., erweiterte und völlig neu gestaltete Auflage. 978-3-7690-0664-3, Hrsg. DLG-Verlag e. V., Frankfurt am Main.

DLG- Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e. V. 2014b: Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere, 2. Auflage. Arbeiten der DLG, Band 199. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

DLG - Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e. V. 2019: Merkblatt 418, Leitfaden zur nachvollziehbaren Umsetzung stark N-/P-reduzierter Fütterungsverfahren bei Schweinen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

DLG - Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e. V. (2022): Pflanzlichen Phosphor für das Tier nutzbar machen! DLG kompakt Nr. 1/2022. www.DLG.org

Durchführungsbeschluss (EU) 2017/302. 2017: Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken (BVT) gemäß der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates in Bezug auf die Intensivhaltung oder -aufzucht von Geflügel oder Schweinen. Amtsblatt der Europäischen Union. L 43/231-279.

DüV. 2017: Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung) vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305), die zuletzt durch Artikel 97 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist.

Friggemann, A., Stalljohann, G., Hummel, J. 2020: Erfahrungen bei der Umsetzung der sehr stark N-/P-reduzierten Mastschweinefütterung – Möglichkeiten und Herausforderungen der Praxis in Nordrhein-Westfalen. Forum angewandte Forschung in der Rin-der- und Schweinefütterung, 29./30.09.2020 Tagungsband, 186-189.

Grünewald, K.-H. und Krieg, J. 2021. Schweinefutter mit Ausweisung einer N- und P-reduzierten Konzeption. VDLUFA-Schriftenreihe 77. S. 275 – 281. 132. VDLUFA-Kongress, 14.– 16.09.2021, ISBN 978-3-941273-33-7, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

Herz, M. und Groth, J. 2021: Züchterische Optimierung der Aminosäurezusammensetzung von Wintergerste. <https://www.lfl.bayern.de/ipz/forschung/200900/index.php>. Besucht am 23.08.2022.

Kraft, J. und Brandl, J. 2021: Nach- und Nebenprodukte aus der Lebensmittelerzeugung – Angebot für die Schweinefütterung. 59. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V., ISBN 978-3-9816116-8-7, S. 26 – 31, Hrsg. Katrin Harms und Wilhelm Windisch, Freising.

Lautrou, M., Narcy, A., Dourmad, J. Y., Pomar, C., Schmidely, P., Montminy, M. P. L. 2021: Dietary phosphorus and calcium utilization in growing pigs: requirements and improvements. *Frontiers in Veterinary Science*, 8.

LKV Bayern - Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V. 2021: Ergebnisse der Schweinemast 2020/2021. Ergebnisse und Auswertungen. München: LKV Bayern.

Mengel, K. 1997: Agronomic measures for better utilization of soil and fertilizer phosphates. *Eur. J. Agron.* 7, 221-233.

NEC-Richtlinie. 2016: Richtlinie über nationale Emissionshöchstmenge (National Emission Ceilings), Richtlinie (EU) 2016/2284 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Dezember 2016 über die Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe, zur Änderung der Richtlinie 2003/35/EG und zur Aufhebung der Richtlinie 2001/81/EG.

NRC - National Research Council. 2012: Nutrient requirements of swine.

Preißinger, W., Propstmeier, G., Scherb, S., Htoo, J., Müller M. 2018: Minimierung des Sojaeinsatzes in der Mast von Schweinen. (Schweinefütterungsversuch S 91. LfL-Bayern, Grub/Schwarzenau.

Preißinger, W., Scherb, S., Propstmeier, G. 2022: Sehr stark stickstoff- und phosphorreduzierte Fütterung von Zuchtsauen. Schweinefütterungsversuch S 136. LfL-Bayern, Grub/Schwarzenau.

Puntigam R., Bonkoß, K., Offenberger, K., Riesinger, P. 2022a: Frischer Wind im Stall. BLW, 13. Bayerisches landwirtschaftliches Wochenblatt, Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH, S. 34-36.

Puntigam, R., Riesinger, P., Spiekers, H. 2022b: Beurteilung der Nahrungsmittelkonkurrenz zwischen der Human- und Schweineernährung mittels Faktoren wie hef (human-edible fraction) und LKE (Lebensmittel-Konversions-Effizienz). Schule und Beratung 7-8/2022, S. 30 – 34, Hrsg. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, ISSN: 0941-360X.

Rodehutschord, M. und Haese, E. 2009: Wechselwirkungen zwischen der Phosphatversorgung und der mikrobiellen Gemeinschaft des Verdauungstraktes. 8. Boku Symposium zur Tierernährung, Mineralstoffe in der Tierernährung: Leistung – Gesundheit – Umweltschutz. Hrsg.: Mair, C., Wien.

Rosenfelder-Kuon P., Siegert W. und Rodehutschord M. 2020: Effect of microbial phytase supplementation on P digestibility in pigs: a meta-analysis. Archives of Animal Nutrition 74 (1): 1-18.

Schneider, S., Brunnlehner, E.-M., Spiekers, H. 2021a: "demonstration farms" – nährstoffangepasste Fütterung in schweinehaltenden Betrieben. <https://www.lfl.bayern.de/ite/schwein/169462/index.php>. Besucht am 19.08.2022.

Schneider, S., Brunnlehner, E.-M., Spiekers, H. 2021b: Nährstoffkreislauf in Schweinebetrieben: Ergebnisse und gesamtbetriebliche Beratungsansätze aus dem Verbundprojekt „demonstration farms“. Züchtungskunde **93**, 19-41

StoffBilV. 2017: Verordnung über den Umgang mit Nährstoffen im Betrieb und betriebliche Stoffstrombilanzen (Stoffstrombilanzverordnung) vom 14. Dezember 2017 (BGBl. I S. 3942; 2018 I S. 360), die durch Artikel 98 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist.

TA Luft. 2021: Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 18. August 2021.

Verordnung (EU) Nr. 68. 2013. Katalog der Einzelfuttermittel. Amtsblatt der Europäischen Union. L 29/1-64.

Autorenanschrift:

Dr. Reinhard Puntigam und Prof. Dr. Hubert Spiekers
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft (ITE)
Prof.-Dürrwachter-Platz 3
D-85586 Poing-Grub
Email: Reinhard.Puntigam@lfl.bayern.de; Tel. 08161 8640-7420
Email: Hubert.Spiekers@lfl.bayern.de; Tel. 08161 8640-7400

Controlling der Mineralstoffversorgung

Martin Fries

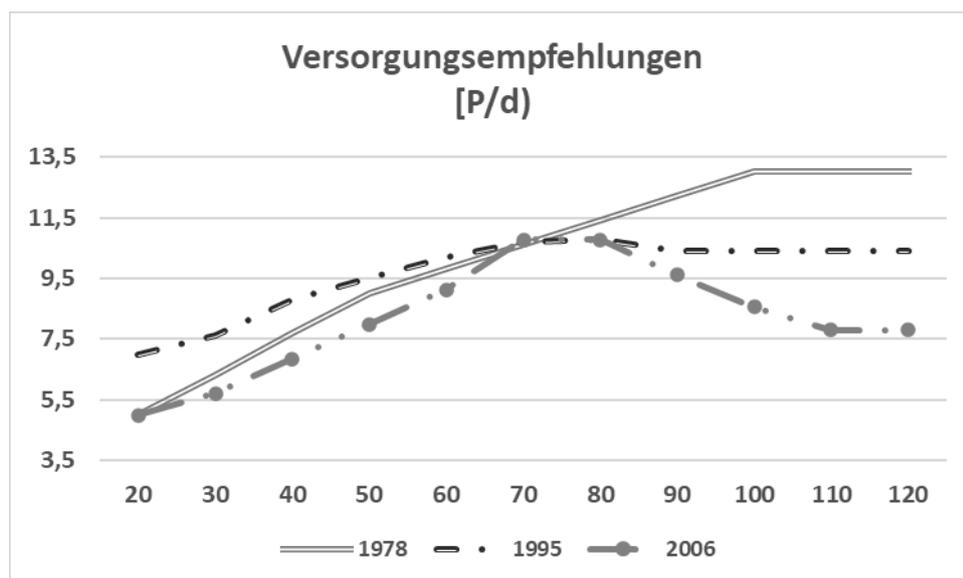
Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Kitzingen-Würzburg

Der Anteil der Futterkosten am Gesamtkostenaufwand in der Schweinemast beträgt in der langjährigen Betrachtung ca. 50 %. Sehr starke Preissteigerungen in den Sektoren Energie und Betriebsmittel, im speziellen Futter- und Düngemittel, ließen diesen Anteil zuletzt auf bis zu 70 % ansteigen. Damit gerät die landwirtschaftliche Produktion neben steigenden gesetzlichen Anforderungen (z.B. Dünge- und Stoffstrombilanzverordnung) zunehmend unter Druck.

Die Bedeutung der bedarfs- und leistungsgerechten Nährstoffversorgung im Hinblick auf die ökonomische Nachhaltigkeit der Produktion, Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Schweine ist ebenso unstrittig wie deren positiver Einfluss auf die Reduktion der Nährstoffausscheidungen.

Phosphor nimmt unter den Mineralstoffen in der Schweinefütterung eine Sonderstellung ein; die Bedeutung für den Metabolismus des Nutztieres und dessen ökonomische und ökologische Relevanz resultierten aus umfänglichen Untersuchungen hinsichtlich des Bedarfes und den Möglichkeiten der Bedarfsdeckung. Höchst relevant sind zudem die Begrenzung und die Ungleichverteilung der globalen Rohphosphatressourcen (Rodehutschord, 2008). Schätzungen bemessen den Phosphor-Anteil, der in der Fütterung verwendet wird, auf 7% (EU 2010). Den verhältnismäßig hohen Kosten und der Umweltrelevanz stand lange eine gewisse Zurückhaltung gegenüber einer (zu starken) Reduktion entgegen.

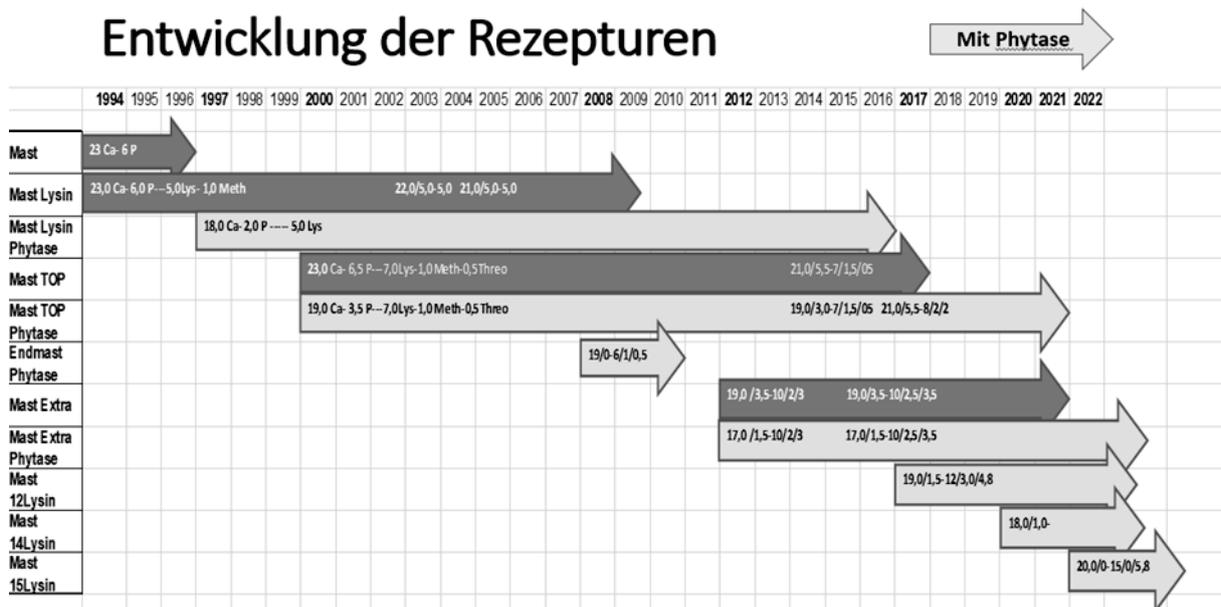
Die wissenschaftlichen Forschungen scheinen hinsichtlich der Bedarfsempfehlung für Phosphor bei einem, zumindest zwischenzeitlichem, Plateau angekommen zu sein, die Versorgungsempfehlungen für Schweine (LfL Futtertabelle) sind seit Jahren konstant; dies ist ein deutliches Zeichen für die Praxis, sich an diesen Empfehlungen zu orientieren (GfE 2006).



Um den Phosphorbedarf des wachsenden Schweins zu decken, muss zunehmend weniger Phosphor supplementiert werden; dies gilt umso mehr, wenn der im Pflanzensamen überwiegend phytatgebundene Phosphor (60-90 % des gesamten Phosphors, Humer et al., 2015) durch den Zusatz von Phytase besser verwertbar wird (VQ 65 % für die pflanzlichen Komponenten). Inzwischen steht eine breite Palette verschiedener wirksamer Phytaseprodukte zur Verfügung. Mit ansteigendem Einsatz an Phytase über die Empfehlungen hinaus kann eine kontinuierliche Reduktion in der Effizienz zugesetzter Phytasen nachgewiesen werden (Paditz et al., 2005). Die Phasenfütterung ist somit der wirksamste Ansatz zur Reduktion des P-Aufwandes unter bedarfsgerechter Versorgung in der Schweinemast.

Um das Verhältnis Calcium zu verdaulichem Phosphor (mit Phytase) einzuhalten, muss auch Calcium reduziert werden; Calciumcarbonat, als überwiegend eingesetzte Calciumquelle, hat einen Gewichtsanteil im Mineralfutter von 50-70%. Die Reduktion schafft die wichtige Möglichkeit, weitere Aminosäuren mit höheren Gehalten in die Rezepturen aufzunehmen und so auch Füllstoffe mit geringem Futterwert einzusparen.

Zahlreiche positive Rückmeldungen aus der Praxis, führten zu einer nahezu 100%igen Umsetzung in den Mineralstoffkonzepten für die Schweinemast; bei der Fütterung von Zuchtsauen und Ferkeln geht die Entwicklung zügig voran (IG Futterbezug Unterfranken).



Hohe Leistungen werden mit optimaler Nährstoffversorgung assoziiert. Fehler im Bereich Futter und Fütterung werden erst zu einem Zeitpunkt deutlich, an dem der wirtschaftliche Schaden bereits unabwendbar ein(auf)getreten ist. Die Berater des Landeskuratoriums der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V. (LKV Bayern e.V.) betreuen ca. 62 % der Mast- und Zuchtschweine in Bayern (LKV Jahresbericht 2021). Die Erfassung und Auswertung der biologischen Leistungen stellt bei einer Vielzahl an Betrieben ein sehr bedeutsames, oftmals aber auch das einzige Kontrollinstrument zur Abschätzung einer bedarfsgerechten Fütterung dar; auf Basis dieser rückwärtsgerichteten Beobachtungen werden, soweit erforderlich, Anpassungen vorgenommen. Wichtig sind deshalb Maßnahmen, die produktionsbegleitend angewandt werden, um spätere negative Beeinträchtigungen schon im Vorfeld auszuschließen oder zu minimieren. Dies gilt in besonderer Weise für den Bereich der Mineralstoffe.

Nahezu parallel dazu haben rechtliche Anpassungen im Bereich des Umwelt- und Düngemittelrechts (StoffBilV. 2017; TA Luft. 2021; DüV. 2017 und 2020) die Ausscheidung und damit die Versorgung stärker in den Fokus rücken lassen; übermäßige (meist vermeidbare) Überschüsse in der P-Versorgung der Tiere haben infolge von Anlastungen bei Kontrollen Konsequenzen für die Landwirte.

Gemäß dem Grundsatz „reduzieren heißt präzisieren“ (Puntigam) wird ein konsequentes, produktionsbegleitendes Controlling immer wichtiger. Wer erst im Nachhinein dokumentiert, schafft sich nicht mehr oder kaum korrigierbare Probleme. Kritisch wird ist dies bei der Erstellung gesetzlich geforderter Dokumente (Stoffstrom- oder Stallbilanz). Im Sinne eines HACCP Konzeptes werden die Abläufe von der Lagerung, Rationsberechnung, zum Vorgang Mahlen und Mischen, der Lagerung bis zum Austrag der Futtermischung in den Trog auf mögliche Gefahrenpunkte geprüft und wirksame Kontrollmaßnahmen implementiert. Parallel werden die Phasen in der Produktion herausgearbeitet, in denen Abweichungen im Mineralstoffgehalt schneller zu negativen Auswirkungen führen (Sauen, Ferkelaufzucht, Anfangsmast). Ideal, wenn dies, samt dazugehörigen Zeitplan, schriftlich niedergelegt und bei Bedarf angepasst wird.

Zur Optimierung der Rationsgestaltung bzw. Nährstoffversorgung können Landwirt und Berater eine Vielzahl von Möglichkeiten nutzen.

Mit dem Berechnungsprogramm zifo2 steht den LKV Ringberatern ein verlässliches Instrument zur Verfügung, Rationen zu berechnen und anhand hinterlegter Zielwerte zu optimieren.

Um die Genauigkeit der Berechnung zu erhöhen und am Ende auch zu prüfen, ist die Nährstoffanalyse von Einzel- und Alleinfuttermitteln ein gutes und unerlässliches Instrument. Das Gruber Futtermittellabor bietet speziell abgestimmte Untersuchungspakete, u.a. auch eines für die Mineralstoffe und Spurenelemente. Dass eine repräsentative Probenahme unerlässlich ist für aussagekräftige Ergebnisse ist in der Theorie bekannt, die Praxis ist vielfach weit davon entfernt.

Der Anteil der Eigenmischer beträgt bayernweit ca. 95 %, wobei vorrangig Getreide die Basis der Rationsgestaltung darstellt. Die Nährstoffanalyse des betriebseigenen Getreides erfolgt vor allem in der Schweinemast, beschränkt sich aber meist auf die Rohnährstoffe, die im Zuge der Weender-Futtermittelanalyse erfasst werden. Erst wenn Probleme auftreten, wird die Ursache bei den Zukaufsfuttermitteln gesucht. Weitergehende Untersuchungen betreffen dann zuerst schwankende Gehalte an Aminosäuren in Eiweißfuttermitteln (vorrangig Sojaextraktionsschrot) und danach die Bestimmung der Mineralstoffgehalte in Mineralfuttermitteln. Mit kontinuierlich reduzierten Phosphorgehalten im Mineralfutter gewinnt der Beitrag aus dem eigenen Getreide zunehmend an Bedeutung für die bedarfsgerechte Versorgung.

Die Gehalte an Gesamt-P in Einzelfuttermitteln können beträchtlichen Variation unterliegen. Faktoren wie Genetik (Rodehutschord et al., 2016), Standort- und Anbaubedingungen, Düngung (Herz und Groth, 2021) und technologische Aufbereitungsverfahren (Kraler et al., 2014; Humer et al., 2013; Missotten et al., 2015) üben einen sehr deutlichen Einfluss auf Gehalt und Verfügbarkeit (Verdaulichkeit) der Futtermittel aus. Auf eine P-Analytik der Futtermittel kann daher nicht verzichtet werden, wenn die Rationsplanung optimiert werden soll. Zur Berücksichtigung der Verdaulichkeit des Phosphors beim Schwein wurden eine Vielzahl an Versuchen durchgeführt (Zhang und Adeola, 2017; Weremko et al., 1997; Stein et al., 2014; Schemmer et al., 2020). Diese fundierten wissenschaftlichen Erkenntnisse werden in Programmen zur Rationsberechnung integriert. Die zunehmende Anwendung von P-reichen Nebenprodukten macht die Durchführung von Verdauungsversuchen zunehmend bedeutsam. Konsequenter Weise ist das Konzept der stringenten Anwendung des verdaulichen Phosphors in der Schweinefütterung vorzuziehen, um eine sachgerechte P-Versorgung zu erreichen und um Überschüsse zu vermeiden.

Extraktionsschrote enthalten in Relation zu den Aminosäuren relativ viel P. Eine Reduktion an Rohprotein unter adäquatem Einsatz freier Aminosäuren ermöglicht auch die Vermeidung von P-Überschüssen. Eine Herausforderung stellt der teilweise hohe, aber auch stark schwankende Phosphorgehalt in (nicht-

standardisierten) Nebenprodukten dar. Die optimale Gestaltung der Rationen, aber auch die gesetzlich geforderte Kalkulation des Gesamteintrags (Stallbilanz) erfordern Erfahrung, aber auch intelligente Controllingmaßnahmen.

Die Auswahl der Mineralfuttermittel erfordert Kenntnisse und Sorgfalt; eine Wareneingangskontrolle (Überprüfung der Deklaration) wird selten durchgeführt, die Sicherstellung der Rückverfolgbarkeit ist nicht allen Landwirten einleuchtend. Insbesondere die ordnungsgemäße Lagerung spielt bei phytasehaltigen Futtermitteln eine besondere, werterhaltende Rolle.

Wer selbst den Prozess Mahlen und Mischen der Futtermittel durchführt, muss auf eine regelmäßige Überprüfung der Wiegeelemente achten, insbesondere bei Mischungspartnern mit kleinem Anteil. Bei fahrbaren Mahl- und Mischanlagen gilt das Augenmerk eher der Sorgfalt des Dienstleisters.

Die Menge des in einem Zeitabschnitt hergestellten und verfütterten Gesamtfutters, sowie der einzelnen Komponenten, sollte in regelmäßigen Abständen ermittelt und miteinander und mit der Tierzahl abgeglichen werden (Gesamt- oder Tagesbedarf der Tiere). Wer Futtermittelverluste vermeidet, verbessert die Genauigkeit und Aussagekraft des Ergebnisses

Wann immer Futtermischungen bewegt werden, besteht die Gefahr einer Entmischung und, daraus resultierend, einer ungleichmäßigen Versorgung der Tiere. Kritische Punkte im Bereich Technik sind meist offensichtlich und mittels regelmäßiger Untersuchung des Alleinfutters zu überprüfen. Hilfreich sind hier detaillierte Aufzeichnungen (Verluste, Behandlungen), die Rückschlüsse auf bestimmte Plätze im Stall („Futterabgabeorte“) zulassen. Generelle Fehler bei der Fütterung tragender Sauen werden oft erst durch die Probleme beim Abferkeln erkannt; genaue Tierbeobachtung in der Tragezeit (Fundamente, Klauen) verkürzen diesen Zeitraum.

In bestimmten Regionen leistet Tränkwasser aus eigenen Brunnen einen zusätzlichen Beitrag zur Calciumversorgung, der oft in der Rationsgestaltung nur unzureichend berücksichtigt wird.

Die Fütterungsberatung beschränkt sich oft auf die Erstellung der zu mischenden Ration, die (nur) bei Einhaltung einer ausreichenden Futtermenge den Tagesbedarf der Tiere deckt. Deshalb sind alle weiteren Faktoren regelmäßig zu prüfen, die negative Auswirkungen auf die Gesundheit bzw. die Futteraufnahme haben können (mikrobieller Verderb, Mykotoxinbelastung, Verunreinigungen durch Schadnager, Schrotfeinheit, Bitterstoffe).

Literaturangaben

Bayerische Landesanstalt für Tierzucht Grub (1978), Futterberechnung leicht gemacht, Grundlagen zum Berechnungen von Futterrationen von Schweinen

DLG - Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e. V. (2022): Pflanzlichen Phosphor für das Tier nutzbar machen! DLG kompakt Nr. 1/2022. www.DLG.org

DLG - Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e. V. (1999): Schweinefütterung auf der Basis des Verdaulichen Phosphors, DLG-Information 1/1999.

DüV. (2017): Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung) vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305), die zuletzt durch Artikel 97 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist.

EU Report 2010, Phosphorus end uses, worldwide (Prud'homme 2010)

GfE – Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. (2006): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

Grünewald K.-H., Danier J. und Steuer G. (2013): Phytasezusatz im Mischfutter, VDLUFA-Kongress 2013, Berlin, VDLUFA Schriftenreihe Band 69, 528-533.

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.

- Herz, M. und Groth, J. (2021): Züchterische Optimierung der Aminosäurezusammensetzung von Wintergerste. <https://www.lfl.bayern.de/ipz/forschung/200900/index.php>. Besucht am 23.08.2022.
- Humer, E., Schwarz, C., Schedle, K. (2015): Phytate in pig and poultry nutrition. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 99(4), 605-625.
- Humer, E., Wetscherek, W., Schwarz, C., Schedle, K. (2013): Effect of maize conservation technique and phytase supplementation on total tract apparent digestibility of phosphorus, calcium, ash, dry matter, organic matter and crude protein in growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 185(1-2), 70-77.
- Kraler, M., Schedle, K., Domig, K. J., Heine, D., Michlmayr, H., Kneifel, W. (2014): Effects of fermented and extruded wheat bran on total tract apparent digestibility of nutrients, minerals and energy in growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 121-129.
- LfL – Landesanstalt für Landwirtschaft. (2021): Futterberechnung für Schweine, 26. unveränderte Auflage. Seite 63. Hrsg. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Grub.
- Mengel, K. (1997): Agronomic measures for better utilization of soil and fertilizer phosphates. *Eur. J. Agron.* 7, 221-233.
- Missotten, J. A., Michiels, J., Degroote, J., De Smet, S. (2015): Fermented liquid feed for pigs: an ancient technique for the future. *Journal of animal science and biotechnology*, 6(1), 1-9.
- Nedelciu, C. E., Ragnarsdottir, K. V., Schlyter, P., Stjernquist, I. (2020): Global phosphorus supply chain dynamics: Assessing regional impact to 2050. *Global food security*, 26, 100426.
- Paditz K., Kluth H., Rodehutschord M. (2005): Dosis-abhängige Effizienz von mikrobieller Phytase bei Schweinen mit 40, 70 und 100 kg Lebendmasse. *Züchtungskunde* 77, 47-57.
- Rodehutschord M. 2008. Ansatzpunkte zur Schonung der begrenzten Phosphorressourcen. *Archiv für Tierzucht* 51 (Sonderheft), 39-48.
- Rodehutschord, M., Rückert, C., Maurer, H. P., Schenkel, H., Schipprack, W., Bach Knudsen, K. E., Mosenthin, R. (2016): Variation in chemical composition and physical characteristics of cereal grains from different genotypes. *Archives of Animal Nutrition*, 70(2), 87-107.
- Schemmer, R., Spillner, C., Südekum, K. H. (2020): Phosphorus digestibility and metabolisable energy concentrations of contemporary wheat, barley, rye and triticale genotypes fed to growing pigs. *Archives of Animal Nutrition*, 74(6), 429-444.
- Stein, H. H. (2017): Procedures for determining digestibility of amino acids, lipids, starch, fibre, phosphorus, and calcium in feed ingredients fed to pigs. *Animal Production Science*, 57(11), 2317-2324.
- StoffBilV - Stoffstrombilanzverordnung. (2017): Verordnung über den Umgang mit Nährstoffen im Betrieb und betriebliche Stoffstrombilanzen (Stoffstrombilanzverordnung) vom 14. Dezember 2017 (BGBl. I S. 3942; 2018 I S. 360), die durch Artikel 98 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist.
- TA Luft - Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft. (2021): Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz vom 18. August 2021.
- Weremko, D., Fandrejowski, H., Zebrowska, T., Han, I. K., Kim, J. H., Cho, W. T. (1997): Bioavailability of phosphorus in feeds of plant origin for pigs-Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 10(6), 551-566.
- Zhang, F., und Adeola, O. (2017): Techniques for evaluating digestibility of energy, amino acids, phosphorus, and calcium in feed ingredients for pigs. *Animal Nutrition*, 3(4), 344-352.
- DüV: Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung) vom 26. Mai 2017, BGBl. I S. 1305, die durch Artikel 1 der Verordnung vom 28.04.2020 (BGBl. I S. 846) geändert worden ist.
- Griep, W., Binder, M. (2016): "Ökologischer Rucksack" des Schweinefleisches schrumpft dank mehr Nachhaltigkeit in der Fütterungspraxis. *Mühle + Mischfutter*, 153 (Heft 4), 119-126.
- Günther, C., Feuerstein, D., Challand, N., Müller, B., Schneider, S. (2017): Analyse des Einflusses verschiedener Fütterungsstrategien auf die Umweltwirkung der Schweinefleischproduktion mit dem Ökobilanz-basierten Tool „AgBalance™ Livestock“. In: Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (Hrsg.), Kongressband 2017 Freising: Vorträge zum Generalthema: Standortgerechte Landnutzung - umweltverträglich und wirtschaftlich, VDLUFA-Verlag, Darmstadt, 466-474.
- ISO 14040: DIN EN ISO 14040:2021-02, Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen.
- ISO 14044: DIN EN ISO 14044:2021-02, Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen.
- ISO 14067: DIN EN ISO 14067:2019-02, Treibhausgase- Carbon Footprint von Produkten- Anforderungen an und Leitlinien für Quantifizierung.

- Kebreab, E., Liedke, A., Caro, D., Deimling, S., Binder, M., Finkbeiner, M. (2016): Environmental impact of using specialty feed ingredients in swine and poultry production: A life cycle assessment. *J. Anim. Sci.* 2016 (94), 2664-2681.
- Müller-Lindenlauf, M., Zipfel, G., Münch, J., Gärtner, S., Rettenmaier, N., Paulsch, D., Reinhardt, G. (2013): CO₂-Fußabdruck und Umweltbilanz von Fleisch aus Baden-Württemberg. Endbericht im Auftrag der Marketinggesellschaft Baden-Württemberg mbH (MBW).
- Nguyen, T., Hermansen, J., Mogensen, L. (2011): Environmental Assessment of Danish Pork. Aarhus University.
- Prapasongsa, T., Christensen, P., Schmidt, J., Thrane, M. (2010): LCA of comprehensive pig manure management incorporating integrated technology systems. *J. Clean. Prod.* 18, 1413-1422.
- Reckmann, K., Traulsen, I., Krieter, J. (2013): Life Cycle Assessment of pork production: A data inventory for the case of Germany. *Livest. Sci.* 157, 586-596.
- Reckmann, K., Krieter, J. (2014): Environmental impacts of the pork supply chain with regard to farm performance. *J. Agric. Sci.* 153 (03) 1-11.
- Reckmann, K., Blank, R., Traulsen, I., Krieter, J. (2016): Comparative life cycle assessment (LCA) of pork using different protein sources in pig feed. *Arch. Anim. Breed.* 59, 27-36.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Stuart III, C., Lambin, E., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., Cynthia de Wit, A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Constanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P., Foley, J. (2009): Planetary boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecol. Soc.* 14 (2) 32.
- Sajeev, E., Ammon, B., Ammon, C., Zollitsch, W., Winiwarter, W. (2018): Evaluating the potential of dietary crude protein manipulation in reducing ammonia emissions from cattle and pig manure: A meta-analysis. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 110, 161-175.
- Schneider, S. (2021): Beitrag der Fütterung für Tierwohl und Umweltschutz bei Schweinen. In: Kristina Kube und Martin Gierus (Hrsg.): Tierernährung zwischen Tierwohl und Umweltschutz - 19. BOKU-Symposium Tierernährung. Tagungsband, online, 15.04.2021. 1-6.
- Schneider, S., Kraft, J. (2021): Auswirkungen des praktizierten Fütterungsverfahrens auf die Stickstoffausscheidung und die Ammoniakemission. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (Hrsg.), Aktuelle rechtliche Rahmenbedingungen für die Tierhaltung. 17. KTBL-Tagung, KTBL, Darmstadt, 25-31.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., de Haan, C. (2006): Livestock's long shadow. Environmental issues and options. Livestock, environment and development initiative. United Nations Food and Agriculture Organization, Rom.
- StoffBilV: Verordnung über den Umgang mit Nährstoffen im Betrieb und betriebliche Stoffstrombilanzen (Stoffstrombilanzverordnung) vom 14. Dezember 2017, BGBl. I S. 3942; 2018 I S. 360.
- TA Luft-Entwurf: Entwurf zur Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Berlin, https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Glaeserne_Gesetze/19_Lp/ta_luft_neu/Entwurf/ta_luft_neu_refe_bf.pdf download am 12.09.2021.
- Windisch, W., Fahn, C., Brugger, D., Deml, M., Buffler, M. (2013): Strategies for sustainable animal nutrition. *Züchtungskunde*, 85 (1) 40-53.
- Wolff, V., Alig, M., Nemecek, T., Gaillard, G. (2016): Ökobilanz verschiedener Fleischprodukte. Schlussbericht Projekt "Envi Meat". Revidierte Fassung Dezember 2016.

Autorenanschrift:

Martin Fries
Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Kitzingen-Würzburg
Sachgebiet 2.3 T überregionale Aufgaben zur Nutztierhaltung
Von-Luxburg-Str. 4
97074 Würzburg

Mineralstoffversorgung beim Rind – wie gestalten?

Hubert Schuster, Petra Rauch, Jennifer Brandl

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft Grub

Mengen- und Spurenelemente haben für Wachstum und Gesundheit zentrale Funktionen und sind daher für gute Leistungen unverzichtbar. Sie sollten aber nicht grundsätzlich über das Mineralfutter „gefüttert“, sondern gezielt „ergänzt“ werden. Auf die Beratung und die praktische Fütterung kommen daher drei Fragen zu: Was und wieviel muss ergänzt werden? Wie schaffe ich diese Ergänzung im praktischen Betrieb?

Generelle Herausforderungen in der Beratung

Tab. 1: Untersuchungen auf Mineralstoffe - Grassilage 1.Schnitt (LKV Futterlabor Bayern 2022)

Mineralstoffe Spannweite		Ø 2022	Bereich von 95% der Proben		Ø 2021
Anzahl Proben	(gesamt)	54 (254)	51 (254)		641 (2744)
Kalzium	g	5,5	4,2	8,1	6,2
Phosphor	g	4,5	3,0	5,4	3,3
Magnesium	g	2,1	1,6	2,7	2,0
Natrium	g	0,3	0,2	0,5	0,8
Kalium	g	31	21	37	28
Chlor	g	8,0	4,1	14,1	6,9
Schwefel	g	2,5	1,8	3,6	2,3
DCAB ¹⁾	meq	415	148	590	423
Eisen	mg	426	54	1461	551
Kupfer	mg	7,7	5,5	10,1	7,5
Zink	mg	32	21	48	30
Mangan	mg	84	36	209	72
Selen	mg	0,03 (3)	0,02	0,04	0,05 (32)

¹⁾DCAB: Dietary-Cation-Anion-Balance

Grobfutteruntersuchungen auf Inhaltsstoffe - Ergänzen kann man nur, wenn man weiß, was man ergänzen muss. In der Rinderfütterung heißt das, die Gehalte an Mineralstoffen und Spurenelementen

in der Ausgangsration zu kennen, da ein Großteil bereits in den wirtschaftseigenen Futtermitteln Gras- und Maissilage enthalten ist. Unterschiedliche Rationen haben natürlich unterschiedliche Gehalte an Mineralstoffen und Spurenelementen und verlangen daher auch nach einer differenzierten Ergänzung mit Mineralfutter. Die Kraftfutter sind diesbezüglich relativ konstant, die große Unbekannte stellt das Grobfutter dar. Bei der Futteruntersuchung im LKV-Futterlabor Grub wird u.a. auch die Analyse von Mineralstoffen (Kalzium, Phosphor, Magnesium Natrium, Kalium) und Spurenelementen (Eisen, Kupfer, Zink, Mangan, Selen) angeboten. Dabei werden die Unterschiede zwischen den verschiedenen Futterarten deutlich: Grassilagen (Tab.1) weisen höhere Gehalte an Mineralstoffen auf als Maissilagen (Tab.2). Auch zwischen zwei verschiedenen Futterjahren innerhalb einer Futterart gibt es Unterschiede. Die größten Spannweiten finden sich innerhalb eines Jahres und einer Futterart: Der Abstand zwischen dem niedrigsten und den höchsten Werten bei Mengen- und Spurenelementen beträgt ca. das Doppelte bis Dreifache, bei Eisen kann dies sogar das 20- bis 30fache sein!

Tab. 2: Untersuchungen auf Mineralstoffe - Maissilage (LKV Futterlabor Bayern 2021)

Mineralstoffe Spannweite		Ø 2021	Bereich von 95% der Proben		Ø 2020
Anzahl Proben	(gesamt)	260 (2305)	247 (2305)		374 (2915)
Kalzium	g	2,0	1,4	2,9	2,6
Phosphor	g	2,3	1,8	3,0	2,3
Magnesium	g	1,3	1,0	1,8	1,6
Natrium	g	0,2	0,2	0,3	0,3
Kalium	g	12	9	15	13
Chlor	g	1,2	0,5	2,4	1,8
Schwefel	g	1,0	0,9	1,3	1,1
DCAB	meq	217	137	283	217
Eisen	mg	84	46	176	102
Kupfer	mg	7,0	5,0	8,6	7,8
Zink	mg	27	15	47	29
Mangan	mg	25	14	46	28
Selen	mg	0,02 (3)	0,01	0,02	0,01 (5)

Lagerung und Einmischung – Mineralfutter sollten kühl, dunkel und trocken gelagert werden. Gerade die fettlöslichen Vitamine sind lichtempfindlich. Außerdem klumpt feuchtes Mineralfutter und lässt sich nur mehr schlecht dosieren. Hinzu kommt das Mindesthaltbarkeitsdatum. Dieses gibt den Zeitpunkt an, bis zu dem das ungeöffnete und richtig gelagerte Produkt z.B. den Gehalt an Vitaminen behält. Mineralstoffe sind hierbei nicht so empfindlich, fettlösliche Vitamine können im Gegensatz dazu ranzig werden. Auch die Gebindegröße spielt eine Rolle: Big Pack's sind zwar etwas günstiger – die teurere Verpackung und die schlechtere Handhabung eingerechnet – haben aber auch kein längeres Mindesthaltbarkeitsdatum, müssen also genauso schnell verbraucht werden und sind von der Entmischung her problematischer zu beurteilen als kleinere Gebinde (Säcke). Eine große Bedeutung kommt nicht nur der Menge, sondern auch der Homogenität der Verteilung in der Ration zu. Diese gelingt am besten mit einer Kraftfuttermischung.

Phosphor – Phosphor steht aus Umwelt- (z.B. Düngeverordnung) und aus wirtschaftlichen Gründen im Fokus. Er ist auch jetzt schon in Stoffstrombilanzen mitzubilanzieren. Zwar gibt es für Phosphor noch keine gesetzlich vorgegebenen maximalen Überschüsse wie bei Stickstoff, mit einer Begrenzung ist aber auch hier zu rechnen. Phosphor ist über die Gehalte in Grob- und Kraftfutter fast immer im Übermaß in der Ration enthalten. Eine Ergänzung über das Mineralfutter kann daher in der Regel entfallen. Da ein großer Teil Phosphor aus dem Eiweißfutter stammt, ist es auch beim Eiweiß wichtig, möglichst nahe an der Versorgungsempfehlung zu füttern, um Phosphorüberschüsse zu begrenzen.

Spurenelemente – Typische Milchvieh- und Bullenmastrationen weisen meist einen Mangel an Kupfer, Kobalt und Selen, aber auch an Mangan, Jod und Zink auf. Eisen dagegen wird im Überschuss aus dem Grobfutter geliefert. Gerade in Grassilagen sind oft hohe bis sehr hohe Eisengehalte (die gesetzliche Höchstgrenze pro kg TM Alleinfuttermittel liegt bei 511 mg/kg) anzutreffen. Eisen kann manchmal auch ein Problem im Tränkewasser darstellen: stark überhöhte Eisengehalte wirken sich negativ auf die Aufnahme von Zink, Kupfer und Selen aus und müssen deshalb auch beim Tränkewasser im Auge behalten werden. Aus diesem Grund wird bei hohen Eisengehalten im Futter und/oder Trinkwasser ein Mineralfutter empfohlen, in dem Kupfer, Mangan und Zink zu 50 % in organisch gebundener Form vorliegen. Umgekehrt wird aus Unwissen über die natürlichen Gehalte an Spurenelementen in der Ration oft sehr großzügig mit der Ergänzung verfahren. Gerade beim Zink ist das nicht selten der Fall. Überhöhte Zinkgaben vermindern jedoch wiederum die Aufnahme von Kupfer und Magnesium (Antagonismus) und sollten deshalb unterbleiben.

Vitamine – Diese gehören zwar nicht zu den Mineralstoffen, sind aber notwendiger Bestandteil des Mineralfutters. Notwendig für den Wiederkäuer ist die Zufuhr von fettlöslichen Vitaminen (A, D, E, β -Karotin als Vorstufe zu Vitamin A und Infektionsschutz, K). B-Vitamine werden im Normalfall im Pansen gebildet, so dass hier keine Ergänzung nötig ist. Nur bei Stoffwechselstörungen (z.B. Azidose) kann es hier zu Mängeln kommen.

Spezielle Fragen der Milchviehhaltung

Tab. 3: Gehalte an Mengenelementen für 30 kg Milch, ohne Mineralstoffergänzung

Je Kuh u. Tag	FM kg	TM kg	Ca g	P g	Mg g	Na g	K g
Grassilage	20,0	7,1	44,1	26,6	16,1	5,6	210
Maissilage	16,0	5,6	11,2	12,1	7,3	1,4	62
Heu	1,0	0,9	3,9	2,5	1,5	0,5	19
WW/WG/KM	6,0	5,3	3,2	19,9	6,8	1,3	25
Raps-ES	2,6	2,3	20,1	27,5	13,9	1,2	33
Gesamt	45,6	21,2	82,5	88,6	45,6	10,0	349
Bedarf			116,2↓	72,3↑	38,6↑	31,0↓	230↑

↑ Bedarf gedeckt bzw. Überschuss

↓ Mangel

Kalk und Viehsalz decken nicht alles ab - Die Beispielsration in Tabelle 3 ist für ca. 30 kg Milch nach Energie und Protein ausgelegt. Eine Mineralfutterergänzung wurde weggelassen, um die Bedarfsdeckung bzw. die Bedarfslücken bei den Mineralstoffen und Spurenelementen aufzuzeigen. Aus demselben Grund wurde auch auf Mischkraftfutter in der Beispielsrationen verzichtet. Bei den Mengenelementen fällt der Überschuss an Kalium (Grassilage!) und Phosphor (Grassilage und Rapsextraktionsschrot!) auf. Ein Mangel besteht an Kalzium und Natrium. Natrium ist wichtig für die Wasserregulierung und den Nährstofftransport. Ein Natrium-Mangel wird durch einen Kalium-Überschuss verstärkt. Fruchtbarkeitsprobleme sind die häufige Folge. Da sich ein Natrium-Mangel auch in der Milchleistung sehr schnell bemerkbar macht, sollte hierauf erhöhtes Augenmerk gelegt werden. Bei den Spurenelementen (Tab.4) zeigt sich als erstes ein großer Überschuss an Eisen. Kupfer, Zink und Mangan kommen zum Großteil aus dem Grobfutter, insbesondere aus Grassilage. Der Bedarf an Mangan ist hier ausreichend abgesichert. Einen Mangel zeigt die Ration dagegen bei den Spurenelementen Kupfer, Kobalt, Zink, Jod und Selen. Als Ergänzung wird bei dieser Ration daher zuerst einmal Natrium in Form Viehsalz und Kalzium in Form von Futterkalk zugelegt. Für die Deckung der Bedarfslücken bei Kupfer, Kobalt, Zink, Jod und Selen genügen 80 bis 100 g eines kalzium- und phosphorarmen, vitaminisierten Mineralfutters (z.B. 12 % Kalzium, 0 % Phosphor) - immer vorausgesetzt, das zusätzliche Leistungskraftfutter ist ebenfalls mit 3 – 4 % Mineralfutter versetzt.

Tab. 4: Gehalte an Spurenelementen für 30 kg Milch, ohne Mineralstoffergänzung

Je Kuh u. Tag	FM kg	TM kg	Fe mg	Cu mg	Co mg	Zn mg	Jod mg	Mn mg	Se mg
Grassilage	20,0	7,1	1400	59,5	0,8	350	2,8	595	0,2
Maissilage	16,0	5,6	560	28,0	0,4	224	1,7	168	0,1
Heu	1,0	0,9	172	5,2	0,1	30	0,3	69	0,0
WW/WG/KM	6,0	5,3	213	27,3	0,6	211	1,9	109	0,1
Raps-ES	2,6	2,3	959	18,3	0,7	175	1,6	181	0,4
Gesamt	45,6	21,1	3304	134	2,6	990	8,3	1122	0,8
Bedarf			1030↑	206↓	4,1↓	1030↓	10,3↓	1030↑	4,1↓

↑ Bedarf gedeckt bzw. Überschuss ↓ Mangel

Eine Ration für alle – Um leistungsangepasst zu füttern und dadurch gleichzeitig Überschüsse zu vermeiden müsste ein Milchviehbetrieb mindestens sechs verschiedene Rationen anbieten: Jungvieh bis und über 10 Monate, Trockensteher und Vorbereiter, hoch- und niederleistende Kühe. Die geringe Herdengröße von durchschnittlich 43 Kühe in Bayern (Tergast 2021) und die damit einhergehende fehlenden Möglichkeiten in der baulichen Trennung der Herde und der deutliche Anstieg im Arbeitsaufwand sprechen dagegen. Aufgrund ähnlicher Anforderungen in der Rationszusammensetzung bietet sich jeweils zumindest eine Ration für die Gruppe „Jungvieh über 10 Monate und Trockenstehen“ und die Gruppe „Jungvieh bis 10 Monate und Melkende“ an. Zur besseren Leistungsanpassung sollte die Ration für die zweite Gruppe als Teilmischration angeboten werden und das Kraftfutter an der Station bereits mineralisiert sein. In der Praxis ist dies der häufigste Kompromiss, wobei der Milchfieberprophylaxe mit unterschiedlichen Ansätzen Rechnung getragen werden muss.

Eisenergänzung bei Kälbern – Nach Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (BMfJ 2021) müssen bei Kälbern bis 70 kg Lebendmasse im Milchaustauscher mindestens 30 mg Eisen/kg TM enthalten sein. Schwerere Kälber müssen so mit Eisen versorgt werden, dass im Gruppenmittel mindestens 6 mmol Hämoglobin / Liter Blut enthalten sind. Der Eisengehalt in Kolostrum und Milch ist sehr niedrig, was sich auf den Eisengehalt im Blut bei Kälbern auswirkt und im Vergleich zu späteren Wachstumsstadien als Eisenmangel interpretiert wird. In jüngster Zeit jedoch wird ein Zusammenhang von Kälberdurchfall und Eisenverabreichung kurz nach der Geburt diskutiert (Lorenz et al. 2021). Demnach könnte ein Eisenmangel auch eine vorübergehende Schutzreaktion darstellen, da die Erreger von Kälberdurchfall auf Eisen angewiesen sind. Eine zusätzliche Eisengabe sowie auch der Einsatz von Milchaustauschern wird nach diesem Ansatz frühestens ab der dritten Lebenswoche empfohlen. Zur Überprüfung dieser Aussage müssen allerdings erst weitere Versuche erfolgen.

Mineralstoffversorgung auf der Weide – Da hier eine gezielte Zuteilungsmöglichkeit fehlt, erfolgt die Versorgung von Jungvieh oder Mutterkühen über Salz- und Mineralstofflecksteine oder Leckmassen. Milchkühe können über eine gezielte Mineralstoffergänzung am Futtertisch oder im Melkstand versorgt werden.

Spezielle Fragen der Fresseraufzucht und Bullenmast

Tab. 5: Gehalte an Mengenelementen in einer Mastration, mit Teil-Mineralstoffergänzung

(für 1350 g TZ)	1-phasig			3-phasig		
	kg FM/Tag			kg FM/Tag		
Gewicht (kg)	200 - 350	351 - 500	500 - 750	200 - 350	351 - 500	501 – 750
Maissilage	12,3	17,0	20,5	11,0	17,0	20,5
Stroh	0,14	0,2	0,23	0,1	0,2	0,25
Gerste/Körnermais	1,0	1,4	1,7	1,5	1,4	1,9
Rapsextr.-Schrot	1,0	1,4	1,7	1,2	1,4	1,5
MinF (22 Ca, 0 P)	0,05	0,07	0,08	0,06	0,07	0,08
Futterkalk	0,03	0,04	0,05	0,05	0,04	0,03
Viehsalz	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Gehalte an Mengenelementen (Versorgungsempfehlung in Klammern)						
Ca	39,9↓ (48,7)	55,0↑ (53,2)	66,1↑ (52,1)	51,4↑ (48,7)	55,0↑ (53,2)	57,1↑ (52,1)
P	23,6↑ (23,0)	32,9↑ (26,2)	39,8↑ (26,9)	26,4↑ (23,0)	32,9↑ (26,2)	38,3↑ (26,9)
Na	9,8↓ (7,5)	12,3↑ (9,4)	13,7↑ (10,8)	10,9↑ (7,5)	12,3↑ (9,4)	14,9↑ (10,8)
Mg	13,1↑ (8,8)	18,3↑ (11,0)	22,0↑ (12,6)	14,4↑ (8,8)	18,3↑ (11,0)	21,2↑ (12,6)

↑ Bedarf gedeckt bzw. Überschuss

↓ Mangel

Mineralstoffversorgung und Phasenfütterung – Häufig wird in der Bullenmast nur eine Ration für alle Wachstumsabschnitte gefüttert, in der Regel ausgerichtet auf den mittleren Mastabschnitt. Die Folge sind nicht nur Fehl-(Über-)Versorgungen mit Eiweiß- und Energie, sondern auch mit Mineralstoffen. In Tabelle 5 ist eine 1-phasige, auf den mittleren Mastabschnitt ausgerichtete Ration einer 3-phasigen Ration gegenübergestellt. Bei der einphasigen Mast fällt zwischen 200 und 350 kg neben einem leichten Natrium-Mangel auch ein deutlicher Mangel an Kalzium auf. Dies könnte mit einer zusätzlichen Handgabe an Futterkalk und Viehsalz behoben werden. Dies, wie auch eine mögliche Über-/Unterversorgung mit Mineralstoffen, aber auch mit Eiweiß könnte mit einer 3-phasigen Fütterung vermieden werden. Dies ermöglicht Einsparungen und vermindert zugleich Phosphorüberschüsse.

Kobalterygänzung für Fresser – Kobalt ist Bestandteil von Vitamin B12 und am Aufbau von Hämoglobin beteiligt und in manchen Kälberergänzungs-Futtermitteln enthalten. Nach Futtermittelrecht ist dies jedoch nur bei Kälbern mit voll entwickeltem Pansen zugelassen. Als Konsequenz müssten entweder zwei verschiedene oder ein kobaltfreies Ergänzungsfuttermittel verwendet werden.

Fazit

Eine bedarfsgerechte Versorgung mit Mineralstoffen orientiert sich an den verschiedenen Nährstoffansprüchen der Tiere während des Wachstums bzw. in den verschiedenen Leistungsphasen. In der Rindermast bedeutet dies Phasenfütterung oder zumindest ein Ausgleich im ersten Wachstumsabschnitt. Beim Milchvieh sollten zumindest zwei Fütterungsgruppen gebildet werden, die ähnliche Ansprüche auch an die Versorgung mit Mineralstoffen haben: „Jungvieh über 10 Monate und Trockenstehen“ und „Jungvieh bis 10 Monate und Melkende“. Bei der Rationsberechnung muss auf die Bedarfsdeckung der Mengen- und Spurenelemente und nicht auf Mengenverhältnisse geachtet werden. Aus Gründen einer bedarfsdeckenden Fütterung, der Futterkosten, aber auch der Umweltrelevanz insbesondere von Phosphor-Ausscheidungen muss einer Rationsberechnung immer eine Untersuchung der betrieblichen Hauptfuttermittel Gras- und Maissilage auf Mineral- und Spurenelemente vorausgehen.

Literatur

Bundesministerium für Justiz (2021): Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung - TierSchNutztV). -§ 11

Lorenz, I. Huber, R., Trefz, F. (2021): High plane of nutrition is associated with a lower risk for neonatal calf diarrhea on bavarian dairy farms. – animals, 11, 3251

Parmananda, B., Kellingray, L., Le Gall, G., Basit, A.W., Fairweather-Tait, S., Narbad, A.A. (2019): A decrease in iron availability to human gut microbiome reduces the growth of potentially pathogenic gut bacteria. - Journal of Nutritional Biochemistry, 67, 20–27

Tergast, H., Hansen, H. (2021) Steckbriefe zur Tierhaltung in Deutschland: Milchkühe. Braunschweig: Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, 17 p

Autorenanschrift:

Dr. Hubert Schuster, Petra Rauch, Jennifer Brandl
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft
Prof.-Dürrwaechter-Platz 3
D-85586 Poing/Grub
E-mail: Hubert.Schuster@lfl.bayern.de

Mineralstoffversorgung der Transitkuh: Physiologische Grundlagen und Konzepte Praktische Umsetzung

Walter Grünberg¹, Mirja Wilkens²

¹Klinik für Wiederkäuer, Fachbereich Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen

²Institut für Tierernährung, Ernährungsschäden und Diätetik, Veterinärmedizinische Fakultät der Universität Leipzig

Einleitung

In Abhängigkeit von der Laktationsnummer kommt es bei 5,7 % bis 25 % der Färsen, bei 29 % bis 41 % der Kühe in der zweiten und bei 49 % der Kühe in der dritten Laktation zu einer peripartalen subklinischen Hypocalcämie, definiert als ein Absinken der Calciumkonzentration im Blut unter 2 mmol/L innerhalb der ersten 48 Stunden nach dem Kalben (Reinhardt et al., 2011; Venjakob et al., 2017). Obwohl es in diesen Fällen nicht zum Festliegen kommt, erhöht die subklinische Hypocalcämie durch die negativen Auswirkungen auf glatte Muskulatur, Immunfunktion und Futteraufnahme das Risiko der Tiere für infektiöse und nicht-infektiöse Erkrankungen in der Früh-laktation und beeinträchtigt damit Leistung, Fruchtbarkeit, Tiergesundheit und Nutzungsdauer (Daniel, 1983; Martinez et al., 2014; Kimura et al., 2006; Rodríguez et al., 2017; Neves et al., 2017; Venjakob et al., 2018).

Die Zusammenhänge scheinen aber sehr viel komplexer zu sein, als lange angenommen wurde. Neuere Studien zeigen, dass vor allem die zeitliche Ausprägung der Hypocalcämie von Bedeutung ist, dass Zusammenhänge mit dem Energiestoffwechsel bestehen, und dass ein durch entsprechende Maßnahmen herbeigeführtes Aufrechterhalten eines als physiologisch betrachteten Blutcalciumspiegels bei entzündlichen Prozessen nicht zwingend förderlich ist (Horst et al., 2020; Matthaer et al.; McArt and Neves, 2020). Die prophylaktische Gabe von Calcium an Kühe, die nicht an klinischer oder subklinischer Hypocalcämie leiden, erweist sich nicht nur als unwirtschaftlich, sondern kann auch mit den körpereigenen Regulationsmechanismen negativ interagieren (Blanc et al., 2014; Valdecabres and Silva-Del-Río, 2021; Valdecabres et al., 2018). Phänomene, die man durchaus als „unerwünschte Nebenwirkungen“ bezeichnen könnte, wurden vereinzelt auch im Zusammenhang mit dem Verfüttern von sauren Salzen und der Injektion hoher Dosen von Vitamin D beschrieben (Venjakob et al., 2021; Rajaeerad et al., 2020). Aus diesen Beobachtungen und der Tatsache, dass der Erfolg der unterschiedlichen Präventionsmaßnahmen von betriebsspezifischen Faktoren mitbestimmt wird, ergibt sich zwangsläufig die Notwendigkeit, ein tieferes Verständnis der praxisrelevanten physiologischen Mechanismen zu entwickeln und die Strategien zur Aufrechterhaltung der Tiergesundheit entsprechend anzupassen.

Im Folgenden soll der Versuch unternommen werden, die relevanten Mechanismen – soweit bekannt – anhand der in der Praxis angewendeten Konzepte zur Hypocalcämie-Prophylaxe zu erläutern. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Mineralstoffversorgung der Tiere; der Einsatz von Vitamin D Metaboliten und die Zusammenhänge mit dem Energie- und Proteinstoffwechsel sollen hier unberücksichtigt bleiben.

Calcium-Homöostase der Milchkuh im peripartalen Zeitraum

Wie bei anderen Tierarten auch, werden die Calciumkonzentrationen im Plasma durch die Absorption aus dem Gastrointestinaltrakt, die Exkretion über die Niere und die Einlagerung bzw. Freisetzung aus dem Knochen konstant gehalten. Lange Zeit ging man davon aus, dass diese Prozesse in erster Linie durch das Zusammenspiel von Parathormon, Calcitonin und der biologisch aktiven Form von Vitamin D, dem Calcitriol, reguliert werden. Inzwischen sind eine beträchtliche Zahl weiterer Faktoren bekannt, die modulierend auf die Verschiebungen von Calcium zwischen den Kompartimenten, die Feinabstimmung der Hormonwirkung und den Vitamin D Metabolismus wirken (Abb. 1).

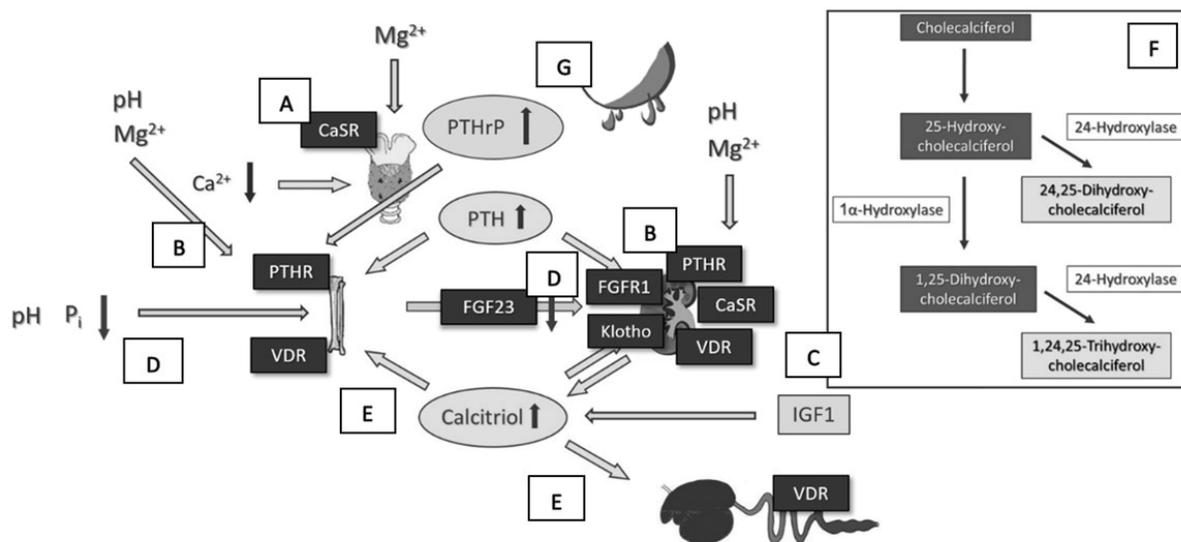


Abbildung 1:

- A:** Bei einem Absinken der Konzentration von ionisiertem Calcium im Blut kommt es vermittelt über den *Calcium Sensing Receptor* (CaSR) zu einer Ausschüttung von Parathormon (PTH) aus der Nebenschilddrüse.
- B:** Die Interaktion von PTH und seinem Rezeptor (PTHR) wird sowohl vom pH-Wert als auch von der Magnesiumkonzentration beeinflusst. PTH wirkt auf den Knochen, an dem es die Mobilisation fördert, und auf die Niere, wo es zu einer Stimulation der 1 α -Hydroxylase kommt, die den letzten Schritt der Aktivierung von Vitamin D (Cholecalciferol) zu Calcitriol (1,25-Dihydroxycholecalciferol) katalysiert.
- C:** Die Aktivität der renalen 1 α -Hydroxylase wird dabei von den Plasmakonzentrationen von Calcium und Calcitriol negativ, vom *Insulin-like Growth Factor 1* (IGF1), einem unter anderem von der Proteinversorgung abhängigen Bestandteil der so genannten Wachstumsachse, positiv beeinflusst.
- D:** Eine niedrige Phosphorversorgung fördert die Knochenmobilisation und führt zu einer verminderten Ausschüttung von *Fibroblast Growth Factor 23* (FGF23). FGF23 inhibiert über einen Rezeptorkomplex (FGFR1 und Klotho) die Bildung von Calcitriol.
- E:** Calcitriol unterstützt über den Vitamin D Rezeptor (VDR) die Wirkung von PTH am Knochen und erhöht die Expression von Calcium- und Phosphat-transportierenden Proteinen im Gastrointestinaltrakt.
- F:** Die Inaktivierung der Vitamin D Metaboliten erfolgt bei hohen Konzentrationen von Calcium, FGF23, 25-Hydroxycholecalciferol und Calcitriol durch Einwirkung der 25-Hydroxylase.
- G:** Bei laktierenden Tieren stimuliert *PTH-related peptide* (PTHrP) aus der Milchdrüse die Mobilisation von Knochen.

Eine besondere Rolle spielen diese in der Transitphase, wenn sich der Calciumbedarf der Tiere durch das Einsetzen der Laktation gegenüber der späten Trächtigkeit deutlich und vor allem sehr schnell erhöht. Während der komplette Plasmapool von 2 bis 4 g Calcium in der späten Trächtigkeit innerhalb von 24 Stunden rechnerisch drei Mal komplett umgesetzt werden muss, geschieht dies bereits bei einer

Produktion von 10 kg Kolostrum theoretisch zehn Mal (Wilkens et al., 2020a). Dadurch kommt es zu einem vorübergehenden Absinken der Calciumkonzentration im Blut, das die Ausschüttung von PTH aus der Nebenschilddrüse hervorruft (Abb. 1A) und so eine Kaskade von Anpassungsmechanismen in Gang setzt (Abb. 1C). Bei monogastrischen Tieren käme es zunächst zu einer Verringerung der renalen Exkretion von Calcium. Rinder scheiden aber unter physiologischen Bedingungen nur sehr geringe Mengen von Calcium mit dem Urin aus, so dass sich folglich an diesem Organ nur geringe Möglichkeiten ergeben, den Calciumhaushalt durch Rückresorption auszugleichen. Die Kompensation der Verluste über die Milch muss also zunächst durch eine PTH und PTHrP-vermittelte Mobilisation aus dem Knochen erfolgen (Abb. 1B und G) - mit einer signifikanten Erhöhung der Absorption aus dem Gastrointestinaltrakt, vermittelt über Calcitriol (Abb. 1E) ist erst ca. 24 Stunden nach dem Stimulus zu rechnen (van't Klooster, 1976; Wilkens and Muscher-Banse, 2020).

Aufgrund dieser Dynamik ist ein vorübergehendes Absinken der Calciumkonzentrationen im Blut bei einem Großteil der Tiere zu beobachten. In neueren Studien wird in diesem Zusammenhang zwischen einer Normocalcämie, einer transienten, einer persistierenden und einer verzögerten subklinischen Hypocalcämie unterschieden (Tabelle 1). Es scheint, als ob die transient hypocalcämischen Tiere sich an den veränderten Bedarf anpassen können, so dass dieser Zustand nicht per se als pathologisch zu betrachten ist. Während normocalcämische und transient subklinisch hypocalcämische Tiere postpartum eine höhere Futteraufnahme und Milchleistung zeigten, konnte für Kühe, bei denen eine persistierende oder eine verzögerte Hypocalcämie auftrat, ein erhöhtes Erkrankungsrisiko nachgewiesen werden (McArt and Neves, 2020; Seely et al., 2021). Diese Beobachtungen lenken auch noch einmal den Blick darauf, dass zwischen dem Energiestoffwechsel und dem Mineralstoffhaushalt relevante Zusammenhänge bestehen. Eine Hypocalcämie senkt die Futteraufnahme, gleichzeitig inhibieren niedrige IGF1-Spiegel, die durch eine negative Energie- und Proteinbilanz hervorgerufen werden, aber auch die Synthese von Calcitriol (Martinez et al., 2014; Reist et al., 2003; Wilkens et al., 2018).

Tabelle 1: Definitionen der verschiedenen Formen der subklinischen Hypocalcämie nach McArt und Neves, 2020 und Seely et al., 2022

	Calciumkonzentrationen im Blut		
	Erstkalbinnen (McArt und Neves, 2020)	Mehrkalbige Kühe (McArt und Neves, 2020)	Mehrkalbige Kühe (Seely et al., 2022)
Normocalcämie	>2,15 mmol/L an Tag 1 p.p.	>1,77 mmol/L an Tag 1 p.p.	>1,95 mmol/L an Tag 1 p.p.
	>2,15 mmol/L an Tag 2 p.p.	>2,20 mmol/L an Tag 4 p.p.	>2,20 mmol/L an Tag 4 p.p.
Transient	≤2,15 mmol/L an Tag 1 p.p.	≤1,77 mmol/L an Tag 1 p.p.	≤1,95 mmol/L an Tag 1 p.p.
	>2,15 mmol/L an Tag 2 p.p.	>2,20 mmol/L an Tag 4 p.p.	>2,20 mmol/L an Tag 4 p.p.
Persistierend	≤2,15 mmol/L an Tag 1 p.p.	≤1,77 mmol/L an Tag 1 p.p.	≤1,95 mmol/L an Tag 1 p.p.
	≤2,15 mmol/L an Tag 2 p.p.	≤2,20 mmol/L an Tag 4 p.p.	≤2,20 mmol/L an Tag 4 p.p.
Verzögert	>2,15 mmol/L an Tag 1 p.p.	>1,77 mmol/L an Tag 1 p.p.	>1,95 mmol/L an Tag 1 p.p.
	≤2,15 mmol/L an Tag 2 p.p.	≤2,20 mmol/L an Tag 4 p.p.	≤2,20 mmol/L an Tag 4 p.p.

Im Unterschied zu zahlreichen Studien, in denen die subklinische Hypocalcämie als eine Calciumkonzentration im Blut von < 2,00 mmol/L bei einmaliger Beprobung innerhalb von 48 Stunden nach dem Kalben definiert wurde, berücksichtigt diese neue Einteilung den zeitlichen Verlauf als Ausdruck der physiologischen Anpassung sowie die Abhängigkeit der Calciumhomöostase von der Laktationsnummer. Auch wenn diese Differenzierung – wie auch an den Unterschieden in den

Definitionen deutlich wird – noch nicht vollständig etabliert ist, wird diese neue Sichtweise, die die Adaptationsfähigkeit der Tiere in den Vordergrund stellt, unser zukünftiges Verständnis der physiologischen Mechanismen und der daraus resultierenden Weiterentwicklung der Präventionsmaßnahmen stark beeinflussen.

Calcium- und Magnesiumversorgung der Trockensteher

Eine hohe Versorgung der Trockensteher mit Calcium führt dazu, dass das komplexe System zur Aufrechterhaltung der Calcium-Homöostase herunterreguliert und eine Anpassung an die plötzliche Änderung des Bedarfs durch das Einsetzen der Laktation erschwert wird. Für eine Aktivierung dieser Mechanismen bereits vor der Kalbung ist allerdings eine Reduktion der Calciumaufnahme auf 10 bis 20 g pro Tag notwendig (Horst et al., 1997). In einer Studie, in der ein Calciumgehalt in der Trockensteherration von 1,60 % mit einem von 0,19 % verglichen wurde, zeigte sich, dass die Tiere nach dem Abkalben nicht nur höhere Calciumkonzentrationen im Blut aufwiesen, sondern dass die mithilfe einer EDTA-Infusion bestimmte Kapazität zur schnellen Bereitstellung von Calcium aus dem Knochen ebenfalls erhöht war (van de Braak et al., 1986). Zum einen ist die Stabilisierung der Calciumhomöostase darauf zurückzuführen, dass die Tiere in eine negative Calciumbilanz gebracht werden und sich die Absorption aus dem Gastrointestinaltrakt bereits vor der Geburt erhöht. Zum anderen konnte an wachsenden Ziegen gezeigt werden, dass eine diätetische Calciumrestriktion trotz unveränderter Plasmakonzentrationen zu Veränderungen der Expression der in die Regulation der PTH-Ausschüttung eingebundenen Rezeptoren an der Nebenschilddrüse (Abb. 1A) und so vermutlich zu einer erhöhten Ansprechbarkeit des Organs führt (Wilkins et al., 2020b). Bei einem Calciumgehalt in der Trockensteherration von 0,46 % waren noch keine Anzeichen einer Knochenmobilisation zu erkennen (Goff and Koszewski, 2018). Bei einem Vergleich von Rationen mit 1,36 %, 0,90 % und 0,45 % Calcium konnten keine positiven Effekte auf die peripartale Calciumhomöostase verzeichnet werden, bei der hohen Calciumversorgung kam es allerdings zu einer Reduktion der Magnesiumkonzentrationen im Blut (Kronqvist et al., 2011).

In den letzten drei Wochen vor dem Abkalben möglichst calciumarm zu füttern, ist eine gängige Empfehlung. Aber vor allem Grünfütter und Grünfütterkonserven, insbesondere solche mit einem hohen Anteil von Leguminosen und Kräutern, sind reich an Calcium und machen es praktisch unmöglich, Rationen mit sehr niedrigen Calciumgehalten (< 0,40 %) zu realisieren (Tabelle 2).

Eine weitere Strategie ist daher die Herabsetzung der Verfügbarkeit von Calcium mithilfe von Komplexbildnern wie Zeolithen, um so eine negative Calciumbilanz hervorzurufen. Diese Maßnahme kann die peripartale Calciumhomöostase über die in Abb. 1 gezeigten Mechanismen zwar ebenso wie die calciumarme Fütterung antepartum stabilisieren (Thilting-Hansen et al., 2002), hat aber auch Auswirkungen auf die Plasmakonzentrationen von Magnesium und durch die Freisetzung von Aluminium auch auf die von Phosphat. Außerdem kann sich die Supplementierung negativ auf die Futteraufnahme vor dem Kalben auswirken (Kerwin et al., 2019). Ein Einfluss auf die Plasmakonzentrationen der Spurenelemente Eisen, Kupfer, Zink und Mangan konnte wider Erwarten nicht festgestellt werden (Grabherr H, Spolders M, Flachowsky G, Fürll M, 2008). Insbesondere das potenzielle Absinken der Plasmakonzentrationen von Magnesium verlangt aber besondere Aufmerksamkeit. Bei der Gabe von Zeolith A an wachsende Ziegen kam es neben einer Verminderung der Plasmakonzentrationen von Magnesium auch zu niedrigeren Konzentrationen von Calcitriol (Schwaller et al., 2016). Dies könnte auf die Abhängigkeit der Calcitriolsynthese von Magnesium zurückzuführen sein, die an Ratten gezeigt wurde (Matsuzaki et al., 2013). Darüber hinaus ist die Vermittlung der PTH-Wirkung über cAMP (cyclisches Adenosinmonophosphat) abhängig von der Magnesiumkonzentration im umgebenden Medium (Abb. 1B), die Reaktion des Knochens auf PTH ist bei Hypomagnesämie reduziert (Freitag et al., 1979). Werden solche Calcium-bindende Substanzen eingesetzt, sollte daher die Magnesiumversorgung gegenüber den gängigen Empfehlungen zur Rationsgestaltung trockenstehender Kühe von 0,16 % auf 0,40 % entsprechend erhöht werden.

Empfehlungen zur Magnesiumversorgung der trockenstehenden Kuh variieren stark. Insbesondere im angloamerikanischen Raum werden Empfehlungen von 0,40 % und mehr propagiert. Diese begründen sich insbesondere in Rationen mit hohem Kaliumgehalt mit der beeinträchtigten ruminalen Magnesiumabsorption und die Problematik der hohen Variabilität der Qualität verschiedener Magnesiumquellen und der damit verbundenen sehr unterschiedlichen Löslichkeiten. Dabei sollte auch darauf geachtet werden, dass säuernde Magnesiumsalze wie Magnesiumchlorid oder Magnesiumsulfat, nicht aber puffernde Salze wie Magnesiumoxid oder Magnesiumhydroxid verwendet werden (siehe Abschnitt *Dietary Cation Anion Difference*). Darauf, dass im deutschen System der Magnesium-Bruttobedarf der trockenstehenden Kuh vermutlich unterschätzt wird, weist auch eine schwedische Studie hin, in der Betriebe mit einer extrem hohen bzw. einer extrem niedrigen Milchfieber-Inzidenz verglichen wurden. Die relative Wahrscheinlichkeit, zu einer Herde mit einer hohen Milchfieber-Inzidenz zu gehören, war um den Faktor 16,6 erhöhte, wenn 12-25 g Magnesium im Unterschied zu 34-25 g Magnesium pro Tier und Tag aufgenommen wurden (Kronqvist et al., 2012).

Alternativ zur calciumarmen Fütterung lassen sich auch Einzelfuttermittel einsetzen, die die Calciumverfügbarkeit herabsetzen. Hier sind die Kleien zu nennen, insbesondere die Reiskleie. Aufgrund der hohen Phytinsäuregehalte setzt Reiskleie die Calciumverdaulichkeit herab – beim Wiederkäuer muss natürlich durch eine entsprechende Behandlung mit Formaldehyd der ruminale Abbau der Phytinsäure verhindert werden. In einer Studie, in der 3 kg pansengeschützte Reiskleie pro Tier und Tag verfüttert wurden, fielen höhere Calcium- und Phosphatkonzentrationen nach dem Abkalben auf, auf Magnesium war kein Einfluss erkennbar. Nicht unerwähnt bleiben sollte aber, dass in dieser Arbeit nicht mit exakt gleichen Mineralstoffkonzentrationen in den Rationen gearbeitet worden war (Reiskleie: 0,42 % Calcium, 0,57 % Phosphor, 0,33 % Magnesium; Kontrolle: 0,42 % Calcium, 0,36 % Phosphor, 0,24 % Magnesium) (Martín-Tereso et al., 2016).

Tabelle 2: Calcium (Ca)-, Phosphor (P)- und Magnesium (Mg)gehalte verschiedener Futtermittel in % der TS, entnommen aus: Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere, 3. Auflage (Jeroch et al., 2020)

	Ca	P	Mg		Ca	P	Mg
Knautgras, im Schossen	0,63	0,27	0,16	Luzerne, in der Knospe	1,89	0,30	0,32
Weidelgras, im Schossen	0,59	0,33	0,16	Rotklee, in der Knospe	1,62	0,29	0,36
Roggen, im Schossen	0,43	0,35	0,15	Zuckerrübenblätter	1,25	0,25	0,48
Mais, in der Teigreife	0,39	0,26	0,23	Landsberger Gemenge	0,86	0,30	0,18
Roggenstroh (Winter)	0,29	0,10	0,10	Gerstenstroh (Sommer)	0,48	0,08	0,09
Apfeltrester	0,79	0,27	0,12	Zuckerrübenschnitzel	0,97	0,09	0,25
Körnermais	0,04	0,32	0,10	Wintergerste	0,07	0,41	0,12
Futtererbse	0,09	0,48	0,13	Lupine, gelb	0,27	0,51	0,24
Sojaextraktionsschrot	0,31	0,70	0,30	Rapsextraktionsschrot	0,69	1,19	0,55
Biertreibersilage	0,33	0,58	0,22	Sonnenblumenextraktionsschrot	0,55	0,70	0,46
Kartoffelschlempe	0,28	0,73	0,05	Weizenschlempe	0,35	0,53	0,24

Dietary Cation Anion Difference (DCAD)

Hohe Kaliumkonzentrationen in der Trockensteherration (2,71 % bis 3,07 %) vermindern nicht nur die Absorption von Magnesium, sondern erhöhen auch die *Dietary Cation Anion Difference* (DCAD) und alkalisieren somit den Organismus (Rérat et al., 2009). Bei der Applikation von PTH an Tiere, die entweder mit einer positiven (1,84 % K; 0,40 % Cl) oder einer negativen DCAD (1,08 % K; 1,01 % Cl) versorgt worden waren, zeigte sich, dass letztere mit einem stärker ausgeprägten Anstieg die Plasmakonzentrationen von Calcitriol und Calcium reagierten (Goff et al., 2014). Zurückzuführen ist dieser Umstand vermutlich auf eine verbesserte Ansprechbarkeit des PTHR im leicht sauren Milieu (Abb. 1B), das sich durch diese induzierte metabolische Acidose sowohl am Knochen als auch in der Niere einstellt. An der Niere konnte außerdem sowohl bei Bullen als auch bei Schafen eine Erhöhung der PTHR-Expression gezeigt werden (Rodríguez et al., 2016; Freitag et al., 2021).

Darüber hinaus kommt es beim Füttern einer negativen DCAD zu einer Verminderung des Urin-pHs. Unter diesen Umständen kommt es auch beim Wiederkäuer zu einer signifikanten renalen Exkretion von Calcium, es besteht eine negative lineare Korrelation zwischen Urin-pH und Calciumausscheidung (Grünberg et al., 2011; Leno et al., 2017). Wenn man davon ausgeht, dass Trockensteher unter einer negativen DCAD bis zu 10 g Calcium pro Tag renal ausscheiden, bedeutet dies verglichen mit ca. 2-3 g unter physiologischen Bedingungen einen signifikanten Verlust, auf den der Organismus entsprechend reagiert (Zimpel et al., 2021). In Versuchen an Schafen kam es bei einem Wechsel von +160 mEq/kg TS auf -114 mEq/kg TS parallel zu dem Anstieg der renalen Calciumausscheidung zu einer Erhöhung der scheinbaren Verdaulichkeit von Calcium von 11,7 % auf 19,0 % (unveröffentlichte Ergebnisse).

Die Verminderung der renalen Calcium-Resorption unter diesen Bedingungen scheint rein funktioneller Natur zu sein, die Expression der beteiligten Transporter verändert sich nicht (Freitag et al., 2021). Wird nun mit der Kalbung wieder umgestellt auf eine Ration mit positiver DCAD, kann also eine durchaus relevante Menge von Calcium durch das sofortige Einsetzen der Resorption im Organismus zurückbehalten und zur Aufrechterhaltung der Homöostase genutzt werden.

Verschiedene Gleichungen zur Berechnung der DCAD in mEq/kg TS können dabei zur Anwendung kommen. Die Konzentrationen der Kationen und Anionen werden dabei in g/kg TS in die Formel eingesetzt, die Faktoren ergeben sich aus dem Molgewicht, der Wertigkeit (im Fall von Phosphor 1,8 aufgrund des Vorliegens als Hydrogen- und Dihydrogenphosphat) und verschiedenen Korrekturfaktoren für die Verfügbarkeit. In der Praxis kommen die hauptsächlich Gleichungen 1 und 5 zur Anwendung, sie weisen auch nach den Ergebnissen einer Metaanalyse die besten Korrelationen mit dem Urin-pH auf (Charbonneau et al., 2006). Unter bestimmten Umständen kann es aber auch ratsam sein, die Effekte von Calcium und Magnesium ebenfalls zu berücksichtigen.

DCAD 1 (Ender et al., 1971):

$$(43,5 \cdot \text{Na} + 25,6 \cdot \text{K}) - (28,2 \cdot \text{Cl} + 62,6 \cdot \text{S})$$

DCAD 2 (Horst and Goff, 1997):

$$(43,5 \cdot \text{Na} + 25,6 \cdot \text{K} + 0,38 \cdot 50,0 \cdot \text{Ca} + 0,30 \cdot 82,4 \cdot \text{Mg}) - (28,2 \cdot \text{Cl} + 0,6 \cdot 62,6 \cdot \text{S} + 0,5 \cdot 58,1 \text{ P})$$

DCAD 3 (Horst and Goff, 1997):

$$(43,5 \cdot \text{Na} + 25,6 \cdot \text{K} + 0,15 \cdot 50,0 \cdot \text{Ca} + 0,15 \cdot 82,4 \cdot \text{Mg}) - (28,2 \cdot \text{Cl} + 0,2 \cdot 62,6 \cdot \text{S} + 0,3 \cdot 58,1 \text{ P})$$

DCAD 4 (National Research Council, 2001):

$$(43,5 \cdot \text{Na} + 25,6 \cdot \text{K} + 0,15 \cdot 50,0 \cdot \text{Ca} + 0,15 \cdot 82,4 \cdot \text{Mg}) - (28,2 \cdot \text{Cl} + 0,6 \cdot 62,6 \cdot \text{S} + 0,5 \cdot 58,1 \text{ P})$$

DCAD 5 (Goff et al., 2004):

$$(43,5 \cdot \text{Na} + 25,6 \cdot \text{K}) - (28,2 \cdot \text{Cl} + 0,6 \cdot 62,6 \cdot \text{S})$$

Eine Reduktion der DCAD berechnet nach Gleichung 5 von +300 mEq/kg TS auf 0 mEq/kg TS senkt einer Metaanalyse zufolge den Urin-pH von 8,09 auf 7,01, eine weitere Absenkung auf -150 mEq/kg TS ergibt nach dem berechneten Modell einen Urin-pH von 6,20. Zu bedenken ist aber auch, dass sich in dieser Analyse von 22 Studien mit insgesamt 75 Behandlungsgruppen parallel zur Absenkung der DCAD um 300 mEq/kg TS eine Reduktion der Futteraufnahme um 1,3 kg zeigte (Charbonneau et al., 2006). Dieser unerwünschte Effekt scheint von der Art der Ergänzungsfuttermittel abzuhängen – in der Literatur finden sich zahlreiche Arbeiten, in denen nur von einer marginalen oder gar keiner Verzehrdepression berichtet wird.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das Absenken des Urin-pHs auf < 7,0 aber nicht unter < 6,0 eine effiziente Methode zur Stabilisierung der Calciumhomöostase ist. Da sich die Reaktion der Tiere auf die Rationsgestaltung mit den stark vereinfachten Formeln – auch wenn die oben angesprochene Metaanalyse das suggeriert - nur bedingt vorhersagen lässt, ist eine Kontrolle des Urin-pHs unerlässlich. Eine zu starke Ansäuerung ist mit einem Absinken des Milchproteingehaltes in Verbindung gebracht worden und sollte vermieden werden (Leno et al., 2017). Bezüglich der Dauer der Exposition gegenüber einer negativen DCAD hat sich gezeigt, dass eine zweiphasige Trockensteherfütterung notwendig ist. Beim Vergleich von zwei unterschiedlichen Rationen (- 70 mEq/kg TS und -180 mEq/kg TS) über zwei unterschiedliche Zeiträume (21 Tage und 42 Tage) zeigte sich, dass eine DCAD von -180 mEq/kg TS (Urin-pH 5,6) keine zusätzlichen positiven Effekte hervorrief, die Futteraufnahme aber gegenüber der Ration mit einer DCAD von -70 mEq/kg TS (Urin-pH 6,5) reduzierte. Die Trächtigkeitsdauer war bei Kühen, die die Ration über 42 Tage erhalten hatten, um zwei Tage verkürzt, der Besamungserfolg war signifikant reduziert (Lopera et al., 2018). Die gewünschten Effekte auf den Säuren-Basen-Haushalt und die Calciumhomöostase, bestimmt durch eine Injektion von PTH, scheinen sich bereits drei Tage nach Umstellung auf eine negative DCAD (-153 mEq/kg TS) einzustellen, zu einer Absenkung des Urin-pH auf <6,0 kam es in dieser Studie bereits nach 24 Stunden (Vieira-Neto et al., 2021).

Calciumversorgung der Trockensteher bei negativer DCAD

In der Praxis wird in der Regel bei Trockensteherrationen mit negativer DCAD der Calciumgehalt in der Ration deutlich erhöht. Lange ging man davon aus, dass die renalen Verluste durch diese Maßnahme ausgeglichen werden müssen, und auch heute noch wird häufig empfohlen, bei einer DCAD von - 50 mEq/kg TS den Calciumgehalt auf 0,9 % bis 1,5 % zu erhöhen – ein deutlicher Unterschied im Vergleich zu den üblichen Gehalten in Trockensteherrationen. Hinter dieser Vorgehensweise steht die Sorge, dass eine Mobilisation von Calcium in der späten Trächtigkeit aus dem Knochen in Kombination mit den renalen Verlusten und einer eher niedrigen Versorgung Hypocalcämien nach der Abkalbung provoziert.

Beim Vergleich von zwei Rationen mit negativer DCAD und unterschiedlichem Calciumgehalt (-13 mEq/kg TS; Urin-pH 7,07; 0,46 % Ca und -17 mEq/kg TS; Urin-pH 7,41; 0,72 % Ca) konnten allerdings keine Unterschiede in den Plasmakonzentrationen von PTH und Calcitriol, die auf eine stärkere Reaktion auf die renalen Verluste hingedeutet hätten, festgestellt werden (Goff and Koszewski, 2018). Zu bedenken ist natürlich, dass die DCAD in diesem Versuch nicht als ausgesprochen niedrig bezeichnet werden kann. Bei einer stärkeren Absenkung und deutlicheren Unterschieden in der Calciumversorgung (-240 mEq/kg TS; 0,44 % Ca und 1,97 % Ca) wurden bei den Tieren mit der zusätzlichen Calciumsupplementierung nach dem Kalben höhere Plasmakonzentrationen von Cholesterol und Hinweise auf eine schnellere Erholung von der induzierten metabolischen Acidose beobachtet. Auf Basis dieser Ergebnisse empfehlen die Autoren dieser Studie die Calciumzulage (Zhang et al., 2022). Auch auf die gynäkologischen Befunde scheint sich eine höhere Calciumversorgung bei stark negativer DCAD (-240 mEq/kg TS; 0,44 % Ca und 2,27 % Ca) günstig auszuwirken (Ryan et al., 2020).

Die Ergebnisse einzelner Versuche bzw. der Erfolg einer Maßnahme auf einem einzelnen Betrieb hängen stark von den jeweiligen Betriebsbedingungen und Begleitumständen ab. Eine erste Orientierung kann

aber aus der kombinierten Auswertung einer größeren Anzahl von Versuchen abgeleitet werden. In einer solchen Metaanalyse, in der vorrangig der Einfluss der DCAD überprüft werden sollte, stellte sich heraus, dass die Inzidenz von Milchfieber in Abhängigkeit vom Calciumgehalt der Ration glockenförmig verteilt ist, mit den höchsten Fallzahlen bei einem Calciumgehalt in der Trockensteherration von 1,2 bis 1,4 % und einem deutlich verringerten Risiko bei Calciumgehalten unter 0,7 % sowie über 1,7 % (Lean et al., 2006). Eine weitere Studie dieser Art, in der 42 wissenschaftliche Studien zusammengefasst ausgewertet wurden (DCAD-Werte von -246 bis +1094 mEq/kg TS, im Mittel 40 mEq/kg TS; Calciumgehalte von 0,16 % bis 1,98 %, im Mittel 0,94 % der TS), kam allerdings zu dem Schluss, dass mit steigendem Calciumgehalt in der Ration eine Tendenz zu einem höheren Hypocalcämierisiko besteht (Santos et al., 2019).

Probleme im Zusammenhang mit der Empfehlung die Calciumversorgung bei Rationen mit negativer DCAD zu erhöhen, resultieren daraus, dass regelmäßig der errechnete Ansäuerungsgrad mit dem Einsatz saurer Salze nicht erreicht wird. In diesen Fällen bleibt die Stimulation der Knochenmobilisation aus und wird zudem durch die Überversorgung mit Calcium sogar noch beeinträchtigt. Studien, in denen das DCAD-Konzept bei Trockenstehern eingesetzt wurde, ohne den Calciumgehalt über 0,8% zu erhöhen berichten zwar von vergleichsweise niedrigerer Calciumausscheidung im Harn, nicht jedoch von verminderter Wirksamkeit saurer Salze oder erhöhter Inzidenz von klinischer oder subklinischer Hypocalcämie (Grünberg et al., 2011; Goff et al., 2020; Goff and Koszewski, 2018). Ein weiterer Nachteil ist, dass die Zugabe großer Mengen positiver Ladungen in Form von Ca^{2+} Ionen die Wirkung anionischer Salze antagonisieren, ohne dass dies bei den meist gebräuchlichen DCAD-Gleichungen berücksichtigt würde. Aus Sicht der Autoren bringt die Erhöhung der Calciumversorgung unter dem DCAD-Konzept nur ein erhöhtes Komplikationsrisiko wie eine Reduktion der Futtermittelaufnahme oder der Steigerung des Hypocalcämierisikos bei unzureichender Säuerung, und sollte deshalb unterbleiben.

Phosphorversorgung der Trockensteher

Bereits im Jahr 2005 konnte in einer amerikanischen Studie nachgewiesen werden, dass eine Trockensteherration mit einem Phosphorgehalt von 0,44 % zu einem stärkeren Absinken der peripartalen Calciumkonzentrationen im Blut führt als Rationen mit 0,21 % bzw. 0,31 % Phosphor (Peterson et al., 2005). Auch in zwei kürzlich durchgeführten Versuchen zur Reduktion des Phosphorgehaltes in der Trockensteherration auf 0,15 % gegenüber 0,28 % bzw. 0,16 % gegenüber 0,30 % konnte ein stabilisierender Effekt einer restriktiven Phosphorversorgung antepartum auf die Calciumhomöostase eindeutig belegt werden (Cohrs et al., 2018; Wächter et al., 2021). Bei der Phosphorrestriktion während der Trockenstehzeit kam es nicht wie häufig befürchtet zu einer Verringerung der Futtermittelaufnahme nach der Kalbung.

Der stabilisierenden Wirkung auf die Calciumhomöostase liegen vermutlich zwei Mechanismen zugrunde: Zu einen wird durch die restriktive Phosphorversorgung bereits vor dem Abkalben die Knochenmobilisation stimuliert (Abb. 1D). Nachgewiesen wurde dies anhand des Anstiegens eines Knochenresorptionsmarkers sowohl bei Milchkühen als auch bei Schafen (Cohrs et al., 2018; Köhler et al., 2021). Zum anderen wurde an den Schafen nicht nur gezeigt, dass die RNA-Expression verschiedener Gene, die an der Regulation der Knochenmobilisation beteiligt sind, von der Konzentration von Phosphat im Blut abhängt, sondern auch, dass die Expression von FGF23 (*fibroblast growth factor 23*) im Knochen durch die diätetische Phosphorrestriktion reduziert wird. Aufgrund seiner Interaktion mit der Synthese von Calcitriol könnte eine Verringerung von FGF23 die Adaptation der Tiere an den gesteigerten Bedarf durch die Milchproduktion beschleunigen (Abb. 1D). Darüber hinaus wurde eine numerische Abnahme der Expression der CaSR (*calcium sensing receptor*) an der Nebenschilddrüse festgestellt (Köhler et al., 2021). Ein solches Phänomen trat auch bei wachsenden Ziegen unter diätetischer Calciumrestriktion auf und wurde aufgrund der inhibitorischen Wirkung des mit Calcium besetzten CaSR auf die PTH-Ausschüttung als Ausdruck einer Anpassung der Regulationsmechanismen interpretiert (Wilkins et al., 2020b).

Calciumversorgung der laktierenden Kühe

Mit Beginn der Laktation muss eine ausreichende Versorgung mit Calcium sichergestellt werden. Die Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (2001) empfiehlt 50 g pro Tier und Tag bei einer Leistung von 10 kg Milch und eine Steigerung um ca. 30 g für weitere 10 kg Milch (20 kg: 82 g, 30 kg: 115 g, 40 kg: 146 g, 50 kg: 177 g). Da unmittelbar nach dem Abkalben die Futteraufnahme noch vergleichsweise niedrig und die Absorption von Calcium noch nicht voll an die Laktation adaptiert ist, wird häufig auf zusätzliche Calciumgaben per Injektion, Bolus oder Drench zurückgegriffen.

Für prophylaktische intravenöse Behandlungen konnte eindeutig gezeigt werden, dass diese zu einer Verzögerung der körpereigenen Adaptation an den erhöhten Calciumbedarf führen und damit ungeeignet sind, die Calciumhomöostase der Tiere nachhaltig zu stabilisieren (Blanc et al., 2014; Wilms et al., 2019). Sie sollten also nur bei klinisch manifester Gebärparese therapeutisch eingesetzt werden, um die durch die transiente Hypocalcämie ausgelösten Regulationsmechanismen (Abb. 1A, 1C) nicht zu inhibieren.

Auch die subkutane Gabe von Calcium oder die Applikation von zwei Boli mit je 43 g Calcium zur Geburt und 12 Stunden postpartum erhöhten zwar die Calciumkonzentrationen im Blut, hatten aber keine positiven Effekte auf Gesundheit und Leistung. Bei Erstkalbinnen war sogar das relative Risiko erhöht, vorzeitig abzugehen (Domino et al., 2017). In einer weiteren Studie, in der sowohl nach der Geburt normocalcämische als auch subklinisch hypocalcämische Kühe mit Boli (50 bis 60 g Calcium, nach dem Kalben und 18 Stunden postpartum) versorgt wurden, war zwei Tage nach der Abkalbung der Anteil der subklinisch hypocalcämischen Tiere in der Gruppe, die trotz Normocalcämie behandelt worden waren, ebenso groß wie in der Gruppe, die zur Geburt als subklinisch hypocalcämisch klassifiziert worden war (Valdecabres et al., 2018). Es stellt sich also auch bei der oralen Supplementierung die Frage, inwieweit eine prophylaktische Behandlung aller Tiere ohne Berücksichtigung des tatsächlichen Status der Calciumhomöostase mit einem Nutzen für die Tiergesundheit verbunden ist.

Literatur

- Blanc, C. D., M. van der List, S. S. Aly, H. A. Rossow, and N. Silva-Del-Rio. 2014. Blood calcium dynamics after prophylactic treatment of subclinical hypocalcemia with oral or intravenous calcium. *Journal of Dairy Science* 97(11):6901–6906. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-7927>.
- Charbonneau, E., D. Pellerin, and G. R. Oetzel. 2006. Impact of Lowering Dietary Cation-Anion Difference in Nonlactating Dairy Cows: A Meta-Analysis. *Journal of Dairy Science* 89(2):537–548. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72116-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72116-6).
- Cohrs, I., M. R. Wilkens, and W. Grünberg. 2018. Short communication: Effect of dietary phosphorus deprivation in late gestation and early lactation on the calcium homeostasis of periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science* 101(10):9591–9598. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14642>.
- Daniel, R. C. 1983. Motility of the rumen and abomasum during hypocalcaemia. *Canadian Journal of Comparative Medicine* 47(3):276–280.
- Domino, A. R., H. C. Korzec, and J. A. A. McArt. 2017. Field trial of 2 calcium supplements on early lactation health and production in multiparous Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 100(12):9681–9690. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12885>.
- Ender, F., I. W. Dishington, and A. Helgebostad. 1971. Calcium balance studies in dairy cows under experimental induction and prevention of hypocalcaemic paresis puerperalis. *Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde* 28(5):233–256. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.1971.tb01573.x>.
- Freitag, J. J., K. J. Martin, M. B. Conrades, E. Bellorin-Font, S. Teitelbaum, S. Klahr, and E. Slatopolsky. 1979. Evidence for skeletal resistance to parathyroid hormone in magnesium deficiency. *Studies in isolated perfused bone. J Clin Invest* 64(5):1238–1244. <https://doi.org/10.1172/JCI109578>.
- Freitag, J. R. B., M. R. Wilkens, A. S. Muscher-Banse, K. Gerstner, N. Schnepel, P. R. Torgerson, and A. Liesegang. 2021. Effects of diets differing in dietary cation-anion difference and calcium concentration on calcium homeostasis in neutered male sheep. *Journal of Dairy Science* 104(11):11537–11552. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20334>.

- Goff, J. P., A. Hohman, and L. L. Timms. 2020. Effect of subclinical and clinical hypocalcemia and dietary cation-anion difference on rumination activity in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science* 103(3):2591–2601. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17581>.
- Goff, J. P., and N. J. Koszewski. 2018. Comparison of 0.46% calcium diets with and without added anions with a 0.7% calcium anionic diet as a means to reduce periparturient hypocalcemia. *Journal of Dairy Science* 101(6):5033–5045. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13832>.
- Goff, J. P., A. Liesegang, and R. L. Horst. 2014. Diet-induced pseudohypoparathyroidism: A hypocalcemia and milk fever risk factor. *Journal of Dairy Science* 97(3):1520–1528. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7467>.
- Goff, J. P., R. Ruiz, and R. L. Horst. 2004. Relative Acidifying Activity of Anionic Salts Commonly Used to Prevent Milk Fever. *Journal of Dairy Science* 87(5):1245–1255. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73275-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73275-0).
- Grabherr H, Spolders M, Flachowsky G, Füll M. 2008. Einfluss von Zeolith A auf die Futteraufnahme von trockenstehenden Milchkühen, auf den Mengen- und Spurenelementstoffwechsel im peripartalen Zeitraum sowie auf die Milchleistung in der folgenden Laktation Influence of zeolite A supplementation during the dry period of dairy cows on feed intake, on the macro and trace element metabolism around calving and milk yield in the following lactation. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.*:41–52. <https://doi.org/10.2376/0005-9366-121-41>.
- Grünberg, W., S. S. Donkin, and P. D. Constable. 2011. Periparturient effects of feeding a low dietary cation-anion difference diet on acid-base, calcium, and phosphorus homeostasis and on intravenous glucose tolerance test in high-producing dairy cows. *Journal of Dairy Science* 94(2):727–745. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3230>.
- Horst, E. A., E. J. Mayorga, M. Al-Qaisi, M. A. Abeyta, S. L. Portner, C. S. McCarthy, B. M. Goetz, S. K. Kvidera, and L. H. Baumgard. 2020. Effects of maintaining eucalcemia following immunoactivation in lactating Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science* 103(8):7472–7486. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18268>.
- Horst, R. L., and J. P. Goff. 1997. Milk fever and dietary potassium. *Proceedings of the Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers* 1997:181.
- Horst, R. L., J. P. Goff, T. A. Reinhardt, and D. R. Buxton. 1997. Strategies for Preventing Milk Fever in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* 80(7):1269–1280. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76056-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76056-9).
- Jeroch, H., W. Drochner, M. Rodehutschord, and O. Simon. 2020. Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere: Ernährungsphysiologie, Futtermittelkunde, Fütterung. 3. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. UTB. Ulmer, Stuttgart.
- Kerwin, A. L., C. M. Ryan, B. M. Leno, M. Jakobsen, P. Theilgaard, D. M. Barbano, and T. R. Overton. 2019. Effects of feeding synthetic zeolite A during the prepartum period on serum mineral concentration, oxidant status, and performance of multiparous Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 102(6):5191–5207. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16272>.
- Kimura, K., T. A. Reinhardt, and J. P. Goff. 2006. Parturition and Hypocalcemia Blunts Calcium Signals in Immune Cells of Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* 89(7):2588–2595. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(06\)72335-9](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(06)72335-9).
- Köhler, O. M., W. Grünberg, N. Schnepel, A. S. Muscher-Banse, A. Rajaeerad, J. Hummel, G. Breves, and M. R. Wilkens. 2021. Dietary phosphorus restriction affects bone metabolism, vitamin D metabolism and rumen fermentation traits in sheep. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 105(1):35–50. <https://doi.org/10.1111/jpn.13449>.
- Kronqvist, C., U. Emanuelson, R. Spörndly, and K. Holtenius. 2011. Effects of prepartum dietary calcium level on calcium and magnesium metabolism in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science* 94(3):1365–1373. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-3025>.
- Kronqvist, C., U. Emanuelson, M. Tråvén, R. Spörndly, and K. Holtenius. 2012. Relationship between incidence of milk fever and feeding of minerals during the last 3 weeks of gestation. *Animal an international journal of animal bioscience* 6(8):1316–1321. <https://doi.org/10.1017/S175173111200033X>.
- Lean, I. J., P. J. DeGaris, D. M. McNeil, and E. Block. 2006. Hypocalcemia in Dairy Cows: Meta-analysis and Dietary Cation Anion Difference Theory Revisited. *Journal of Dairy Science* 89(2):669–684. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72130-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72130-0).
- Leno, B. M., C. M. Ryan, T. Stokol, D. Kirk, K. P. Zanzalari, J. D. Chapman, and T. R. Overton. 2017. Effects of prepartum dietary cation-anion difference on aspects of peripartum mineral and energy metabolism and performance of multiparous Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 100(6):4604–4622. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12221>.
- Lopera, C., R. Zimpel, A. Vieira-Neto, F. R. Lopes, W. Ortiz, M. Poindexter, B. N. Faria, M. L. Gambarini, E. Block, C. D. Nelson, and J. E. P. Santos. 2018. Effects of level of dietary cation-anion difference and duration of prepartum feeding on performance and metabolism of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 101(9):7907–7929. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14580>.
- Martinez, N., L. D. P. Sinedino, R. S. Bisinotto, E. S. Ribeiro, G. C. Gomes, F. S. Lima, L. F. Greco, C. A. Risco, K. N. Galvão, D. Taylor-Rodriguez, J. P. Driver, W. W. Thatcher, and J. E. P. Santos. 2014. Effect of induced subclinical hypocalcemia on

- physiological responses and neutrophil function in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 97(2):874–887. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7408>.
- Martin-Tereso, J., H. Martens, C. Deiner, H. van Laar, L. A. den Hartog, and M. W. A. Verstegen. 2016. Pre-calving feeding of rumen-protected rice bran to multiparous dairy cows improves recovery of calcaemia after calving. *The Journal of dairy research* 83(3):281–288. <https://doi.org/10.1017/S002202991600039X>.
- Matsuzaki, H., S. Katsumata, Y. Kajita, and M. Miwa. 2013. Magnesium deficiency regulates vitamin D metabolizing enzymes and type II sodium-phosphate cotransporter mRNA expression in rats. *Magnesium Research* 26(2):83–86. <https://doi.org/10.1684/mrh.2013.0341>.
- Matthaei, M. O., S. U. Kononov, J. Rehage, G. Szura, I. Leiter, K. Hansen, S. Daenicke, D. von Soosten, S. Kersten, U. Meyer, and M. R. Wilkens. Does bone mobilization interfere with energy metabolism in transition cows? *Journal of Dairy Science Communications*, in press
- McArt, J. A. A., and R. C. Neves. 2020. Association of transient, persistent, or delayed subclinical hypocalcemia with early lactation disease, removal, and milk yield in Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 103(1):690–701. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17191>.
- Neves, R. C., B. M. Leno, T. Stokol, T. R. Overton, and J. A. A. McArt. 2017. Risk factors associated with postpartum subclinical hypocalcemia in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 100(5):3796–3804. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11970>.
- Peterson, A. B., M.W. Orth, J.P. Goff, and D.K. Beede. 2005. Periparturient Responses of Multiparous Holstein Cows Fed Different Dietary Phosphorus Concentrations Prepartum. *Journal of Dairy Science*(88):3582–3594.
- Rajaeerad, A., G. R. Ghorbani, M. Khorvash, A. Sadeghi-Sefidmazgi, A. H. Mahdavi, S. Rashidi, M. R. Wilkens, and M. Hünerberg. 2020. Impact of a Ration Negative in Dietary Cation-Anion Difference and Varying Calcium Supply Fed before Calving on Colostrum Quality of the Dams and Health Status and Growth Performance of the Calves. *Animals an open access journal from MDPI* 10(9). <https://doi.org/10.3390/ani10091465>.
- Reinhardt, T. A., J. D. Lippolis, B. J. McCluskey, J. P. Goff, and R. L. Horst. 2011. Prevalence of subclinical hypocalcemia in dairy herds. *Veterinary journal (London, England 1997)* 188(1):122–124. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.03.025>.
- Reist, M., D. Erdin, D. von Euw, K. Tschuemperlin, H. Leuenberger, C. Delavaud, Y. Chilliard, H.M. Hammon, N. Kuenzi, and J.W. Blum. 2003. Concentrate Feeding Strategy in Lactating Dairy Cows: Metabolic and Endocrine Changes with Emphasis on Leptin1,2. *Journal of Dairy Science* 86:1690–1706.
- Rérat, M., A. Philipp, H. D. Hess, and A. Liesegang. 2009. Effect of different potassium levels in hay on acid-base status and mineral balance in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92(12):6123–6133. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2449>.
- Rodríguez, E. M., A. Arís, and A. Bach. 2017. Associations between subclinical hypocalcemia and postparturient diseases in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 100(9):7427–7434. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12210>.
- Rodríguez, E. M., A. Bach, M. Devant, and A. Aris. 2016. Is calcitonin an active hormone in the onset and prevention of hypocalcemia in dairy cattle? *Journal of Dairy Science* 99(4):3023–3030. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10229>.
- Ryan, K. T., A. R. Guadagnin, K. M. Glosson, S. S. Bascom, A. D. Rowson, A. J. Steelman, and F. C. Cardoso. 2020. Increased dietary calcium inclusion in fully acidified prepartum diets improved postpartum uterine health and fertility when fed to Holstein cows. *Theriogenology* 142:338–347. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.10.014>.
- Santos, J. E. P., I. J. Lean, H. Golder, and E. Block. 2019. Meta-analysis of the effects of prepartum dietary cation-anion difference on performance and health of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 102(3):2134–2154. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14628>.
- Schwaller, D., M. R. Wilkens, and A. Liesegang. 2016. Zeolite A effect on calcium homeostasis in growing goats. *J Anim Sci* 94(4):1576–1586. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9690>.
- Seely, C. R., B. M. Leno, A. L. Kerwin, T. R. Overton, and J. A. A. McArt. 2021. Association of subclinical hypocalcemia dynamics with dry matter intake, milk yield, and blood minerals during the periparturient period. *Journal of Dairy Science* 104(4):4692–4702. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19344>.
- Thilsing-Hansen, T., R. J. Jørgensen, J. Enemark, and T. Larsen. 2002. The Effect of Zeolite A Supplementation in the Dry Period on Periparturient Calcium, Phosphorus, and Magnesium Homeostasis. *Journal of Dairy Science* 85(7):1855–1862. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74259-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74259-8).
- Valdecabres, A., J. A. A. Pires, and N. Silva-Del-Río. 2018. Effect of prophylactic oral calcium supplementation on postpartum mineral status and markers of energy balance of multiparous Jersey cows. *Journal of Dairy Science* 101(5):4460–4472. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12917>.
- Valdecabres, A., and N. Silva-Del-Río. 2021. Effects of postpartum oral calcium supplementation on milk yield, milk composition, and reproduction in multiparous Jersey and Jersey × Holstein crossbreed cows. *Journal of Dairy Science* 104(1):795–805. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19079>.

- van de Braak, A. E., A. T. van 't Klooster, A. Malestein, and J. A. Faber. 1986. Effects of low and high calcium intake prepartum on calcium mobilization rate around parturition in dairy cows. *The veterinary quarterly* 8(1):12–23. <https://doi.org/10.1080/01652176.1986.9694013>.
- van't Klooster, A. T. 1976. Adaptation of calcium absorption from the small intestine of dairy cows to changes in the dietary calcium intake and at the onset of lactation. *Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde* 37(4):169–182. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.1976.tb00055.x>.
- Venjakob, P. L., L. Bauerfeind, R. Staufenbiel, M. R. Wilkens, C. Weber, W. Heuwieser, and S. Borchardt. 2021. Randomized clinical trial to evaluate the effects of a prepartum cholecalciferol injection on postpartum serum calcium dynamics and health and performance in early-lactation multiparous dairy cows. *Journal of Dairy Science*. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20584>.
- Venjakob, P. L., S. Borchardt, and W. Heuwieser. 2017. Hypocalcemia-Cow-level prevalence and preventive strategies in German dairy herds. *Journal of Dairy Science* 100(11):9258–9266. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12494>.
- Venjakob, P. L., L. Pieper, W. Heuwieser, and S. Borchardt. 2018. Association of postpartum hypocalcemia with early-lactation milk yield, reproductive performance, and culling in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 101(10):9396–9405. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14202>.
- Vieira-Neto, A., I. M. R. Leão, J. G. Prim, A. C. M. Silva, M. Nehme Marinho, R. Zimpel, S. Etheve, C. D. Nelson, and J. E. P. Santos. 2021. Effect of duration of exposure to diets differing in dietary cation-anion difference on Ca metabolism after a parathyroid hormone challenge in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 104(1):1018–1038. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19127>.
- Wächter, S., I. Cohrs, L. Golbeck, M. R. Wilkens, and W. Grünberg. 2021. Effects of restricted dietary phosphorus supply to dry cows on periparturient calcium status. *Journal of Dairy Science*. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20726>.
- Wilkens, M. R., K. Elfers, M. Schmicke, G. Breves, and A. S. Muscher-Banse. 2018. Dietary nitrogen and calcium modulate CYP27B1 expression in young goats. *Domestic Animal Endocrinology* 64:70–76. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2018.03.005>.
- Wilkens, M. R., and A. S. Muscher-Banse. 2020. Review: Regulation of gastrointestinal and renal transport of calcium and phosphorus in ruminants. *Animal* 14(S1):s29-s43. <https://doi.org/10.1017/S1751731119003197>.
- Wilkens, M. R., C. D. Nelson, L. L. Hernandez, and J. A. A. McArt. 2020a. Symposium review: Transition cow calcium homeostasis-Health effects of hypocalcemia and strategies for prevention. *Journal of Dairy Science* 103(3):2909–2927. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17268>.
- Wilkens, M. R., N. Schnepel, and A. S. Muscher-Banse. 2020b. Dietary protein and calcium modulate parathyroid vitamin D receptor expression in young ruminants. *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology* 196:105503. <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2019.105503>.
- Wilms, J., G. Wang, J. Doelman, M. Jacobs, and J. Martín-Tereso. 2019. Intravenous calcium infusion in a calving protocol disrupts calcium homeostasis compared with an oral calcium supplement. *Journal of Dairy Science* 102(7):6056–6064. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15754>.
- Zhang, X., K. M. Glosson, S. S. Bascom, A. D. Rowson, Z. Wang, and J. K. Drackley. 2022. Metabolic and blood acid-base responses to prepartum dietary cation-anion difference and calcium content in transition dairy cows. *Journal of Dairy Science* 105(2):1199–1210. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21191>.
- Zimpel, R., M. N. Marinho, K. V. Almeida, A. R. Ruiz, M. C. Perdomo, M. B. Poindexter, A. Vieira-Neto, U. Arshad, A. Husnain, C. D. Nelson, and J. E. P. Santos. 2021. Prepartum level of dietary cation-anion difference fed to nulliparous cows: Acid-base balance, mineral metabolism, and health responses. *Journal of Dairy Science* 104(12):12580–12599. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20486>.

Autorenanschriften:

Prof. Dr. Walter Grünberg, PhD
Klinik für Wiederkäuer (Innere Medizin und Chirurgie)
FB 10 – Veterinärmedizin
Justus-Liebig-Universität Gießen
Frankfurter Straße 104
35392 Gießen
walter.gruenberg@vetmed.uni-giessen.de

Prof. Dr. Mirja Wilkens
Institut für Tierernährung, Ernährungsschäden und Diätetik
Veterinärmedizinische Fakultät der Universität Leipzig
An den Tierkliniken 9
04103 Leipzig
mirja.wilkens@uni-leipzig.de

Controlling der Mineralstoffversorgung

Jana Denißen

Agravis Futtermittel GmbH, Industrieweg 110, 48155 Münster

Einleitung

Das Controlling wird in der Wirtschaftswissenschaft als Teil des unternehmerischen Führungssystems verstanden, dessen Kernaufgabe die Planung, Steuerung und Kontrolle der Unternehmensbereiche ist. Die bedarfsgerechte Nähr- und Mineralstoffversorgung einer Rinderherde bei der sowohl Unter- als auch Überversorgung vermieden werden, sollte permanent diesem Controlling unterzogen werden. Die Berechnung einer bedarfsgerechten Ration stellt die Grundlage der Sicherstellung der bedarfsgerechten Mineralstoffversorgung dar. Bei der Ableitung des Bedarfes an Mengenelementen ist zu beachten, dass unterschiedliche Futtermittel variierende Verwertbarkeiten mit sich bringen (GfE (2001)). Bei der Rationsberechnung sollten die Futtermittel ebenfalls so ausgewählt und eingesetzt werden, dass Wechselwirkungen zwischen einzelnen Elementen vermieden werden. So ist bei der Ergänzung von Rationen mit Spurenelementen darauf zu achten, dass eine Überversorgung mit einzelnen Spurenelementen aufgrund von Wechselwirkungen die Verwertung bzw. die Absorbierbarkeit anderer Spurenelemente vermindern und somit einen sekundären Mangel hervorrufen kann (GfE, 2001). Eine Überversorgung ist hinsichtlich der Tiergesundheit, aber auch aus ökologischer Sicht bedenklich, da sich die überschüssig aufgenommenen Spurenelemente im Wirtschaftsdünger befinden (Steinhöfel et al. (2013)).

Im Betriebsalltag bedingen wechselnde Umwelteinflüsse und Grobfutterqualitäten ein sich stetig veränderndes Gefüge, welches Einfluss auf das Verhalten der Tiere, deren Leistungsgeschehen und die Mineralstoffgehalte der Rationen nimmt. Daraus folgern ein veränderter Bedarf der Tiere und eine veränderte Mineralstoffzusammensetzung der vorgelegten Rationen. Demzufolge ist die bedarfsgerechte Versorgung der Tiere permanent über unterschiedliche Kontrollmaßnahmen zu überprüfen.

Die von der Rationskalkulation abweichende Mineralstoffaufnahme kann vor allem in der Transitperiode negative Auswirkungen auf den Stoffwechsel des Tieres und die Tiergesundheit haben. In diesem Zusammenhang ist das Milchfieber als bedeutende Stoffwechselerkrankung zu nennen. Schätzungen gehen davon aus, dass ca. 5-10 % aller älteren abkalbenden Kühe an einem akuten und etwa 30 % an einem subklinischen Krankheitsgeschehen leiden (DLG (2010)). Zur Prophylaxe des Auftretens von Milchfieber können unterschiedliche Fütterungsstrategien umgesetzt werden. Diese sind darin vereint, dass die Mineralstoffgehalte gezielt eingestellt werden. Sie bieten nur Sicherheit, wenn diese Mineralstoffgehalte und -verhältnisse auch in der aufgenommenen Ration enthalten sind. Von besonderer Bedeutung sind hier die Elemente Ca, K, P, Mg, Cl und S.

Maßnahmen zur Sicherstellung und regelmäßigen Kontrolle der nutritiven Mineralstoffversorgung

Das Ziel dieser Maßnahmen ist die Sicherstellung und Überprüfung, ob die Kühe die durch die Rationsberechnung angestrebten Mineralstoffmengen aufnehmen.

Auswahl der Rationskomponenten und Rationsberechnung

Grundlage jeder Rationsberechnung sind Laboranalysen aller einzusetzenden Grobfutter, die mindestens den Energie-, Nährstoff- und Mineralstoffgehalt beschreiben. Ebenso sollten auf dem Betrieb befindliche Einzelkomponenten auf die oben beschriebenen Parameter untersucht werden. Bei dem Einsatz von Einzelkomponenten gilt es zu beachten, dass bei diesen je nach Erntejahr, Schlag oder angelieferter Futtercharge die Nähr- und Mineralstoffgehalte stark schwanken können. Die Rationsberechnung sollte nach guter fachlicher Praxis unter Beachtung der Bedarfsnormen der einzelnen Tiergruppen mit einem Rationsberechnungsprogramm durchgeführt werden.

Herstellung der Ration und Futtervorlage

Bei der Herstellung der Ration ist zum einen die tag täglich wiederholende Vorlage der gleichen Rationszusammensetzung als auch die Vorlage einer in sich homogenen Ration von großer Bedeutung. Beide Punkte stellen die Aufnahme der angestrebten Mineralstoffmenge sicher und stabilisieren die Pansenflora der Milchkühe. Zur Sicherstellung der Vorlage von vergleichbaren Rationen im Zeitverlauf, sollte auf die strikte Einhaltung des Ladeprotokolls großen Wert gelegt werden. Kommt es zu verändernden Futterqualitäten im Silohaufen, sollten von der Anschnittfläche Futterproben zur Bestimmung der Inhaltsstoffe entnommen werden. Der TM-Gehalt der Anschnittfläche sollte wöchentlich bestimmt und die Ladeprotokolle entsprechend angepasst werden. Ebenso sollte die Siloanschnittfläche vor Witterungseinflüssen geschützt werden, um eine drastische Veränderung des TM-Gehaltes der Silagen zu vermeiden. Dies kann auch bei Einhaltung des Ladeprotokolls zu einer Verschiebung der Mengenanteile in den Rationen führen.

Bedeutsam ist ebenfalls die Vorlage einer Ration, die so gut gemischt ist, dass an jeder Stelle des Futtertisches die gleiche Rationszusammensetzung vorliegt. An wandernden Kühen, die von Fressplatz zu Fressplatz laufen, ist zu erkennen, dass die Ration entlang des Futtertisches in ihrer Schmackhaftigkeit schwankt. Die homogene Futtervorlage stellt sicher, dass allen Kühen die ursprünglich kalkulierten Nähr- und Mineralstoffmengen aufnehmen. Die Mischdauer muss ausreichend lang sein, so dass auch Futtermittel, die in kleinen Mengen dem Mischwagen zugesetzt werden (z.B. Mineralfutter), adäquat im Mischwagen verteilt sind. Die Messer im Mischwagen müssen regelmäßig geschärft bzw. ausgetauscht werden und die zu mischende Futtermenge sollte an das Fassungsvermögen des Mischwagens angepasst sein. Zur Überprüfung der Homogenität der vorgelegten Ration können entlang des Futtertisches Futterproben entnommen und mit Hilfe der Schüttelbox auf die Partikelgrößenverteilung untersucht werden. Liegen zwischen den Mengenanteilen auf den jeweiligen Siebböden grobe Abweichungen vor, sollte der Mischvorgang und der Futtermischwagen kritisch geprüft werden.

Selektive Futteraufnahme

Kühe sind in der Lage durch Kopf- und Maulbewegungen die vorgelegten Rationen zu entmischen und selektiv vermehrt feine Futterpartikel zu fressen. Daraus kann sich abweichend von der Rationskalkulation eine forcierte Aufnahme an leicht verdaulichen Kohlenhydraten und eine geringere Aufnahme an Faserkomponenten ergeben. Ebenso ergibt sich daraus eine veränderte Mineralstoffaufnahme. Dass die selektive Futteraufnahme sowohl bei laktierenden also auch bei trockenstehenden Kühen auftritt, ist in der Literatur umfangreich beschrieben (Zebeli et al. (2008), Suarez-Mena et al. (2013), Havekes et al. (2020), Denißen et al. (2021)). Als Ursachen werden unterschiedliche Aspekte aufgeführt, die das Selektionsverhalten der Kühe beeinflussen. So beobachteten Greter et al. (2008), dass mit einer Erhöhung des Strohanteils in der Ration die Selektion

zugunsten feiner und gegen grobe Partikel zunimmt. DeVries et al. (2007, 2008) stellten hingegen fest, dass bei höheren Silageanteilen in der Ration (≥ 60 % der TM) im Vergleich zu Rationen mit geringeren Silageanteilen (≤ 50 % der TM) das Selektionsverhalten gegen grobe Partikel abnimmt. Diese unterschiedlichen Ergebnisse können mit der Art, der Partikelgröße und dem TM-Gehalt der einzelnen Komponenten erklärt werden. Es ist vielfach beschrieben, dass eine Verringerung der Partikelgröße der eingesetzten Futtermittel, die Selektion gegen grobe und für feine Partikel verringert (Kononoff und Heinrichs (2003), Leonardi et al. (2005), Zebeli et al. (2008), Havekes et al. (2020)). Zudem beeinflusst der TM-Gehalt der gesamten Ration das Selektionsverhalten der Kühe (Denißen et al. (2021)).

Maßnahmen gegen die Futterselektion sind geringe Partikelgrößen (Suarez-Mena et al. (2013) und/oder eine Wasserzulage in die Ration (Denißen et al. (2021)). Denißen et al. (2021) stellten fest, dass 24 h nach der Futtervorlage die Rationen mit Wasserzulage ein höheres Risiko für Nacherwärmung aufwiesen. Aus diesem Grund sollten Rationen mit Wasserzulage unbedingt täglich frisch gemischt und vorgelegt werden.

Selektives Fressverhalten kann an einem gewissen Wühlverhalten der Kühe im Futter und anhand von hineingefressenen Löchern im Futterschwad, welche bis auf den Futtertisch reichen, erkannt werden. Zur genauen Überprüfung können im Tagesverlauf Futterproben entnommen und mit Hilfe der Schüttelbox auf die Partikelgrößenverteilung überprüft werden. Die Anteile auf den Sieben sollten im Tagesverlauf möglichst identisch bleiben.

Futteraufnahme

Die Futteraufnahme von Milchkühen wird von unterschiedlichsten Faktoren beeinflusst. Die Kontrolle der Futteraufnahme gibt umfangreiche Informationen darüber, ob die Grobfutterqualität und die Rationszusammensetzung optimal sind. Dazu wird nach der Futtervorlage eine Futterprobe entnommen und beispielsweise in einem Dörrautomat oder einer Mikroowelle der Trockenmassegehalt bestimmt. Es werden ebenso von der vorgelegten Futtermenge die Futterreste am Folgetag abgezogen und die Trockenmasseaufnahme je Kuh errechnet. Eine geringere Futteraufnahme als in der Rationskalkulation angesetzt kann zu Mangelsituationen führen. Vor allem in dem Zeitraum um die Kalbung kann dies mit schwerwiegenden Folgen für die Tiere einhergehen. In der Praxis wird häufig über den P-Gehalt in Rationen für trockenstehende und frischlaktierende Kühe diskutiert. Blutproben von frischabgekalbten Tieren lassen in der Regel immer einen zu geringen P-Gehalt in den Rationen vermuten. Ursächlich für die geringen P-Gehalte im Blut sind aber zu geringe Futteraufnahmen rund um die Kalbung. Die geringe Futteraufnahme kann dann zu weitreichenden Stoffwechselproblemen führen.

Beprobung der Mischrationen

Zur regelmäßigen Überprüfung der Energie-, Nährstoff- und Mineralstoffgehalte der vorgelegten Rationen wird eine regelmäßige Analyse der vorgelegten Mischrationen empfohlen. Insbesondere die Ration für trockenstehende und frischlaktierende Kühe sollte einem permanenten Monitoring unterzogen werden. Die empfohlene Häufigkeit der Beprobung hängt von der Betriebsgröße und der Häufigkeit der Grobfutterwechsel bzw. Rationsänderungen ab.

Beprobung des Tränkwasser

Neben der ausreichenden Menge ist die Wasserqualität von großer Bedeutung. Über das Tränkwasser kann es zu Mineralstoffaufnahmen kommen, die bei der Rationskalkulation nicht berücksichtigt werden. Die Orientierungswerte für Tränkwasser werden in der Regel vom Labor herausgegeben. Ein Beispiel für eine Auffälligkeit sind hohe Eisengehalte, die zum einen zu einer Geschmacksbeeinträchtigung und damit zu einer reduzierten Wasser- und Futteraufnahme aber zum anderen auch zu einer zu hohen Eisenaufnahme führen können. Eisen ist Antagonist für Mangan, Kupfer und Kobalt, so dass die Absorption dieser Elemente durch zu hohe Eisenaufnahmen gehemmt wird. Neben den physikalischen Eigenschaften sollte die Wasserprobe aber auch auf die hygienische Beschaffenheit untersucht werden. Die Beprobung des Tränkwassers sollte jährlich erfolgen.

Weiterführende Maßnahmen beim Verdacht einer Fehlversorgung bei Einzeltieren

Liegt ein Verdacht für eine Unter- oder Überversorgung mit Mengen- und/oder Spurenelementen vor, können zur Ursachenforschung nach Prüfung der bereits aufgeführten Aspekte folgende Punkte näher betrachtet werden. Ebenso können die im Folgenden aufgeführten Probemedien zur Überprüfung der Mineralstoffversorgung von Tieren genutzt werden, die keine homogene TMR vorgelegt bekommen, wie zum Beispiel Weidetiere.

Zur Überprüfung können Kot-, Harn-, Speichel- und Blutproben von Einzeltieren entnommen und im Labor untersucht werden. Bei der Wahl des richtigen Probemediums muss das Untersuchungsziel bekannt sein, denn nicht jedes Medium eignet sich dazu Rückschlüsse auf die nutritive Versorgungslage mit jedem Mineralstoff ziehen zu können.

Untersuchung des Kotes

Herold et al. (2020) stellten fest, dass die Untersuchung von Kot bei den Spurenelementen Eisen, Kupfer, Zink, Molybdän, Selen und Mangan eine gute Einschätzung der nutritiven Versorgungssituation zulässt. Die Autoren stellten ebenso fest, dass die metabolische Versorgungslage durch die Kotanalyse überwiegend nicht reflektiert werden kann.

Zur Untersuchung der nutritiven Versorgungslage der Mengenelemente Magnesium und Calcium stellt die Kotprobe eine Alternative zur TMR-Analyse dar. Bei Phosphor sollten die Ergebnisse aus mehreren Substraten wie Futter, Serum und Harn kombiniert werden, um eine Einschätzung zu treffen (Herold, A. (2017)).

Untersuchung des Harns

Harnproben haben eine gute Aussage zur nutritiven Versorgung mit Natrium, Schwefel, Selen und Molybdän sowie eine mittelmäßige Aussage zur Versorgung mit Kalium, Magnesium, Eisen und Mangan (Staufenbiel et al. (2019)).

Untersuchung des Blutes

Blutproben zeigen nur vereinzelt und geringe Zusammenhänge zur nutritiven Versorgungslage, die immer geringer als die von Kotproben sind (Staufenbiel et al. (2019)). Laut Socha et al. (2000) ist die Bestimmung von Kupfer, Mangan und Kobalt nicht akzeptabel. Bei Zink, Jod und Selen empfehlen sie eine vorsichtige Interpretation.

Untersuchung von Haaren

Eine Überversorgung mit Molybdän lässt sich mit Haarproben bewerten (Herold (2017)). Ältere Studien zeigen, dass sich Deckhaar auch zur Beurteilung der Versorgung mit Mangan, Zink, Selen und Jod eignet (Anke et al. (1993), Kincaid (1999)).

Fazit

Bei Einhaltung der guten fachlichen Praxis bei der Rationskalkulation, dem Silo- und Fütterungsmanagement und einem regelmäßigen Monitoring der Betriebsabläufe und der eingesetzten Technik können Über- und Unterversorgung mit Mineralstoffen weitestgehend vermieden werden. Von besonderer Bedeutung ist, dass die kalkulierte Ration mit den vorgesehenen Mineralstoffgehalten von der Kuh aufgenommen wird.

Literatur

Anke, M., B. Groppe, H. Gürtler, M. Müller (1993): Spurenelementmangelerscheinungen bei Tier und Mensch. In: Anke, M., H. Gürtler (Hrsg.): Mineralstoffe und Spurenelemente in der Ernährung. Media Touristik.

Denißen, J., S. Beintmann, S. Hoppe, M. Pries, J. Hummel und K.-H. Südekum (2021): Influence of the addition of water to total mixed rations on the feeding behaviour, feed intake and milk performance of high-yielding dairy cows. *Livestock Science*. Volume 254, 104743.

DeVries, T. J., F. Dohme und K. A. Beauchemin (2008): Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis: Feed sorting. *J. Dairy Sci.* 91, 3958-3967.

DeVries, T. J., K. A. Beauchemin, und M. A. G. von Keyserlingk (2007): Dietary forage concentration affects the feed sorting behavior of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90, 5572-5579.

DLG (2010): Erfolgreiche Milchfieberprophylaxe. DLG Verlag, Frankfurt a. M.

GfE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder, DLG Verlag, Frankfurt a. M.

Greter, A. M., T. J. DeVries, und M. A. G. von Keyserlingk (2008): Nutrient intake and feeding behavior of growing dairy heifers: Effects of dietary dilution. *J. Dairy Sci.* 91, 2786-2795.

Havekes, C. D., T. F. Duffield, A. J. Carpenter und T. J. DeVries (2020): Effects of wheat straw chop length in high-straw dry cow diets on intake, health, and performance of dairy cows across the transition period. *J. Dairy Sci.* 103, 254-271.

Herold, A. (2017): Untersuchungen zu den Konzentrationen an Mengen- und Spurenelementen beim Rind in verschiedenen Probenmedien unter besonderer Berücksichtigung von Kotproben. Dissertation Freie Universität Berlin.

Herold, A., A. Müller, R. Staufenbiel und L. Pieper (2020): Konzentration von Spurenelementen beim Rind in verschiedenen Probenmedien unter besonderer Berücksichtigung von Kotproben. *Tierärztliche Praxis. Ausgabe G, Grosstiere/Nutztiere* 48(01):5-14.

Kincaid, R. L. (1999): Assessment of trace mineral status of ruminants. A review. *Proc. Amer. Soc. Anim. Sci.* 35, 1.

Kononoff, P. J., und A. J. Heinrichs (2003): The effect of corn silage particle size and cottonseed hulls on cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 86, 2438-2451.

Leonardi, C., K. J. Shinnars, und L. E. Armentano (2005): Effects of different dietary geometric mean particle length and particle size distribution of oat silage on feeding behavior and productivity performance of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 88, 698-710.

Socha, M. T., D. J. Tomlinson, A. B. Johnson, C. Rapp (2000): Effekt der Spurenelementversorgung auf die Reproduktion. *Zinpro Animal Nutrition*.

Staufenbiel, R., A. Müller und A. Herold (2019): Beurteilung der Versorgung mit Mengen- und Spurenelementen von Milchkühen unter Verwendung verschiedener Probenmedien: Vollblut, Plasma, Serum, Harn, Haare und Kot. Vortragsfolien. Persönliche Mitteilung.

Steinhöfel, O., B. Fröhlich, J. Zentek, A. Kriesten und K. Männer (2013): Spurenelementversorgung von Milchrindern. Hrsg. Schriftenreihe des LfULG. Köllitsch: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Freistaat Sachsen.

Suarez-Mena, F. X., G.I. Zanton und A.J. Heinrichs (2013): Effect of forage particle length on rumen fermentation, sorting and chewing activity of late-lactation and non-lactating dairy cows. *Animal*, Vol. 7, Issue 2, 272-278.

Zebeli, Q., M. Tafaj, B. Junck, V. Olschlager, B. Ametaj, und W. Drochner (2008): Evaluation of the response of ruminal fermentation and activities of nonstarch polysaccharide-degrading enzymes to particle length of corn silage in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91, 2388-2398.

Autorenanschrift:

Dr. Jana Denißen
Agravis Futtermittel GmbH
Industrieweg 110
48155 Münster
Email: jana.denissen@agravis.de



BayWa

Bonimal – die Rundum- Versorgung für Ihre Tiere.

Für die Landwirtschaft.

Unser umfassendes Bonimal Sortiment

bietet Ihnen alles aus einer Hand, was Sie für die optimale Versorgung Ihrer Nutztiere benötigen. Das perfekt aufeinander abgestimmte Konzept unterstützt Sie dabei, die Förderung des Tierwohls in Ihrem Stall und die Wirtschaftlichkeit Ihres Betriebes zu vereinbaren.

- **Bonimal FEED**
Hochwertige Futtermittel
- **Bonimal TEC**
Stall- und Hofbedarf
- **Bonimal CARE**
Tier-, Futter-, Melk- und Stallhygiene
- **Bonimal VET**
Unterstützung Ihrer Nutztiere in den verschiedenen Leistungsphasen
- **Bonimal SERVICE**
Beratungs- und Dienstleistungsangebote

Unsere Qualitätsmarke:

Bonimal
Nutztierhaltung mit Methode

Untersuchung des passiven Immunitätstransfers unter Verwendung von Schaf- und Rinderkolostrum sowie Rinderkolostrumpulver bei neugeborenen Lämmern

Alejandro Belanche¹, Francisco Canto¹, Anne Winkler², Oguz Calisici²

¹ Department of Animal Production and Food Science, University of Zaragoza, Miguel Servet 177, 50013 Zaragoza, Spain

² Phytobiotics Futterzusatzstoffe GmbH, Wallufer Str. 10a, 65343 Eltville am Rhein

Einleitung

Die Steigerung der Tierproduktivität und -gesundheit spielt eine zentrale Rolle im Bereich der Wiederkäuer. Bei Wiederkäuern bestimmt die Komplexität der syndesmochorialen Plazenta, die aus fünf Gewebeschichten besteht, die postnatale Übertragung der passiven Immunität. Die Einnahme von qualitativ hochwertigem Kolostrum ist für den angemessenen Erwerb mütterlicher Antikörper und das Überleben des Neugeborenen unerlässlich (Hernández-Castellano et al., 2015b). Die Aufnahme von Kolostrum in den ersten Lebensstunden ist für das neugeborene Lamm entscheidend, um ausreichende Anfangskonzentrationen an Serum-Immunglobulinen (Ig) zu erreichen. Ein Entzug des Kolostrums erhöht die Anfälligkeit der Lämmer für Krankheiten und Sterblichkeit (Nowak und Poindron, 2006). Darüber hinaus hat das Versäumnis, eine angemessene passive Immunität zu erreichen, erhebliche wirtschaftliche Auswirkungen, und Verfahren, die den Erwerb des Schutzes verbessern, sind für eine erfolgreiche Schafproduktion von entscheidender Bedeutung. Dennoch kann die vom Muttertier produzierte Menge an Kolostrum und deren Zusammensetzung durch mehrere Faktoren wie Anzahl der Geburten, Alter, Ernährung oder Wurfgröße beeinflusst werden. Daher ist es entscheidend, eine optimale Kolostrumquelle bereitzustellen. Daher beschäftigten sich bereits mehrere Studien mit der Verwendung von Rinderkolostrum als alternative Quelle für die Fütterung von Lämmern in den ersten Lebenstagen (Moretti et al., 2010).

Ein Vorrat an Rinderkolostrum gilt als wichtige Praxis in kommerziellen Betrieben, um die Versorgung der neugeborenen Lämmer und Ziegenkinder mit angemessenen Mengen an Ig sicherzustellen. Diese Managementpraxis ist auch wichtig, um Neugeborene vor einer Kontamination durch Krankheitserreger zu schützen, die im mütterlichen Kolostrum als Lentiviren kleiner Wiederkäuer vorhanden sind. Studien berichten jedoch, dass Lämmer, die mit Kuhkolostrum gefüttert werden, dem Risiko ausgesetzt sind, eine Anämie zu entwickeln (Winter und Clarkson, 1992), die vom 5. bis zum 21. Lebenstag auftritt. Dieses potenzielle Problem wurde jedoch bei der Verwendung von Rinderkolostrumpulver (BCP) nicht beschrieben. Somit stellt Immune Milk ein hochwertiges Kolostrumpulver dar, welches aus Rinderkolostrum gewonnen wird.

Der Erwerb einer passiven Immunität kann durch viele Faktoren beeinflusst werden, darunter das Alter bei der ersten Kolostrumfütterung sowie die Ig-Konzentration im Milchsekret. Des Weiteren zeigte Besser et al. (1985), dass eine Zufuhr zu hoher Mengen Kolostrum die Resorptionseffizienz während der Darmpermeabilität beeinträchtigen und die Kapazität der Ig-Absorption somit eingeschränkt wird. Es ist jedoch nicht gut beschrieben, wie dieser Prozess in Abhängigkeit von der Art des Kolostrums (homolog oder heterolog), der Verarbeitung (Kolostrumpulver) und der Ig-Dosierung moduliert werden kann. Das Ziel dieser Studie war es, Effekte unterschiedlicher Kolostrum-Managementsysteme, die üblicherweise von Erzeugern verwendet werden, auf die Ig-Absorption bei Lämmern zu untersuchen. Diese Bewertung

bezieht sich auf die Verwendung von Schafkolostrum (homolog), Rinderkolostrum (heterolog) und Rinderkolostrumpulver (Immune Milk, Phytobiotics) in niedriger und hoher Konzentration. Auch die möglichen Auswirkungen auf die Gesundheit der Tiere wurden untersucht.

Material und Methode

Tiermaterial und Versuchsdesign: Die Durchführung der tierexperimentellen Studie erfolgte in der Abteilung für Tierproduktion und Lebensmittelwissenschaften der Universität Zaragoza in Spanien. Dabei wurde im April 2022 die Geburt von 40 Rasa-Aragonesa-Mutterschafen synchronisiert. Im Falle von Zwillingen wurden diese randomisiert auf die Versuchsgruppen verteilt, um mögliche Effekte des Mutterschafs auf die Behandlungen zu minimieren. Bei der Geburt wurden 48 Lämmer (24 männliche und 24 weibliche) von ihren Müttern separiert, gewogen und mit Ohrmarken versehen. Danach wurden die Lämmer randomisiert auf 4 Fütterungsvarianten mit je 12 Lämmern (6 ♀ und 6 ♂), basierend auf der Methode der Kolostrumfütterung ohne Kontakt mit dem Muttertier, eingeteilt.

Die Lämmer der Variante 1 (**OC**) wurden mit gesammeltem pasteurisiertem Schafkolostrum (bei 60 °C für 60 min) derselben Farm zu 10 % ihres Geburtsgewichts gefüttert, was einer Gesamtkolostrummenge von 6 g IgG/ kg Körpergewicht entspricht. Diese Dosierung liegt über der empfohlenen Dosierung (4 g IgG/kg Körpergewicht) für Ziegenkinder (Castro et al., 2005; Hernández-Castellano et al., 2015a). Die Tiere der Variante 2 (**BC**) bekamen ein gepooltes und pasteurisiertes Rinderkolostrum (bei 60 °C für 60 min), welches von der Firma Phytobiotics GmbH zur Herstellung des vakuumgetrockneten Produkts Immune Milk genutzt wird, verabreicht. Währenddessen die Lämmer der Variante 3 (**LP**) eine niedrigere Dosierung der Immune Milk von 6 g Ig/ kg Körpergewicht erhielten, wurde der Variante 4 (**HP**) Immune Milk in höherer Dosierung angeboten (9 g Ig/ kg Körpergewicht).

Die eingesetzten Produkte für die ersten beiden Versuchsgruppen (**OC**, **BC**) wurden jeweils in 50-ml-Flaschen verteilt und bis zur weiteren Verwendung bei -20°C eingefroren. Für die Behandlungen 3 und 4 (**LP**, **HP**) wurde das Rinderkolostrumpulver vor der Verfütterung mit warmem Wasser (37°C) rekonstituiert, und die entsprechende Dosierung der einzelnen Varianten, durch vorige Ermittlung des Ig-Gehalts mittels ELISA-Kit (und eines Refraktometers), eingestellt. Den 4 Versuchsgruppen wurde eine weitere Variante gegenübergestellt (**CTL**), welche aus 12 Lämmern (6 ♀ und 6 ♂) bestand und auf dem Versuchshof der Universität Zaragoza in Spanien auf natürliche Weise am Mutterschaf mit Erstkolostrum versorgt wurden. Dabei ist der Zeitpunkt der ersten Kolostrummahlzeit entscheidend, da eine optimale Aufnahme von Ig's nur innerhalb der ersten 12 Stunden nach der Geburt gewährleistet wird. Daher wurden die Lämmer manuell mit der Flasche gefüttert, wobei die erste Dosis an Kolostrum innerhalb der ersten, und die zweite Dosis innerhalb der ersten 3 bis 6 Stunden nach der Geburt verabreicht wurden.

Probenahme und Analytik: Blutproben wurden von jedem Tier direkt nach der Geburt durch Jugularvenenpunktion in Röhrchen ohne Antikoagulans entnommen. Die Blutproben wurden bei 4.200 x g für 10 min zentrifugiert, um das Serum zu erhalten, und für spätere Analysen bei -20° C eingefroren gelagert. Anschließend wurden im Blutserum die Gesamtprotein-, Albumin- sowie die Globulingehalte gemessen.

Statistische Auswertung: Die Varianzanalyse wird unter Verwendung allgemeiner linearer Modellverfahren von SAS durchgeführt. Das Auftreten von Mortalität wird unter Verwendung von Proc FREQ von SAS verglichen.

Ergebnisse

Bei einem identischen Startgewicht für alle Behandlungen wiesen die Lämmer zum Versuchsende keinen signifikanten Unterschied auf (Tabelle 1).

Die Totalprotein-Werte im Blut waren signifikant höher bei den Tieren in der **CTL**-Gruppe im Vergleich zu den anderen Gruppen am Tag 1, 3 und 14 ($p < 0,001$) nach der Geburt, wobei sie sich am Tag 45 und 52 nicht unterschieden (Tabelle 2). Auch die Albumin-Werte im Blut am Tag 3 ($p < 0,01$) und die Globulin-Werte am Tag 1, 3 und 14 nach der Geburt unterschieden sich signifikant von den manuell mit der Flasche gefütterten Versuchsgruppen ($p < 0,005$).

Die Mortalität lag für alle Gruppen auf einem sehr niedrigen Niveau ohne signifikante Unterschiede.

Tabelle 1. Einfluss von natürlicher Laktation (**CTL**) und Kolostrumersatz vom Schaf (**OC**), Rind (**BC**) und Rinderkolostrumpulver in niedrigen (**LP**) und hohen Mengen (**HP**) auf die Körpergewichtsentwicklung bei Lämmern (in kg).

Varianten	CTL	OC	BC	LP	HP	SEM	p-Werte	
							Variante	Geschlecht
1 Tag	4,20	3,97	3,88	3,86	3,75	0,249	0,814	0,647
2 Tag	4,34	4,05	3,89	3,95	3,79	0,252	0,658	0,518
3 Tag	4,61	4,44	4,24	4,43	4,37	0,255	0,929	0,821
Woche 1	5,45	5,58	5,31	5,46	5,39	0,336	0,989	0,778
Woche 2	6,93	7,73	7,44	7,63	7,07	0,497	0,772	0,655
Woche 3	8,87	9,99	9,20	9,78	8,93	0,619	0,65	0,503
Woche 4	10,65	11,84	11,16	11,80	10,51	0,746	0,631	0,552
Woche 5	12,38	13,91	12,88	13,61	12,62	0,861	0,71	0,554
Woche 6	14,62	15,65	14,89	15,45	14,44	0,967	0,892	0,321
Absetzen (Woche 7)	15,18	16,39	15,63	16,51	15,36	1,002	0,852	0,313
Nach dem Absetzen	17,36	16,87	16,56	17,39	16,25	1,062	0,94	0,173
ADG 1. Woche	0,18	0,23	0,20	0,23	0,23	0,0264	0,615	0,916
ADG Geburt-Woche 7	0,24	0,28	0,27	0,28	0,26	0,019	0,597	0,396
ADG 1. Woche nach dem Absetzen	0,31 ^b	0,07 ^a	0,13 ^a	0,13 ^a	0,13 ^a	0,0272	<0,001	0,023

^{a,b,c} Werte innerhalb einer Zeile mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander ($p < 0,05$); SEM=Standardfehler.

Tabelle 2. Wirkung natürlicher Laktation (CTL) und Kolostrumersatz vom Schaf (OC), Rinder (BC) und Rinderkolostrumpulver in niedrigen (LP) und hohen Mengen (HP) auf die Blutmetaboliten bei Lämmern.

	CTL	OC	BC	LP	HP	SEM	p-Werte	
							Variante	Geschlecht
Gesamtprotein im Blutserum (g/L)								
Tag 0	43,21	42,83	43,78	43,96	42,67	0,705	0,642	0,601
Tag 1	70,02 ^b	57,63 ^a	57,22 ^a	57,11 ^a	59,01 ^a	2,093	<,001	0,597
Tag 3	61,78 ^c	49,81 ^b	47,22 ^{ab}	45,27 ^{ab}	44,59 ^a	1,634	<,001	0,446
Tag 14	56,16 ^b	48,95 ^a	47,13 ^a	46,59 ^a	47,40 ^a	0,974	<,001	0,837
Tag 45	54,60	52,43	52,95	51,50	53,50	1,649	0,696	0,967
Tag 52	54,77	54,27	52,96	52,19	53,85	1,896	0,916	0,789
Albumin im Blutserum (g/L)								
Tag 0	30,42	30,19	30,22	32,41	30,38	0,529	0,022	0,029
Tag 1	28,31	28,36	28,36	29,01	27,45	0,821	0,783	0,849
Tag 3	29,70 ^b	25,71 ^a	25,70 ^a	26,39 ^a	25,36 ^a	0,868	0,014	0,957
Tag 14	33,44	30,30	29,40	30,88	29,24	1,067	0,096	0,404
Tag 45	36,48	34,53	35,75	35,55	34,08	1,524	0,71	0,902
Tag 52	36,88	37,34	36,91	37,74	36,30	1,684	0,979	0,896
Globulins im Blutserum (g/L)								
Tag 0	12,55	12,60	12,08	11,62	12,23	0,358	0,305	0,003
Tag 1	41,71 ^b	29,27 ^a	28,86 ^a	28,11 ^a	31,56 ^a	2,51	0,004	0,705
Tag 3	32,08 ^c	24,11 ^b	21,52 ^{ab}	18,88 ^a	20,61 ^{ab}	1,731	<,001	0,715
Tag 14	22,72 ^b	18,65 ^a	17,73 ^a	15,70 ^a	18,16 ^a	1,089	0,002	0,526
Tag 45	18,12	17,90	17,20	15,95	19,42	1,006	0,237	0,799
Tag 52	17,90	16,93	16,05	14,45	17,55	0,922	0,115	0,432

^{a,b,c} Werte innerhalb einer Zeile mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander ($p < 0,05$); SEM=Standardfehler.

Diskussion und Schlussfolgerung

Das Kolostrum vom Mutterschaf schneidet besser ab als die Versuchsgruppen, bei welcher die Tiere ihre Kolostrumgabe manuell mit der Flasche verabreicht bekamen. Bisher wurden keine Unterschiede bezüglich der Körpergewichtszunahmen bei den Behandlungsgruppen, welche eine Zugabe an Kolostrum oder Kolostrumpulver (**OC**, **BC**, **LP** and **HP**) erhielten, festgestellt. Es gab kein Unterschied zwischen flüssigem Rinderkolostrum und Kolostrumpulver derselben Kolostrumquelle.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass das Rinderkolostrumpulver an Lämmer als Kolostrumersatz genauso gefüttert werden kann wie Kolostrum von anderen Schafen.

Der Versuch brachte folgende Ergebnisse hervor:

- signifikant höhere Gesamtproteingehalte, Albumin- und Globulin-Werte in den ersten Tagen in der **CTL**-Gruppe

- keine Unterschiede des Körpergewichts während der Tränkeperiode oder am Ende der Absetzzeit

Rinderkolostrum kann als Ersatz für Schafkolostrum in Fällen verwendet werden, in denen Schafkolostrum nicht verwendet wird oder aus unvorhersehbaren Gründen nicht verfügbar ist. Der Einsatz von Rinderkolostrumpulver von Phytobiotics ist somit eine Möglichkeit, die bioaktiven Inhaltstoffe im Kolostrum länger und effizient aufzubewahren und zur Verfügung stellen zu können.

Literatur

- Besser, T.E., A. E. Garmedia, T. C. McGuire, C. C. Gay. 1985. Effect of Colostral Immunoglobulin G1 and Immunoglobulin M Concentrations on Immunoglobulin Absorption in Calves. *J Dairy Sci* 68:2033-2037. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(85)81065-1.
- Castro, N., J. Capote, S. Alvarez, and A. Argüello. 2005. Effects of Lyophilized Colostrum and Different Colostrum Feeding Regimens on Passive Transfer of Immunoglobulin G in Majorera Goat Kids. *J. Dairy Sci.* 88:3650–3654. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(05)73050-2.
- Hernández-Castellani, L.E., A. Morales-delaNuez, D. Sánchez-Macias, I. Moreno-Indias, A. Torres, J. Capote, A. Argüello, and N. Castro. 2015a. The effect of colostrum source (goat vs. sheep) and timing of the first colostrum feeding (2h vs. 14h after birth) on body weight and immune status of artificially reared newborn lambs. *J. Dairy Sci.* 98:204-210. Doi:10.3168/jds.2018350.
- Hernández-Castellani, L.E., A. Suárez-Trujillo, A., Martell-Jaizme, D., Cugno, G., Argüello, A, Castro D. 2015b. The effect of colostrum period management on BW and immune system in lambs: from birth to weaning. *Animal* (2015), 9:10, pp 1672–1679. doi:10.1017/S175173111500110X
- Moretti, D. B., L. Kindlein, P. Pauletti, and R. Machado-Neto. 2010. IgG absorption by Santa Ines lambs fed Holstein bovine colostrum or Santa Ines ovine colostrum. *Animal* (2010), 4:6, pp 933–937. doi:10.1017/S1751731110000157.
- Novak, R., Poindron, P. 2006. From birth to colostrum: early steps leading to lamb survival. *Reprod Nutr Dev* .46(4): 431-46. doi: 10.1051/rnd:2006023.
- Winter, A.C., M.J. Clarkson. 1992. Farm investigations of anaemia in lambs caused by feeding cow colostrum. *The Veterinary Record*, 01 Sep 1992, 131(10):213-216. DOI: 10.1136/vr.131.10.213

Autorenanschrift:

Dr. med. vet. Oguz Calisici,
Phytobiotics Futterzusatzstoffe GmbH,
Wallufer Str. 10a, 65343 Eltville am Rhein
o.calisici@phytobiotics.com

Plexomin®

HALBE PORTION – VOLLE LEISTUNG!



- Extrem stabil im Magen-Darm-Trakt
- Höchste Verfügbarkeit für das Tier
- Geschützt vor Antagonisten (Komplexbildner)
- Nachhaltige Herstellung
- **NEU:** Monoglycinate in staubfreier und exzellenter Qualität – jetzt aus eigener Herstellung!



Versorgen Sie Ihre Tiere optimal mit Mineralstoffen und senken Sie die Mineralstoffausscheidungen. Mit dem neuen Plexomin® erzielen Sie **gleiche Ergebnisse mit weniger Produkteinsatz!**

Kontaktieren Sie unsere Experten:
plexomin@phytobiotics.com | +49 6123 702 680

PHYTOBIOTICS
WWW.PHYTOBIOTICS.COM

Eingefrorene Kolostrumreserven auf Milchviehbetrieben – eine empirische Analyse

Jana Friederichs¹, Damjan Manevski², Johanna Ahmann¹
& Julia Steinhoff-Wagner²

¹ Institut für Tierwissenschaften, Rheinische Friedrich-Wilhelms Universität Bonn, Bonn

² TUM School of Life Sciences, Technische Universität München, Freising-Weihenstephan

Einleitung

Eine ausreichende Kolostrumaufnahme ist lebenswichtig für das neugeborene Kalb in den ersten Stunden nach der Geburt. Es gibt Situationen, wo kein Kolostrum bzw. nur Kolostrum mit geringem Immunglobulingehalt zur Verfügung steht, beispielsweise beim Tod des Muttertieres oder bei einem vor der Geburt bereits stark tropfendem, offenen Strichkanal. Es wird empfohlen über die Bestimmung der Dichte eine hohe Konzentration von Immunglobulinen im verfütterten Kolostrum sicherzustellen (Ahmann et al., 2021) und bei niedrigem Gehalt auf eingefrorene Kolostrumreserven zurückzugreifen. Doch in der Praxis existieren diese Reserven oft nicht und für Landwirte ist unklar, wie die Empfehlung zum Anlegen solcher Reserven praxisnah umgesetzt werden kann.

Ziel dieser online Umfrage war es, den Status quo zum Management von eingefrorenen Kolostrumreserven zu erfassen, sowie Herausforderungen und offene Forschungsfragen zu identifizieren.

Material und Methoden

Eine Online-Umfrage mit 33 Fragen wurde mit Hilfe des Befragungstools „UNIPARK“ erstellt. Die Fragen der Umfrage wurden in drei Bereiche untergliedert: 1. Fragen zur Person, 2. Fragen zum Betrieb, 3. Fragen zum Kolostrummanagement. Es wurden verschiedene Fragetypen genutzt: Einfachauswahl (n = 14), eine Mehrfachauswahl (n = 10) mit vorgegebenen Antworten oder Bildern und teilweise halboffen (Ergänzung von sonstigem möglich), sowie einige freie Textfeldeingaben und eine Ranking-Frage. Die ersten 15 Fragen bekommt jeder Umfrageteilnehmer gestellt, danach wird durch eine Filterfrage das Teilnehmerfeld sortiert in diejenigen, die bereits Kolostrum einfrieren und diejenigen, die noch keine praktische Erfahrung damit haben. Im letzteren Zweig sind die Fragen hypothetisch formuliert mit jeweils den identischen Antwortmöglichkeiten, die das andere Teilnehmerfeld hat.

Die erstellte Umfrage wurde einigen internen Pretests mit KollegInnen und bekannten LandwirtInnen unterzogen, jeweils mit deren Rückmeldung überarbeitet und dann von März bis Mai für die Teilnahme freigeschaltet. Der Link zur Umfrage wurde mit der Bitte diesen weiter zu streuen an Fachschaften, Landwirtschaftskammern, Verbände, Fachzeitschriften, Facebookforen und Maschinenringe verschickt.

Nach Abschluss dieser Zeit wurde das gesamte Projekt als Excel Spreadsheet (XLS) exportiert. In die Auswertung wurden nur beendete und ausgefüllte Fragebögen einbezogen. Insgesamt haben über 900 Personen den Link geöffnet und davon 157 Teilnehmer die Umfrage beendet. Davon haben 4 Teilnehmer

keine Frage beantwortet, sodass nach Bereinigung dieser 4 Teilnehmer am Ende noch Datensätze von 153 Teilnehmern zur Auswertung zur Verfügung standen.

Textfeldeingaben wurden geclustert und numerisch codiert. Die Bundesländer wurden in vier Gruppen zusammengefasst: 1. Norden, 2. Osten, 3. Süden, 4. Westen. Bei Missachtung der Teilnehmer der vorgegebenen Einheiten und Kategorien (Einzelfälle), also z.B. der Mengenangabe „alles, was die Kuh gibt“ wurde jeweils ein Wert für das beschriebene Szenario aus der Literatur gesucht und der Wert ersetzt.

Die Daten wurden bislang deskriptiv ausgewertet. Ausgewählte Korrelationen (Spearman Rank) sind mithilfe der SAS Software berechnet worden. Die weitere Analyse der Daten steht noch aus.

Ergebnisse und Diskussion

Die TeilnehmerInnen der Umfrage waren zu 64,7% weiblich und 34,6% männlich und repräsentieren damit das für die Pflege von Kälbern mehr zu weiblichen Arbeitskräften verschobene Verhältnis im Vergleich zu in der Landwirtschaft tätigen Personen, die nach wie vor eher von männlichen Personen ausgeführt werden. Bei den Teilnehmenden sind alle Bundesländer (mit Ausnahme der städtischen Länder Berlin und Hamburg) vertreten und ein breites Spektrum an Bildungshintergründen abgedeckt. Das Alter der Teilnehmenden zeigt eine typische Verteilung mit zwei Peaks im Bereich der 20-30 und 45-55-jährigen, wobei die Gruppe dazwischen – wie aus anderen Umfragen bekannt – etwas weniger vertreten ist (Maximum 63 Jahre, Minimum 17 Jahre).

Die Betriebe der Befragten produzieren überwiegend konventionell (89%) oder ökologisch (7%). Von der Umfrage angesprochen fühlten sich vor allem Personen, die mit der Fütterung (Rang 1) und Behandlung (Rang 2) der Kälber betraut sind, diese Führen gleichzeitig häufig auch Melktätigkeiten (Rang 3) aus. Am wenigsten sind diese Befragten in Arbeitsbereiche auf dem Milchviehbetrieb wie Betriebsleitung, Investment und Management (Rang 8) und Maschinenführung und technische Instandhaltung (Rang 9) involviert.

Grundsätzlich wird von den Befragten Kolostrum ganz unterschiedlich definiert: Die Mehrheit (35,2%) bezieht den Begriff nur auf das erste Gemelk nach der Geburt, wohingegen je ein fünftel 1. und 2. bzw. 1. bis 3. Gemelk als Kolostrum bezeichnen. Bei anderen dehnt sich der Begriff Kolostrum noch bis zum 4. (8,4%), 5. (5,6%), 6. (2,8%) und sogar in Einzelfällen bis zum 10. Gemelk aus.

Als Gründe für das Anlegen von eingefrorenen Kolostrumreserven gaben die TeilnehmerInnen an, dass die Kuh zu wenig Biestmilch produziert (Rang 1), die Kuh sich nicht melken lässt (Rang 2) oder die Kuh nach der Geburt verstirbt (Rang 3). Unter sonstiges wurde der Verkauf von Kolostrum und verschiedene Krankheitsszenarien inklusive Behandlungen bei den Kühen genannt. Es wurde angegeben, dass vor allem Kolostrum von Kühen in der 3. bis 5. Laktation eingefroren wird, gefolgt von welchem von 2. und 1. Laktierenden. Die Qualität vom Kolostrum spielt beim Anlegen von Reserven die größte Rolle, vorhandener Überschuss, Aussehen des Kolostrums, Impfungen der Spendertiere oder Bedarf ist nur in wenigen Fällen ausschlaggebend.

Es werden meistens 3-4 L Kolostrum (vom ersten Gemelk) an die Kälber verfüttert, wobei die Spanne der Angaben relativ groß (Minimum 1 L, Maximum 12 L) und in Relation zu den vorher genannten Definitionen (mehrere Gemelke) zu interpretieren ist. Kolostrum wird auf 2, 1 oder 3 Portionen zum Einfrieren aufgeteilt (Minimum 1, Maximum 10), wobei die Portionsgröße zum Einfrieren meistens 1 L beträgt (Minimum 0,5 L, Maximum 6 L). Am häufigsten wird das Kolostrum in PET Flaschen eingefroren, gefolgt von speziellen Tüten und anderen Kunststoffgefäßen. Einige der genannten Gefäße entsprechen dabei nicht den Standards, die man für Futtermittel üblicherweise nutzt. Bei über 60% der Betriebe steht der Gefrierschrank im Wohnhaus und nur je ca. 10% der Betriebe haben eine Gefriermöglichkeit in der Milchküche oder im Stall. Neun Betriebe haben Gefriermöglichkeiten an unterschiedlichen Orten.

Der Temperaturbereich der genutzten Gefrierschränke befindet sich überwiegend zwischen -10 und -20°C und die mittlere Lagerdauer lag meistens bei 6 Monaten.

Das Auftauen erfolgt überwiegend im Wasserbad, wobei die angegebenen Wassertemperaturen zwischen 30 und 60°C liegen. Es ist bekannt, dass bei Temperaturen über 45°C die qualitätsbestimmenden Inhaltsstoffe des Kolostrums bereits geschädigt werden können. Die angegebene Zeit für das Auftauen beträgt bis zu 180 min, wobei Betriebe (>5%), die bei Zimmertemperatur auftauen lassen, von einer Auftaudauer von bis zu 360 min berichten. Diese Verzögerung einer Kolostrumgabe ist für die erste Versorgung von Kälbern inakzeptabel. Außerdem ist zu erwarten, dass die Kolostrumtemperatur beim Auftauen bei Zimmertemperatur diese nicht übersteigt und es bei Verfütterung des zu wenig erwärmten Kolostrums zu einer Belastung der ohnehin begrenzten Energiereserven des neugeborenen Kalbes kommt.

Die Qualität von Kolostrum wird von einem Drittel der Betriebe bestimmt, der überwiegende Teil tut dieses nicht (>60%). Als Gründe für eine fehlende Qualitätsbestimmung werden fehlende Messgeräte genannt. Es scheint, als ob zahlreiche Betriebe ihre Kolostrumqualität als gut einschätzen und somit kaum Bedarf zur Investition von Zeit und/oder in Geräte sehen. Bei einer weiteren Gruppe der Befragten wird an deren Antworten deutlich, dass sie sich bislang nicht mit diesem Thema auseinandergesetzt haben. Detailliertere Daten zum Status quo der Kolostrumqualität auf ebendiesen Milchviehbetrieben könnten zu einer Sensibilisierung der verantwortlichen Personen führen.

Einige Betriebe (28%) nutzen zur Lagerung von Kolostrum als Notfallreserve auch einen Kühlschrank, dieses ist vor allem abhängig von der Anzahl gehaltener Milchkühe und damit der Häufigkeit von Geburten bzw. damit verbundenen kürzeren potenziellen Lagerdauer.

Fazit

Die Ergebnisse zeigen, dass es in der Praxis an Gesamtkonzepten mangelt, wie das Einfrieren und Auftauen unter Berücksichtigung der bereits publizierten wissenschaftlichen Zusammenhänge optimal umgesetzt werden kann. Es ist verständlich, dass zu lange Auftauzeiten oder ausschließliche Tiefkühlmöglichkeiten im Wohnbereich Hürden darstellen, die zu einer Ablehnung dieser nachweislich sinnvollen Maßnahme für die Versorgung von neugeborenen Kälbern mit hochwertigem Kolostrum führen. Aus den Umfragedaten lassen sich offene Fragestellungen ableiten und Bereiche identifizieren, in denen mehr Wissenstransfer stattfinden sollte.

Literatur

Ahmann, J., Steinhoff-Wagner, J., & Büscher, W. (2021). Determining immunoglobulin content of bovine colostrum and factors affecting the outcome: A review. *Animals*, 11(12), 3587.

Autorenanschrift:

Prof. Dr. Julia Steinhoff-Wagner
Animal Nutrition and Metabolism
TUM School of Life Sciences
Technische Universität München
Liesel-Beckmann-Str. 2
85354 Freising-Weihenstephan
e-mail: jsw@tum.de



ORFFA
EXCENTIALS

EXCENTIAL SMART SPURENELEMENTE

Hydroxy-Spurenelemente mit hoher Bioverfügbarkeit
für optimale Gesundheit und Leistung

- Keine Interaktionen im Futter!
- Sicher für Pansenmikroben!



SMART TRACE MINERALS

“Die Smart(en) Bindungen der Hydroxy Spurenelemente sichern die Freisetzung von Cu, Zn und Mn am richtigen Ort, zur richtigen Zeit.”

Theodor Raeder

Technical Commercial Manager

☎ +49 171 624 85 29

✉ raeder@orffa.com

Florian Holzner

Technical Commercial Manager

☎ +49 173 479 16 42

✉ holzner@orffa.com

Engineering your feed solutions

www.orffa.com - Follow us on



ORFFA

Protein-, Fett-, und Energiegehalte wachsender Fleckviehbullen – Vergleich zu Studien von Kirchgessner et al. (1993)

Aniela C. Honig¹, Vivienne Inhuber², Hubert Spiekers¹, Wilhelm Windisch²,
Kay-Uwe Götz³, Thomas Ettle¹

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub

² Technische Universität München (TUM), Lehrstuhl für Tierernährung, Freising

³ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierzucht, Grub

Einleitung

Das Wachstumspotenzial von Mastbullen der Rasse Fleckvieh wurde in den vergangenen Jahrzehnten durch gezielte Zucht und Fortschritte in Management, Futter und Fütterung erheblich gesteigert. In der Praxis wird dies durch gestiegene Tageszunahmen und Endgewichte deutlich. Durch eine intensivere Mast könnte sich die Gewebeverteilung und die chemische Zusammensetzung der Bullenkörper verändert haben. Dies wiederum könnte zu veränderten Energie- und Nährstoffansprüchen der Tiere führen. Um den Nährstoffansatz sowie die chemische und grobgewebliche Zusammensetzung von wachsenden Fleckviehbullen der aktuell verfügbaren Genetik einschätzen zu können, wurde ein Fütterungsversuch mit anschließender Stufenschlachtung und Ganzkörperanalytik durchgeführt. Nachfolgend werden die aktuellen Daten mit ca. 30 Jahre alten Vorgängerstudien verglichen, um die Fortschritte in der Bullenmast abschätzen zu können.

Material und Methoden

An der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Grub wurde ein Fütterungsversuch mit anschließender Stufenschlachtung und Ganzkörperanalyse an 72 Fleckviehbullen mit 120-780 kg Lebendmasse durchgeführt. Die Versuchsdurchführung wurde von Honig et al. (2020; 2022) bereits detailliert beschrieben. Zusammenfassend wurden für den Versuch zunächst 72 männliche Fleckviehkälber (Gewicht: 80 ± 6 kg; Alter: 42 ± 9 Tage) mit Milchaustauscher und einer Kraftfutter-Heu-TMR gefüttert. Nach dem Absetzen erhielten die Tiere eine TMR auf Basis von Kraftfutter und Maissilage. Für die Mast, beginnend mit einem mittleren Gewicht von 225 ± 29 kg, wurden die Tiere in zwei Fütterungsgruppen „Energie Norm“ (NE) mit 11,6 MJ ME/kg TM und „Energie Hoch“ (HE) mit 12,4 MJ ME/kg TM eingeteilt. Die unterschiedlichen Energiegehalte wurden durch stark abgestufte Kraftfutteranteile erzielt. So erhielten die Tiere der NE Gruppe eine Ration aus 80 % Maissilage und 20 % Kraftfutter (Basis TM), während den Tieren der HE Gruppe eine Ration aus 40 % Maissilage und 60 % Kraftfutter gefüttert wurde.

Während der Fresseraufzucht wurde die Futterraufnahme täglich je Futtergruppe und die Aufnahme an MAT automatisch am Tränkeautomaten erfasst. Während der Mast wurde die tägliche Futterraufnahme tierindividuell mit automatischen Wiegetrögen bestimmt. Die Lebendmassen der Tiere wurden in der Fresseraufzucht alle zwei Wochen und in der Mast alle vier Wochen festgestellt und daraus die Tageszunahmen errechnet. Während des Versuches wurden die Tiere fünf Schlachtgruppen mit 120 (n=8), 200 (n=10), 400 (n=18), 600 (n=18) und 780 kg (n=18) Mastendgewicht zugeordnet und im Versuchsschlachthaus der LfL (heute BaySG) in Grub geschlachtet. Während der Schlachtung wurden

die Leerkörpergewichte der Tiere bestimmt (Endgewicht abzüglich des Inhalts von Gastrointestinaltrakt (GIT) und Harnblase) und die Leerkörper in die Gewebebestandteile Haut, Blut, Organe, GIT, Fett, Muskel, Sehnen und Knochen zerlegt. Genauere Darstellungen der Abläufe während der Schlachtung und der anschließenden Schlachtkörperzerlegung sind in Arbeiten von Honig et al. (2020) zu finden. Die einzelnen Gewebe wurden homogenisiert und bei der anschließenden chemischen Analyse ihre Gehalte an Wasser, Rohasche, Rohprotein und Rohfett untersucht. Die Energiegehalte der Gewebe wurden nach Studien von Böhme & Gädeken (1980) berechnet, wobei die Autoren die Energiegehalte von Rohprotein und Rohfett bei Rindern mit 22,6 und 39,0 kJ/g angeben. Basierend auf den Daten des Versuches wurden das Schlachtalter sowie die Gehalte an Rohfett, Rohprotein und Energie im Leerkörper wachsender Fleckviehbullen mit einer erweiterten Auswertung des Datensatzes früherer Studien (Schwarz et al., 1992; Kirchgessner et al., 1993; Kirchgessner et al., 1994) verglichen. Hierzu wurden anhand der Daten von Schwarz et al. (1992) und Kirchgessner et al. (1993) polynomiale Regressionen erstellt, aus denen sich das Schlachtalter sowie die Nährstoff- und Energiegehalte von Fleckviehbullen mit festgelegten Lebendmassen (120, 200, 400, 600, 780 kg) berechnen ließen. Zum Vergleich des Energieansatzes wurden Angaben der GfE (1995) hinzugezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 und Tabelle 1 basieren auf Daten von Schwarz et al. (1992), Kirchgessner et al. (1993) und Honig et al. (2022) und zeigen das Schlachtalter sowie die Gehalte an Rohprotein, Rohfett und Energie wachsender Fleckviehbullen in Abhängigkeit von der Lebendmasse.

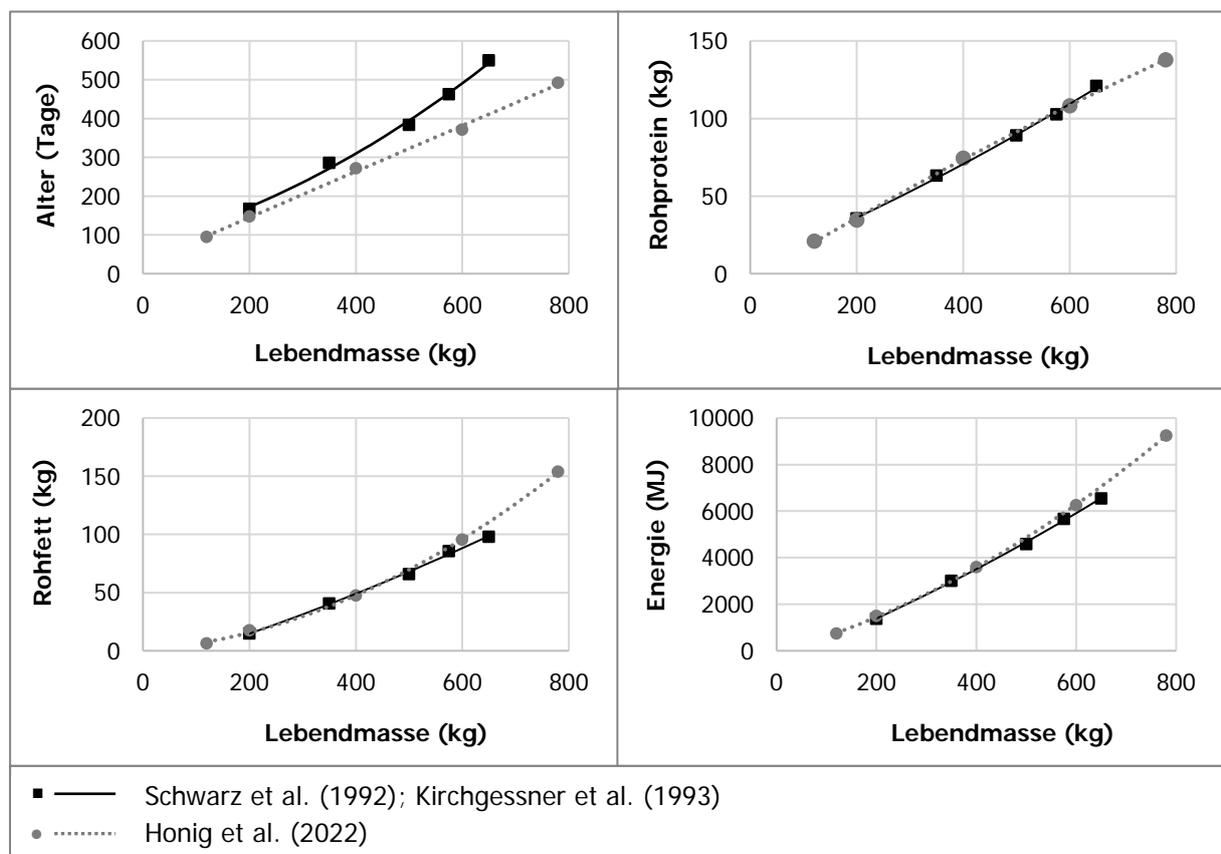


Abb. 1: Schlachtalter, Nährstoff- und Energiegehalte wachsender Fleckviehbullen.

Tab. 1: Schlachalter, Nährstoff- und Energiegehalte wachsender Fleckviehbullen aus Studien von Honig et al. (2022) im Vergleich zu extrapolierten Daten von ad libitum gefütterten Bullen aus Studien von Schwarz et al. (1992) und Kirchgessner et al. (1993). (Extrapolierte Daten in Klammern.)

Schlachalter, Nährstoff- und Energiegehalte	Lebendmasse (kg)				
	120	200	400	600	780
Alter (Tage)					
Honig et al., 2022	94	147	271	371	492
Schwarz et al., 1992	(128)	170	303	475	(664)
Rohprotein (kg)					
Honig et al., 2022	21	35	74	108	138
Kirchgessner et al., 1993	(23)	36	70	109	(147)
Rohfett (kg)					
Honig et al., 2022	6	18	47	95	154
Kirchgessner et al., 1993	(2)	15	49	88	(127)
Energie (MJ)					
Honig et al., 2022	733	1.491	3.593	6.246	9.248
Kirchgessner et al., 1993	(621)	1.388	3.502	5.896	(8.290)

Auf den ersten Blick wird deutlich, dass Bullen der aktuellen Genetik bei gleicher Lebendmasse ein geringeres Schlachalter aufweisen als Tiere aus früheren Studien. Führt man die Daten von Schwarz et al. (1992) mit einer polynomiellen Regression fort, so hätten diese Tiere erst mit 664 Tagen ein Endgewicht von 780 kg erreicht. Verglichen mit aktuellen Studien hätte sich die Mastdauer um gut sechs Monate verzögert. Heutige Fleckviehbullen zeigen somit eine bessere Mastleistung und ein hohes Wachstumspotenzial.

Der Rohproteingehalt ad libitum gefütterter Fleckviehbullen ist im Rahmen der in den Studien erfassten Gewichtsbereiche früher wie heute weitestgehend gleichgeblieben. Eine weitere Auswertung der Daten zeigte jedoch eine Abnahme des Proteinansatzes mit zunehmender Lebendmasse der Tiere (Honig et al., 2022), welche in vorangegangenen Studien von Kirchgessner et al. (1994) nicht festgestellt wurde. Im Hinblick auf den Rohfett- und Energiegehalt der Tiere werden ab 600 kg Lebendmasse deutliche Unterschiede erkennbar. Eine erweiterte Kalkulation der Daten von Kirchgessner et al. (1993) zeigt, dass frühere Fleckviehbullen mit 780 kg Lebendmasse im Vergleich zu heutigen Bullen mit der gleichen Lebendmasse einen 17 % niedrigeren Rohfett- und einen 10 % niedrigeren Energiegehalt aufgewiesen hätten. Dies gilt natürlich nur dann, wenn die Tiere aus den 80er bzw. 90er-Jahren ein vergleichbares Wachstumspotenzial wie die aktuellen Tiere aufwiesen. Da sich die mittleren Lebendmassen der Kühe um mehr als 100 kg erhöht haben (Ledinek et al. 2022) ist anzunehmen, dass das Wachstumspotenzial der Bullen in den früheren Arbeiten entsprechend geringer war. Dies gilt es bei der Interpretation der Daten zu beachten.

Der gesteigerte Fett- und Energieansatz heutiger Bullen kann sich in einem höheren Energiebedarf der Tiere auswirken. Ein erhöhter Energieansatz wurde bereits in Studien von Honig et al. (2022) festgestellt. Die, auf Arbeiten von Kirchgessner et al. (1994) beruhenden, Angaben zum Energieansatz wachsender Fleckviehbullen in den Versorgungsempfehlungen der GfE (1995) zeigen den Energieansatz von Fleckviehbullen bis zu einer Lebendmasse von 650 kg. Eine rechnerische Fortführung der Daten mittels polynomialer Regression (Abbildung 2) ergäbe für 800 kg schwere Fleckviehbullen aus Vorgängerstudien einen Energieansatz von 17,6 MJ/kg Lebendmassezuwachs (LMZ). Dieser ähnelt dem, für heutige Fleckviehbullen ermittelten, Energieansatz von 17,2 MJ/kg LMZ. Eine Fortführung der durch

die GfE (1995) beschriebenen Datenreihe mittels einer linearen Regression ergäbe mit 14,3 MJ/kg LMZ einen geringeren Energieansatz der Tiere.

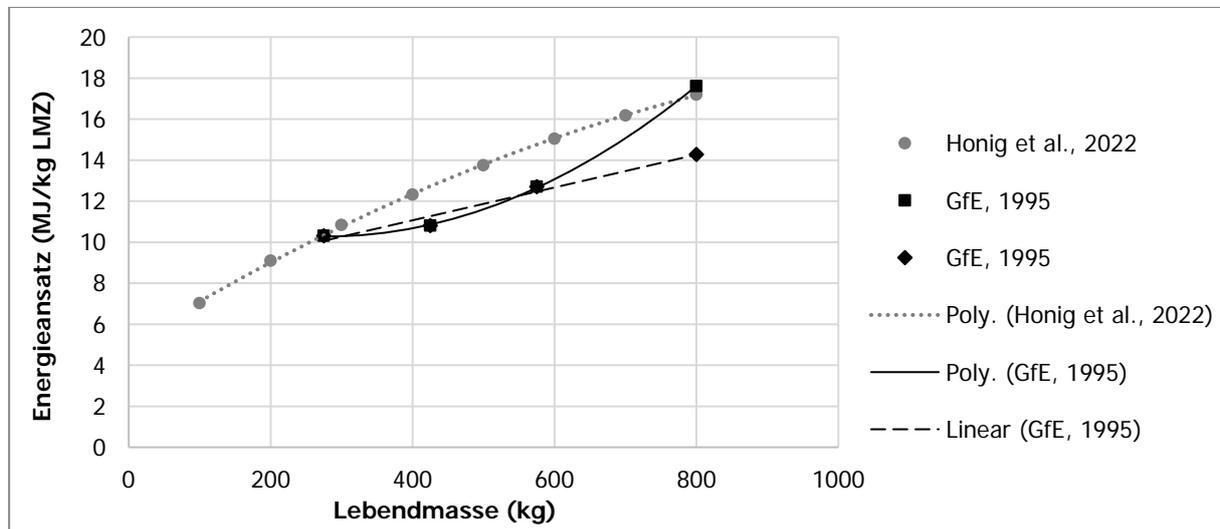


Abb. 2: Energieansatz in MJ/kg Lebendmassezuwachs (LMZ) wachsender Fleckviehbullen. Fortführung des GfE (1995) Datensatzes bis 800 kg Lebendmasse mittels linearer und polynomialer Regression.

Das Bestimmtheitsmaß der beschriebenen Regressionen zeigt bei der polynomialen Regression mit $R^2=0,9998$ eine höhere Anpassungsgüte als bei der linearen Regression ($R^2=0,9672$). Es gilt jedoch zu bedenken, dass es sich hierbei um Mittelwert-Regressionen handelt, welche nicht anhand eines größeren Einzeltier-Datensatzes erhoben werden konnten. Letztendlich sollte der Vergleich des Energieansatzes früherer und heutiger Fleckviehbullen auf den tatsächlich erhobenen Daten beruhen. Diese zeigen bei heutigen Fleckviehbullen ab 600 kg Lebendmasse einen erhöhten Rohfettgehalt, verbunden mit einem erhöhten Energiegehalt und -ansatz.

Abschließend lässt sich anhand der vorliegenden Daten abschätzen, dass sich der Protein- und Energiebedarf wachsender Fleckviehbullen in den vergangenen Jahrzehnten verändert hat (vergl. GfE, 1995). Durch das hohe Wachstumspotenzial entsteht ein Mehrbedarf an Nährstoffen und Energie, welcher sich durch eine Phasenfütterung genau an das jeweilige Entwicklungsstadium der Tiere anpassen lässt. Eine bedarfsgerechte Versorgung mindert die Nährstoffausscheidung und trägt zur Ausschöpfung des Leistungspotenzials bei.

Schlussfolgerungen

Der Vergleich des Schlachalters, Nährstoff- und Energiegehaltes von wachsenden Fleckviehbullen der aktuell verfügbaren Genetik mit Tieren aus ca. 30 Jahre alten Vorgängerstudien verdeutlicht das höhere Leistungspotenzial der heutigen Bullen. Tiere in der aktuellen Studie zeigten eine bessere Mastleistung und erreichten hohe Endgewichte bereits nach kürzerer Mastdauer. Im Rohproteinanteil heutiger und früherer Fleckviehbullen ließen sich im Rahmen der in den Studien erfassten Gewichtsbereiche nur geringe Unterschiede feststellen. Die Tiere aus aktuellen Studien zeigten ab 600 kg Lebendmasse höhere Rohfett- und Energiegehalte, durch welche ein etwas erhöhter Energiebedarf resultieren dürfte. Zu beachten ist, dass durch die Zucht im Laufe der letzten 30 Jahre auch das mittlere Herdengewicht der Milchkühe und damit das Wachstumspotenzial gestiegen ist. Anhand der Daten können die

Auswirkungen des gesteigerten Leistungspotenzials heutiger Fleckviehbullen auf die Fütterungsempfehlungen abgeschätzt werden.

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 727213 (GenTORE).

Literaturangaben

Böhme, H., & Gädeken, D. 1980: Der Brennwert von Körperprotein und Körperfett von Schweinen und Rindern unterschiedlicher Lebendmasse. Zeitschrift für Tierphysiologie Tierernährung und Futtermittelkunde, 44, 165-171.

GfE, 1995: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 6, Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Mastrinder. Ausschuß für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. DLG-Verlag-GmbH, Frankfurt am Main, Deutschland.

Honig, A. C., Inhuber, V., Spiekers, H., Windisch, W., Götz, K.-U., Ettle, T., 2020: Influence of dietary energy concentration and body weight at slaughter on carcass tissue composition and beef cuts of modern type Fleckvieh (German Simmental) bulls. Meat Science 169.

Honig, A. C., Inhuber, V., Spiekers, H., Windisch, W., Götz, K.-U., Schuster, M., & Ettle, T. 2022: Body composition and composition of gain of growing beef bulls fed rations with varying energy concentrations. Meat Science, 184, 108685.

Kirchgessner, M., Schwarz, F. J., Otto, R., Reimann, W., & Heindl, U. 1993: Energie- und Nährstoffgehalte im Schlacht- und Ganzkörper wachsender Jungbullen, Ochsen und Färsen der Rasse Deutsches Fleckvieh bei unterschiedlicher Fütterungsintensität. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 70, 266-277.

Kirchgessner, M., Schwarz, F. J., Reimann, W., Heindl, U., & Otto, R. 1994: Untersuchungen zum Energie- und Nährstoffansatz sowie zur Verwertung der Energie für das Wachstum bei Mastrindern der Rasse Deutsches Fleckvieh. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 71, 208-222.

Ledinek, M., Gruber, L., Thaller, G., Götz, K.-U., Südekum, K.-H., Spiekers, H. 2022: Effizienzmerkmale beim Rind: Definieren – Einordnen – Anwenden. Züchtungskunde 94, 81 -109

Schwarz, F. J., Kirchgessner, M., Augustini, C., & Branscheid, W. 1992: Wachstumsspezifische Veränderung der Schlachtkörperqualität von Mastrindern der Rasse Deutsches Fleckvieh. 1. Wachstumsverlauf von Jungbullen, Ochsen und Färsen bei unterschiedlicher Fütterungsintensität. Fleischwirtschaft, 72, 1584-1589.

Autorenanschrift:

Dr. Aniela C. Honig und Dr. Thomas Ettle
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft (ITE)
Prof.-Dürrwachter-Platz 3
D-85586 Poing-Grub
Email: Aniela.Honig@lfl.bayern.de; Tel. 08161 8640 7422
Email: Thomas.Ettle@lfl.bayern.de; Tel. 08161 8640 7411



Bessere Leistung



Bessere Verwertung
der Spurenelemente



Reduziert den Einfluss
auf die Umwelt

Modernisieren

Sie Ihre Spurenelementversorgung und

reduzieren

Sie den Einfluss auf die Umwelt

Alltech hat bewiesen, dass Spurenelemente in Form von **Bioplex®** und **Sel-Plex®** in deutlich geringeren Mengen eingesetzt werden können als anorganische Spurenelemente. Mit Hilfe dieser innovativen Vorgehensweise können wir gleichzeitig die Tierleistung verbessern, die Verwertung der Spurenelemente optimieren und die Umweltbelastung verringern. Wir nennen das **Total Replacement Technology™ (TRT)**.

Fütterungsstrategien für die ökologische Putenmast unter Berücksichtigung von langsam und schnell wachsenden Herkünften, unterschiedlicher Haltung und 100% Bio-Fütterung

Sina Göppel¹, Peter Weindl¹, Christian Lambertz², Benedikt Thesing¹, Steffen Born³, Eggert Schmidt¹, Gerhard Bellof¹

¹Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Fakultät Nachhaltige Agrar- und Energiesysteme;

²Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL);

³Bayerische Staatsgüter - Versuchs- und Bildungszentrum Geflügelhaltung - Staatsgut Kitzingen

Einleitung

Die Umsetzung einer 100% Bio-Fütterung in der Putenmast, vor allem in der anspruchsvollen Aufzucht, stellt ökologisch wirtschaftende Putenhalter vor neue Herausforderungen. Puten stellen hohe Ansprüche an Haltung und Fütterung. Schwere und schnell wachsende Putenherkünfte stehen in der Kritik, den Anforderungen einer ökologischen Tierhaltung nicht gerecht zu werden. Diese Hypothese sollte mit der vorliegenden Studie überprüft werden.

In der Öko-Geflügelhaltung ist ein Zugang zu Grünauslauf bzw. Raufutter (Silage) vorgeschrieben (EC 2007). Bislang liegen nur wenige systematische Untersuchungen zum Beitrag dieser Vorgabe für die Ernährung der Tiere vor. Die aktuelle Studie sollte auch zu dieser Fragestellung Antworten liefern.

Die Bereitstellung hochwertiger Eiweißfuttermittel - möglichst aus regionaler und nachhaltiger Herkunft - stellt in der ökologischen Geflügelfütterung ein zentrales Problem dar. Für die ökologische Putenmast ist Methionin die erstlimitierende Aminosäure. Mit einer Absenkung des Energiegehaltes in den Alleinfuttermischungen kann die energiebezogene Futteraufnahme des Geflügels genutzt werden, um einen Spareffekt hinsichtlich des Einsatzes essentieller Aminosäuren zu erreichen (bezogen auf g Aminosäure/kg Alleinfuttermischung) (Bellof u. a. 2014). Mit der vorliegenden Studie sollten diese Möglichkeiten in den unterschiedlichen Wachstumsabschnitten systematisch untersucht werden.

Material und Methoden

Für einen Mastversuch wurden 1344 männliche Eintagsküken der schnell wachsenden Herkunft B.U.T. 6 (Aviagen 2018) und der langsam wachsenden Linie Auburn (Aviagen 2020) eingestallt. Die Hähne wurden in fünf Phasen zu je vier Wochen mit nährstoffangepassten Alleinfuttermischungen bis zum Mastende in der 19. Woche gehalten. Hierbei wurden die Phasen 1 und 2 als Aufzucht und die Phasen 3 bis 5 als Mast definiert. Als Haltungssysteme wurden sowohl die Feststallhaltung (mit ausschließlicher Kraffuttermittellversorgung) als auch eine Stallhaltung mit zusätzlicher Vorlage von Grünfuttersilage und die Mobilstallhaltung (mit Grünauslauf) in die Untersuchungen einbezogen. Es wurden vier verschiedene Fütterungsstrategien, respektive Fütterungsgruppen betrachtet, die unterschiedlich ausgestattete Futtermischungen aufwiesen. Die Futtermischungen enthielten durchgängig abgesenkte AME_N- und

abgestufte Aminosäuregehalte (Tabelle 1). Alle Fütterungsgruppen erhielten in der jeweiligen Phase isoenergetische Mischungen (Tabelle 1).

Die Futtermischungen entsprachen hinsichtlich der Rohstoffauswahl jeweils den Vorgaben einer 100 % Bio-Fütterung. Als Eiweißfuttermittel wurden folgende Rohstoffe eingesetzt: Erbsenproteinkonzentrat (78% XP), Erbsen (18% XP), Rapskernkuchen (29% XP), Rapskuchen (27% XP), Sonnenblumenkuchen (45% XP), Sonnenblumenkuchen (38% XP), Sonnenblumenkuchen (30% XP) sowie Sojakuchen (42% XP) und Maiskleber (60% XP). Hierbei kamen die Produkte einer Rohstoffgruppe (z.B. Erbsenproteinkonzentrat und Erbsen) mit erhöhtem XP-Gehalt (respektive Aminosäuregehalt) in der ersten Aufzuchtphase zum Einsatz. Sie wurden in der zweiten Aufzuchtphase und in den anschließenden Mastphasen schrittweise durch die entsprechenden Rohstoffe mit geringerem XP-Gehalt ersetzt.

Ergebnisse und Diskussion

Der Versuch verlief störungsfrei. Es traten vergleichsweise geringe Verluste auf (durchschnittlich 7,7%). Für die Auburn-Tiere konnte im Vergleich zu den B.U.T. 6-Hähnen eine statistisch gesicherte, geringere Verlustrate ermittelt werden (4,7% versus 9,9%).

Die in den Versuchen erzielten Leistungen lagen durchgehend auf einem hohen Niveau. Zwischen den Genotypen konnten hinsichtlich aller relevanten Merkmale statistisch gesicherte Unterschiede festgestellt werden (Tabelle 2). So erreichten die B.U.T. 6-Hähne am Ende der 19. Woche ein Mastendgewicht von 19,8 kg, während die Hähne der Linie Auburn 14,0 kg erzielten. Die relativen Anteile (%) wertvoller Teilstücke am Schlachtkörper lagen für die beiden Genotypen aber auf gleichem Niveau (Tabelle 3).

Für die untersuchten Haltungssysteme zeigten sich ebenfalls gerichtete Unterschiede. Hähne, die ab der Phase 3 in Mobilställen gehalten wurden, erzielten höhere Endgewichte und wiesen gegenüber den Tieren mit durchgehender Stallhaltung und ausschließlicher Kraftfuttermittellieferung verbesserte Schlachtkörpermerkmale auf (Tabelle 3).

Zwischen den verschiedenen Fütterungsgruppen zeigten sich ebenfalls gerichtete Unterschiede für die untersuchten Merkmale. Am Ende der Aufzucht rangierten die Aufzuchtgewichte (56. Lebenstag) der vier Konzentratfütterungsgruppen in direkter Abhängigkeit der Aminosäureversorgung (Tabelle 2). In der anschließenden Mast glichen sich die Lebendmassen zwischen den Gruppen an. Tiere, die durchgehend auf einem hohen Niveau (100%) mit essentiellen Aminosäuren versorgt wurden (Gruppe 1), zeigten gegenüber den Hähnen der Gruppe 3, welche zunächst lediglich 80% (Phase 1) bzw. 90% (Phasen 2 und 3) dieses Versorgungsniveaus erhielten, keine Unterschiede im Mastendgewicht, dem Schlachtkörpergewicht und dem Brustgewicht.

Schlussfolgerungen

Beide betrachteten Genotypen eignen sich für eine ökologische Haltung mit Grünauslauf. Das vorgeschriebene Angebot an Raufutter hat neben dem Beschäftigungseffekt auch einen nutritiven Wert. Ein abgesenktes Aminosäureangebot in der Aufzucht kann von den Tieren in den darauffolgenden Mastphasen vollständig kompensiert werden.

Die Studie wurde durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) im Rahmen des "Bundesprogramms Ökologischer Landbau und anderer Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN)" gefördert.

Literatur

Aviagen, 2015: Feeding Guidelines for Nicholas and B.U.T. Heavy Lines. <https://www.aviagenturkeys.com/uploads/2015/11/20/NU07%20Feeding%20Guidelines%20for%20Nicholas%20&%20BUT%20Medium%20Lines%20EN%20V3.pdf>.

Aviagen Turkeys, 2018: B.U.T.6 Leistungsziele.

Aviagen Turkeys, 2020: Performance Goals Ayrshire Auburn.

Bellof, G., Brandl, M., Schmidt, E., Carrasco, S., Schade, B., 2014: Einfluss unterschiedlicher Fütterungsintensität und Haltungsforn auf die Mastleistung und den Schlachtkörperwert von langsam oder schnell wachsenden Genotypen in der ökologischen Putenmast. Europ. Poult. Sci. 78; ISSN 1612-9199.

EC, 2007: Council Regulation (EC) No 834/2007 of 28 June 2007 on organic production and labelling of organic products and repealing Regulation (EEC) No 2092/91. EC 2007/834/EU.

Autorenanschrift:

Prof. Dr. Gerhard Bellof
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Am Staudengarten 1
85354 Freising
gerhard.bellof@hswt.de

Tabelle 1: Angestrebtes Versorgungsniveau (100%-90%-80%) für Lysin und Methionin (Gehalte in %) sowie Zielwerte für AME_N-Gehalte (MJ/kg) in den Konzentratfutmischungen („Alleinfutter“) für die ökologische Putenmast

Gruppe (Konzentratfütterung)	Phase I (1.-4. Wo.)	Phase II (5.-8. Wo.)	Phase III (9.-11. Wo.)	Phase IV (12.-15. Wo.)	Phase V (16.-19. Wo.)
1	100% ¹ (11,2; 1,66; 0,60)	100% (11,6; 1,39; 0,51)	100% (12,0; 1,16; 0,43)	100% (12,0; 0,93; 0,36)	90% (12,0; 0,72; 0,30)
2	90% (11,2; 1,49; 0,53)	90% (11,6; 1,25; 0,46)	100% (12,0; 1,16; 0,43)	100% (12,0; 0,93; 0,36)	90% (12,0; 0,72; 0,30)
3	80% (11,2; 1,32; 0,47)	90% (11,6; 1,25; 0,46)	90% (12,0; 1,04; 0,39)	100% (12,0; 0,93; 0,36)	90% (12,0; 0,72; 0,30)
4	80% (11,2; 1,32; 0,47)	80% (11,6; 1,11; 0,41)	90% (12,0; 1,04; 0,40)	90% (12,0; 0,84; 0,33)	90% (12,0; 0,72; 0,30)

¹ Verhältnis Lysin bzw. Methionin: AME_N (g/MJ) nach den Empfehlungen von Aviagen (Aviagen 2015)

Tabelle 2: Durchschnittliche Kraftfutteraufnahme (KF, kg/Tier), Lebendmasseentwicklung (kg/Tier) und Kraftfutterverbrauch pro kg Zuwachs (KF, kg/kg) von langsam und schnell wachsenden männlichen Mastputen (G) in der Aufzucht (Phasen I und II) und der Mast (Phasen III bis V) bei unterschiedlicher Haltung (H) und Konzentratfütterungsstrategie (F) (LS-Means \pm SE)

Merkmal	Genotyp (G)		Haltung (H) ¹			Konzentratfütterung (F) ²				F-Werte <i>p</i> ³				
	Auburn	B.U.T.	1	2	3	1	2	3	4	G	H	F	G*H	G*F
KF-Aufnahme	38,7	52,2	46,8 ^a	43,4 ^b	46,1 ^a	46,2 ^a	46,4 ^a	45,5 ^a	43,7 ^b	1699	38,6	14,5	3,42	5,03
P I-V (Tag 1-133; kg)	0,236	0,227	0,278	0,285	0,285	0,321	0,344	0,321	0,321	<0,001	<0,001	<0,001	0,040	0,004
Lebendmasse	3,75	4,86	4,21	4,40	---	4,62 ^a	4,41 ^b	4,23 ^c	3,96 ^d	904	26,1	57,3	---	8,20
P II (Tag 56; kg)	0,026	0,026	0,026	0,026	---	0,037	0,037	0,037	0,037	<0,001	<0,001	<0,001	---	<0,001
Lebendmasse	14,0	19,8	16,6 ^b	16,7 ^b	17,3 ^a	17,1 ^a	17,1 ^a	16,9 ^a	16,5 ^b	3565	23,3	7,87	1,72	1,95
P V (Tag 133; kg)	0,070	0,067	0,082	0,084	0,084	0,095	0,102	0,095	0,095	<0,001	<0,001	<0,001	0,188	0,131
KF-Verbrauch pro kg Zuwachs	2,78	2,65	2,84 ^c	2,62 ^a	2,68 ^b	2,73 ^b	2,73 ^b	2,72 ^b	2,67 ^a	61,4	66,6	3,26	3,52	1,39
P I-V (Tag 1-133; kg/kg)	0,012	0,011	0,014	0,014	0,014	0,016	0,017	0,016	0,016	<0,001	<0,001	0,028	0,036	0,254

¹ "1" = Feststall, ausschließlich Konzentratfütterung; "2" = Feststall, Konzentratfutter mit Silage-Beifütterung ab P III; "3" = Mobilstall, Konzentratfutter mit Grünauslauf; ² Fütterungsgruppen, siehe Tabelle 1; ³ Irrtumswahrscheinlichkeit

Tabelle 3: Schlachtkörpergewichte (kg/Tier), Anteile (in %) an wertvollen Teilstücken und Abdominalfettgehalte (%) in Schlachtkörpern von langsam und schnell wachsenden männlichen Mastputen (G) zum Mastende (19. Woche = 134. Lebenstag) bei unterschiedlicher Haltung (H) und Konzentratfütterungsstrategie (F) (LS-Means ± SE)

Merkmal	Genotyp (G)		Haltung (H) ¹			Konzentratfütterung (F) ²				<i>F</i> -Werte <i>p</i> ³				
	Auburn	B.U.T.	1	2	3	1	2	3	4	G	H	F	G*H	G*F
Schlachtkörpergew. (kalt, kg)	11,1 0,111	15,4 0,107	12,7 ^c 0,131	13,3 ^b 0,134	13,8 ^a 0,134	13,4 0,154	13,4 0,162	13,3 0,151	12,9 0,151	796 <,001	17,8 <,001	2,75 0,051	1,01 0,371	2,50 0,069
Schlacht-Ausbeute (%)	81,6 0,235	82,0 0,227	79,6 ^b 0,277	83,3 ^a 0,284	82,5 ^a 0,284	82,0 0,320	82,3 0,343	82,0 0,320	81,1 0,320	1,46 0,231	49,02 <,001	2,51 0,067	1,03 0,362	0,46 0,709
Brustmuskeln (%)	31,3 0,280	31,7 0,270	32,4 ^a 0,331	30,0 ^b 0,339	32,1 ^a 0,339	31,8 0,382	31,3 0,409	31,9 0,382	30,9 0,382	0,89 0,349	15,63 <,001	1,57 0,207	2,83 0,067	0,90 0,448
Oberkeule (%)	15,4 0,144	15,2 0,139	16,9 ^a 0,170	14,8 ^b 0,174	14,2 ^b 0,174	15,4 0,197	15,3 0,211	15,4 0,197	15,1 0,197	0,66 0,419	57,36 <,001	0,53 0,664	2,65 0,079	0,04 0,991
Unterkeule (%)	11,8 0,125	12,5 0,120	12,7 ^a 0,147	12,2 ^b 0,151	11,6 ^c 0,151	12,1 0,170	12,2 0,182	11,9 0,170	12,5 0,170	14,69 <,001	12,37 <,001	2,50 0,069	2,31 0,108	0,17 0,915
Flügel (%)	11,1 0,074	10,9 0,072	11,5 ^a 0,088	10,8 ^b 0,090	10,7 ^b 0,090	10,9 0,101	11,0 0,108	11,0 0,101	11,1 0,101	4,00 0,050	20,07 <,001	0,89 0,450	1,99 0,146	0,73 0,537
Abdominal-Fett (%)	0,741 0,041	0,485 0,040	0,808 ^a 0,049	0,656 ^b 0,045	0,376 ^c 0,045	0,691 0,056	0,603 0,060	0,601 0,056	0,557 0,056	20,14 <,001	19,70 <,001	1,00 0,400	1,49 0,234	0,23 0,877

¹ "1" = Feststall, ausschließlich Konzentratfütterung; "2" = Feststall, Konzentratfutter mit Silage-Beifütterung ab P III; "3" = Mobilstall, Konzentratfutter mit Grünauslauf; ² Fütterungsgruppen

Defined fibre feeding for suckling piglets

Rüdiger Kratz¹, Ludek Lukasek¹, Niels Geertsen²

¹ agromed Austria GmbH, ²pig nutrition consultant, Denmark

Introduction

Suckling piglets are provided with supplemental feed (creep feed) to supply nutrients as sow milk production eases, to reduce nutrient demand for the lactating sow, to increase piglet body weight at weaning and to assist transition to solid feed after weaning (Pajor et al., 1991; Christensen & Huber, 2021). The variation in creep feed intake is variable between piglets, litters and weaning age (Pajor et al., 1991; Bruininx et al., 2002, Collins et al., 2013). Weaning age seems to be the most important factor in creep feed intake as piglets increase the consumption over time in an exponential manner. Therefore, intake may reach 200 or even 700 g/piglet till day of life 21 or 28 (own calculation according to Bruininx et al., 2002; Pluske et al., 2007; Sulabo et al., 2010; Collins et al., 2013). Moreover, creep feed intake may affect health and growth of piglets after weaning (Pajor et al., 1991; Pluske et al., 2007; Collins et al., 2013). Typical creep feed intends to mimic sows' milk, containing highly digestible protein sources, being energy rich. In comparison to animal derived proteins did soybean meal stimulate the pig's immune system and lead to systemic and intestinal inflammation (Koo et al., 2020). The elevated levels of dietary fibre improved colonic butyrate content, hindgut weight and feces dry matter after weaning but growth performance was reduced.

Piglets rely very much on highly digestible proteins, fat and lactose. Therefore, feeding fibrous feed may be detrimental and not advised. Contrary, feeding a defined eubiotic lignocellulose (OptiCell®) who delivers micronized inert and fermentable dietary fibre is known to modulate the gut microbiome and speed up the gut development. The aim of this test was to feed eubiotic lignocellulose to suckling piglets via creep feed and determine the piglet development till 14 days after weaning.

Material and Methods

The feeding study was conducted in Denmark at a 1,200-sow farm with piglet rearing and fattening, being one of the top 5 farms with about 40 weaned piglets/sow/year. The test lasted from end April to early July 2021. 4635 piglets from 370 litter, farrowed over a period of 6 weeks were randomly distributed to control and test feeding. Weaning took place at about 21 days of life (DOL) and piglets were monitored for the further 14 days. Body weights were measured not individually but group wise at birth (9 litters, 160 piglets, no differentiation between test groups), at weaning (370 litters) and day 14 after weaning (127 pens). The consumption of creep feed was not measured per litter but recalculated from quantity consumed and piglets in corresponding litters. Starter feed was delivered via multiphase chain feeding system for 2 pens on one feeder, having on average 64.7 piglets/feeder.

Eubiotic lignocellulose (OptiCell®, agromed Austria GmbH, Kremsmünster Austria) was added to a commercial creep feed (table 1). In the test group corn, oats and soy hulls were partly replaced by 5% eubiotic lignocellulose. The dosage of eubiotic lignocellulose was adapted to Van Hees et al. (2020) who used 5% cellulose in creep feed and improved large intestine fermentation and development with a slight shift in microbiome. The basic creep feed, supplied by Angenendt-Nordbrock GmbH, was low in crude protein to avoid undigested protein being fermented in the hindgut. A high fibre strategy was

already in place with crude fibre at 40 g/kg. Total, fermentable and inert dietary fibre (TDF, fDF and inDF) were calculated based on the "Fibre_Calculator" invented by agromed Austria GmbH. The level of TDF was comparable for both groups but fermentability changed. With addition of eubiotic lignocellulose fDF and inDF were well balanced.

Table 1. Feed materials and nutrients in creep feed (g/kg resp. MJ/kg as fed)

Parameter	Control	Test
Components	corn, barley, whey, sugar, soybean meal, oat, soybean, soy hulls, plant fat	
Eubiotic lignocellulose ¹	-	5.0%
Crude protein	175	175
Crude fibre	40	60
Crude fat	50	50
Crude ash	35	35
Total dietary fibre	95	102
Fermentable fibre	70	52
Inert dietary fibre	25	50
Metabolizable energy	13,8	13,6

¹ OptiCell[®]

After weaning piglets were fed a farm mixed starter feed based on wheat, rye, barley, fermented soybean meal, whey powder, fish meal, potato protein, fat and mineral feed; with 185 g/kg crude protein, 31 g/kg crude fibre and 14.2 resp. 9.6 MJ/kg metabolizable and net energy. Additives used were phytase, NSP-enzyme, benzoic acid, Ca-formiate and ZnO.

The creep feed was offered from DOL 5 till weaning. Health related parameter like mortality and diarrhoea were not further evaluated as both remained on low level throughout the test. Due to farm routine underweight or less vital piglets were removed from pen and kept separately. Those piglets were fed with liquid milk replacer and the dry creep feed used on test. Farm reported an equal intake of liquid and dry feed. Pens with removed piglets were counted. Statistical analysis was performed by SigmaStat 4, Systat Software GmbH.

Results

The test run without problems. Due to high hygiene level and application of ZnO mortality of piglets remained low and were not different between the feeding groups. Same for appearance of diarrhoea. The number of litters without any underweight piglets (one or more) who were removed for more intensive care were at about 60% on average at suckling period (table 2). At the post-weaning period share of pens without underweight piglets was improved by 59%rel. at test. This is a clear improvement in piglet homogeneity.

Table 2. Pens without underweight piglets

	Control	Test	%difference
- Suckling period	58%	61%	+5%rel.
- Weaning period	22%	35%	+59%rel.

Table 3. Growth performance

	Control	Test	%difference
Body weight			
- Birth, kg	1,33		
- Weaning, kg	4,90 ^a	4,96 ^a	+1%rel.
- Weaning +14 days, kg	6,44 ^a	6,59 ^a	+2%rel.
Feed intake			
- creep feed, kg/piglet	0,366	0,366	-
- starter feed, kg/day	0,176 ^a	0,158 ^a	-10%rel.
Feed conversion ratio			
- FCR 14 d post weaning	1,60 ^a	1,36 ^b	-15%rel.

^{a, b} p≤0,05

No significant differences ($p > 0.05$) were seen at body weight development (table 3). Birth weight is in accordance with number of live born piglets of 17.8. Weight development after weaning may indicate a benefit for piglets being in test group by 2% (equals 11 g/piglet/day). This can be seen as a small trend.

No significant differences ($p > 0.05$) were seen at feed intake (table 3). For creep feed intake the measurement was not sufficiently precise to perform statistical evaluation. However, on average 0.366 kg/piglet were consumed till weaning at DOL 21. Figure 1 illustrates the development of intake over time, assuming small consumption at DOL 5 and exponential increase till weaning at DOL 21. During weaning period, the piglets on test ate about 10% less than control animals ($p > 0.05$).

The small differences in feed intake and growth cumulated in significant decrease in feed conversion ratio of 0.24 units.

Discussion

Addition of 5% eubiotic lignocellulose did not reduce the palatability of creep feed in the test. A comparison of creep feed realized on farm and literature (figure 1) indicates good palatability. Intake of creep feed is directly related to growth after weaning (Pluske et al., 2007). A major reason may be the improved development and functionality of the intestine (Cranwell, 1985). The advantage is increasing over time. Van Hees et al. (2020) applied 5% cellulose, 2% arabinoxylane or both in creep feed. The 5% cellulose feeding increased creep feed intake without any effect on growth (0.28 0.27 kg/day, $p > 0.05$). However gut development was improved. At current test creep feed intake was not different. Body weight

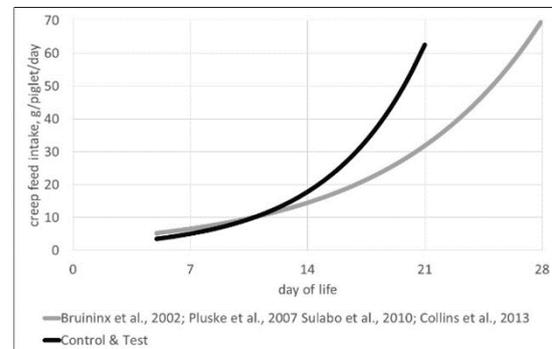


Figure 1. Creep feed intake at current test compared with literature

at current test was constant whereas weaning weight in the study of Van Hees et al. (2020) was numerically lower with cellulose (-0.41 kg/piglet). 5% eubiotic lignocellulose in creep feed improved FCR by 0.24 units after weaning in this test. At the study of Van Hees et al. (2020) FCR was worsened by 0.12 units. The ambivalent behavior of fibre in creep feed and subsequent growth was shown by Koo et al. (2020) too. Additional 30 g/kg TDF resulted in -80 g/d growth within 14 days after weaning. Most probably due to antinutritional factors because protein source was change from animal derived to soybean. The removal of underweight or less vital piglets from pens in the current test may have confounded the outcome of postweaning performance. There were only small differences in body weight at 14 days post weaning. If all piglets were included in the test till end of weaning, the outcome may have been clearer. Additionally, to evaluate feeding strategies full piglet rearing till body weight of about 25 kg has to be observed.

Conclusion

Supply of creep feed is important and best quality need to be fed. Creep feed can have an impact on gut development, health and performance lasting over weaning. Important are high intake, absence of anti-nutritional factors, and a good fibre strategy. By adding eubiotic lignocellulose (OptiCell®) the fibre parameter fDF & inDF in the creep feed were well balanced. The "Fibre_Calculator" proved to be an efficient tool for feed formulation. Additionally, the prebiotic action and the antioxidative polyphenols may have supported piglet development. This is the first time OptiCell® proved its benefit for suckling piglets as done already for weaner piglets.

Literatur

- Bruininx, E.M.A.M., Binnendijk, G.P., Van der Peet-Schwering, C.M.C., Schrama, J.W., den Hartog, L.A., Everts, H., Beynen, A.C. (2002): Effect of creep feed consumption on individual feed intake characteristics and performance of group-housed weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 80, 1413–1418.
- Christensen, B., Huber, L.-A. (2021): The effect of creep feed composition and form on pre- and post-weaning growth performance of pigs and the utilization of low-complexity nursery diets. *Transl. Anim. Sci.* 5, 1-14
- Collins, C.L., Morrison, R.S., Smits, R.J., Henman, D.J., Dunshea, F.R., Pluske, J.R. (2013): Interactions between piglet weaning age and dietary creep feed composition on lifetime growth performance. *Anim. Prod. Sci.*, 53, 1025-1032
- Cranwell, P.D. (1985): The development of acid and pepsin (EC 3.4.23.1) secretory capacity in the pig; the effects of age and weaning. *Br. J. Nutr.* 54, 305-320
- Koo, B., Choi, J., Yang, C., Nyachoti, C.M. (2020): Diet complexity and l-threonine supplementation: effects on growth performance, immune response, intestinal barrier function, and microbial metabolites in nursery pigs. *J. Anim. Sci.*, 98, 1-11
- Pajor, E.A., Fraser, D., Kramer, D.L. (1991): Consumption of solid food by suckling pigs: Individual variation and relation to weight gain. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 32,139-155.
- Pluske, J.R., Kim, J.-C., Hansen, C.F., Mullan, B., Payne, H.G., Hampson, D.J., Callensen, J., Wilson, R.H. (2007): Piglet growth before and after weaning in relation to a qualitative estimate of solid (creep) feed intake during lactation: A pilot study. *Arch. Anim. Nutr.*, 61, 469 – 480
- Sulabo, R.C., Jacela, J.Y., Tokach, M.D., Dritz, S.S., Goodband, R.D., DeRouchey, J.M., Nelssen, J.L. (2010): Effects of lactation feed intake and creep feeding on sow and piglet performance. *J. Anim. Sci.*, 88, 3145-3153
- Van Hees, H.M.J., Maes, D., Millet, S., Possemiers, S., den Hartog, L.A., van Kempen, T.A.T.G., Janssens, G.P.J. (2020): Fibre supplementation to pre-weaning piglet diets did not improve the resilience towards a post-weaning enterotoxigenic *E. coli* challenge. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 1-12

Autorenanschrift:

Dr. Rüdiger Kratz
kratz@agromed.at
agromed Austria GmbH
Bad Haller Straße 23
4550 Kremsmünster

Natürliche Futtermittelkonzepte für Ihren Erfolg!

Wir
suchen

Junior Product Manager m/w/d
Praktikant m/w/d

Nichts Passendes dabei?
Schicken Sie uns einfach
Ihre Initiativbewerbung!

Wir nehmen uns seit jeher die Natur zum Vorbild und stellen aus dem nachhaltigen Rohstoff Holz Futtermittelzusätze her. Mit unseren Produkten reagieren wir zeitgemäß auf die hohe Nachfrage nach tier- und umweltfreundlichen Nahrungszusätzen.

Nachhaltigkeit ist in der DNA des Unternehmens verwurzelt!

Einsatz von kleinkörnigen Leguminosen in der Milchkuhfütterung

Friedrich Grimmer, Mariana Schneider, Jennifer Brandl

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

Einleitung

Durch den Einsatz von selbst angebaute Eiweißpflanzen können sich die Betriebe unabhängiger von Zukaufsfuttermitteln wie Raps- oder Sojaextraktionsschrot machen und gleichzeitig unter günstigen Bedingungen die Rationskosten senken. Luzerne ist nach der Etablierungsphase im ersten Anbaujahr als sehr trocken tolerant einzustufen, da sie mit ihrem ausgeprägten Wurzelwerk bis in den Unterboden vordringt und damit mehr Wasser und Nährstoffe aus diesem Bereich nutzen kann als andere Pflanzen. Dadurch ergibt sich auch eine hohe Ertragsstabilität unter trockenen Bedingungen, welche die Möglichkeit bietet, den Grundfutterbedarf abzusichern. Neben der Stickstofffixierung durch kleinkörnige Leguminosen ist deren positive Umweltwirkung durch den Humusaufbau und den Beitrag zur biologischen Vielfalt hervorzuheben. Ein Vorteil der kleinkörnigen Leguminosen im Vergleich zu den grobkörnigen ist, dass insgesamt höhere Eiweißträge pro Hektar Ackerland möglich sind und damit auch die Eiweißkosten gesenkt werden können. Hemmnisse für den Einsatz kleinkörniger Leguminosen in der Fütterung hochleistender Milchkühe sind häufig die geringeren Energiegehalte, denen eine gute Strukturwirkung bei erhöhter Futteraufnahme entgegensteht. Um die Auswirkung des Einsatzes von Luzernesilage auf die Rationsgestaltung einzuordnen, soll im Folgenden beispielhaft ein Rationsvergleich dargestellt werden.

Material und Methoden

Um die Verwertung der kleinkörnigen Leguminosen darzustellen, wurden drei Rationsvarianten mit unterschiedlichen Anteilen bezogen auf die Frischmasse an Luzernesilage konzipiert. Als Standard (Ration 1) diente eine klassische Mais-Gras Ration (50 % Grassilage, 50 % Maissilage) mit üblichem Eiweiß-Kraftfutter (Rapsextraktionsschrot, Sojaextraktionsschrot). Als erste Vergleichsration (Ration 2) diente eine Mischung mit 50 % Maissilage und jeweils 25 % Gras- und Luzernesilage. In der zweiten Vergleichsvariante (Ration 3) wurde wie in Ration 2 50 % Maissilage, sowie jeweils 25 % Gras- und Luzernesilage als Futtergrundlage angesetzt. Um die Ration ausschließlich mit heimischem Eiweißfutter zu gestalten, wurden hier zusätzlich Süßlupinen statt Sojaextraktionsschrot eingesetzt. Die Berechnung der Rationen erfolgte für eine Leistung von 26 kg Milch je Kuh und Tag mit 4,0 % Fett und 3,5 % Eiweiß für Fleckviehkühe mit einer Lebendmasse von 700 kg mit dem Programm Zielwert-Futter-Optimierung (Zifo2, LfL Bayern). Dabei wurden bei den Kraftfutterkomponenten Standardfuttermittel mit den in Tabelle 1 aufgeführten Inhaltsstoffen verwendet. Für die Grundfutterkomponenten Maissilage, Grassilage und Luzernesilage wurden die bayerischen Mittelwerte aus dem Jahr 2021 herangezogen (LfL, 2022; Tabelle 1). Ziel waren vergleichbare Eiweiß- und Energiekonzentrationen in den Rationen.

Tabelle 1 Inhaltsstoffe der eingesetzten Rationskomponenten (in Zifo2 hinterlegte Standardwerte bzw. für die Silagen bayerische Mittelwerte aus dem Jahr 2021 nach LfL (2022))

	Trocken- Masse	NEL	Roh- protein	ADFom ¹	aNDFom ²	Stärke	Zucker	Phos- phor
	g/kg FM	MJ/kg TM			g/kg TM			
Maissilage	328	6,52	65	240	418	303	24	2,3
Grassilage ³	350	5,79	133	299	475	0	68	3,3
Luzernesilage ³	367	5,73	151	317	427	0	50	3,3
Gerstenstroh	860	3,64	45	455	785	0	7	0,8
Futterweizen	880	8,53	138	105	175	675	32	3,8
Körnermais	880	8,38	102	100	170	695	19	3,5
Melasseschnitzel	896	7,75	97	184	315	0	200	0,8
Sojaextraktions- schrot ⁴	880	8,78	545	115	190	70	114	7,6
Rapsextraktions- schrot	880	7,17	387	228	301	0	80	11,9
Süßlupinen	880	9,25	376	195	335	74	73	5,1

¹ Säure Detergentien Faser, aschefreier Rückstand nach der Behandlung mit sauren Lösungsmitteln; ² Neutral b Detergenzien Faser, aschefreier Rückstand nach der Behandlung mit neutralen Lösungsmitteln und Amylase; ³ 1. Schnitt; ⁴ 48 % XP

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt ist die Qualität der Silagen als unterdurchschnittlich zu bewerten. Der erste Schnitt beim Gras wurde 2021 witterungsbedingt spät geerntet und verfügte daher über wenig Energie bei hohen Fasergehalten. Im Vergleich mit Tabellenwerten fallen bei den Luzernesilagen vom ersten Schnitt 2021 höhere Energiekonzentrationen bei geringeren aNDFom-Gehalten auf. Mit nur 151 g XP/kg TM konnten die Silagen nicht die für Luzerne üblich hohen Eiweißgehalte erreichen. Auch die Maissilagen aus dem Jahr 2021 enthielten im Mittel weniger Stärke und Energie als in den Vorjahren. Die Zusammensetzung der Hauptfutterkomponenten hat einen bedeutenden Einfluss auf die Rationsgestaltung und damit auf die Ergebnisse des vorliegenden Vergleichs. Schwankungen der Grobfutterqualitäten sind die Herausforderungen der landwirtschaftlichen Praxis. Der Einsatz der Luzerne sollte daher bewusst anhand realer und aktueller Zahlen (eigene Futteruntersuchung) betrachtet werden. Eine Übertragung der Erkenntnisse auf andere Silagequalitäten ist daher nicht möglich.

Der Einsatz von Luzernesilage im Austausch gegen die Grassilage führte in diesem Beispiel zu einer Erhöhung des Rohproteinanteils aus dem Grundfutter, da die Luzernesilage ca. 20 g mehr Rohprotein enthielt als die Grassilage. Daher konnten die Anteile der Eiweißkonzentrate (Sojaextraktionsschrot, Rapsextraktionsschrot) in den Rationen 2 und 3 leicht reduziert werden. Die Luzernesilage hatte einen geringfügig geringeren Energiegehalt als die Grassilage, sodass in Ration 2 der Weizenanteil um 0,3 kg zum Ausgleich erhöht wurde. In Rationsvariante 3 konnte das Sojaextraktionsschrot komplett durch den Einsatz von 1,5 kg Süßlupinen substituiert werden, sodass nur noch heimische Eiweißfuttermittel in der Mischung verwendet werden. Zusätzlich konnten 0,1 kg Rapsextraktionsschrot eingespart werden. Insgesamt konnten in Ration 2 und 3 0,1 kg an Kraftfutterkomponenten eingespart werden. Zudem war eine Reduzierung der Mineralfuttermenge von 0,2 kg pro Kuh und Tag auf 0,15 kg pro Kuh und Tag möglich, da die Luzernesilage höhere Mineralstoffgehalte aufweist und dadurch weniger Mineralfutter

für eine ausgeglichene Ration benötigt wird. In den beiden Varianten mit Luzerne konnten die Rationen ohne Gerstenstroh kalkuliert werden, da durch den Einsatz der Luzernesilage ausreichend Struktur in den Rationen vorhanden war. Der verhaltene Eiweißgehalt des 1. Schnitts Luzernesilage 2021 deren relativ hoher Energiegehalt und die schlechte Qualität der entsprechenden Grassilage führte insgesamt zu geringen Änderungen der Konzentratzusammensetzung für den Rationsausgleich. Bei für die ausgewählten Grobfuttermittel üblichen Inhaltsstoffen (z.B. höherer Eiweißgehalt der Grassilage) hätte sich die Zusammensetzung der Kraftfutterkomponenten für eine bedarfsgerechte Ration deutlich zugunsten der energiereichen Komponenten verschoben.

Eine detaillierte Zusammensetzung der Rationen mit durchschnittlichen Erzeugerpreisen der eingesetzten Rationskomponenten ist in Tabelle 2 zu finden. Bezüglich der Energie- und Nährstoffgehalte liegen alle drei Rationsvarianten, wie angestrebt, auf einem ähnlichen Niveau (Tabelle 3). Die Grobfutteraufnahme liegt bei allen drei Varianten bei 14,2 kg TM mit einem entsprechenden Kraftfutteranteil in den Rationen von 5,0 kg TM in Ration 1 und 4,9 kg TM in Variante 2 und 3. Hinsichtlich des Energie- und Eiweißaufwands und der Stickstoffverwertung konnten daher keine relevanten Unterschiede festgestellt werden.

Tabelle 2: Zusammensetzung (kg FM/Kuh und Tag) der verschiedenen Rationsvarianten und Preisansätze für die Rationskomponenten

	Erzeuger- preis ¹ netto, €/dt FM	Rationsvariante		
		Ration 1 Mais/Gras	Ration 2 Mais/Gras/ Luzerne	Ration 3 Mais/Gras/ Luzerne/Lupine
Maissilage	5,4	20,5	20,5	20,5
Grassilage	7,3	20,5	10,45	10,45
Luzernesilage	6,7	-	10,45	10,45
Gerstenstroh	9,0	0,3	-	-
Futterweizen	23,4	1,4	1,6	1,6
Körnermais	25,0	0,7	0,7	0,7
Melasseschnitzel ²	23,0	0,5	0,5	0,2
Sojaextraktionsschrot ³	74,4	1,3	1,1	-
Rapsextraktionsschrot	43,0	1,5	1,5	1,4
Süßlupinen	35,4	-	-	1,5
Viehsalz	8,0	0,02	0,02	0,02
Mineralfutter ⁴	80,0	0,20	0,15	0,15

¹ Durchschnittspreise 2021 (LFL-Deckungsbeitragsrechner (IDB, 2022)), ² Durchschnittspreis 2021 (LLH, 2022), ³ NonGVO, 48 % XP, ⁴ 25 % Ca, 0 % P

Für die Rationskalkulation wurde für alle Rationsvarianten eine Trockenmasseaufnahme von 19,1 kg unterstellt. Dabei ist durch den Einsatz von Luzerne als Rationskomponente eine gesteigerte Futteraufnahme zu erwarten (Pries et al., 2013; Trautwein et al., 2021). Beispielsweise wurde bei Etle et al. 2011 ein ähnlicher Versuch mit Luzernesilage durchgeführt, wobei die Grassilage komplett durch Luzernesilage ersetzt wurde. Dabei zeichnete sich die Luzerneration durch eine erhöhte Gesamt-TM-Aufnahme aus und der geringere Energiegehalt konnte somit ausgeglichen werden. In einem anderen Versuch zur Futteraufnahme verschiedener Rationen von Bulang et al. (2006) konnte ebenso eine gesteigerte Gesamt-TM-Aufnahme nachgewiesen werden. Hierbei wurden eine maisbetonte Ration, eine

grasbetonte Ration und eine Ration mit Luzernesilage (29,2 % der TM) miteinander verglichen. Dabei wurde über den gesamten Zeitraum die höchste Trockenmasseaufnahme bei der Luzernevariante und dadurch auch die höchste Energie- und Nährstoffaufnahme festgestellt. Die Grassilage zeigte die geringste Gesamt-TM-Aufnahme und hatte damit auch die geringste Energieaufnahme. Die Energiekonzentrationen in den oben aufgeführten Rationen mit Luzerne lagen sogar über der der Mais-Gras-Ration. Somit sollten die Milchkühe bei gesteigerter Futtermittelaufnahme, die in der vorliegenden Berechnung nicht berücksichtigt wurde, auch mehr Milch aus den Luzernerationen produzieren können. Die Größenordnung der Futtermittelaufnahmesteigerung ist leider nicht abschätzbar, weshalb dieser Effekt in der vorliegenden Vergleichsrechnung nicht berücksichtigt wurde. Die Ergebnisse der zitierten Versuche lassen eine Erhöhung der Futtermittelaufnahme um ca. 2 kg TM bei nennenswerten Luzerneanteilen in der Ration erwarten. Dies sollte zu einer besseren Nährstoffversorgung der Kühe führen, in deren Folge sich höhere tierische Leistungen ergeben können.

Tabelle 3: Inhaltstoffe und Kosten der verschiedenen Rationen je kg TM (sofern nicht anders angegeben, berechnet mit Zifo2)

	Zielwert ¹ (Zifo2)	Ration 1 Mais/Gras	Ration 2 Mais/Gras/ Luzerne	Ration 3 Mais/Gras/ Luzerne/Lupine
Aufnahme in kg je Tier und Tag	18,9	19,1	19,1	19,1
Grobfutter TM-Aufnahme in kg je Tier und Tag	14,0	14,2	14,2	14,2
Ruminale, N-Bilanz; g/Tier und Tag	0	-5	-4	-7
Netto Energie Laktation, MJ	6,65	6,53	6,56	6,62
Rohprotein, g	144	147	149	144
Nutzbares Rohprotein, g	145	148	147	145
aNDFom ² (Grobfutter), g	280	335	323	323
Pansenabbaubare Kohlenhydrate, g	250	200	201	198
Kalzium, g	5,4	6,8	7,4	7,2
Phosphor, g	3,4	3,7	3,7	3,6
Preis ³ , ct	-	26,3	25,1	23,1

¹ Zielwert für 26 kg Milch/Kuh und Tag bei 4,0 % Fett und 3,5 % Eiweiß und 700 kg Lebendmasse, ² Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und Veraschung, ³ Durchschnittspreise der Einzelfuttermittel aus 2021 (IDB, 2022)

Für die Kostenberechnung wurden die durchschnittlichen Erzeugerpreise aus dem LfL-Deckungsbeitragsrechner für das Erntejahr 2021 verwendet (IDB, 2022; Tabelle 2). Die Kostenansätze für Maissilage, Grassilage und Luzernesilage wurden ebenso mithilfe des LfL-Deckungsbeitragsrechners mit den eingestellten Werten für das Erntejahr 2021 erstellt (IDB, 2022). Die Preise für die Komponenten sind abhängig von den Schwankungen am Markt und beeinflussen somit den Kostenansatz der jeweiligen Ration, so dass die oben aufgeführten Berechnungen nur eine beispielhafte Anwendung für 2021 darstellen. In diesem Beispiel ergab sich eine Kostenreduktion von 1,2 ct/Kuh und Tag durch den Ersatz von Grassilage durch Luzernesilage (Ration 2). Der Einsatz von Lupinen in Ration 3 wirkte sich zusätzlich kostensenkend aus, wobei hier 3,2 ct/Kuh und Tag im Vergleich zur Rationsvariante 1 ohne

Leguminosen gespart werden konnten. Für 2022 werden deutlich höhere Durchschnittspreise prognostiziert. Bei den Rationskosten ergeben sich allerdings nur leichte Unterschiede, wenn für Körnermais 35 € und für Weizen 30 € angesetzt werden. Dabei ist das Sojaextraktionsschrot, welches sich auf einem hohen Preisniveau bewegt, als treibender Kostenfaktor auszumachen. Daher ist von einer deutlichen Kostensenkung durch Luzerne- und/oder Lupineneinsatz bei üblichen Inhaltsstoffen der Silagen auszugehen. Durch den Einsatz von heimischen selbst erzeugten Proteinträgern können sich die Betriebe unabhängiger von Zukaufsfuttermitteln wie Raps- oder Sojaextraktionsschrot machen und gleichzeitig unter günstigen Bedingungen die Rationskosten senken.

Schlussfolgerung

Der Einsatz von Luzerne in der Rationsplanung führte zu einer gesteigerten Rohproteinaufnahme aus dem Grobfutter und positiven Effekten auf den Strukturgehalt der Ration. Die sonst typischerweise geringeren Energiegehalte im 1. Schnitt der Luzernesilage lagen 2021 auf dem Niveau des 1. Schnitts der Grassilage, welche aufgrund schwieriger Witterungsbedingungen eher energiearm war. Grundsätzlich muss der geringere Energiegehalt durch die Anpassung der Kraftfutterkomponenten ausgeglichen werden.

Bei den Rationskosten ergaben sich Vorteile für die klein- und grobkörnigen Leguminosen. Je teurer die Eiweißfuttermittel und je günstiger die Energiefuttermittel, desto rentabler wird der Einsatz von kleinkörnigen Leguminosen in der Milchkuhfütterung. Dabei können Zukaufseiweißfuttermittel wie Sojaextraktionsschrot eingespart bzw. komplett substituiert werden. Außerdem ist der positive Effekt von Luzerne auf Futteraufnahme hervorzuheben.

Literatur

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL, 2022): Jahresbericht 2021, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft. Online verfügbar: https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ite/dateien/ite___jahresbericht_2021.pdf, aufgerufen am 12.08.2022.

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

Ettle, T., Obermaier, A., Weinfurter, S., Spiekers, H. (2011): Luzernesilage im Austausch gegen Grassilage bei der Milchkuh. VDLUFA-Schriftenreihe Bd. 67/2011, 588- 594, Kongressband Speyer, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

IDB (2022): LfL Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten - Internet Deckungsbeitragsrechner, Anwendung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), zuletzt aufgerufen am 22.08.2022, von: <https://www.stmelf.bayern.de/idb>

Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (2022): Marktinformationen. Online verfügbar:<http://www.agrarberatung-hessen.de/markt/futtermittel/010701.html>, aufgerufen am 11.08.2022.

Pries, M.; Verhülsdonk, C.; Hoffmanns, C.; Hünting, K.; Menke, A. (2013). Einsatz von Stroh und unterschiedlichen Anteilen von Luzerneheu in der Fütterung von hochleistenden Milchkühen. In: Forum angewandte Forschung 09./10.04.2013.

Trautwein, J., Südekum, K.-H., Dusel, G., Steingass, H., Romberg, F.-J., Koch, C., Landfried, K. (2021): Comparative evaluation of lucerne, grass and maize silage-based diets for lactating dairy cows: Feed intake, milk yield and milk composition. Züchtungskunde, 93, 51 – 68.

Autorenanschrift:

Friedrich Grimmer
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft,
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub
Prof.-Dürrwachter-Platz 3, 85586 Poing
E-Mail: Friedrich.Grimmer@LfL.bayern.de

Das LKV Bayern

Klein oder groß und familiengeführt oder mit Fremdarbeitskräften, traditionell oder hoch modern: Die Nutztierhaltung in Bayern hat viele Gesichter. Mit dem Erzeugungs- und Qualitätsmonitoring in Form von Leistungsprüfung, Einzeltierbetreuung und Beratung haben wir passende Angebote für die verschiedenen Betriebe. Unser Ziel ist die nachhaltige Nutztierhaltung, die hochwertige Lebensmittel hervorbringt, zum Erhalt von Umwelt und Kulturlandschaft beiträgt und den Landwirten eine wertgerechte Vergütung ermöglicht.

Selbsthilfe für Tierhalter

Management, Tierwohl und der effiziente Einsatz von Ressourcen - als Selbsthilfeorganisation der bayerischen Landwirte unterstützen wir Tierhalter bei allen wichtigen Fragen zur Nutztierhaltung. Als staatlich geförderte Einrichtung übernehmen wir folgende Aufgaben:

- **Erzeugungs- und Qualitätsmonitoring in Form der Milchleistungsprüfung**
- **Tierkennzeichnung und Registrierung**
- **Produktionstechnische Beratung**
- **Futteruntersuchung**

Unterstützung garantiert

Unsere Außendienstmitarbeiter unterstützen die bayerischen Landwirte als unabhängige Partner vor Ort. Zusätzlich bieten wir den Betrieben praxisorientierte digitale Anwendungen, technische Hilfsmittel und die Vernetzung von Informationen. Gemeinsam mit den Tierhaltern erreichen wir neue Maßstäbe in Bereichen der Tierzucht, -gesundheit und im Nährstoffmanagement.

Für Sie vor Ort

14 Außenstellen ermöglichen Betreuung und Beratung vor Ort in ganz Bayern. Sitz der LKV-Verwaltung, der Regionalstelle für Tierkennzeichnung und Registrierung sowie der Fachabteilungen ist München. Das LKV-Futterlabor in Grub ist ein weiterer Standort.

Staatliche Förderung für Qualität und Unabhängigkeit

Das Erzeugungs- und Qualitätsmonitoring wird nach dem Bayerischen Agrarwirtschaftsgesetz staatlich gefördert. Die enge Zusammenarbeit mit unseren Verbundpartnern und den staatlichen Stellen garantiert eine vollumfängliche Betreuung und Beratung unserer bayerischen Betriebe.



Kontakt:

LKV Bayern e.V.

Landsberger Straße 282 | 80687 München

Tel.: +49 (0) 89 54 43 48 0

Fax: +49 (0) 89 54 43 48 10

E-Mail: poststelle@lkv.bayern.de

www.lkv.bayern.de



Schwerpunktberatung Schweinehaltung: Status Quo zu den im LKV-Bayern – organisierten Betrieben hinsichtlich Futter und Fütterung

^{1,2}Georg DeiBer, ²Reinhard Puntigam und ¹Christina Jais

¹LfL-Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT)

²LfL-Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft (ITE)

Prof.-Dürrwaechter-Platz 2, 85586, Grub

Einleitung

Die schweinehaltenden Betriebe stehen vor großen Herausforderungen im Rahmen des anstehenden Umbaus der Nutztierhaltung und den resultierenden Vorgaben in Bezug auf Fütterung und Umwelt sowie der Ausgestaltung der Haltungsumwelt. Neben der Einhaltung gesetzlicher Vorgaben im Bereich des Nährstoffcontrollings wie z.B. Düngegesetzgebung (Düngeverordnung (DüV), 2021; Stoffstrombilanzverordnung (StoffBilV), 2017), Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft, 2021; 43. Bundesimmissionsschutzverordnung) gilt es ebenfalls rechtliche Anforderungen hinsichtlich der Haltung (z.B. Gruppenhaltung im Deckzentrum, freie Abferkelung; Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung, 2021) umzusetzen. Darüber hinaus kann ein deutlicher Preisanstieg in den Sektoren Energie und Futtermittel verzeichnet werden, welcher in einer deutlichen Beschleunigung des Strukturwandels der schweinehaltenden Betriebe resultiert. In den vergangenen 10 Jahren kann auf Basis der Daten des Landeskuratoriums der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V. (LKV Bayern e.V.) ein Rückgang von ca. 58 % der ferkelerzeugenden- sowie 23 % der Schweinemastbetriebe nachgewiesen werden (Schäffer, 2022). Diese Entwicklung kann auch bundesweit beobachtet werden. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes (2022) sank die Anzahl an Schweine im Zeitraum von 2010 bis 2022 (vorläufig) um ca. 20 % und jene an schweinehaltenden Betrieben um mehr als 50 %. Durch den deutlichen Anstieg an gehaltenen Tieren pro Betrieb (2010: 818; 2022: 1.245) und den Anstieg der Schlachtgewichte wird es möglich gemacht den Selbstversorgungsgrad an Schweinefleisch aufrecht zu erhalten.

Um den Trend der Betriebsreduktion bestmöglich entgegenzuwirken, bedarf es unter anderem einer einzelbetrieblich abgestimmten Beratung im Bereich Haltung und Fütterung. Hierzu ist die Dokumentation des IST-Standes sowie das konkrete Messen und Steuern zur Zielerreichung für genannte rechtliche Vorgaben unumgänglich. Darauf basierend wurde das vom StMELF geförderte Projekt „Schwerpunktberatung Schweinehaltung“ initiiert.

Ein Ziel dieses Projektes stellt die Erhebung des Status Quo zu den LKV-organisierten bayerischen schweinehaltenden Betrieben hinsichtlich Futter und Fütterung dar. Ein spezieller Fokus wurde dabei auf die Fütterungstechnik, die Mengenerfassung von Futtermitteln sowie das Fütterungsverfahren im Hinblick auf Stickstoff (N)- und Phosphor (P)-Reduktion von Ferkelerzeugenden- und Schweinemastbetrieben gerichtet.

Material und Methoden

In Zusammenarbeit der Institute für Landtechnik und Tierhaltung sowie Tierernährung und Futterwirtschaft der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) mit dem LKV-Bayern e.V. und den Sachgebieten für Nutztierhaltung der Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AELF) wurde eine quantitative Studie mittels Fragebogen an LKV-organisierten schweinehaltenden Betrieben durchgeführt. Die Zeitspanne der Befragung erstreckte sich von Juli 2021 bis Februar 2022, wobei die Befragungen der Landwirtinnen und Landwirte durch die LKV-Ringberaterinnen und Ringberater mittels Fragebogen (Excel-file) durchgeführt wurden. Der Fragebogen wurde durch den Projektmitarbeiter erstellt und mittels deskriptiver Methoden ausgewertet. Die zugrundeliegenden Daten stammen von 582 ferkelerzeugenden und 676 Schweinemastbetrieben.

Ergebnisse

Die Rücklaufquote des Fragebogens betrug bayernweit in der Ferkelerzeugung 65 und in der Schweinemast 55 %. Dabei konnten zwischen den Regierungsbezirken deutliche Unterschiede festgestellt werden.

In der Abbildung 1 werden die prozentuale Verteilung der Betriebe nach Fütterungsverfahren (N-/P-Konzeption) auf Basis DLG Bd.199, Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere, 2. Auflage (DLG, 2014) veranschaulicht. Die Produktionsverfahren gliedern sich in Zuchtsauen tragend, säugend (jeweils bayerischer Durchschnitt und Betriebe mit mehr als 28 verkaufte Ferkel pro Sau und Jahr im Vergleich) sowie die Ferkelaufzucht (bayerischer Durchschnitt und mehr als 500 g Tageszunahmen (TZN) und Schweinemast (bayerischer Durchschnitt und mehr als 850 g TZN). Die Fütterungsverfahren lassen sich in Standard/Universal-Fütterung, N-/P-reduziert, stark N-/P-reduziert, sehr stark N-/P-reduziert entsprechend DLG (2014 und 2019) sowie keine Angaben möglich differenzieren. Aus der Abbildung 1 geht hervor, dass die Standard-/Universal-Fütterung sowohl in der Sauen- als auch Ferkel- und Mastschweinefütterung nahezu komplett an Bedeutung verloren hat. Darüber hinaus kann nachgewiesen werden, dass die leistungsstarken Betriebe in der Ferkelerzeugung sowie in der Schweinemast im Vergleich zum bayerischen Durchschnitt einen höheren Anteil am stark und sehr stark N-/P-reduzierten Fütterungsverfahren einnehmen.

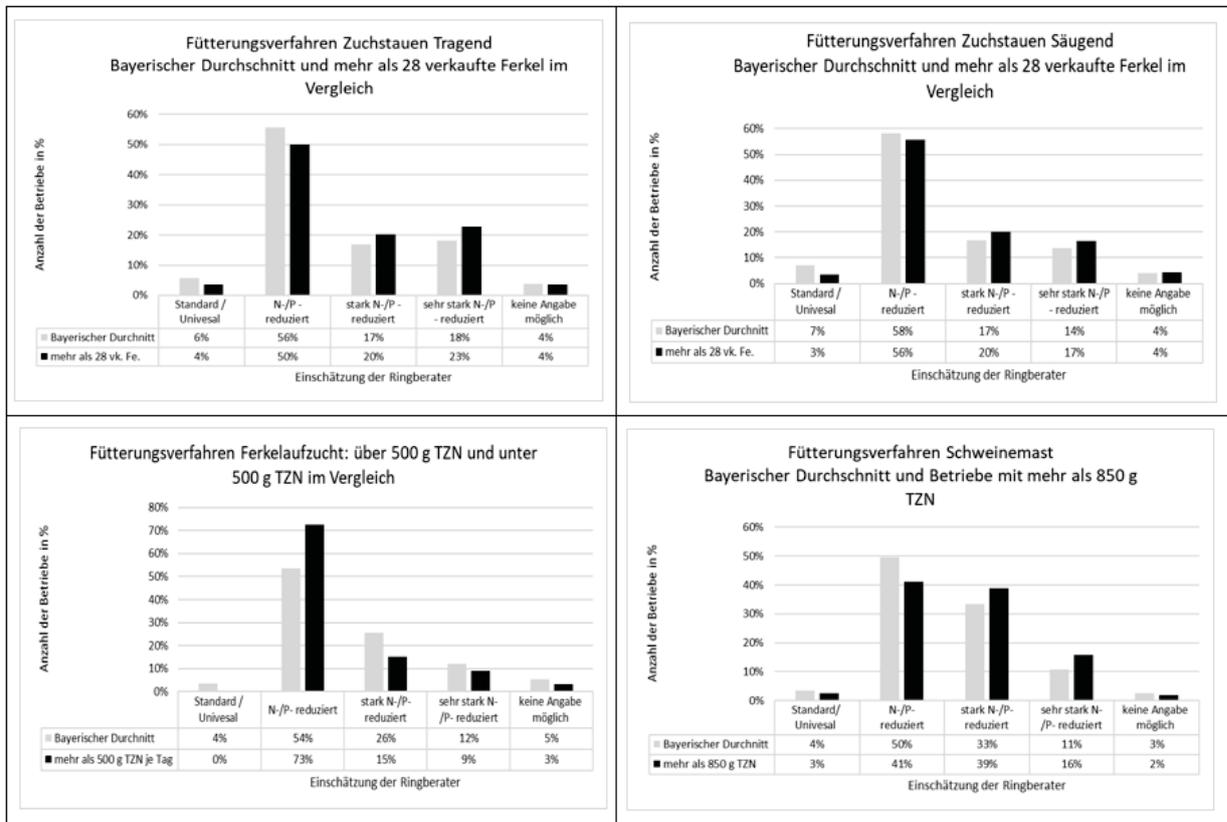


Abbildung 2: Prozentuale Verteilung der Betriebe nach Fütterungsverfahren (N/P-Konzeption) für Zuchtsauen tragend, säugend, Ferkelaufzucht und Schweinemast im bayerischen Durchschnitt sowie der leistungsstarken Betriebe.

Demgegenüber zeigt sich in der Ferkelaufzucht ein gegensätzliches Bild. Die leistungsstarken Betriebe (> 500 g TZN) favorisieren die Strategie der N-/P-reduzierten Fütterung.

In der Abbildung 2 werden die Ergebnisse aus der Befragung zur Technik in Bezug auf die Dokumentation der eingesetzten Futtermengen für die Wirtschaftlichkeitskontrolle veranschaulicht. Neben der Klassifizierung der Fütterungsstrategie auf Basis erbrachter Leistung lässt sich die Technik nach vorhanden / belastbar, bedingt vorhanden / belastbar oder nicht vorhanden / belastbar gliedern. Auch hier konnte nachgewiesen werden, dass leistungsstärkere Betriebe im Vergleich zum bayerischen Durchschnitt im Hinblick auf belastbare Technik zur Erfassung der Futtermengen besser ausgestattet sind. Dieser Umstand wird speziell in der Schweinemast deutlich.

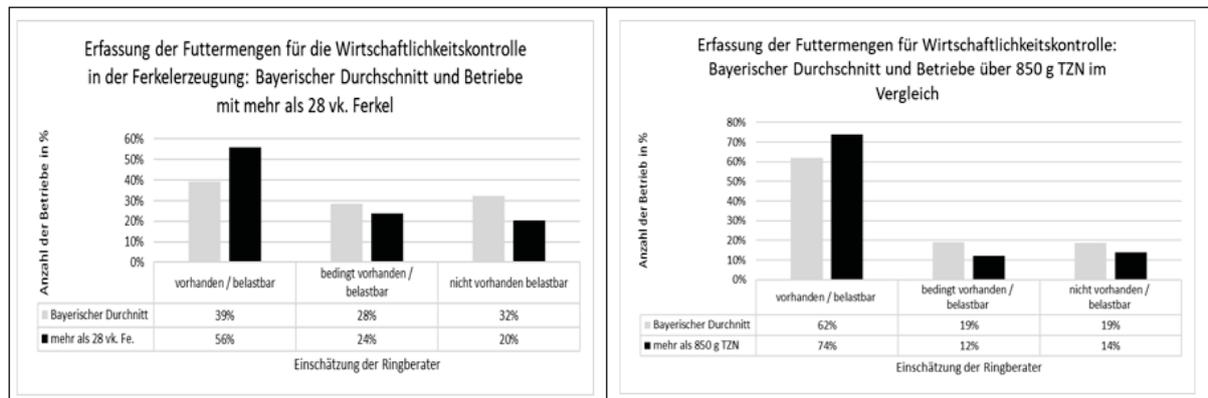


Abbildung 2: Angaben der befragten Betriebe zur Erfassung der Futtermengen für die Wirtschaftlichkeitskontrolle in der Schweinemast und Ferkelerzeugung.

Diskussion

Die Erfassung eines IST-Standes sowie das Messen und Steuern (Controlling) sind einzelbetrieblich und in Bezug auf die strategische Ausrichtung der Verbundberatung wesentliche Elemente zur Zielerreichung. Hierzu leisten die landwirtschaftliche Beratung und Schulung einen wertvollen Beitrag. Anfragen zu Futter und Fütterung aus der Praxis werden aufgenommen, darauf basierend Projektpläne ausgearbeitet, durchgeführt und die Erkenntnisse schlussendlich bestmöglich für die Praxis aufbereitet und implementiert. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen auf, dass die leistungsstarken Betriebe die Vorteile der N-/P-reduzierten Fütterung mit entsprechender Technik besser nutzen können als ein Betrieb des bayerischen Durchschnitts.

Das Reduktionspotential hinsichtlich der NH₃-Emissionen basierend auf der gezielten Rohproteinabsenkung unter adäquater Supplementierung freier Aminosäuren in Schweinemastrationen wurde in den vergangenen Jahren sehr umfassend wissenschaftlich untersucht (Lindermayer et al., 2015; Preißinger et al., 2018; Preißinger und Scherb, 2022). Die Transformation dieser Ergebnisse in der Praxis können durch die Anwendung des „operativen Rahmenziels“ in der Verbundberatung beschleunigt werden und die Dokumentation belegt werden (Puntigam et al., 2022). Durch die Auswertungen konnte nachgewiesen werden, dass trotz deutlicher Absenkungen in den Gehalten an Rohprotein und Phosphor in den Schweinemastrationen keine Leistungseinbußen in Kauf genommen werden mussten. Demgegenüber lassen sich durch die Proteinabsenkung knapp 15 kg Sojaextraktionsschrot pro Mastschwein einsparen und nach Sajeev et al. (2018) kann eine 16 %-ige Emissionsminderung hinsichtlich NH₃ kalkuliert werden.

Auch in der Zuchtsauenfütterung liegt ein Langzeitversuch von Preißinger et al. (2022) vor der belegt, dass eine sehr stark N-/P-reduzierte Fütterung keinen negativen Effekt auf die Leistungen der Zuchtsauen ausübt. Diese Ergebnisse können auch mit weiteren Studien bestätigt werden (Hojgaard et al., 2019, 2020).

Aus der dargestellten Erhebung wird jedoch ersichtlich, dass in einer Reihe von Betrieben noch erhebliches Potential zur weiteren Absenkung der N-/P-Gehalte besteht. Speziell bei den tragenden Sauen finden sehr große Futtermengen Anwendung und somit wäre auch das Potential zur Futter- und damit Kosteneinsparung bedeutsam. Vergleichbar mit den Ergebnissen zu den Zuchtsauen herrscht auch in der Ferkelaufzucht noch Potential zur gesteigerten N-/P-Reduktion im Zuge der Rationsgestaltung. Neben der Einhaltung gesetzlicher Vorgaben und betriebswirtschaftlicher Vorteile kann damit ein wertvoller Beitrag zur Tiergesundheit geleistet werden. Eine Studie von Lynegaard et al. (2021)

verdeutlicht, dass eine gezielte Absenkung an Rohprotein in der Ferkelabsetz- und -aufzuchtphase keine nachteiligen Effekte auf die Leistung ausübt, jedoch die Gefahr einer negativen Beeinträchtigung der Tiergesundheit deutlich gemindert wird.

Neben den positiven Auswirkungen des Futter- und Fütterungscontrollings auf die Wirtschaftlichkeit und Umweltwirkung der Betriebe erleichtert die Erfassung der Futtermengen ebenfalls die Einhaltung rechtlicher Vorgaben im Bereich der Stallsaldierung (Puntigam et al., 2022) sowie der Stoffstrombilanzierung (StoffBiIV, 2017). Der Nachweis bzw. die genaue Dokumentation der gesamtbetrieblichen- und anlagenspezifischen Nährstoffströme nimmt eine sehr bedeutende Rolle ein. Im Projekt „demonstration farms“ stand die gesamtbetriebliche Betrachtung einer nährstoffangepassten Schweinefütterung und deren Einfluss auf den Nährstoffkreislauf schweinehaltender Betriebe im Fokus (Schneider et al., 2021). Hierzu wurden in drei aufeinander folgenden Wirtschaftsjahren (2017-2020) 20 Projektbetriebe (Ferkelerzeugung und Schweinemast) anhand ihrer betrieblichen N- und P-Ströme beurteilt. Als ein sehr wichtiges Ergebnis ging hervor, dass der Futtermittelzukauf bei den Projektbetrieben den größten N- und auch P-Input darstellt. Dieser lag im Mittel bei 56,5 % (bei Einzelbetrieben bis zu 74 %) des Gesamt-N-Input des Betriebes. Durch gezielte Beratung konnten die Projektbetriebe ihren N-Überschuss pro ha und Jahr um 21 kg von im Schnitt 127 auf 106 kg N pro Hektar senken.

Schlussfolgerungen

Durch gezieltes Messen und Steuern und daraus resultierendes Futter- und Fütterungscontrolling kann ein wertvoller Beitrag zur einzelbetrieblichen Optimierung von Fütterung und Umwelt und zur Einhaltung gesetzlicher Rahmenbedingungen unter Aufrechterhaltung der tierischen Leistungsfähigkeit und damit des betriebswirtschaftlichen Ergebnisses erreicht werden. Die Erfassung von Futtermengen sowie die Anwendung der stark N-/P-reduzierten Fütterung rücken dabei verstärkt in den Fokus. In der Schweinemast konnten durch die Anwendung des „operativen Rahmenziels“ in der Verbundberatung bedeutsame Verbesserungen erzielt und nachgewiesen werden. Sowohl in der Zuchtsauen- als auch in der Ferkelfütterung gilt es die Anwendung der stark N-/P-reduzierten Fütterung zeitnah und verstärkt voranzutreiben.

In der Verbundberatung sollten die Möglichkeiten zur Anwendung einer entsprechenden operativen Rahmenzielsetzung geprüft werden. Dies ermöglicht einen aktiven Umwelt- und Ressourcenschutz. Der Stoffstrombilanzierung ist eine besondere Bedeutung beizumessen, da ab 2023 die Mehrzahl der Betriebe zur Bilanzierung verpflichtet ist.

Literaturangaben

DLG - Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e. V. 2019: Merkblatt 418, Leitfaden zur nachvollziehbaren Umsetzung stark N-/P-reduzierter Fütterungsverfahren bei Schweinen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

DLG - Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e. V. 2014: Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere, 2. Auflage. Arbeiten der DLG, Band 199. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

DüV. 2017: Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung) vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305), die zuletzt durch Artikel 97 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist.

Hojgaard, C. K. 2020: Optimal protein and lysine in lactation diets for improved sow and piglet performance. Aarhus University.

Hojgaard, C. K., Bruun, T. S., Strathe, A. V., Zerrahn, J. E., Hansen, C. F. 2019: High-yielding lactating sows maintained a high litter growth when fed reduced CP, crystalline amino acid-supplemented diets. Livestock science.

Lindermayer, H., Preißinger, W., Propstmeier, G. 2015: Maximale Absenkung des Eiweißfutters und Rohproteingehaltes im Mastfutter für Schweine. https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ite/dateien/098424_versuchsbericht.pdf.

- Lynegaard, J. C., Kjeldsen, N. J., Bache, J. K., Weber, N. R., Hansen, C. F., Nielsen, J. P., Amdi, C. 2021: Low protein diets without medicinal zinc oxide for weaned pigs reduced diarrhea treatments and average daily gain. *Animal*, 15(1), 100075.
- Preißinger, W., Propstmeier, G., Scherb, S., Htoo, J., Müller M. 2018: Minimierung des Sojaeinsatzes in der Mast von Schweinen. https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ite/dateien/157718_versuchsbericht.pdf
- Preißinger, W. und Scherb, S. 2022: Phosphor- und stickstoffangepasste Fütterung von Mastschweinen – Umsetzung eines speziellen Fütterungskonzeptes. https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ite/dateien/bericht_s_153_157__isf_.pdf
- Preißinger, W., Scherb, S., Propstmeier, G. 2022: Sehr stark stickstoff- und phosphorreduzierte Fütterung von Zuchtsauen. https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ite/dateien/304917_versuchsbericht-s136.pdf.
- Puntigam R., Bonkoß, K., Offenberger, K., Riesinger, P. 2022: Frischer Wind im Stall. *BLW*, 13. Bayerisches landwirtschaftliches Wochenblatt, Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH, S. 34-36.
- Puntigam, R., Brunnlehner, E.-M., Kraft, J., Schneider, S. 2022: Das operative Rahmenziel – die praktische Umsetzung der nährstoffangepassten Mastschweinefütterung in Bayern. *Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Futter und Fütterung im Wandel*, S. 198-203, Fulda.
- Sajeev, E. P. M., Amon, B., Ammon, C., Zollitsch, W., Winiwarter, W. 2018: Evaluating the potential of dietary crude protein manipulation in reducing ammonia emissions from cattle and pig manure: A meta-analysis. *Nutrient cycling in agroecosystems*, 110(1), 161-175.
- Schäffer, E. 2022: *Fleischleistungsprüfung in Bayern, Jahresbericht 2021*, München: Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V.
- Schneider, S., Brunnlehner, E.-M., Spiekers, H. 2021: Nährstoffkreislauf in Schweinebetrieben: Ergebnisse und gesamtbetriebliche Beratungsansätze aus dem Verbundprojekt „demonstration farms“. *Züchtungskunde* 93, 19-41.
- Statistisches Bundesamt 2022: *Wie hat sich die Schweinehaltung in Deutschland entwickelt?*. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), <https://www.landwirtschaft.de/landwirtschaft-verstehen/haetten-sies-gewusst/infografiken/>.
- StoffBilV. 2017: *Verordnung über den Umgang mit Nährstoffen im Betrieb und betriebliche Stoffstrombilanzen (Stoffstrombilanzverordnung) vom 14. Dezember 2017 (BGBl. I S. 3942; 2018 I S. 360)*, die durch Artikel 98 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist.
- TA Luft. 2021: *Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 18. August 2021*.
- Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung. 2021: *Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung.* <https://www.gesetze-im-internet.de/tierschnutztv/BJNR275800001.html#BJNR275800001BJNG000502308>.

Autorenanschrift:

Georg Deißer und Dr. Christina Jais
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT)
Dr. Reinhard Puntigam
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft (ITE)
Prof.-Dürrwachter-Platz 2
D-85586 Poing-Grub
Email: Georg.Deisser@lfl.bayern.de
Email: Christina.Jais@lfl.bayern.de
Email: Reinhard.Puntigam@lfl.bayern.de

natuphos® E

 **BASF**

We create chemistry

Natuphos® E

Der Phytase-Pionier setzt neue Maßstäbe



- Maximale Phosphoreinsparung
- Hervorragende tierische Leistungen
- Verbesserte Ressourceneffizienz
- Außergewöhnliche Prozess- und Lagerstabilität der Hybrid-6-Phytase

The science of sustainable feed that succeeds

BASF -
Seit mehr als

★ **30** ★
Jahren

Pionier bei
Futterenzymen

animalnutrition-europe@basf.com
animal-nutrition.basf.com

info-de@btc-europe.com
BTC-europe.com

Messung der scheinbaren Verdaulichkeit der Trockenmasse bei Rindern: Vergleich der quantitativen Sammelmethode mit der TiO₂-Indikatormethode

Markus Peschel, Marzell Buffler, Carmen Bolduan, Wilhelm Windisch
Technische Universität München (TUM), Lehrstuhl für Tierernährung, Freising

Einleitung

Verdaulichkeitsversuche stellen das Fundament einer korrekten Futtermittelbewertung dar. Als sicherste Methode der Verdaulichkeitsbestimmung wird der Tierversuch angesehen. Der Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie empfiehlt zur Messung der scheinbaren Verdaulichkeit der Trockenmasse (TM) bei Wiederkäuern eine quantitative Sammlung der fäkalen Ausscheidungen von einer Dauer von mindestens 7 Tagen (GfE, 2017). Infolge der notwendigen Fixierung und Isolierung der Versuchstiere, welche nach Richtlinie 2010/63/EU der höchsten Belastungskategorie des Tierwohls zugeordnet werden, stellt dies einen Interessenskonflikt mit dem Tierschutz dar. Daher ist die Anwendung von Ersatzmethoden erforderlich. Die Indikatormethode basiert hingegen auf einem anderen Konzept als die Sammelmethode und zielt auf die Änderung der Konzentration einer Bezugssubstanz im Futter und Kot ab. Um die Genauigkeit von Verdaulichkeitsmessungen beurteilen zu können, wurden experimentelle Daten aus einem Tierversuch in Bezug auf verschiedene Strategien bezüglich der Beprobung des Kots miteinander verglichen. Hierfür wurde die quantitative Sammelmethode parallel zur Indikatormethode (Titandioxid [TiO₂]) angewandt.

Material und Methoden

Im vorliegenden Versuch standen 9 trockenstehende Milchkühe der Rasse Holstein-Friesian zur Verfügung. Diese wurden in einem Anbindestall auf Teilspaltenboden mit gummierter Liegefläche gehalten. Die Tiere befanden sich über die gesamte Versuchsdauer im Erhaltungsstoffwechsel und wurden entsprechend der Bedarfsempfehlungen für Rinder (GfE, 2001) restriktiv (6,5kg TM/Tag) gefüttert. Die TMR bestand aus den Komponenten Grassilage, Maissilage und Kraftfutter. Die Konzentration des TiO₂ in der TM betrug 0,1%. Das Futter wurde in zwei Halbtagsportionen täglich um 07:00 und 16:00 Uhr vorgelegt und vollständig aufgenommen. Für den Versuchszeitraum wurden die Kühe mit Standwänden räumlich voneinander getrennt und der Harn separat abgeleitet.

Die Studie bestand aus 3 identischen Durchgängen mit jeweils einer 6-wöchigen Adaptionsphase und einer anschließenden einwöchigen quantitativen Kotsammlung. Dies ergab insgesamt 27 Kotsammlungen zur Verdaulichkeitsbestimmung. Ausgangspunkt dieses Versuchs war die tagesweise Erhebung der Kotmengen. Die über jeweils 24 Stunden gesammelte Kotmenge wurde homogenisiert und aus diesem Gemisch zwei Sets von Aliquots von je 1kg entnommen (Tagesproben). Ein Set wurde zu einer 7 Tage umfassenden Poolprobe zusammengeführt. Dieses Verfahren repräsentiert die bisherige Standardmethode der Verdaulichkeitsmessung (GfE, 1991). Außerdem wurden zweimal täglich nach der morgendlichen und abendlichen Fütterung Spotproben von ca. 200g entnommen. Das Zeitschema der Entnahme der Kotproben und deren Aufteilung in einzelne Fraktionen ist in Abbildung 1 dargestellt.

Die Poolproben, Tagesproben und Spotproben wurden auf den Gehalt an TM und TiO₂ untersucht. Die scheinbare Verdaulichkeit der Trockenmasse wurde sowohl anhand der Sammelmethode als auch der

Indikatormethode berechnet. Die verschiedenen Strategien zur Beprobung der fäkalen Ausscheidungen wurden auf das Potential zur Detektion von signifikanten Mittelwertunterschieden in der TM-Verdaulichkeit (Grenzdifferenz [GD]) zwischen zwei Versuchstiergruppen bei $\alpha < 0,05$ und einer statistischen Power von $\beta < 0,20$ untersucht.

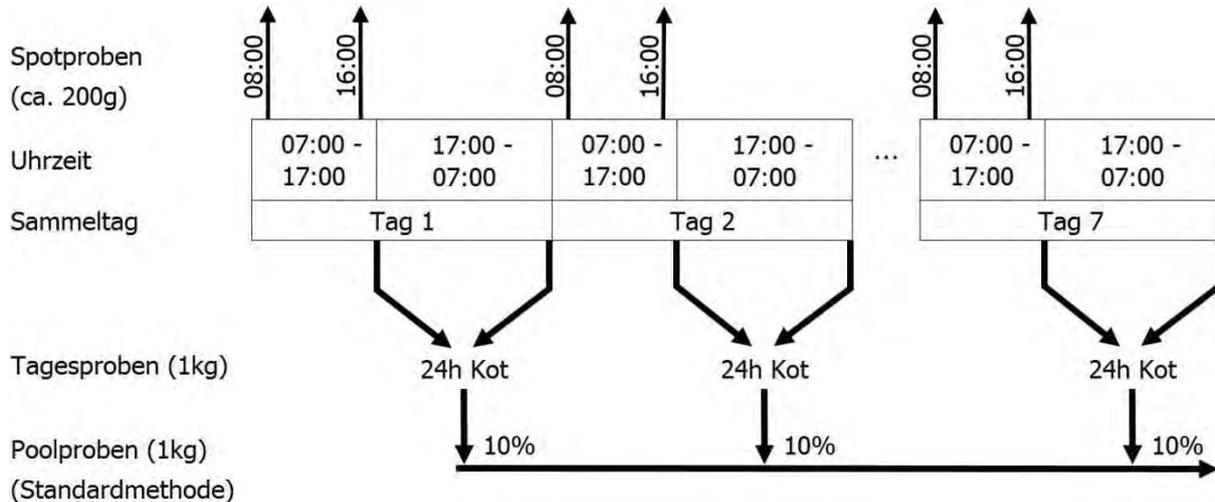


Abbildung 1: Zeitliche Aufteilung der Entnahme und Fraktionierung der Kotproben (verändert nach Horn 2019)

Ergebnisse

Die auf der Grundlage der Poolproben berechnete TM-Verdaulichkeit lag im Durchschnitt bei $75,3 \pm 2,3\%$. Bei einem Stichprobenumfang von 10 Tieren je Gruppe betrug die GD $3,0\%$ (Abbildung 2). Eine Halbierung des Stichprobenumfangs ergab eine GD von $4,5\%$.

Die täglichen Ausscheidungen der fäkalen TM waren an Tag 1 ($p < 0,05$) niedriger und an den Tagen 6 und 7 ($p < 0,05$) höher als der Gesamtdurchschnitt (Abbildung 3). Die Kotmengen an den jeweiligen Sammeltagen 2 bis 5 konnte nicht vom Gesamtmittel unterschieden werden ($p > 0,27$). Somit ergaben sich im Wochenverlauf systemische Fluktuationen der Kotmengen. Die Verkürzung des Zeitraums der Kotsammlung auf die Tage 2 bis 5 führte zu keiner Veränderung der mittleren TM-Verdaulichkeit ($75,7 \pm 2,7\%$). Die GD erhöhte sich unter Annahme eines Stichprobenumfangs von 10 Tieren hingegen auf $3,6\%$ (Abbildung 2). Um die gleiche GD wie bei der 7-tägigen Sammelmethode zu erzielen, wären 28 anstelle von 20 Beobachtungen notwendig gewesen.

Die Wiederfindung des aufgenommenen TiO₂ im Kot war mit $96,9\%$ nahezu vollständig. Die Konzentration des TiO₂ in der TM der Tages- und Spotproben war konstant, mit Ausnahme von Tag 1, an dem die Werte tendenziell niedriger waren (Tagesproben $p < 0,07$, Spotproben $p < 0,05$; Abbildung 4). Daher wurden nur die Daten der Tage 2 bis 7 weiter ausgewertet. Die TiO₂-Konzentration in den morgendlichen und abendlichen Spotproben korrelierte mit den Werten der korrespondierenden Tagesproben mit $r = 0,83$ bzw. $r = 0,86$. Die Vereinigung der beiden Spotproben eines Tages erhöhte die Korrelation auf $0,91$.

Wurde nur ein Tag mit vereinten Spotproben zur Verdaulichkeitsbestimmung herangezogen, lag die Verdaulichkeit der TM auf Basis des TiO₂ im Durchschnitt bei $74,5 \pm 2,2\%$. Die GD betrug je nach Sammeltag $2,9 \pm 0,5\%$. Die GD nahm mit zunehmender Anzahl an Sammeltagen asymptotisch ab. Ein Minimum der GD von $2,6\%$ ($n = 10$) wurde nach 4 Tagen erreicht. Die anhand der Indikator- und

Sammelmethode ermittelte TM-Verdaulichkeit korrelierte bei Berücksichtigung der Tage 2 bis 5 mit $r=0,99$. Die Steigung der Regressionsgerade betrug $y = 1,0132 \pm 0,004x$ (Abbildung 5).

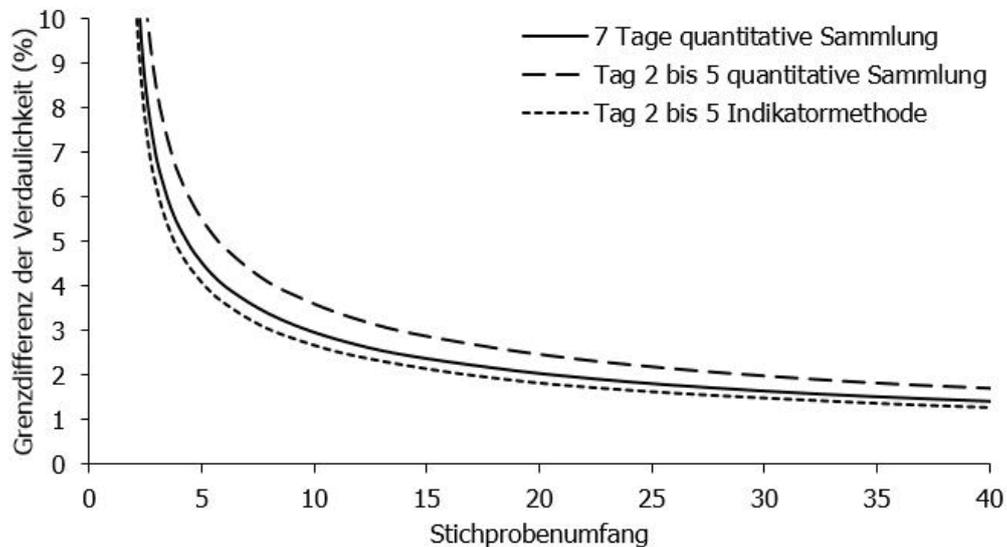


Abbildung 2: Grenzdifferenzkurven der Verdaulichkeit der Trockenmasse in Abhängigkeit des Stichprobenumfangs zweier Gruppen bei einem Signifikanzniveau von $\alpha < 0,05$ und einer statistischen Power von $\beta < 0,20$; die Grenzdifferenzen basieren bei Anwendung der quantitativen Sammelmethode auf den Kotmengen der Pool- und Tagesproben und bei Anwendung der Indikatormethode auf der TiO₂-Konzentration in den Spotproben

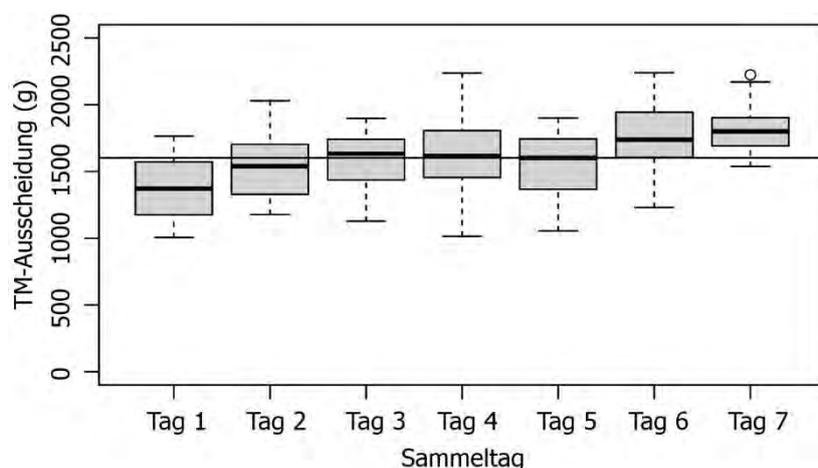


Abbildung 3: Boxplots der täglichen Ausscheidung an Kottrockenmasse (g); die durchgezogene Linie repräsentiert das Gesamtmittel der Ausscheidung an Kottrockenmasse (1610g)

Diskussion

Die Daten des vorliegenden Versuchs zeigen, dass infolge der unterschiedlichen Konzepte der Sammel- und Indikatormethode Effekte auf die Genauigkeit der Verdaulichkeitsmessung entstehen können. Es ist anzunehmen, dass die Beeinträchtigungen der Versuchstiere während der Messphase (Fixierung und

Isolierung der Tiere, sowie permanente Präsenz des Arbeitspersonals) Veränderungen im Exkretionsverhalten hervorrufen. Aufgrund des quantitativen „Charakters“ der Sammelmethode schlugen sich die Variationen der Kottausscheidungen unmittelbar auf die Richtigkeit und Präzision der Verdaulichkeitsbestimmung durch. Wird die Sammeldauer für eine stärkere Gewichtung des Tierwohls reduziert, ist entweder mit einer geringeren Genauigkeit der Messung zu rechnen oder eine größere Anzahl an Versuchstieren erforderlich.

Die Wiederfindungsrate von 96,9% bestätigt die generelle Eignung des TiO_2 als Bezugssubstanz und validiert somit die Indikatormethode im vorliegenden Versuch. Da die Indikatormethode auf die Detektion von Konzentrationsunterschieden abzielt, ist täglich ausgeschiedene Menge an Kot-TM nicht relevant. Dies zeigt sich in Form einer weitestgehend konstanten TiO_2 -Konzentration in der Kot-TM über die gesamte Sammeldauer. Diese Konstanz erlaubt sowohl wenigstens die gleiche Präzision der Messung der scheinbaren Verdaulichkeit als auch eine Unabhängigkeit der Probenahme von den gewählten Sammeltagen.

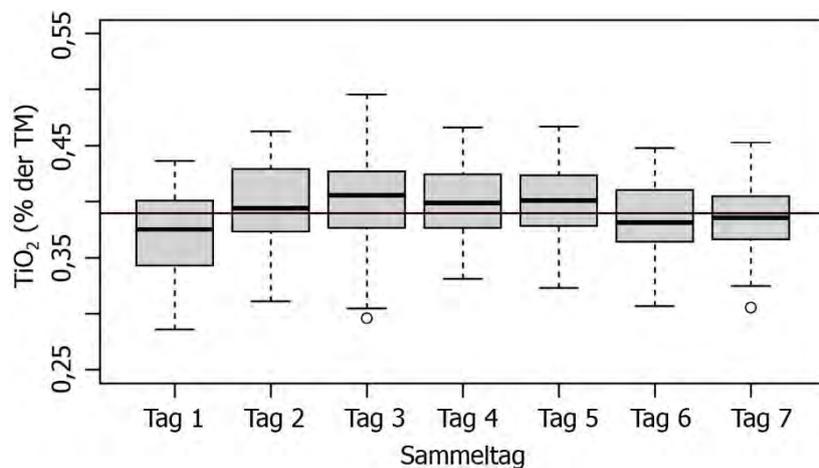


Abbildung 4: Boxplots der TiO_2 -Konzentration in der TM der Spotproben; die durchgezogene Linie repräsentiert das Gesamtmittel der TiO_2 -Konzentration in der TM der Spotproben (0,39%)

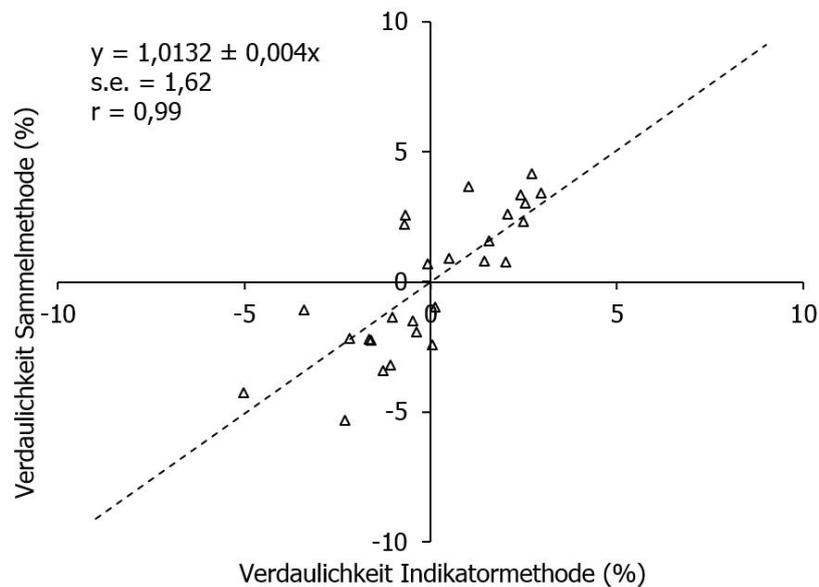


Abbildung 5: Verdaulichkeitswerte der 27 Kotsammlungen auf Basis verkürzter Sammelstrategien von Tag 2 bis 5; die Verdaulichkeit wurde anhand der vereinten Spotproben (Indikatormethode) und der Tagesproben (Sammelmethode) ermittelt.

Die Höhe der durchschnittlichen Verdaulichkeit wurde durch die Methodik der Probennahme nicht wesentlich beeinflusst. Die um 0,9 Prozentpunkte niedrigere Verdaulichkeit, welche anhand der Indikatormethode bestimmt wurde, ist auf die geringfügigen Verluste bei der Wiederfindung des TiO₂ zurückzuführen.

Allgemein sei darauf verwiesen, dass die Variationen in den Kotscheidungen neben dem Einfluss des einzelnen Sammeltages auch zu einem erheblichen Anteil infolge der Individualität der Versuchstiere und der Unterschiedlichkeit der einzelnen Durchgänge bzw. Wiederholungen hervorgerufen werden können. Dies ist bezüglich der Genauigkeit der Messung ebenfalls zu berücksichtigen.

Schlussfolgerungen

Die Bestimmung der TM-Verdaulichkeit anhand der quantitativen Sammelmethode scheint anfällig gegenüber Schwankungen in der täglichen TM-Ausscheidung über dem Kot zu sein. Dies ist wahrscheinlich auf wöchentliche Arbeitsrhythmen zurückzuführen. Die TiO₂-Konzentrationen waren davon offensichtlich nicht betroffen. Die Indikatormethode, welche auf der 4-tägigen Erhebung von morgendlichen und abendlichen Spotproben basierte, wies mindestens die gleiche Genauigkeit wie die quantitative Sammelmethode auf. Für eine Validierung der Indikatormethode im jeweiligen Versuch ist eine vollständige Wiederfindung des Indikators im Kot erforderlich. Die Wiederfindungsrate kann jedoch ausschließlich durch eine quantitative Erhebung der Kot-TM ermittelt werden.

Literatur

GfE (1991): Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohrnährstoffen an Wiederkäuern. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 65 (1-5), 229-234.

GfE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. *Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere*; Nr. 8. DLG-Verlag, Frankfurt.

GfE (2017): Stellungnahme zur Unerlässlichkeit von Tierversuchen und zur Eignung von Ersatzmethoden in der Tierernährungsforschung. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology*. 26, 218-224.

Horn K (2019): Zur Eignung der Indikatormethode als Alternative zur quantitativen Kotsammlung bei der Bestimmung der scheinbaren Verdaulichkeit der Trockenmasse im Tierversuch an Rindern. Unveröffentlichte Masterarbeit, Lehrstuhl für Tierernährung, Technische Universität München.

Richtlinie 2010/63/EU des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 22. September 2010 zum Schutz der für wissenschaftliche Zwecke verwendeten Tiere. *Amtsblatt der Europäischen Union*. L 276/33.

Autorenanschrift

Markus Peschel
Technische Universität München
TUM School of Life Sciences
Lehrstuhl für Tierernährung
Liesel-Beckmann-Straße 2
D-85354 Freising
E-Mail: markus.peschel@tum.de

CREAMINO

ENERGY FOR HEALTHY GROWTH



Creamino[®] Die direkte Kreatinquelle

FÜR EINEN EFFIZIENTEREN ENERGIESTOFFWECHSEL

- Höhere Zunahmen
- Bessere Futterverwertung
- Gesundere Tiere

Nachgewiesen durch höhere
Kreatingehalte im Muskel

QUALITY
MADE IN
GERMANY

Kontakt

creamino@alzchem.com
T +49 8621 86-2904
www.creamino.com

ALZCHEM
THE INVENTOR,
PRODUCER,
PATENT HOLDER.



alzchem
group



Futterkosten senken durch tierschonendes Impfen zu Mastbeginn – geht das?

Christian Nieberding¹, Friederike von und zur Mühlen², Robert Tabeling², Christine Renken²

¹ Praktischer Tierarzt, Tierarztpraxis Am Brettberg, Lohne; ² Intervet Deutschland GmbH, ein Unternehmen der MSD Tiergesundheit, Feldstraße 1a, 85716 Unterschleißheim

Einleitung

Der Erreger *Lawsonia intracellularis* (*L.i.*) kann im Kot von Schweinen in über 90% der europäischen Mastbetriebe nachgewiesen werden und neben sichtbaren Krankheitsbildern vor allem die Wachstumsleistung der Tiere negativ beeinflussen. Nicht nur Schweine scheiden den Erreger aus und tragen zur fäkal-oralen Ansteckung bei, sondern auch Ratten und Mäuse bilden ein Reservoir für Lawsonien und können diese in relevanten Mengen ausscheiden (1). In Zusammenhang mit Lawsonien werden folgende Krankheitsbilder beschrieben:

- Akute Verlaufsform (PHE; Proliferative hämorrhagische Enteropathie) mit blutigen Durchfällen und einer hohen Sterblichkeit, hauptsächlich betroffen sind ältere Mastschweine oder Jungsau.
- Chronische Verlaufsform (PIA; Porzine Intestinale Adenomatose), mit variablen Durchfällen und Wachstumsretardierungen, während der gesamten Mastperiode weit verbreitet.
- Subklinische Verlaufsform, bei der betroffene Tiere zwar optisch unauffällig erscheinen, dennoch mikroskopische Veränderungen an der Darmschleimhaut zu reduzierten Zunahmen führen.

Seit 2019 ist mit dem intramuskulär zu verabreichenden Impfstoff gegen *Lawsonia intracellularis* von MSD Tiergesundheit ein Impfstoff zugelassen, der ab dem 21. Lebensstag sowohl allein als auch gemischt mit dem Kombinationsimpfstoff gegen PCV2 und *Mycoplasma hyopneumoniae* von MSD Tiergesundheit appliziert werden kann. Die hohe Wirksamkeit und Sicherheit des Impfstoffes wurde in Feld- und Laborstudien belegt (2, 3). Seit 2021 gibt es nun auch eine intradermal zu applizierende Vakzine gegen *Lawsonia intracellularis* von MSD Tiergesundheit. Auch hier belegen Laborstudien und Feldstudien die hohe Effektivität und Sicherheit gegen Lawsonien-Infektionen beim Schwein (4). Die intradermale Impfung ist bereits für verschiedene Impfstoffe gegen relevante Erreger beim Schwein etabliert: Sie bietet neben einer hohen Wirksamkeit, einem geringen Dosisvolumen und guter Verträglichkeit auch große Vorteile durch eine reduzierte Erregerübertragung und mehr Tierwohl durch die weniger invasive und schmerzhaft Applikation mit dem nadellosen intradermalen IDAL Gerät (5-8).

Material und Methode

In drei nordwestdeutschen Praxisbetrieben wurden die Effekte der intradermalen Impfung gegen *Lawsonia* direkt nach Masteinstellung auf die Tiergesundheit und Leistung der Tiere untersucht. Pro Betrieb wurden je ein geimpfter Mastdurchgang (Impfgruppe=IG) aus dem zweiten Halbjahr 2021 und ein vorheriger ungeimpfter Mastdurchgang (Vergleichsgruppe=VG) aus dem ersten Halbjahr 2021 miteinander verglichen.

Alle drei Betriebe (1,2,3) beziehen Mastläufer mit ca. 25-30kg aus verschiedenen dänischen Erzeuger- bzw. Aufzuchtbetrieben. Der bestandsbetreuende Tierarzt beschreibt in allen drei Betrieben Durchfall und inhomogenes Wachstum mit Nachweis von Lawsonien. Bisher erfolgte in betroffenen Mastdurchgängen in allen drei Betrieben eine antibiotische Therapie. Das klinische Bild im Stall sowie die Ergebnisse der Diagnostik können Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 4: Diagnostische Ergebnisse aus ungeimpften Vergleichsgruppen (VG) und intradermal gegen Lawsonia geimpften Gruppen (IG). *L.i.*= *Lawsonia intracellularis*; in leeren Feldern wurde keine Untersuchung durchgeführt.

Betrieb	1		2		3	
	VG	IG	VG	IG	VG	IG
Bisherige klinische Ausprägung	Durchfall direkt nach Einnahme, vereinzelt PHE in Endmast		Durchfall direkt nach Einnahme		Durchfall bis 50-60kg, inhomogenes Wachstum	
Anzahl Tiere (n)	581	528	530	530	600	600
Datum Einnahme	29.01.21	10.06.21	20.01.21	16.06.21	15.01.21	21.&28.05.21
Datum Untersuchung	05.02.21	15.06.21	-	28.06.21	19.01.21	02.06.21
Antikörper gegen Lawsonien	2/10 pos. 1/10 fragl. 7/10 neg.	-	-	-	2/10 fragl. 8/10 neg.	-
Nachweis von Lawsonien im Kot (PCR)	3/3 pos.	1/3 pos.	-	3/3	3/3 pos.	0/3 pos.

Die Ferkel der IG wurden zeitnah nach Mastinstallation durch den Tierarzt in Zusammenarbeit mit MSD Tiergesundheit intradermal gegen Lawsonien geimpft. Die Impfstoffdosis (0,2 ml ± 10%) wird hierbei mittels eines nadellosen Mehrdosen-Applikators, dem IDAL Gerät, appliziert. Die Impfstelle kann entsprechend der Zulassung des Impfstoffes frei auf der Hautoberfläche gewählt werden, wichtig ist jedoch für eine zuverlässige Impfstoffapplikation ist ein guter Hautkontakt. Daher wurden die Tiere mit Hilfe von Treibbrettern und Buchtenabtrennungen durch eine Hilfsperson räumlich eingegrenzt und dann sicher geimpft.

Für die Auswertung über den Erfolg der Impfmaßnahme erfolgte eine zuverlässige Datenerhebung in den Betrieben. Sowohl für die IG als auch die vorherige VG wurden die Mastdauer, das Ein- und Ausstallgewicht, der Futterverbrauch und die Verluste erfasst. Mithilfe dieser Daten wurden entweder mittels Mastplaner (Betrieb 1) oder mittels EXCEL® (Betrieb 2 und 3) folgende Leistungsparameter für die einzelnen Durchgänge kalkuliert: Zuwachs, Tageszunahmen und Futterverwertung (FVW). Weiterhin wurden die Kosten für Tierzukauf, Futter und Tierarzt dokumentiert. Für die Parameter Ferkelpreis, Ein- und Ausstallgewicht und Futterpreis wurden die Werte pro Betrieb für die VG und die IG gemittelt, um hier externe Schwankungen nicht zu berücksichtigen. Insgesamt ergeben sich betriebsindividuell die Kosten zur Produktion eines Zuwachstieres (Betrieb 1) bzw. eines verkauften Mastschweines (Betrieb 2 und 3). Hierfür wurden die einzelnen Kostenpunkte für Tierzukauf, Futter, Kosten für Verluste und Tierarzt aufsummiert. Die Kosten für entgangenen Nutzen, zum Beispiel infolge von Verlusten, sowie von vorzeitigen Verkäufen sind nicht in der Kostenaufstellung berücksichtigt, da diese nicht

dokumentiert wurden bzw. nicht stattfanden. Weitere betriebliche Kosten wurden, unter der Annahme, dass diese im Vergleichszeitraum gleichblieben, ebenfalls nicht berücksichtigt.

Ergebnisse

Die Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Eckdaten der ausgewerteten Mastdurchgänge der Vergleichsgruppen (VG) und der Impfgruppen (IG).

Tabelle 5: Übersicht über die Mastdurchgänge der Vergleichs- (VG) und Impfgruppen (IG)

Mastdurchgang	Betrieb 1		Betrieb 2		Betrieb 3	
	VG (n=581)	IG (n=528)	VG (n=530)	IG (n=530)	VG (n=600)	IG (n=600)
Mittleres Einstallgewicht (kg)	26,3	25,9	30,0	26,5	28,4	33,3
Mittleres Ausstallgewicht (kg)	128,4	131,1	124,25	127,23	125,1	126,2
Verluste (%)	1,38	0,57	1,32	2,26	1,67	1,67
Mittlere Masttage	91,6	97,3	107,5	109,6	92,6	96,7
Mittlere Tageszunahmen (g)	1106,1	1079,5	865,0	899,1	1031,2	948,6
Futterverwertung 1:	2,64	2,58	2,84	2,57	2,89	2,86
Tierarztkosten / Schwein (€)	0,87	0,46	0,03	0,34	0,27	0,13

Die Futterverwertung verbesserte sich in allen drei Betrieben im innerbetrieblichen Vergleich deutlich zwischen der jeweiligen VG und IG. Am Beispiel des Betriebes 2 bedeutet die gemessene Verbesserung, dass ein Mastschwein mit einem mittleren betrieblichen Zuwachs von 97,5 kg ohne Impfung 276,9 kg Futter bis zur Schlachtreife verbraucht hat, während in der intradermal gegen Lawsonien geimpften Gruppe 250,6 kg Futter für den gleichen mittleren Zuwachs ausreichten. Die Verbesserung der FVW war mit einer prozentualen Reduktion um -9,5% in Betrieb 2 am deutlichsten, jedoch auch in Betrieb 1 (-2,3%) und 3 (-1,0%) nennenswert. Die mittleren Tageszunahmen der Betriebe 1 und 3 reduzierten sich im Vergleich der IG zur VG um 26,6g bzw. um 82,6g, während in Betrieb 2 eine mittlere Steigerung um 34g vorlag.

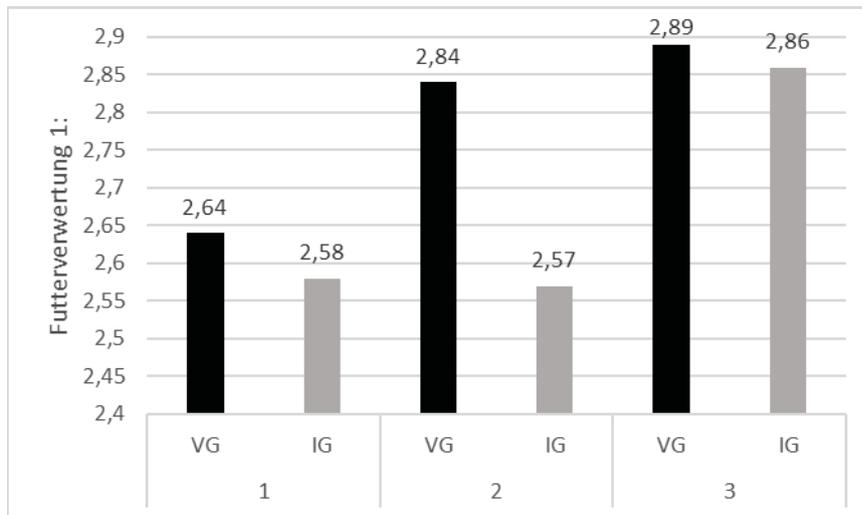


Abbildung 4: Vergleichende Darstellung der Futterverwertung (1:) in den Betrieben in den Vergleichs- (VG) und der intradermal gegen Lawsonien geimpften Gruppe (IG).

In den Betrieben 1 und 3 konnten die Tierverluste und die Kosten für antibiotische und entzündungshemmende Wirkstoffe in der IG im Vergleich zur VG reduziert werden. Dies wird besonders in Betrieb 1 deutlich: Hier wurde ohne Impfung infolge klinischer Probleme über die Mast hinweg dreimal über 6 Tage antibiotisch behandelt, in der geimpften Gruppe erfolgte lediglich eine Gruppenbehandlung 5 Tage nach Einstallung. Anders in Betrieb 2: Hier stellte sich direkt zu Mastbeginn eine besondere Situation dar: Die Tiere litten schon in den ersten Tagen nach Einstallung an einem schweren akuten Durchfallgeschehen mit Lawsonien-typischen Darmveränderungen und einem Erregernachweis. Die Tiere mussten infolge des akuten Geschehens per Einzeltier- und Gruppenbehandlung therapiert werden. Daher liegen hier die Behandlungskosten über denen des vorherigen Mastdurchganges. Da die Einleitung der Therapie erst zeitverzögert erfolgte, kam es auch zu erhöhten Verlusten direkt zu Beginn des geimpften Durchganges, noch bevor die Schutzwirkung des Impfstoffes eintreten konnte. Der Großteil der im geimpften Durchgang aufgetretenen Tierverluste (9/12) trat zu Beginn der Mast in den ersten 4 Wochen nach der Impfung auf.

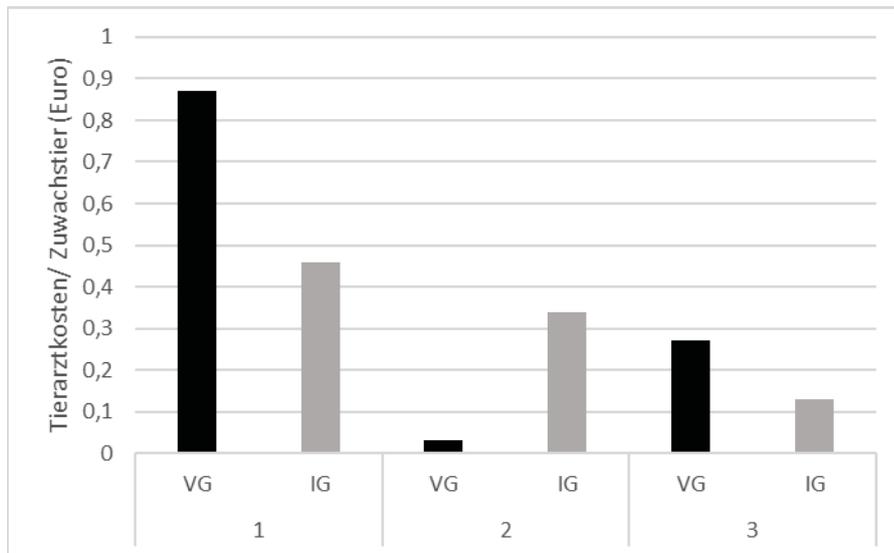


Abbildung 5: Vergleichende Darstellung der Behandlungskosten (antibiotische und entzündungshemmende Wirkstoffe) in den drei Betrieben zwischen der Vergleichs-(VG) und der intradermal gegen Lawsonien geimpften Gruppe (IG). Nicht beinhaltet sind die Kosten für die Lawsonia Impfung.

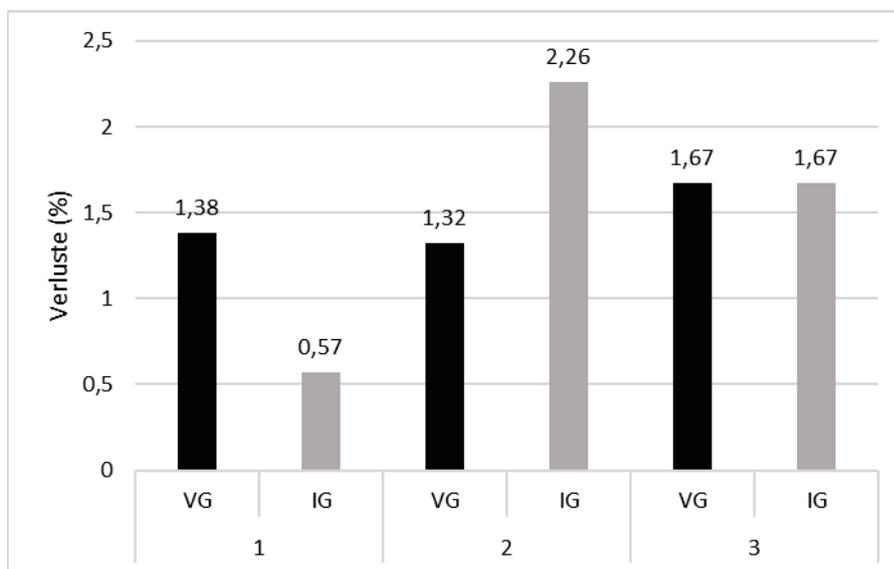


Abbildung 6: Vergleichende Darstellung der Tierverluste (%) in den Mastbetrieben in der Vergleichsgruppe (VG) und der intradermal gegen Lawsonien geimpften Gruppe (IG).

Die betriebsindividuelle ökonomische Berechnung ergibt für den Betrieb 1 Produktionskosten in der VG pro Zuwachstier von 72,87€, während die Produktion eines Zuwachstieres in der intradermal gegen Lawsonien geimpften Gruppe 70,49€ kostet. Daraus ergibt sich eine Reduktion der Produktionskosten pro Zuwachstier in der IG um -2,38€ (vgl. Tabelle 3). Diese Differenz setzt sich anteilig aus dem

reduzierten finanziellen Aufwand für Futter (-1,53€), Behandlungen (excl. Impfstoffkosten) (-0,41€) und Verlusten (-0,45€) zusammen. Obwohl in Betrieb 2 die Kosten für Behandlungen (+0,30€) und Verluste (+0,44€) in der IG infolge frühem Krankheitseinbruch höher liegen, liegen die gesamten Produktionskosten pro verkauftem Mastschwein in den Lawsonien-geimpften Tieren mit -6,60€ aufgrund der massiv verbesserten FVW deutlich unter denen der ungeimpften VG. In Betrieb 3 konnte eine Reduktion von -0,80€ im Vergleich der Tiere der IG zur VG erreicht werden. Bei Berücksichtigung der aktuellen Entwicklungen der Futterpreise (40 €/dt) zeigt sich, der Effekt einer verbesserten FVW noch deutlicher (vgl. Tabelle 3): In Betrieb 2 würde der Kostenvorteil in der IG allein infolge der verbesserten FVW dann bei -10,62€ liegen, in Betrieb 2 immerhin bei -2,33€ (FVW-0,06) und in Betrieb 3 bei -1,14€ (FVW -0,03).

Tabelle 6: Bilanz der betriebsindividuellen ökonomischen Auswertung, wobei die Differenz zwischen den Produktionskosten pro Zuwachstier (Betrieb 1) bzw. pro verkauftem Mastschwein (Betrieb 2 & 3) dargestellt ist. Kalkuliert wurde mit den betriebsindividuellen mittleren Futterpreisen in 2021 bzw. mit Futterpreisen von 40 €/dt.

Differenz der Produktionskosten (€) pro geimpftem zu ungeimpftem Schwein bezogen auf ...	Betrieb 1		Betrieb 2		Betrieb 3	
	26,20 €/dt	40 €/dt	27,66 €/dt	40 €/dt	28,88 €/dt	40 €/dt
... Futterkosten	-1,53	-2,33	-7,35	-10,62	-0,82	-1,14
... antibiotische Behandlungen (excl. Impfkosten)	-0,41	-0,41	+0,30	+0,30	-0,13	-0,13
... Verluste	-0,45	-0,45	+0,44	+0,44	+0,15	+0,15
Betriebsindividuelle Gesamtbilanz	-2,38	-3,19	-6,60	-9,88	-0,80	-1,12

Diskussion

Bei der Interpretation der vorliegenden Ergebnisse muss berücksichtigt werden, dass es sich um Feldbeobachtungen handelt und die verwendeten Daten als Praxisdaten zu werten sind, die nach bestem Wissen und Gewissen durch die Landwirte dokumentiert wurden. Äußere, auf das Ergebnis einwirkende Faktoren können zwar nicht ausgeschlossen werden, jedoch wurden keine gezielten Veränderungen in der Tierhaltung vorgenommen.

Die intradermale Applikation der Lawsonien-Impfung mit dem IDAL-Gerät wurde durch den Tierarzt als praktikabel und schonend für das Schwein bewertet. Diese praktischen Eindrücke werden durch zahlreiche Studienergebnisse bestätigt, die im Vergleich zur intramuskulären Impfung eine sichtbare und signifikante Schmerz- und Stressreduktion feststellen (6, 9, 10). Neben diesen positiven Aspekten für das Tierwohl leistet die intradermale Applikation auch einen Beitrag zu internen Biosicherheit eines Betriebes, da einer Erregerübertragung mittels Kanüle vorgebeugt wird (5). Die hohe Wirksamkeit der gleichzeitigen intradermalen Applikation der Impfstoffe gegen die vier relevanten Erreger beim Mastschwein PCV2, *M. hyopneumoniae*, PRRSV und *Lawsonia intracellularis* konnte in einem aufwendigen Belastungsversuch gezeigt werden und ist damit eine praktische und flexible Lösung in der Tiergesundheitsprophylaxe (11).

Die weite Verbreitung in nahezu allen Mastbetrieben und die hohe Belastung von Ferkeln aus Dänemark wurde in Studien belegt und wird häufig in der Praxis beschrieben (12, 13). Die diagnostischen Befunde des Hoftierarztes lassen auf eine relevante Lawsonien-Infektion in den untersuchten Betrieben schließen.

Wie vorherige Felddaten zeigen und wie diese Untersuchung zeigt, können die intramuskuläre und die intradermale Impfung gegen *Lawsonia intracellularis* von MSD Tiergesundheit zu einer deutlichen Antibiotika-Reduktion bei guter Tiergesundheit beitragen (3). Dies ist besonders vor dem Hintergrund einer weiteren Antibiotikareduktion relevant. Gerade Wirkstoffgruppen, die als besonders effektiv gegen Lawsonien gelten (Makrolide und Pleuromutiline) sind mengenmäßig in Deutschland seit 2015 auf konstantem, teilweise aber auch zunehmendem Niveau (14). In zwei der drei Betriebe konnte der Einsatz antibiotischer und entzündungshemmender Wirkstoffe in der Impfgruppe reduziert werden. Allerdings zeigt das Beispiel aus Betrieb 2 auch, dass, wenn keine rechtzeitige Impfung z.B. aufgrund von Lieferbeziehungen erfolgen kann, nicht immer auf eine ergänzende antibiotische Behandlung verzichtet werden kann. Denn, einige Tage nach der intradermalen Lawsonien Impfung kann noch keine belastbare Immunität erwartet werden. Diese ist laut Hersteller ab 4 Wochen nach der Impfung gegeben und hält 21 Wochen an. Dementsprechend sollte angestrebt werden, rechtzeitig vor einer Lawsonien-Infektion zu impfen, um dieser mit einer optimalen Immunität begegnen zu können und den vollen Nutzen der Maßnahme auszuschöpfen.

Die geimpften Mastdurchgänge zeigten eine zwischen 0,27 bis 0,03 verbesserte Futtermittelverwertung. Die FVW befindet sich bei den hier dargestellten Betrieben von vornherein auf einem unterschiedlichen Niveau und es wurden nur innerbetriebliche Vergleiche zwischen IG und VG vorgenommen. Betrieb 1 lag schon vor Einsatz der intradermalen Lawsonien-Impfung mit einer FVW von 2,64 auf einem hohen Niveau und konnte die FVW in der IG nochmals verbessern. Dies ist besonders vor dem Hintergrund der historisch hohen Behandlungshäufigkeit in diesem Bestand bemerkenswert. Betrieb 2 konnte, trotz der klinischen Probleme und erhöhter Tierverluste zu Mastbeginn, über den weiteren Mastverlauf eine immense Verbesserung der FVW um 0,27 in der IG erreichen. In Betrieb 3 konnte trotz des um knapp 5kg schwereren Einstallgewichtes in der IG noch eine Verbesserung der FVW um 0,03 von 2,89 auf 2,86 erreicht werden. Die Tageszunahmen liegen in Betrieb 1 und 3 allerdings in der IG niedriger als in der VG. Demnach sind die Tiere bei einer besseren FVW langsamer gewachsen. Dies könnte an einer reduzierten Futteraufnahme infolge der heißen Temperaturen während des geimpften Durchganges liegen, aber auch die Futterzuteilung und -schmackhaftigkeit oder weitere Erkrankungen könnten die Futteraufnahme negativ beeinflusst haben. Außerdem bewegte sich Betrieb 1 mit einer TGZ von 1106g schon vorher auf einem überdurchschnittlichen Niveau.

Der erreichte ökonomische Vorteil durch reduzierte Produktionskosten im geimpften Durchgang liegt in den drei Betrieben auf unterschiedlichem Niveau: Während sich der Gesamtvorteil für die geimpften Tiere von -2,38€/Zuwachsttier in Betrieb 1 aus den verschiedenen berücksichtigten Kostenpunkten (Futter, Behandlung, Verluste) zusammensetzt, wird der Vorteil in Betrieb 2 (-6,60€) und 3 (-0,80€) hauptsächlich durch eine Reduktion der Futterkosten durch die verbesserte Futtermittelverwertung erreicht. In Betrieb 2 wäre diese Reduktion ohne die akute Erkrankung der Tiere bei Masteinstellung und infolgedessen höheren Behandlungs- und Verlustkosten sogar noch deutlicher ausgefallen.

Schlussfolgerungen

Intuitiv zogen die Betriebe 1 und 3 ein positives Fazit nach der Impfung: Offensichtlich für die Betriebsleiter im Stall waren die reduzierten Endmastverluste, das homogenere Wachstum und vor allem die geringere Behandlungsfrequenz. Jedoch zeigte sich in Betrieb 2, wie schwierig es ist, den Erfolg der Lawsonien-Impfung, bezogen auf den größten Kostenfaktor die Futtermittelverwertung, sichtbar zu machen. Für den Landwirt waren die augenscheinlichen Verluste zu Mastbeginn maßgeblich in der IG. Die deutlich verbesserte FVW fiel ihm im Alltagsgeschäft kaum auf. Nur über eine sorgfältige Datendokumentation

und Auswertung konnte in diesem Fall der Kostenfaktor Futter sichtbar gemacht werden. Daher sollte, besonders in Betrieben mit subklinischen Verläufen, vor Impfstoffeinsatz mit dem Landwirt analysiert werden, welche Effekte möglich sind und wie diese gemessen werden können. Tierärzte und Berater sollten gemeinsam mit den Betrieben überlegen wie im Sinne nachhaltiger ökonomischer Produktion diese Daten mit vertretbarem Aufwand dokumentiert und analysiert werden können, um Schwachstellen sichtbar zu machen, die in Zukunft entscheidend für den Betriebserfolg sein dürften.

Literatur

1. Collins AM, Fell S, Pearson H, Toribio JA. Colonisation and shedding of *Lawsonia intracellularis* in experimentally inoculated rodents and in wild rodents on pig farms. *Vet Microbiol.* 2011;150(3-4):384-8.
2. Jacobs AAC, Harks F, Hazenberg L, Hoeijmakers MJH, Nell T, Pel S, et al. Efficacy of a novel inactivated *Lawsonia intracellularis* vaccine in pigs against experimental infection and under field conditions. *Vaccine.* 2019;37(15):2149-57.
3. von und zur Mühlen F, Pfeiffer F, von Brehm K, Busen K, Renken C, Vogels J, et al. Praxisdaten zu Klinik und Leistung von *Porcillus Lawsonia* geimpften Tieren in deutschen Betrieben. *Tierärztliche Umschau.* 2021;2021(2).
4. Jacobs AAC, Harks F, Pauwels R, Cao Q, Holtslag H, Pel S, et al. Efficacy of a novel intradermal *Lawsonia intracellularis* vaccine in pigs against experimental infection and under field conditions. *Porcine Health Manag.* 2020;6:25.
5. Madapong A, Saeng-Chuto K, Tantituvanont A, Nilubol D. Safety of PRRSV-2 MLV vaccines administered via the intramuscular or intradermal route and evaluation of PRRSV transmission upon needle-free and needle delivery. *Sci Rep.* 2021;11(1):23107.
6. Temple D, Jiménez M, Escribano D, Martín-Valls G, Díaz I, Manteca X. Welfare Benefits of Intradermal Vaccination of Piglets. *Animals (Basel).* 2020;10(10).
7. Beffort L, Weiß C, Fiebig K, Jolie R, Ritzmann M, Eddicks M. Field study on the safety and efficacy of intradermal versus intramuscular vaccination against *Mycoplasma hyopneumoniae*. *Vet Rec.* 2017;181(13):348.
8. Bourry O, Mahe S, Andraud M, Le Dimna M, Paboeuf F, Rose N, et al. Effect of Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome vaccination route (intramuscular vs intradermal) on vaccine immune response and efficacy. 2020
9. Scollo A, Minervini S, Galli MC, Cevidalli A, Bortoletto G, Romano G, et al. Evaluation of pain and stress in three-week old piglets in relation to route of vaccine administration. *Livestock Science.* 2020;233:103939.
10. Göller M, Kemper N, Fels M. Evaluation of Behavioral Aspects after Intradermal and Intramuscular Vaccine Application in Suckling Piglets. *Agriculture.* 2020;10(12):637.
11. Horsington J, Witvliet M, Jacobs AAC, Segers R. Efficacy of Simultaneous Intradermal Vaccination of Swine against Porcine Circovirus 2, Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus, *Mycoplasma hyopneumoniae* and *Lawsonia intracellularis*. *Animals (Basel).* 2021;11(8).
12. Arnold M, Crienen A, Swam H, von Berg S, Jolie R, Nathues H. Prevalence of *Lawsonia intracellularis* in pig herds in different European countries. *Porcine Health Manag.* 2019;5:31.
13. Goecke NB, Kobberø M, Kusk TK, Hjulsgager CK, Pedersen KS, Kristensen CS, et al. Objective pathogen monitoring in nursery and finisher pigs by monthly laboratory diagnostic testing. *Porcine Health Manag.* 2020;6:23.
14. Gefeller E-M, Köper LM, Hofmann K, Klabunde-Negatsch A, Heberer T. Abgabemengenerfassung von Antibiotika in Deutschland 2020. *Deutsches Tierärzteblatt.* 2021;2021(69):14201430.

Autorenanschrift:

Dr. Christine Renken
Intervet Deutschland GmbH – Ein Unternehmen der MSD Tiergesundheit
Feldstrasse 1a
85716 Unterschleißheim
Christine.Renken@msd.de
DE-POR-220800003

Effects of feeding two rumen-protected choline sources during the transition period on Holstein dairy cows performance and blood metabolites

V. Sáinz de la Maza-Escolà¹, J. Bartelt², S. Flisi², R. Paratte², E. Grilli^{1,2}

¹ Department of Veterinary Medical Sciences, University of Bologna, Bologna, Italy

² Vetagro S.p.A, Reggio Emilia, Italy

Introduction

The transition from gestation to lactation is a very challenging period for dairy cows. A substantial variation of the hormonal asset and the onset of lactation typically lead animals to undergo a negative energy balance. To overcome the later, a strong mobilization of body reserves occurs to support hepatic gluconeogenesis. If in this process, non-esterified fatty acids are partially oxidized into ketone bodies or re-esterified into triglycerides and accumulated in the liver, early lactating cows can be predisposed toward metabolic diseases, such as ketosis and fatty liver syndrome (Grummer *et al.*, 2007).

Choline is a vitamin-like substance involved in many biological pathways and it is an essential nutrient for maintaining liver functionality (McFadden *et al.*, 2020; McGuffey 2017). Briefly, choline supports the synthesis of phosphatidylcholine, a type of phospholipid that is part of the very-low-density lipoproteins, the structure in charge of exporting the exceeding triglycerides and avoiding hepatic accumulation (Cooke *et al.*, 2007; Lima *et al.*, 2012).

Dietary ingredients often contain choline, but its free form is highly degradable by the microbial populations in the rumen; therefore, the only practical means of increasing the available choline in the periparturient dairy cow is to feed this nutrient in a rumen-protected form (Atkins *et al.*, 1988). Recently, Arshad *et al.*, 2020 revealed in their meta-analysis that feeding supplemental rumen-protected choline during the transition period improves the health and milk performance of dairy cows.

The present study aimed to assess the effect of two different sources of rumen-protected choline on lactation performance, feed efficiency and blood metabolites.

Materials and methods

Twenty-four multiparous Holstein cows were enrolled (248 ± 4.9 days carrying the calf, 3.6 ± 2 parity, 2.7 ± 0.3 BCS) and randomly divided into 3 groups. A corn-silage-based total mixed ration (TMR) was formulated to provide 2.38 (pre-) and 2.19 (postpartum) Met of % MP. Cows were assigned to 1 of 3 groups (n = 8/group):

- Control (CTR): unsupplemented TMR;
- RCP1: TMR supplemented with 60 g/day of rumen-protected choline (RPC) (lipid microencapsulated choline chloride [CC] 25%; Ruprocol[®], Vetagro S.p.A., Italy);
- RPC2: TMR supplemented with 25 g/day of RPC (lipid-encapsulated CC 60%; a commercially available product).

Both supplements were applied once per day as top-dressing on TMR and equally provided 15 g/d of CC. The two sources of choline were fed from 21 days pre- to 35 days post-partum.

Cows were fed once and milked twice daily. Milk yield, milk components, dry matter intake (DMI) and body weight (BW) were recorded daily. Blood was sampled at -21, -7, 3, 21, and 35 days relative to calving, and plasma metabolites were determined by an automated biochemistry analyzer (ILAB 650). Pre-partum DMI efficiency relative to production performance (milk yield and energy-corrected milk) was calculated as the ratio between performance and DMI, as indicated by Holdorf *et al.*, 2022.

Data were analyzed under a mixed model with the random effect of cow and the fixed effects of parity and days in milk (Time), treatment, and their interaction.

Results

No clinical health disorders were recorded during the study.

RPC cows showed a numerical reduction of -1.35kg/d in pre-partum DMI relative to CON (Interaction $P = 0.10$). No differences were detected in post-partum DMI.

Plasma metabolic metabolites such as glucose, β -hydroxybutyrate, free fatty acids, and triglycerides were similar among treatments (Treatment, $P > 0.10$; Time, $P < 0.01$).

Control cows had lower blood calcium levels ($P = 0.07$) and higher blood ceruloplasmin ($P = 0.02$) around parturition compared to the cows fed RPC (Figure 1).

Although no treatment effects were detected on milk yield (MY), energy-corrected milk (ECM), or milk solids, there was an interaction treatment x time, especially for RPC1 on MY ($P < 0.01$), ECM ($P = 0.06$) and milk fat yield ($P < 0.01$; Table 1 and Figure 2).

This interaction was observed also during the post-supplementation period regarding milk yield and ECM ($P < 0.01$; Figure 2).

RPC groups had a greater pre-partum DMI efficiency relative to MY and ECM during RPC supplementation (week 1 to 5) and post-supplementation (week 5 to 10) compared to CON ($P \leq 0.07$). In particular, RPC1 was more efficient on ECM during weeks 1 to 5 compared to CON and RPC2 ($P = 0.03$; Table 2).

Table 1: Milk solids (kg/d) during rumen-protected choline supplementation (week 1 to 5).

Milk solids, kg/d	CTR	RPC1	RPC2	P value		
				Treatment	Time	Interaction
Fat	1.79	1.92	1.80	0.30	<0.01	<0.01
Protein	1.25	1.37	1.30	0.51	<0.01	0.24
Lactose	1.95	2.11	2.03	0.37	<0.01	0.08

Table 2: Efficiency of pre-partum DMI relative to milk yield (MY) and energy corrected milk (ECM) during RPC supplementation (week 1 to 5) and post-supplementation (week 5 to 10). Calculations based on Holdorf *et al.*, 2022.

Efficiency, kg/kg	CTR	RPC1	RPC2	P value, Treatment
RPC supplementation MY/pre-partum DMI	2.7	3.4	3	0.06
Post-supplementation MY/pre-partum DMI	3.3	4.2	3.9	0.07
RPC supplementation ECM/pre-partum DMI	3.3 ^b	4.1 ^a	3.6 ^{ab}	0.03
Post-supplementation ECM/pre-partum DMI	3.7	4.7	4.2	0.06

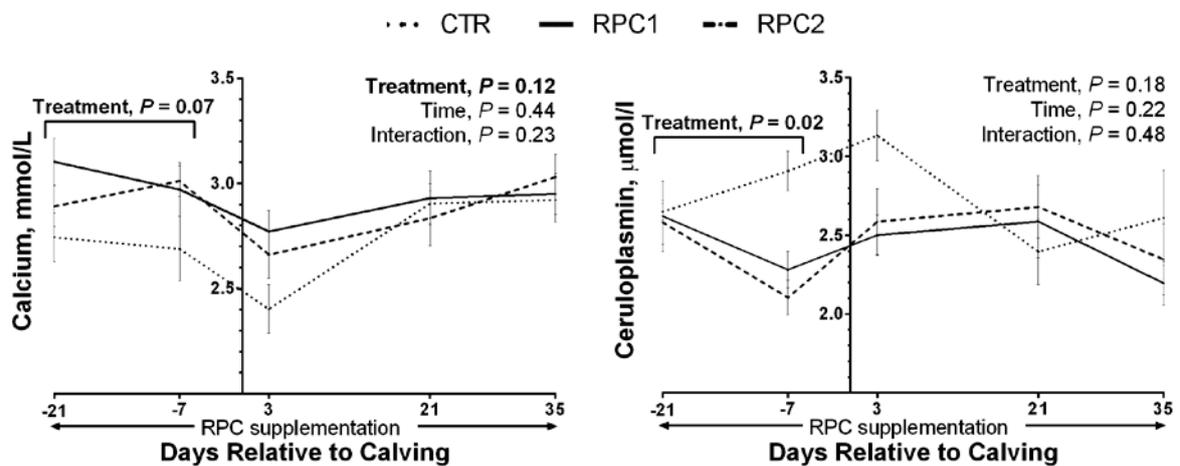


Figure 1: Circulating levels of calcium and ceruloplasmin during RPC supplementation of sources.

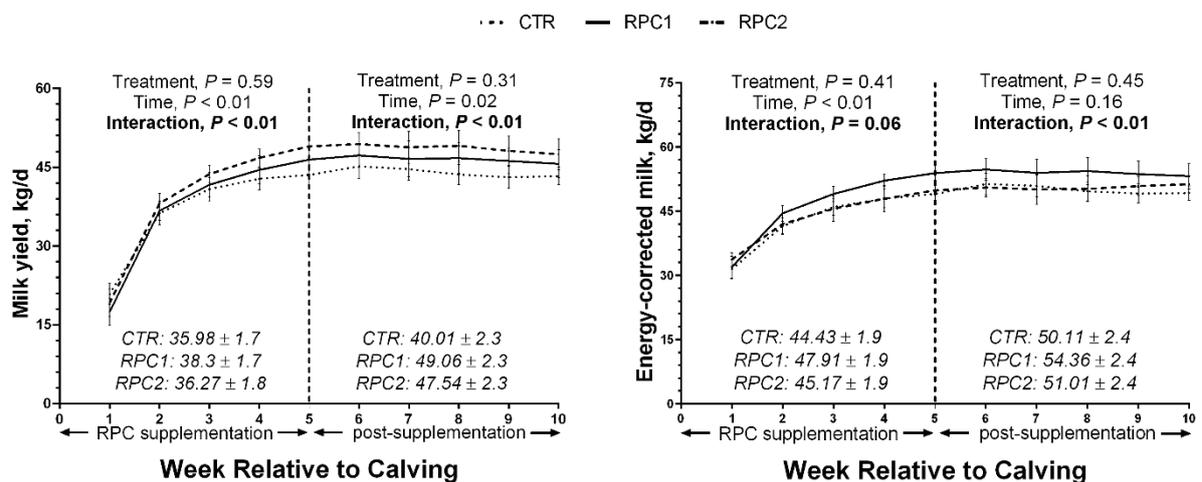


Figure 2: Milk yield (left) and energy-corrected milk (right) during RPC supplementation (week 1 to 5) and post-supplementation (week 5 to 10).

Discussion

Choline is an essential nutrient to support the synthesis of phosphatidylcholines and prevent lipid accumulation in the liver, a common condition happening in the transition dairy cow.

In ruminants, due to the strong degradation by the ruminal microflora the only dietary supplementation that ensures available choline for intestinal absorption is the rumen-protected form. In this study, both sources of choline were rumen-protected and equally provided 15 g/head/day of choline chloride.

Interestingly, all cows were fed *ad libitum* during the trial, but RPC supplementation led to a numerical reduction of -1.35 kg/d in pre-partum DMI relative to the control group. Plasma glucose, β -hydroxybutyrate, free fatty acids, and triglycerides indicated that all the animals had the same metabolic status, both in the control and the treated groups.

RPC supplementation also had an effect in metabolites related to inflammation. Around parturition, low calcium and high ceruloplasmin, an acute phase protein, are indicative of an impaired inflammatory status. In this study, supplemented groups did not have altered ceruloplasmin levels and maintained physiological levels of calcium across the peripartum. These findings could indicate that feeding rumen-protected choline might contribute to the resolution of calving-related inflammation.

Due to the reduced sample size of the study, the numerical increases in milk yield, milk fat and ECM are only supported by the treatment by time interaction. But these increases go in accordance with the ones in the literature (Arshad, *et al.*, 2020). As well as the increases not only during the supplementation period but also later over the lactation, which suggest that feeding RPC has a long-lasting effect.

The better inflammatory status of the RPC supplemented cows implied a minor activation of the immune system and therefore less energy was required to support it (Kvidera, *et al.*, 2017). As a consequence, pre-partum energy requirements were met with a shorter amount of DMI (-1.35 kg/d) and allowed post-partum energy partitioning toward the mammary gland, which was translated with numerically greater lactation performance.

The improved pre-partum DMI efficiency relative to both milk yield and energy-corrected milk is the calculation that encompasses the findings in this trial.

Conclusions

These results would suggest that RPC has an effect on energy and nutrient utilization, not only while supplemented but also later on over the lactation. In this study, RPC1 is showing a more pronounced response compared to RPC2.

References

- Arshad, U., M. Zenobi, C. Staples, and J. Santos. 2020. Meta-analysis of the effects of supplemental rumen-protected choline during the transition period on performance and health of parous dairy cows. *J. Dairy Sci.* 103:282–300.
- Atkins K.B, Erdman R.A, Vandersall J.H. Dietary choline effects of milk yield and duodenal choline flow in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 1988; 71: 109-116.
- Cooke R.F, Rio N.S.D, Caraviello D.Z, Bertics S.J, Ramos M.H, Grummer R.R. Supplemental choline for prevention and alleviation of fatty liver in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 2007;90:2413–2418.
- Grummer R.R. Nutritional and management strategies for the prevention of fatty liver in dairy cattle. *Vet. J.* 2008;176:10–20. doi: 10.1016/j.tvjl.2007.12.033.
- Holdorf et al., 2022. Abstract ADSA & EAAP.
- Kvidera S.K, Horst E.A, Abuajamieh M, Mayorga E.J, Sanz-Fernandez M.V, Baumgard L.H. Glucose requirements of an activated immune system in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 2017;100:2360-2374.

Lima F.S, Filho M.F.S, Greco L.F, Santos J.E.P. Effects of feeding rumen protected choline on incidence of disease and reproduction of dairy cows. Vet. J. 2012;193:140–145

McFadden, J. W., C. L. Girard, S. Tao, Z. Zhou, J. K. Bernard, M. Duplessis and H. M. White. 2020. Symposium review: One-carbon metabolism and methyl donor nutrition in the dairy cow. J. Dairy Sci. 103:5668–5683

McGuffey R.K. A 100-Year Review: Metabolic modifiers in dairy cattle nutrition. J. Dairy Sci. 2017;100:10113–10142. doi: 10.3168/jds.2017-12987.

Autorenanschrift:

Victor Sáinz de la Maza-Escolà

Email: victor.sainzdelamaz2@unibo.it



Den besten Start für die Trockensteher mit Ruprocol®.



Bestimmte Aussagen treffen nicht für alle geographischen Regionen zu. Produktkennzeichnung und damit verbundene Aussagen können entsprechend staatlicher Vorgaben abweichen



Hier scannen, um
mehr über Ruprocol®
zu erfahren.



Ruprocol®

Unterschiedliche Anteile an Guanidinoessigsäure in Rationen für Mastschweine – Auswirkungen auf Mast- und Schlachtleistung

Wolfgang Preißinger¹, Simone Scherb¹, Mario Müller², Maike Naatjes²

¹Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft,

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Grub und Schwarzenau

²Evonik Operations GmbH, Hanau, Deutschland

Einleitung

Kreatin ist ein essenzieller Bestandteil des zellulären Energiestoffwechsels zur schnellen Regeneration von Adenosintri-phosphat. Dadurch ist es natürlicher Bestandteil des Muskelgewebes. Wirbeltiere können es selbst in Leber und Niere aus den Aminosäuren Glycin und Arginin und einer Methylgruppe synthetisieren. Aus diesem Grund enthalten tierische Futterkomponenten wie Molkeneiweiße oder Fischmehl Kreatin. Die Gehalte sind jedoch hochvariabel und die endogene Synthese scheint häufig nicht ausreichend zu sein. Guanidinoessigsäure (GAA, Guanidino Acetic Acid) ist eine natürliche Vorstufe von Kreatin im Körper. Formulierungen mit mindestens 96 % GAA sind in der EU für Schweine mit einer Dosierung von 600 bis 1.200 mg pro kg Futter zugelassen. In Versuchen mit Mastschweinen wird bei einer Dosierung von 1.200 mg GAA pro kg Futter von einer Verbesserung der Futtermittelverwertung (Weber et al., 2017) sowie von verbesserten Leistungen und positiven Effekten auf die Schlachtkörperzusammensetzung (Jayaraman et al., 2018) berichtet. In der Ferkelaufzucht beobachteten Preißinger et al. (2018) bei einer hohen bis sehr hohen Aminosäureausstattung der Rationen sowie Milchkomponenten in den Versuchsmischungen keine Effekte von GAA auf Lebendmasseentwicklung, Futtermittelverbrauch und Futteraufwand. In einem weiteren Versuch mit Ferkeln fanden Preißinger et al. (2021) bei jüngeren Tieren bis 3 Wochen nach dem Absetzen positive Effekte auf den Futteraufwand bzw. den Aufwand an umsetzbarer Energie (ME) pro kg Zuwachs unabhängig von der Höhe der GAA-Dosierung (900 mg bzw. 1.200 mg/kg Futter). Obwohl sich im weiteren Verlauf der Aufzucht statistisch kein Unterschied mehr ergab, war dennoch im Mittel des Versuchs ein signifikanter Effekt der GAA-Zulage feststellbar. Einen durch die Zulage von GAA erhöhten Bedarf an Methylendonoren (Cholinchlorid) konnten Preißinger et al. (2021) nicht ableiten.

In vorliegender Studie werden drei unterschiedlich hohe GAA-Dosierungen (600 mg, 900 mg und 1.200 mg/kg) in Rationen für Mastschweine bei sehr starker Stickstoff- und Phosphorabsenkung geprüft.

Material und Methoden

Der Fütterungsversuch wurde am Ausbildungs- und Versuchszentrum des Staatsguts Schwarzenau durchgeführt. Dazu wurden 96 Mastläufer der Rasse Pi x (DL x DE) nach Lebendmasse (LM), Abstammung und Geschlecht ausgewählt und gleichmäßig auf folgende vier Gruppen aufgeteilt.

- A: Kontrolle, kein GAA
- B: 600 mg Formulierung mit 96 % GAA pro kg Futter
- C: 900 mg Formulierung mit 96 % GAA pro kg Futter
- D: 1.200 mg Formulierung mit 96 % GAA pro kg Futter

Die Mastschweine wurden in 8 Buchten zu je 12 Tieren auf Betonspalten ohne Einstreu gehalten. Sie waren bei der Aufstallung im Durchschnitt 74 Tage alt und wogen im Mittel ca. 33 kg. Die Futterzuteilung erfolgte über Abrufstationen mit integrierter Futterverwiegung für das Einzeltier (Compident Station CID98 MLP, Schauer Agrotronic GmbH). Die LM wurden wöchentlich am Einzeltier erfasst. In den Buchten wurde einmal pro Woche der Kot der Tiere bonitiert (Note 1=hart bis 4=wässrig).

Der Versuch gliederte sich in drei Fütterungsphasen (30-60 kg, 60-90 kg und 90-120 kg LM). Es wurden nährstoffangepasste Mastrationen eingesetzt (s. Tabelle 1).

Tabelle 1: Zusammensetzung und kalkulierte Nährstoff- und ME-Gehalte der Basisrationen (Angaben pro kg bei 88 % TM)

		Anfangsmast	Mittelmast	Endmast
Weizen	%	54,7	55,7	43,8
Gerste	%	20,9	25,9	45,7
Sojaext.-Schrot, 44 % XP	%	20,9	14,9	7
Mineralfutter	%	3,0	3,0	3,0
Sojaöl	%	0,5	0,5	0,5
ME	MJ	13,0	13,0	12,9
Rohfaser	g	40	38	40
Rohprotein	g	165	147	122
Lysin	g	11,4	10,1	8,4
Methionin+Cystin	g	6,7	5,8	5,1
Threonin	g	7,1	6,3	5,4
Tryptophan	g	2,2	2,0	1,7
Valin	g	7,5	6,4	5,3
Kalzium	g	7,1	7,0	6,6
Phosphor	g	4,6	4,3	3,9

Die Versuchsrationen wurden in der Versuchsmahl- und Mischanlage Schwarzenau hergestellt. Proben der Futtermischungen wurden im Labor der Abteilung Laboranalytik der LFL in Grub nach VDLUFA-Methoden (2012) und bei Evonik (Rohprotein, Aminosäuren) nach der amtlichen Methode (EU, 2009) analysiert. Die Gehalte an umsetzbarer Energie (ME) wurden nach der Mischfutterformel (GfE, 2008) ermittelt.

Die statistische Auswertung wurde mit Hilfe des Statistikprogramms SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) mit der Prozedur GLM durchgeführt. Im Modell wurden als fixe Effekte die Behandlung, das Geschlecht und die Abstammung sowie die Interaktion von Behandlung und Geschlecht berücksichtigt.

Ergebnisse und Diskussion

Die analysierten Nährstoffgehalte und die ermittelten ME-Gehalte sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Die ermittelten Gehalte an ME stimmten im Anfangsmastfutter der Gruppen A, C und D mit den kalkulierten Werten überein, ansonsten wurden gegenüber der Kalkulation um 0,2 bis 0,4 MJ höhere Werte pro kg Futter festgestellt. Vergleicht man die analysierten Nährstoffgehalte mit den kalkulierten Werten, so lagen diese abgesehen von wenigen Ausnahmen innerhalb der vorgegebenen Analysenspielflächen (VDLUFA, 2022).

Betrachtet man die analysierten Gehalte an GAA in den einzelnen Versuchsgruppen und Mastabschnitten, so wurden bei niedriger Dosierung zwischen 540 und 586 mg, bei mittlerer Dosierung zwischen 709 und 872 mg und bei hoher Dosierung zwischen 1.113 und 1.163 mg pro kg Futter gefunden.

Tabelle 2: Gehalte an umsetzbarer Energie und analysierte Inhaltsstoffe der Versuchsrationen (Angaben pro kg bei 88% TM)

		Anfangsmast				Mittelmast				Endmast				
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
	ME	MJ	13,0	13,2	13,0	13,0	13,3	13,4	13,3	13,4	13,2	13,2	13,1	13,1
Labor LfL	Kalzium	g	7,6	6,7	7,0	6,5	6,9	7,0	6,8	6,8	6,8	7,3	7,2	6,1
	Phosphor	g	4,9	4,8	5,0	4,7	4,5	4,3	4,3	4,4	4,7	4,6	4,9	4,6
	Kupfer	mg	18	16	17	17	15	15	20	18	21	20	21	18
	Zink	mg	88	84	90	87	95	79	85	86	103	92	105	96
Evonik	Rohprotein	g	160	164	172	163	145	147	144	149	119	126	125	123
	Lysin	g	10,7	10,6	11,4	10,7	9,6	9,7	9,3	9,9	7,9	7,9	7,6	7,5
	Methionin	g	3,5	3,7	3,6	3,6	2,8	2,9	2,9	2,9	2,4	2,6	2,5	2,5
	Cystin	g	2,7	2,7	2,8	2,8	2,6	2,6	2,6	2,6	2,4	2,3	2,4	2,3
	Threonin	g	6,5	6,6	6,8	6,7	6,0	6,1	5,7	5,9	5,4	5,7	4,9	5,3
	Tryptophan	g	2,2	2,3	2,4	2,3	2,0	2,0	1,9	2,0	1,7	1,8	1,7	1,7
	Valin	g	7,1	7,2	7,6	7,3	6,3	6,3	6,1	6,5	5,4	5,4	5,2	5,2
	GAA	mg	-- ¹⁾	574	872	1.146	-- ¹⁾	540	758	1.163	-- ¹⁾	586	709	1.131

¹⁾ nicht nachweisbar

In Tabelle 3 sind die LM-Entwicklung, die täglichen Zunahmen, der Futterabruf, der Futteraufwand pro kg Zuwachs sowie die Schlachtkörperbewertung zusammengestellt.

Während des Versuchs mussten insgesamt 15 Tiere mit Tierarzneimitteln behandelt werden. Ursachen waren meist Probleme mit dem Fundament (Schulter und Hüfte) sowie Schwanzbeißen, das in jeweils einer Bucht von Gruppe A und D auftrat. Besonders heftig war das Schwanzbeißen in der betreffenden Bucht von Gruppe D. Die Hälfte der Medikationen in dieser Gruppe waren auf das Schwanzbeißen zurückzuführen. Sechs Tiere mussten aus dem Versuch genommen werden. In den Gruppen A und C war es jeweils ein Tier und in Gruppe D waren es vier Tiere. In dieser Gruppe betraf dies insbesondere die Bucht mit dem Schwanzbeißgeschehen und 3 Tieren.

In der Anfangsmast ergaben sich mit Werten von rund 1,8 kg pro Tier und Tag in allen Gruppen keine signifikanten Unterschiede beim Futterabruf. Demgegenüber zeigte sich in der Mittelmast in Gruppe C mit 2,6 kg ein signifikant höherer Futterabruf als in den Gruppen A, B und D, in denen zwischen 2,3 und 2,4 kg abgerufen wurden. Auch in der Endmast wurden signifikante Unterschiede festgestellt. So wurde in den Gruppen A und C mit jeweils rund 2,8 kg signifikant mehr Futter pro Tier und Tag abgerufen als in Gruppe B mit 2,6 kg. Der Abruf in Gruppe D belief sich auf 2,7 kg. Im Mittel des Versuchs lag der Futterabruf in den einzelnen Gruppen zwischen 2,3 und 2,4 kg pro Tier und Tag. Statistisch signifikante Unterschiede konnten bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p=0,056$ nicht festgestellt werden.

In der Anfangs- und Mittelmast zeigte sich kein signifikanter Effekt der GAA-Zulage auf die täglichen Zunahmen. Diese lagen in der Anfangsmast zwischen 818 g in Gruppe C und 850 g in Gruppe B und in der Mittelmast zwischen 923 g in Gruppe B und 965 g in Gruppe D. Demgegenüber waren in der Endmast die Tageszunahmen in Gruppe C mit 845 g signifikant höher als in Gruppe A mit 752 g und in Gruppe B mit 733 g. In Gruppe D wurden 815 g erzielt. Im Mittel des Versuchs lagen die Tageszunahmen zwischen 829 g in den Gruppen A und B und 866 g in Gruppe D. Signifikante Unterschiede konnten mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p=0,152$ nicht festgestellt werden. Im Mittel aller Gruppen wurden knapp 850 g Tageszunahmen erzielt.

Was den Futteraufwand pro kg Zuwachs betrifft, so ergaben sich in der Anfangsmast mit 2,1 bis 2,2 kg Futter pro kg Zuwachs keine signifikanten Unterschiede. Demgegenüber zeigte sich in der Mittelmast in Gruppe C mit knapp 2,8 kg der höchste Futteraufwand. Die Unterschiede zu allen anderen Gruppen

waren signifikant. In Gruppe D wurde mit 2,4 kg der niedrigste Futteraufwand pro kg Zuwachs ermittelt. Auch hier waren die Unterschiede zu allen anderen Gruppen signifikant. In den Gruppen A und B wurden jeweils rund 2,6 kg ermittelt. In der Endmast ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen Gruppe A mit einem Futteraufwand von 3,8 kg pro kg Zuwachs und den Gruppen C und D, in denen zwischen 3,3 und 3,4 kg ermittelt wurden. Der Futteraufwand in Gruppe B lag mit 3,6 kg dazwischen. Im Mittel der Mast war der Futteraufwand pro kg Zuwachs in Gruppe D mit 2,6 kg signifikant niedriger als in allen anderen Gruppen, in denen zwischen 2,7 kg und 2,8 kg ermittelt wurden.

Tabelle 3: Aufzuchtleistung, Futterabruf, Futteraufwand und Schlachtkörperbewertung (LS-Means)

			Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C	Gruppe D	p ¹⁾
Lebendmasse	Versuchsbeginn	kg	33,1	33,3	33,5	33,3	0,962
	Futterwechsel 1	kg	62,2	63,1	62,2	62,7	0,825
	Futterwechsel 2	kg	88,3	88,9	88,8	89,8	0,865
	Versuchsende	kg	117,7	119,4	121,3	120,0	0,255
Tageszunahmen	Anfangsmast	g	832	850	818	842	0,492
	Mittelmast	g	929	923	952	965	0,519
	Endmast	g	752 ^{bc}	733 ^c	845 ^a	815 ^{ab}	0,013
	gesamt	g	829	829	863	866	0,152
Futterabruf	Anfangsmast	g/Tag	1,78	1,80	1,77	1,75	0,781
	Mittelmast	g/Tag	2,42 ^b	2,38 ^b	2,63 ^a	2,34 ^b	0,004
	Endmast	g/Tag	2,80 ^a	2,58 ^b	2,82 ^a	2,70 ^{ab}	0,012
	gesamt	g/Tag	2,34	2,27	2,40	2,27	0,056
Futteraufwand	Anfangsmast	kg/kg	2,14	2,13	2,17	2,08	0,216
	Mittelmast	kg/kg	2,62 ^b	2,59 ^b	2,78 ^a	2,43 ^c	<0,001
	Endmast	kg/kg	3,82 ^a	3,60 ^{ab}	3,32 ^b	3,39 ^b	0,018
	gesamt	kg/kg	2,84 ^a	2,74 ^a	2,78 ^a	2,62 ^b	0,002
Schlachtgewicht		kg	97,7	97,6	99,6	98,0	0,470
Ausschlachtung		%	83,0 ^a	81,8 ^b	82,1 ^b	81,7 ^b	0,011
Rückenmuskelfläche		cm ²	60,2	60,8	63,0	61,9	0,126
Fettfläche		cm ²	16,4	15,5	15,8	14,5	0,338
Muskelfleischanteil		%	60,2	60,7	60,7	61,0	0,703
Fleischanteil im Bauch		%	58,6	60,0	59,3	61,2	0,177

¹⁾Irrtumswahrscheinlichkeit, Werte mit unterschiedlichen Hochbuchstaben unterscheiden sich signifikant (p<0,05)

Mit Ausnahme der Ausschlachtung, bei der die Tiere aller GAA-Gruppen signifikant niedriger lagen, gab es keine signifikanten Effekte auf die untersuchten Schlachtkörpermerkmale. Mit im Mittel über 60 % war in allen Gruppen der Muskelfleischanteil als hoch einzustufen. Bei einem unterstellten Grundpreis von 1,87 €/kg Schlachtgewicht (Stand Juli 2022) ergaben sich bei Zugrundelegung einer in Bayern

verbreiteten Abrechnungsmaske Preise pro kg Schlachtgewicht von 1,89 € in Gruppe A, von 1,88 € in Gruppe B, von 1,87 € in Gruppe C sowie von 1,90 € in Gruppe D.

Auf die Beschaffenheit des Kots zeigte die Zulage von GAA keinen Effekt. Im Mittel wurde der Kot in allen Gruppen mit 2 als normal bzw. unauffällig bewertet.

Auch wenn keine direkte Dosis-Wirkungsbeziehung mit steigender Zulage von GAA abgeleitet werden konnte, so resultierten signifikante Unterschiede beim Futteraufwand zwischen der Kontrollgruppe A und der Zulage von 1.200 mg GAA pro kg Futter in Gruppe D. Tabelle 4 zeigt beispielhaft eine Wirtschaftlichkeitsrechnung basierend auf den Futterkosten sowie den Erlösen pro kg Schlachtgewicht. Bei den Schlachterlösen wurde die o.a. Auszahlungspreise pro kg Schlachtgewicht herangezogen. Bei den Futterkosten wurden marktübliche Rohkomponentenpreise (Stand Juli 2022) zugrunde gelegt. GAA wurde mit 7 €/pro kg bewertet. Vergleicht man die Gruppen A und D miteinander, so ergibt sich unter den gegebenen Bedingungen ein Vorteil von etwa 3,7 € pro Mastschwein bei der hohen Zulage von GAA. Dies entspricht einem Return on Investment (ROI) von 194 %.

Tabelle 4: Schlachterlöse und Futterkosten

	A	B	C	D
Erlöse, € pro Mastschwein	184,7	183,5	186,3	186,2
Futterkosten, € pro Mastschwein	83,8	83,5	86,9	81,6
Differenz, € pro Mastschwein	100,9	100,0	99,4	104,6
Differenz, € zur Gruppe A	0	-0,9	-1,5	+3,7

Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Die mittlere (900 mg/kg) und hohe Dosierung (1.200 mg/kg) von GAA führte gegenüber der Kontrollgruppe und der niedrigen Dosierung (600 mg/kg) zu numerisch höheren Tageszunahmen (863 g bzw. 866 g gegenüber jeweils 829 g). Beim Futterabruf pro Tier und Tag ergaben sich im Versuchsmittel mit 2,2 bis 2,4 kg pro Tier und Tag keine statistisch abzusichernden Unterschiede.

Der Futteraufwand war bei hoher Dosierung von GAA signifikant niedriger als in allen anderen Gruppen. Insgesamt erzielte somit nur die hohe Dosierung von GAA gegenüber der Kontrollgruppe diesbezüglich einen positiven Effekt.

Beim Vergleich der Kontrollgruppe A mit der hohen Dosierung von 1.200 mg pro kg Futter in Gruppe D ergab sich unter den gegebenen Bedingungen ein Vorteil von 3,7 € pro Mastschwein, entsprechend 194 % ROI.

Literatur

- Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (2008): Empfehlungen zur Sauen und Ferkelfütterung, DLG-Information 1/2008
- Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (2008): Prediction of Metabolisable Energy of compound feeds for pig. *Poc. Soc. Nutr. Physiol.* 17, 199-204.
- EU (2009) Verordnung (EG) Nr. 152/2009 der Kommission vom 27. Januar 2009 zur Festlegung der Probenahmeverfahren und Analysemethoden für die amtliche Untersuchung von Futtermitteln. *Amtsblatt der Europäischen Union* L54/1.
- Jayaraman, B.; Kinh, L.; Huyen, L.T.T.; Vinh, D.; Carpena, M.E.; Rademacher, M.; Channarayapatna, G. (2018): Supplementation of guanidinoacetic acid to pig diets: Effects on performance, carcass characteristics and meat quality. *J Anim Sci.* (6), 2332-2341
- Preißinger, W.; Propstmeier, G.; Scherb, S.; Rademacher, M. (2018): Effekte von Guanidinoessigsäure in der Ferkelaufzucht. In *Tagungsband Forum angewandte Forschung in der Rinder und Schweinefütterung*, 10./11. April 2018, Fulda, 194-197
- Preißinger, W.; Scherb, S.; Propstmeier, G.; Loibl, P.; Blindeneder, S.; Driessen, D. (2021): Unterschiedliche Anteile von Guanidinoessigsäure und Methylendonoren im Futter von Ferkeln – Auswirkungen auf zootechnische Parameter. *Tagungsband 59. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V.*, 100-105
- Rademacher, M.; Naatjes, M.; Müller, M.; Weber M. (2017): Der Effekt von Guanidinoessigsäure auf Leistungsparameter beim Mastschwein. In *Tagungsband Forum angewandte Forschung in der Rinder und Schweinefütterung*, 21./22. März 2017, Fulda, 184-186
- VDLUFA-Methodenbuch Band III: Die Untersuchung von Futtermitteln 3. Aufl. 1976, 8. Ergänzlief. 2012, VDLUFA-Verlag Darmstadt.
- VDLUFA (2022): Analysenspielräume (ASR), Version 13 (2022)
- Walker, J.B. (1997): Creatine: biosynthesis, regulation, and function. *Adv Enzymol Relat Areas Mol Biol.* 50: 177–242. PMID: 386719.
- Weber, M. (2018): Kreatin-Zusatz entlastet das N- und P-Konto. *Top agrar* 3/2018.
- Weber, M.; Mäurer, H.; Müller, M. (2017): Einsatz von Guanidinoessigsäure in der Schweinemast: In *Tagungsband 14. Tagung Schweine- und Geflügelernährung*, 21.-23.11.2017, Lutherstadt Wittenberg, 169-171

Autorenanschrift:

Dr. Wolfgang Preißinger
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Stadtschwarzacher Str. 18
D-97359 Schwarzach a. Main
E-Mail: wolfgang.preissinger@LfL.bayern.de

Effects of different feed additives on behaviour, performance and faecal score of pigs at increased stocking density

Anne Möddel, Sven Brenner, Iris Kröger, Bernhard Eckel
Dr. Eckel Animal Nutrition GmbH & Co. KG, Niederzissen, Germany

Introduction

Stress has been shown to be a major cause of reduced performance and animal welfare disorders (Hicks et al., 1998; White et al., 2008). High stocking density is one of the most common stress factors and can lead to chronic stress. Pigs living in pens with a high stocking density suffer from severe environmental, social and psychological stress. The higher stocking density also leads to greater exposure of the pigs to pathogens and thus to a higher risk of diseases of the digestive tract (Cornale et al., 2015).

High stocking density usually produces several negative effects, including lower performance, increased faecal levels and behavioural problems (Hicks et al., 1998). The consequences of high stocking density on animal health, performance and welfare are dramatic. Therefore, we need to counteract the negative effects of high stocking density. There is no uniform global standard for maximum animal density; rather, the information varies depending on the country or region. Often enough, however, density is defined in commercial rather than animal welfare terms, while the disadvantages are mostly ignored.

In the effort to counteract stress-induced effects in pigs, and in addition to reducing animal density, feed additives can have a positive influence on welfare and performance. In this context, natural active ingredients such as phytogenics are of particular interest. However, there are large differences in terms of ingredients and efficacy. In agreement, previous studies showed that phytogenic additives produce performance-enhancing, immunomodulatory and health-supporting effects in pigs (Gessner et al., 2013).

The aim of the conducted trial was to compare different phytogenic feed additives in terms of their ability to offset the negative effects of increased stocking density on behavioural, faecal and performance scores in fattening pigs.

Material and methods

An experiment investigating the effects of different phytogenic feed additives under high stocking density was conducted in South Korea over a 10-week period. During the trial, 60 finishing pigs ((Landrace × Yorkshire) × Duroc) were divided into mixed-sex groups. The starting weight of the pigs was 28.23 ± 2.89 kg. The pigs were assigned to five treatment groups (Table 1) with three pigs per pen and four repetitions. The negative control group (NC) was fed a basal diet without feed additive and kept at a normal stocking density of 0.55–1 m² per pig. The positive control group (PC) was fed the same basal diet without feed additive but kept at a high stocking density of 0.4–0.6 m². All treatment groups were kept at this high stocking density but received the basal diet with three different phytogenic feed additives: treatment 1 (T1, basal ration + citrus extract), treatment 2 (T2, basal ration + encapsulated essential oils) and treatment 3 (T3, basal ration + a complex of grape, hops and green tea – Anta® Ox FlavoSyn, Dr. Eckel Animal Nutrition GmbH & Co. KG). The groups were distributed in a randomised block design.

Table 1: Experimental design of feeding trial with fattening pigs allocated to five treatment groups

Treatment groups	NC	PC	T1	T2	T3
Animal density	Normal	High	High	High	High
1st–4th week	0.55 m ²	0.40 m ²	0.40 m ²	0.40 m ²	0.40 m ²
4th–10th week	1.00 m ²	0.60 m ²	0.60 m ²	0.60 m ²	0.60 m ²
Feed additive	-	-	Citrus extract ¹	Capsulated essential oils ²	Grape, hops and green tea complex ¹
Dosage	-	-	400 g/t	500 g/t	400 g/t

¹ Active substances: polyphenols

² Active substances: thymol and carvacrol

Each pen was equipped with feeders and nipple drinkers; feed and water were available ad libitum. Diets were formulated in accordance with the recommendations of the National Research Council (2012). Ingredients and chemical composition of the basal diet are shown in Table 2.

Table 2: Ingredients and chemical composition of the experimental diets (as basal feed)

	Phase 1 (1st–4th week)	Phase 2 (4th–10th week)
Ingredients (%)		
Corn	65.10	72.38
Soybean meal	23.90	17.40
Wheat bran	7.00	6.00
Soybean oil	1.00	1.00
L-lysine	0.10	0.28
DL-methionine	0.04	0.04
L-threonine	0.03	0.03
Premix	2.83	2.88
Calculated composition		
ME (kcal kg ¹)	3,276	3,284
Crude protein (%)	18.00	15.50
Lysine (%)	1.01	0.97
Methionine (%)	0.33	0.29
Calcium (%)	0.78	0.76
Phosphorus (%)	0.62	0.58

¹ ME, metabolisable energy

The parameters recorded include performance parameters. To calculate the average daily gain (ADG), the weight of the pigs was measured at the beginning of growing (0 weeks), at the beginning of finishing (4 weeks) and at the end of finishing (10 weeks), each at 9.00 a.m., on an empty stomach. Feed intake and uneaten feed were recorded daily to calculate the average daily feed intake (ADFI). The feed conversion rate (FCR) was calculated by dividing feed intake in kg by weight gain in kg.

The faecal score was measured by the same person before the daily feeding. The faeces were assessed according to moisture content and appearance. Normal faeces were awarded 0 points, soft faeces 1 point, mild diarrhoea 2 points and severe diarrhoea 3 points. The faecal score was calculated by averaging the daily faecal scores of individual pigs for each group.

To capture the behaviour, four animals per group were selected and their activities recorded by means of an infrared camera. Biting was recorded as biting with the teeth on the ears, mouth or tail of another pig, as well as any subsequent repeated biting or similar actions specified in Yang et al. (2018).

All the data was analysed using the one-way ANOVA in SPSS software (version 20.0; IBM, USA). Differences between treatments were calculated using the Tukey test. Results were considered significant at $p < 0.05$.

Results

The effects of stocking density and feed additives on the performance parameters are shown in Table 3. Final body weight (BW, Figure 1) was reduced by 13.91 kg in the PC with high stocking density ($p > 0.05$). This performance decrease was significantly improved by feeding T2 and T3, with the strongest effects achieved with T3. Thus, T3 improved final BW by 9.69 kg as compared to the PC. The ADFI from week 1–10 was reduced in the PC as compared to the NC (NC: 2.58 kg vs PC: 2.29 kg; $p < 0.05$) group. All treatments with phytogenic products exhibited a reduced ADFI as compared to the NC, but in comparison to the PC they all enhanced the ADFI significantly (T1: 2.41 kg/d; T2 and T3: 2.43 kg/d). Furthermore, a higher stocking density without feeding additives had a negative effect on FCR (Figure 2, NC: 2.22; PC: 2.36, $p < 0.05$). Whereas T3 was the only feed additive that improved FCR to the level of normal stocking density (T3: 2.21), T1 and T2 resulted in negative effects on the FCR (T1: 2.46 and T2: 2.38) and accordingly showed a lower or no effect on the final body weight respectively (T1: 97.23 kg; T2: 101.37 kg).

Table 3: Effects on performance parameters

		NC	PC	T1	T2	T3	SEM	p-value
Initial BW	kg	28.00	27.53	27.64	28.97	28.48	0.31	0.87
BW, week 4	kg	56.30 ^{ab}	53.23 ^b	53.77 ^{ab}	57.43 ^{ab}	57.04 ^{ab}	0.42	0.03
Final BW	kg	110.63 ^a	96.72 ^c	97.23 ^c	101.37 ^b	106.41 ^{ab}	0.77	0.01
1st–4th week								
ADG	kg	0.98 ^{ab}	0.89 ^b	0.90 ^b	0.98 ^{ab}	0.98 ^{ab}	0.01	0.01
ADFI	kg	1.98 ^{bc}	2.03 ^{ab}	1.94 ^c	2.01 ^{abc}	2.08 ^a	0.01	0.02
FCR		2.02 ^{ab}	2.28 ^c	2.16 ^{bc}	2.05 ^{ab}	2.12 ^{abc}	0.00	0.03
4th–10th week								
ADG	kg	1.26 ^a	1.01 ^c	1.01 ^c	1.02 ^c	1.15 ^b	0.01	0.01
ADFI	kg	2.92 ^a	2.54 ^c	2.82 ^{ab}	2.82 ^{ab}	2.79 ^b	0.02	0.01
FCR		2.32 ^a	2.51 ^{abc}	2.79 ^c	2.76 ^c	2.43 ^{ab}	0.00	0.01
1st–10th week								
ADG	kg	1.16 ^a	0.97 ^c	0.98 ^c	1.02 ^{dc}	1.10 ^{bc}	0.01	0.01
ADFI	kg	2.58 ^a	2.29 ^c	2.41 ^b	2.43 ^b	2.43 ^b	0.01	0.01
FCR		2.22 ^{ab}	2.36 ^{cd}	2.46 ^d	2.38 ^{cd}	2.21 ^{ab}	0.00	0.01

Abbreviations: BW, body weight; ADG, average daily gain; ADFI, average daily feed intake; FCR, feed conversion rate; SEM, standard error of means.

^{a-e} Means within row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

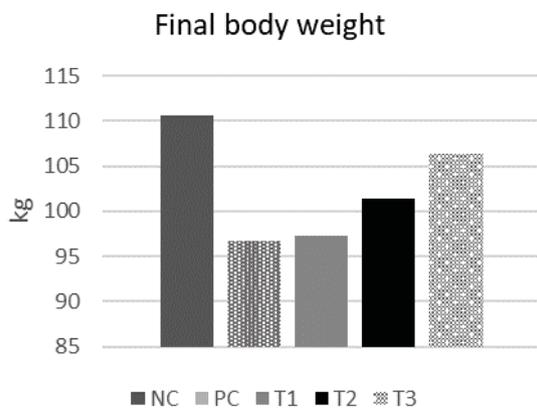


Figure 1: Final body weight

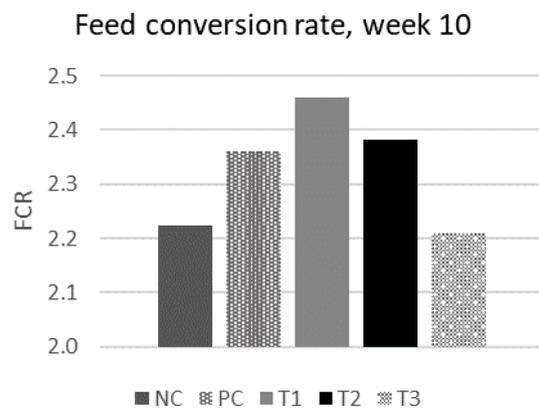


Figure 2: Feed conversion rate in week 10

During weeks 1–4, the faecal score differed between the groups. While higher stocking density alone had a strong negative effect on the faecal score (PC vs NC +192%; $p < 0.05$), all feed additives improved the faecal score by on average 59% as compared to the PC ($p < 0.05$). From week 4–10, all groups had a normal faecal score, irrespective of stocking density or treatment group (Table 4).

Table 4: Effects on faecal score

	NC	PC	T1	T2	T3	SEM	p-value
1st–4th week							
Faecal score ¹	0.260 ^b	0.760 ^a	0.330 ^b	0.310 ^b	0.290 ^b	0.017	0.020
4th–10th week							
Faecal score ¹	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-

¹ Faecal score was determined as follows: 0, normal faeces; 1, soft faeces; 2, mild diarrhoea; 3, severe diarrhoea.

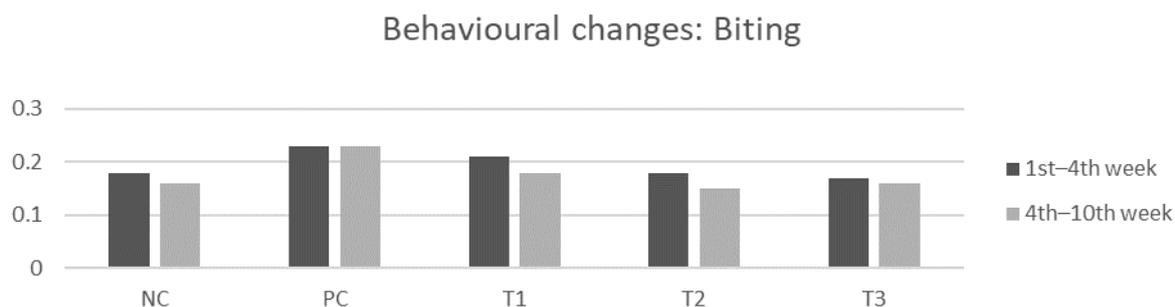


Figure 3: Behavioural changes: biting

The biting score was significantly increased by the higher stocking density (Figure 3), but treatment T2 and T3 brought the biting score back to the level of normal stocking density (Table 5). However, the biting score during weeks 4–10 did not differ between the groups.

Table 5: Effects on biting score

	NC	PC	T1	T2	T3	SEM	p-value
1st–4th week							
Biting	0.18 ^b	0.23 ^a	0.21 ^{ab}	0.18 ^b	0.17 ^b	0.01	0.01
4th–10th week							
Biting	0.16	0.23	0.18	0.15	0.16	0.02	0.08

Discussion

As expected, increased animal density had significant consequences in terms of performance, faecal score and animal behaviour. The results showed similar and, in some cases, stronger effects than previous studies (Leek et al., 2004; Li et al., 2020). These negative effects of high stocking density could be largely reduced by using select phytogetic feed additives (PFAs). This is in accordance with other studies reporting positive effects of PFAs on growth, antioxidant status and inflammatory markers (Gessner et al., 2013, Fiesel et al., 2014, Kafantaris et al., 2018).

Although all feed additives improved most performance-related parameters, T3 showed the best effects by completely compensating for the negative effects of high stocking density on final BW and FCR. This is particularly important in terms of sustainability and feed efficiency, as it shows the potential for saving raw materials.

The persistence of the results up to week 10 also suggests that the phytoGENICS do not lose their effect over time. This opens the door to long-term use.

Faecal score measurements revealed that stocking density can impair the health of the digestive tract, especially in younger pigs. Interestingly, all feed additives had strong effects on faecal score. This highlights the impact of PFAs on intestinal health. The positive effects of T3 on the faecal score are also in line with the anti-inflammatory effects of grapes, which have already been demonstrated in the intestinal mucosa and faecal microbiota of pigs (Gessner et al., 2013, Fiesel et al., 2014, Kafantaris et al., 2018).

The dramatic effect of high stocking density on the biting score is in line with the assumption that higher stocking density leads to greater social stress in the animals (Cornale et al., 2015). In agreement, we showed that piglets in the same study had higher cortisol levels when they were kept in high stocking density. This confirmed that cortisol increases in pigs as a result of social stress. With regard to the biting score, T2 and T3 showed the best effects. This can also be partly explained by the hops in T3, as they have a sedative effect (Franco et al., 2012).

Conclusion

The experimental results confirm the effects of higher stocking density on the behaviour and faeces of pigs in the first fattening period, and on performance throughout the fattening phase.

This shows that increased stress, particularly in the first phase of fattening, can lead to a more unstable stomach and more behavioural problems. In these critical phases, it is important to support the animals with feed in order to stabilise the gut function and to secure their performance and overall animal welfare.

We have shown that PFAs can compensate for these effects and thus contribute to feeding with an eye to animal welfare. In this experiment, the use of the flavonoid-rich feed additive Anta® Ox FlavoSyn demonstrated the highest potential. Although animals can benefit from various PFAs, it is important to note that not all PFAs have the same effects and should be chosen conscientiously, keeping both sustainability and animal welfare in mind.

Literature

- Cornale, P., Macchi, E., Miretti, S., Renna, M., Lussiana, C., Perona, G., Mimosi, A. (2015). Effects of stocking density and environmental enrichment on behavior and fecal corticosteroid levels of pigs under commercial farm conditions. *Journal of Veterinary Behavior*, 10 (6),569-576.
- Fiesel A., Gessner D. K., Most E. & Eder K. (2014). Effects of dietary polyphenol-rich plant products from grape or hop on pro-inflammatory gene expression in the intestine, nutrient digestibility and faecal microbiota of weaned pigs. *BMC Veterinary Research* 10, 196–206.
- Franco, L., Sánchez, C., Bravo, R., Rodriguez, A., Barriga, C., & Juárez, J. (2012). The sedative effects of hops (*Humulus lupulus*), a component of beer, on the activity/rest rhythm. *Acta Physiologica Hungarica*, 99(2), 133-139.
- Gessner, D.K., Fiesel, A., Most, E., Dinges, J., Wen, G., Ringeis, R., Eder, K. (2013). Supplementation of a grape seed and grape marc meal extract decreases activities of the oxidative stress-responsive transcription factors NF- κ B and Nrf2 in the duodenal mucosa of pigs. *Acta Vet Scand* 55, 18. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-55-18>.
- Hicks, T. A., McGlone, J. J., Whisnant, C. S., Kattesh, H. G., & Norman, R. L. (1998). Behavioral, endocrine, immune, and performance measures for pigs exposed to acute stress. *Journal of animal science*, 76(2), 474-483.
- Kafantaris, I., Stagos, D., Kotsampasi, B., Hatzis, A., Kypriotakis, A., Gerasopoulos, K., Makri, S., Goutzourelas, N., Mitsagga, C., Giavasis, I., Petrotos, K., Kokkas, S., Goulas, P., Christodoulou, V., & Kouretas, D. (2018). Grape pomace improves performance, antioxidant status, fecal microbiota and meat quality of piglets. *Animal: an international journal of animal bioscience*, 12(2), 246–255. <https://doi.org/10.1017/S1751731117001604>.
- Leek, A. B. G., Sweeney, B. T., Duffy, P., Beattie, V. E., & Doherty, J. V. O. (2004). The effect of stocking density and social regrouping stressors on growth performance, carcass characteristics, nutrient digestibility and physiological stress responses in pigs. *Animal Science*, 79: 109-119.
- Li, X., Xiong, X., Wu, X., Liu, G., Zhou, K., & Yin, Y. (2020). Effects of stocking density on growth performance, blood parameters and immunity of growing pigs. *Animal Nutrition*, 6(4), 529-534.
- National Research Council (2012): Nutritional requirements of swine 11th revised edition, National Academy Press, Washington, DC, USA.
- White, H. M., Richert, B. T., Schinckel, A. P., Burgess, J. R., Donkin, S. S., & Latour, M. A. (2008). Effects of temperature stress on growth performance and bacon quality in grow-finish pigs housed at two densities. *Journal of Animal Science*, 86(8), 1789–1798.
- Yang, K. Y., Jeon, J. H., Kwon, K. S., Choi, H. C., Ha, J. J., Kim, J. B., & Lee, J. Y., (2018). Classification of behavior at the signs of parturition of sows by image information analysis. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 19(12), 607-613.

Author address:

Anne Möddel
Dr. Eckel Animal Nutrition GmbH & Co. KG
Im Stiefelfeld 10
56651 Niedertzissen, Deutschland
a.moeddel@dr-eckel.de

Turn your back on antibiotics

Choose Anta[®]Phyt



Anta[®]Phyt
www.dr-eckel.com



DR. ECKEL
creative solutions

Hydrolyzed yeast *Kluyveromyces fragilis* as a functional feed material in weaner diets reduces feed costs compared to porcine blood plasma

Andrea Remmersmann, Alexandra Schlagheck, Birgit Hildebrand

R&D Department, Biochem Zusatzstoffe Handels- und Produktionsges. mbH, Lohne (Oldenburg), Germany

Introduction

Weaning is one of the most critical phases in the life of a piglet. The sudden separation from the sow, the change of the feed and the new environment with other piglets are some of the major stressors of piglets at weaning. Reduced feed intake, immature digestive system, and increased pathogen pressure combined with a weak immune system often lead to decreased performance as well as health problems such as diarrhea (Pluske et al. 1997; Dong et al. 2007; van Beers-Schreurs et al. 1992). Growing political framework conditions and social discussions are increasing the interest in alternative, non-medicated feeding concepts for a successful weaning management. Feed formulations have a significant influence on the reduction of the above-mentioned weaning problems. Porcine blood plasma is a commonly used component in diets for weaned piglets due to its high palatability, functionality, and protein digestibility. Blood plasma is known to improve feed intake, intestinal development, digestion, and growth performance in rearing piglets at dosages higher than 2.5% (Lallès et al. 2007, van Dijk et al. 2001), however, it is also a high-priced feed material. The hydrolyzed yeast of the yeast strain *Kluyveromyces fragilis* (TechnoYeast, Biochem) has been shown to improve feed intake as well as intestinal development in weaned piglets (Keimer et al., 2018). The aim of the present study was to investigate to what extent the product TechnoYeast affects zootechnical performance and diarrhea incidence compared to blood plasma while optimizing feed costs.

Materials and methods

1404 piglets (DanBreed x Pic 408), weaned at 4 weeks of age (Ø 5.55kg), were equally divided into two treatment groups considering body weight and sex. Two pens each shared one feeder. The diets in the 3-phase feeding program were mainly based on processed cereals (wheat, barley, corn), soy protein concentrate, whey powder, toasted soybeans, and soybean meal. Diets varied between the two groups only in the proportion of porcine blood plasma (PBP) and TechnoYeast (HY), respectively. The diets were isonitrogenous and isoenergetic within the two groups.

Table 1: Nutritional values of the 3-phase feeding and dosing information of blood plasma and the hydrolyzed yeast TechnoYeast.

Phase	Prestarter (Day 1-17)		Starter I (Day 18-35)		Starter II (Day 36-51)	
	PBP	HY	PBP	HY	PBP	HY
Energy (MJ ME/ kg)	14.6		13.8		13.4	
Crude protein (%)	17.5		17.0		17.0	
Lysine (%)	1.48		1.35		1.27	
Blood plasma (%)	4.5	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0
Hydrolyzed yeast (%)	0.0	2.2	0.0	1.5	0.0	0.0

Nutritional values of the individual diets and feeding phases as well as the dosing information for the two tested products (PBP, HY) are shown in Tab. 1. In between the phases (around day 17 and 35 after weaning), the diets were blended according to practice. The entire trial lasted 51 days. Recorded parameters included weight development (body weight and daily weight gain), feed intake, feed conversion ratio (FCR), mortality and diarrhea occurrence. Fecal consistency was assessed using a subjective scoring key per pen (1=well formed, 2=soft, 3=pasty, 4=watery). For statistics, a single-factor analysis of variance was applied using SPSS (IBM SPSS, version 24). Differences with $P < 0.05$ were considered significant.

Results

Piglets from both groups had an average body weight of 5.55kg (± 0.96) at the beginning of the experiment and 26.31kg (± 2.24) at the end of the experiment. There were no significant differences between the two treatment groups ($P > 0.1$). Furthermore, as shown in Figure 1-3, there were no significant differences in feed intake, average daily weight gain, or feed conversion ratio between the two groups, neither for the entire experimental period nor for the individual feeding phases.

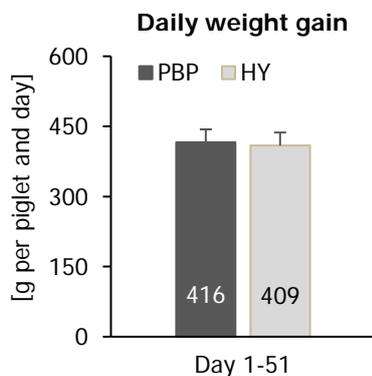


Fig. 1: Effect of HY & PBP on $\bar{\Delta}$ daily weight gain of weaned piglets, ($P > 0.1$).

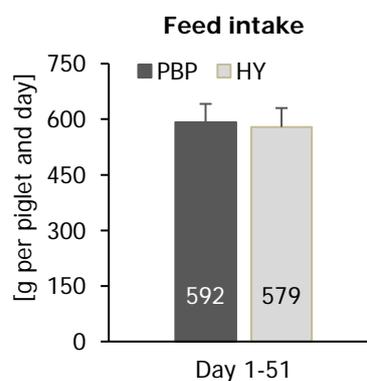


Fig. 2.: Effect of HY & PBP on $\bar{\Delta}$ feed intake of weaned piglets, ($P > 0.1$).

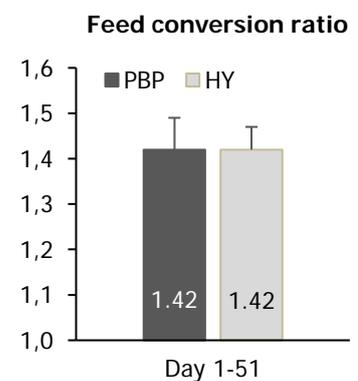


Fig. 3.: Effect of HY & PBP on FCR of weaned piglets, ($P > 0.1$).

In the first two weeks after weaning, no diarrhea was recorded neither in the PBP nor in the HY group. No treatments for diarrhea were necessary. The incidence of diarrhea (score 1 or 2) was 3.55% ($P > 0.1$) in the first two weeks after weaning in both groups. The mortality rate averaged 1.07% in both groups ($P > 0.1$).

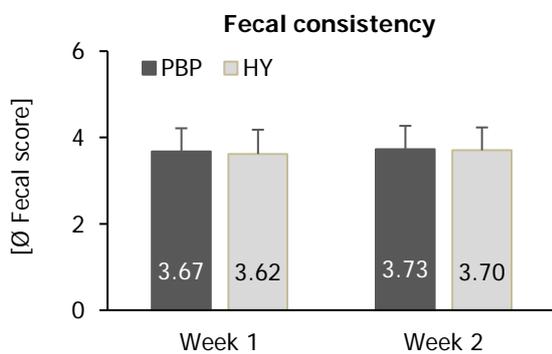


Fig. 4: Effect of HY and PBP on fecal score of weaned piglets, ($P>0.1$).

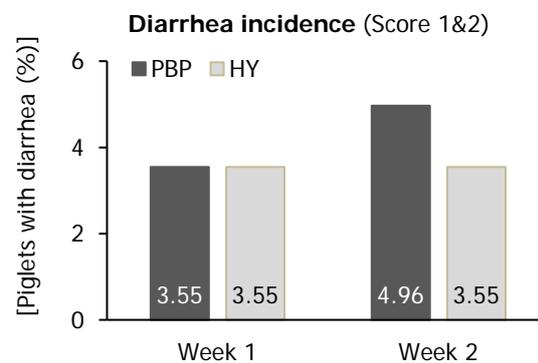


Fig. 5: Effect of HY and PBP on diarrhea incidence (Score 1&2) of weaned piglets, ($P>0.1$).

The complete exchange of porcine blood plasma by TechnoYeast resulted in feed cost savings of -8% while performance parameters remained unchanged (Fig. 6). For this purpose, the total feed costs were divided by the weight gain. This corresponds to a cost reduction of ~5 cents per kg weight gain. Assuming a weight gain of 20kg (from 5 to 25kg), HY allows for €1.00 less feed costs per piglet in the rearing period.

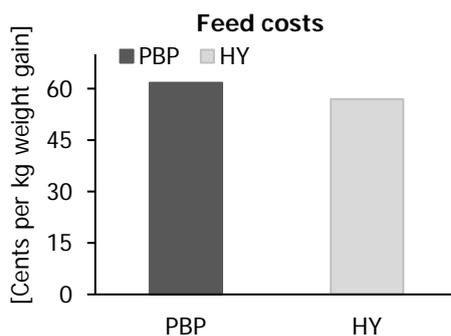


Fig. 6: Effect of HY and PBP on feed costs.

Discussion

Regarding performance and health status (diarrhea incidence), no differences were found between the PBP and HY group, proving that TechnoYeast at a dosage of 1.5-2.2% can replace porcine blood plasma at a dosage of 1.8-4.5% in piglet diets. Economically, there was an advantage for the HY group due to lower feed costs per kg weight gain (-8%) while maintaining health and performance compared to the PBP diet. In this trial, the effects of the hydrolyzed yeast TechnoYeast on piglet performance are quite comparable to those of blood plasma, which is widely used in diets for weaned piglets as a high-quality protein source for good effects on feed intake and gut health (van Dijk et al. 2001).

Conclusion

The product TechnoYeast, based on the yeast strain *Kluyveromyces fragilis*, supplemented to weaner diets shows the ability to equally ensure a piglet performance compared to the high quality and functional protein source blood plasma. This can be confirmed by the performance and health status,

which were on a similar level in both tested groups. However, the tested yeast product was able to achieve the same performance at lower feed costs, which can lead to an economic advantage in piglet rearing.

References

Dong, G. Z.; Pluske, J. R. (2007): The Low Feed Intake in Newly-weaned Pigs: Problems and Possible Solutions, Asian-Aust. J. Anim. Sci. Vol. 20, No. 3: 440 – 452, March 2007, <https://doi.org/10.5713/ajas.2007.440>

Pluske, J.R.; Hampson, D.J.; Williams, I.H. (1997): Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review, Livestock Production Science 51: 215-236

H.M.G. van Beers-Schreurs; L. Vellenga; Th. Wensing; H.J. Breukink (1992): The pathogenesis of the post-weaning syndrome in weaned piglets; a review, Veterinary Quarterly, 14:1, 29-34, DOI: 10.1080/01652176.1992.9694322

Lallès, J.-P.; Bosi, P.; Smidt, H.; Stokes, C.R. (2007): Weaning – A challenge to gut physiologists. Livestock Science 108: 82-93

Keimer, B.; Kröger, S.; Röhe, R.; Pieper, A.; Simon, Zentek, J. (2018): Influence of differently processed yeast (*Kluyveromyces fragilis*) on feed intake and gut physiology in weaned pigs, J. Anim. Sci. 96, 194–205, <https://doi.org/10.1093/jas/skx031>.

A.J. van Dijk; H. Everts; M.J.A. Nabuurs; R.J.C.F. Margrya; A.C. Beynen (2001): Growth performance of weanling pigs fed spray-dried animal plasma: a review; Livestock Production Science, Volume 68, Issues 2–3, March 2001, Pages 263-274

Author address:

Andrea Remmersmann
Biochem Zusatzstoffe Handels- und Produktionsges. mbH
Küstermeyerstraße 16
49393 Lohne (Oldenburg)
E-Mail: remmersmann@biochem.net

Sind Sie **bereit** für **besseres Futter?**



Biochems Fütterungsexperten helfen Ihnen, die Gesundheit und Leistung Ihrer Tiere zu verbessern. Wir bieten Ihnen Fütterungskonzepte für jede Tierart, jeden Produktionszweig und jede Klimazone.

**Toxinmanagement · Darmgesundheit · Immunabwehr
Jungtierernährung · Antibiotikareduktion · Futtermittelleffizienz**

Reduktion von Saugferkelverlusten mit Hilfe der Lebendhefe *Saccharomyces cerevisiae boulardii* CNCM I-1079

Elisabeth ZiBler¹, Claudia Eilert¹, Christian Scheidemann¹, Cindy Jacobs²

¹ Lallemand-DHW GmbH (Lallemand Animal Nutrition), Schwarzenbach a. d. Saale, Deutschland

² Lallemand SAS (Lallemand Animal Nutrition), Toulouse, Frankreich

Einleitung

Die deutsche Ferkelproduktion steht unter Druck. Stetig steigende Futter- und Energiepreise sowie hohe Tierwohl-Anforderungen sind nur einige Treiber der Kosten, die nicht mehr vollständig gedeckt werden können. Um die Wirtschaftlichkeit ihrer Betriebe zu erhalten, prüft und optimiert ein Großteil der Erzeuger derzeit kleinste Stellschrauben im Betriebsmanagement.

Das Futter stellt im Betrieb einen der größten Kostenfaktoren dar. Um Einsparungen zu realisieren, werden in vielen Betrieben die Rationen auf das Minimum an Nährwert-Anforderungen zurückgefahren. Futterergänzer und -zusätze werden aus finanziellen Gründen reduziert oder gar komplett gestrichen. Dass dies einen negativen Einfluss auf Leistung und Gesundheit der Tiere haben kann, wird dabei in Kauf genommen. Futterzusätze verursachen jedoch nicht nur Mehrkosten, sondern können im Gegenteil unter dem Strich zu erheblichen Einsparungen auf den Betrieben beitragen. Dies bleibt jedoch häufig bei der Kostenanalyse unberücksichtigt.

Der Abferkelprozess sowie die anschließende Laktation stellen sicherlich die kritischsten Phasen der Ferkelproduktion dar. Nach Untersuchungen von Hoy (2000) und Hellbrügge (2007) tritt am ersten Lebenstag der größte Anteil an Verlusten mit einer Häufigkeit von 25 – 31 % auf. Danach folgt der zweite und dritte Lebenstag mit jeweils etwa 15 % (Hellbrügge, 2007). Dies bedeutet nicht nur einen erheblichen ökonomischen Schaden, sondern auch ein ethisches Problem für den Betrieb (Grandinson et al., 2002). Die hohen Sterblichkeitsraten werden multifaktoriell beeinflusst und können durch verschiedene Ansätze im Abferkelmanagement wie Überwachung der Geburt, Sicherstellung der Kolostrumaufnahme, Wurfausgleich, Prestarter-Angebot usw. reduziert werden (Freitag & Messing, 2016).

Der folgende Versuch dokumentiert den Einsatz der Lebendhefe *Saccharomyces cerevisiae boulardii* CNCM I-1079 (Levucell SB, Lallemand Animal Nutrition) im Trage- und Laktationsfutter und dessen positiven Effekt auf die Laktationsleistung mit besonderem Augenmerk auf die Ferkelsterblichkeit. Zudem wird dargestellt, welchen wirtschaftlichen Mehrwert der Einsatz der Lebendhefe haben kann, um die Profitabilität eines Betriebes zu steigern.

Material und Methoden

In den Jahren 2020 und 2021 wurde auf drei deutschen kommerziellen Ferkelproduktionsbetrieben ein Praxisfütterungsversuch durchgeführt. Die Anwendung der Lebendhefe *Saccharomyces cerevisiae boulardii* CNCM I-1079 (Levucell SB, Lallemand Animal Nutrition) wurde mit einer Dosierung von 100g Levucell SB Titan je Tonne Sauenfutter (Minimaldosierung von 1×10^9 KBE/kg Futter) 12 Tage vor dem Abferkeln bis zum Absetzen eingesetzt, um einen möglichen positiven Effekt der Lebendhefe auf die

Reduktion von durch Rota-Viren verursachten Ferkeldurchfall zu erfassen. Die Kontrollphase startete für alle Betriebe im Sommer 2020 bis Anfang 2021. Danach wurde die Lebendhefe im Futter eingesetzt. Die ersten zwei Monate galten als sogenannte „Übergangsphase“, wobei die dort erhobenen Daten bei der Ergebnisanalyse nicht berücksichtigt wurden. Je nach Betrieb folgte darauf der Einsatz der Lebendhefe für zwei bis drei Monate. Es wurden folgende Parameter erhoben: Wurfgröße von Geburt bis zum Absetzen, Sterblichkeitsrate der Ferkel (%) sowie die Häufigkeit an Durchfallaufkommen der Ferkel.

Ergebnisse

Nach Auswertung der vorliegenden Daten konnten folgende Ergebnisse für die jeweiligen Betriebe dokumentiert werden:

Die Ferkelsterblichkeit pro Wurf von Betrieb 1 lag in der Kontrollphase bei durchschnittlich 22,5 %. In der Levucell-Phase reduzierte sich dieser Wert signifikant auf durchschnittlich 17,28 % ($p < 0,001$; Abb. 1). Zudem war die Anzahl an abgesetzten Ferkeln in der Levucell-Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe um +0,7 Ferkel je Wurf signifikant erhöht ($p < 0,001$; Tab. 1).

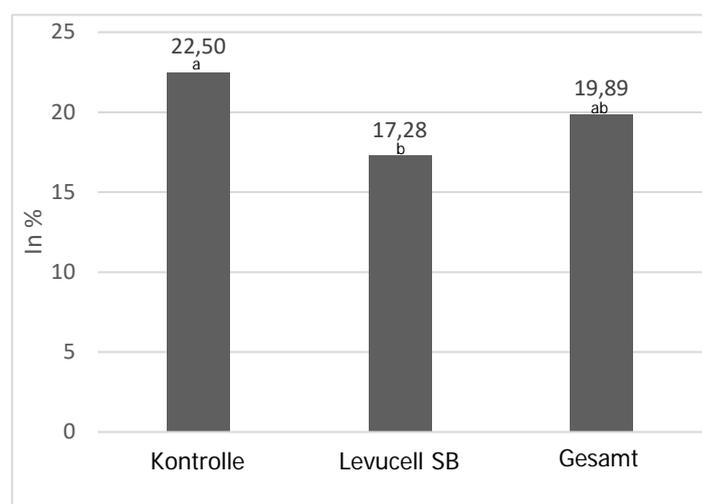


Abb. 1: Ferkelsterblichkeit pro Wurf in Betrieb 1 (in %)

Tab. 1: Wurfgröße pro Wurf in Betrieb 1

	Kontrolle	Levucell SB	Insgesamt	SEM	p-Wert
Anzahl Würfe	670	233	903	-	-
Lebend geboren	16,74	16,41	16,57	0,152	0,286
Tot geboren	2,85	2,56	2,70	0,108	0,175
Abgesetzt	12,62	13,30	12,96	0,09	<0,001

In Betrieb 2 lag die Ferkelsterblichkeit pro Wurf in der Kontrollphase bei durchschnittlich 12,55 %; in der Levucell-Phase bei 11,41 % mit einem numerischen Unterschied von -1,1 Prozentpunkten

($p=0,155$, Abb. 2). Zudem konnte ein signifikanter Unterschied zwischen der Kontrollphase und der Levucell-Phase hinsichtlich der lebend geborenen Ferkel (+0,9 Ferkel pro Wurf, $p<0,001$) und der abgesetzten Ferkel (+0,4 Ferkel pro Wurf, $p<0,001$) erfasst werden (Tab. 2).

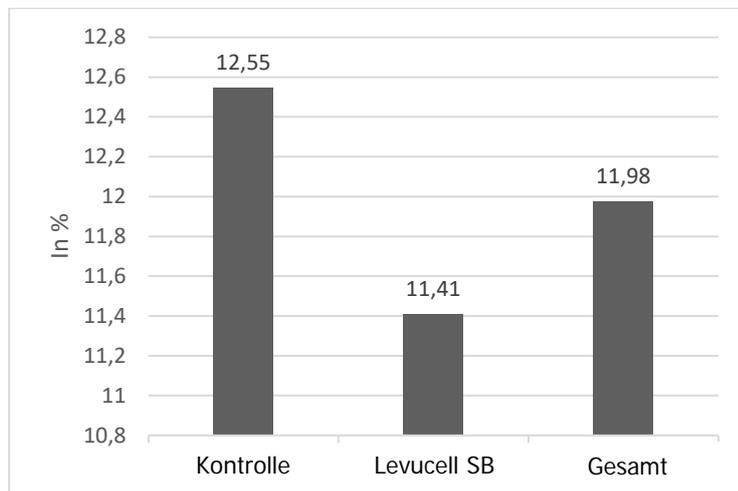


Abb. 2: Ferkelsterblichkeit pro Wurf in Betrieb 2 (in %)

Tab. 2: Wurfgröße pro Wurf in Betrieb 2

	Kontrolle	Levucell SB	Insgesamt	SEM	p-Wert
Anzahl Würfe	543	222	765	-	-
Lebend geboren	16,07	16,96	16,52	0,156	<0,001
Tot geboren	1,62	1,57	1,59	0,069	0,703
Abgesetzt	13,21	13,61	13,41	0,056	<0,001

In Betrieb 3 lag die durchschnittliche Ferkelsterblichkeit pro Wurf bei 13,78% in der Kontrollphase und bei 11,41 % in der Levucell-Phase mit einem numerischen Unterschied von -1,8 Prozentpunkten ($p=0,07$, Abb. 3). Zudem konnte ein statistischer Trend hinsichtlich der lebend geborenen Ferkel in der Levucell-Phase (+0,5 lebend geborene Ferkel je Wurf, $p=0,071$), sowie ein signifikanter Anstieg von +0,3 abgesetzten Ferkel je Wurf ($p=0,013$, Tab. 3) dokumentiert werden. Außerdem zeigte sich in der Levucell-Phase eine signifikante Reduktion der Totgeburten um 0,3 Ferkel je Wurf ($p=0,012$, Tabelle 3).

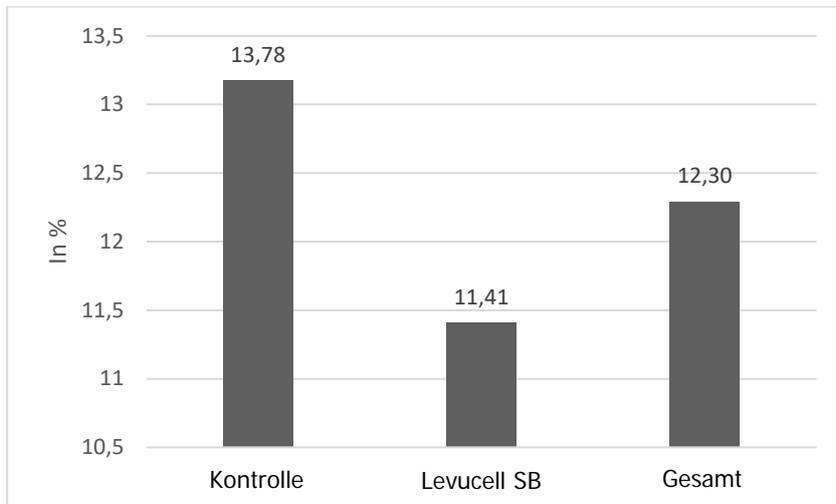


Abb. 3: Ferkelsterblichkeit pro Wurf in Betrieb 3 (in %)

Tab. 3: Wurfgröße pro Wurf in Betrieb 3

	Kontrolle	Levucell SB	Insgesamt	SEM	p-Wert
Anzahl Würfe	620	228	848	-	-
Lebend geboren	15,46	15,94	15,70	0,133	0,071
Tot geboren	1,64	1,26	1,45	0,076	0,012
Abgesetzt	12,55	12,87	12,71	0,064	0,013

Diskussion

Der Abferkelprozess sowie die anschließende Laktation sind kritische, aber essenzielle Phasen in der Ferkelproduktion, die große Auswirkungen auf die Profitabilität eines Betriebes haben. Da die Ferkel in diesen Zeiträumen nur mit einem unvollständig ausgeprägten Immunsystem ausgestattet sind, sind sie besonders anfällig für alle Erregerformen, die in den Betrieb eindringen. Dies zeigt sich häufig in starken Durchfallvorkommen bei den Saugferkeln, beispielsweise bedingt durch Rota-Viren, wie es auch in den drei Versuchsbetrieben der Fall war.

In allen drei Versuchsbetrieben wurde zu Beginn des Versuches das Rota-Virus nachgewiesen, welches insbesondere in Betrieb 1 starke Durchfälle bei den Ferkeln auslöste und in einer hohen Ferkelsterblichkeitsrate resultierte. Nach Einsatz der Lebendhefe *S.c. boulardii* (Levucell SB) im Sauenfutter konnte in allen drei Betrieben ein Rückgang der Saugferkelsterblichkeitsrate festgestellt werden. Für Betrieb 1 war diese Reduktion signifikant, in den anderen zwei Betrieben war ein numerischer Rückgang zu beobachten. Obwohl das Hauptziel der Studie darin bestand, die Wirkung von Levucell SB auf die Verringerung von durch Rota-Viren verursachten Durchfall zu untersuchen, war

es nicht möglich, die Rolle von Levucell SB bei der Verringerung dieses Durchfalls messbar zu bestätigen oder zu widerlegen. Nur visuelle Zeichen und Rückmeldungen der Betriebe können Ergebnisse für diesen Punkt darstellen.

Deutlich wurde allerdings der positive Effekt der Lebendhefe auf den Abferkelprozess und die Ferkelqualität. Dieser Effekt wird durch die für alle drei Betriebe signifikant erhöhte Anzahl an abgesetzten Ferkeln (zwischen +0,3 und +0,7 Ferkel je Wurf) bestätigt. In Betrieb 3 wurde zudem ein signifikanter Effekt auf die Reduktion der Anzahl an Totgeburten dokumentiert. Da hier zusätzlich zum Levucell SB eine leicht fermentierbare Faserkomponente gefüttert wurde, konnte nach Aussage des Landwirtes der Geburtsprozess nochmal beschleunigt und vereinfacht werden, sodass deutlich weniger tot geborene Ferkel (-0,3 Ferkel pro Wurf) erfasst wurden.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass der Einsatz der Lebendhefe bei der Sau sich vorteilhaft sowohl auf den Geburtsprozess als auch auf die anschließende Laktation auswirkt. Alle durch den Einsatz resultierenden Ergebnisse können die Profitabilität des Betriebes steigern. Interne Berechnungen zeigen, dass +0,5 mehr abgesetzte Ferkeln je Wurf (Durchschnitt der Versuchsergebnisse) bei einer Betriebsgröße von 400 Sauen und 2,3 Würfen/Sau/Jahr, 460 Ferkel mehr im Jahr bedeuten, die abgesetzt werden können. Dies kann nach Abzug der Produktkosten einen Gewinn von knapp 10.000 € pro Jahr ausmachen (Lallemand Animal Nutrition, interne Daten, Ferkelpreis von August 2022).

Quellenverzeichnis

Freitag M., Messing D., 2016, „So große Würfe managen - Welche Maßnahmen zur Reduzierung der Ferkelverluste setzen Spitzenbetriebe um? Lassen sich Empfehlungen ableiten?“ SUS, 2016(1), S. 30-35

Grandinson K., Lund M.S., Rydhmer L., Strandberg F., 2002, Genetic Parameters for the Piglet Mortality Traits Crushing, Stillbirth, and Total Mortality, and their Relation to Birth Weight. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A, Animal Science, 52/2002, S. 167-173.

Hellbrügge B., 2007, Genetic Aspects Of Piglet Losses And The Maternal Behaviour Of Sows. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität Kiel.

Hoy S., 2000, Saugferkelverluste reduzieren und Ferkelqualität verbessern – Häufigkeit, Ursachen und wirtschaftliche Bedeutung von Ferkelverlusten. In: 1.KB-Workshop „Saugferkelverluste“, Ascheberg.

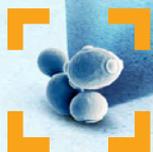
Lallemand Animal Nutrition, 2022, Interne Daten: Berechnung der Profitabilität der Lebendhefe (Levucell SB) im Trage- und Laktationsfutter (Produkt- und Ferkelpreis Stand August 2022)

Autorenanschrift:

Dr. Elisabeth ZiBler
Lallemand-DHW GmbH
Färberstr. 22-24
95126 Schwarzenbach a. d. Saale
ezissler@lallemand.com



MIKROSKOPISCHE HEFE,
**MAKROSKOPISCHE
EFFEKTE!**




Levucell SB

LEVUCELL SB verbessert den Verdauungskomfort der Sauen und stimuliert die Futtermittelaufnahme während der Laktation, auch unter Hitzestressbedingungen. Mit **LEVUCELL SB** gefütterte Sauen kommen schnell in die Laktation und nutzen ihre Körperreserven besser, was wiederum dazu beiträgt, das Wachstum und die Überlebensrate der Würfe bis zum Absetzen zu verbessern.

Effekt einer Zulage von pansengeschütztem Biotin bei Milchkühen – ein Praxisversuch

Hendrik Stenkamp und Michael Hovenjürgen

BEWITAL agri GmbH & Co. KG, Südlohn-Oeding, Deutschland

Einleitung

Biotin kann, wie alle Vitamine des B-Komplexes, von den Mikroorganismen im Pansen von Wiederkäuern gebildet werden. Bisher wurde vielfach angenommen, dass diese ruminale Synthese zusammen mit der Aufnahme über das Futter, die Versorgung der Milchkuh sichert. Durch Fortschritte im Bereich der Milchkuhhaltung, in Form von Entwicklungen in Zucht, Management sowie leistungs- und bedarfsgerechter Fütterung, konnten deutliche Steigerungen der Milchleistung erzielt werden. Bei hochleistenden Milchkühen bestehen zunehmend Zweifel, ob die ruminale Synthese der wasserlöslichen Vitamine ausreichend ist. Neuere Ergebnisse deuten darauf hin, dass der Bedarf unter bestimmten Bedingungen die aufgenommene, bzw. intestinal verfügbare Menge übersteigt.

Biotin, als eines der wasserlöslichen Vitamine, hat eine Schlüsselfunktion als Coenzym sowohl im Glukose- als auch im Fettstoffwechsel. Gleichzeitig ist es wichtig für die Festigkeit und Struktur des Hufhorns. Versuche zeigten, dass eine Zulage von 20 mg Biotin je Kuh und Tag positive Einflüsse auf die Milchleistung und die Klauengesundheit hat (Chen et al., 2011). Die Zulage von 20 mg Biotin je Kuh und Tag wird in der Praxis bei hohen Milchleistungen allgemein mit positiven Effekten auf Milchleistung und Klauengesundheit verknüpft.

Versuche von Santschi et al. (2005) zeigten jedoch, dass mehr als 45 Prozent des Biotins vor dem Erreichen des Duodenums verschwinden. Weitere Ergebnisse zeigten zudem, dass es keinen direkten Zusammenhang zwischen dem eingetragenen Biotin aus dem Futter und dem ausgetragenen Biotin nach Verlassen des Pansens gibt (Schröder, 2004).

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es daher, die Effekte einer Zulage von pansengeschütztem Biotin unter praxisüblichen Bedingungen zu testen und die Auswirkungen auf die Milchleistung und die Klauengesundheit zu überprüfen.

Material und Methoden

Auf einem Milchviehbetrieb in Nordrhein-Westfalen wurde von Februar bis Dezember 2021 ein Fütterungstest durchgeführt. Die Herdenleistung betrug im Mittel 13.100 kg je Kuh und Jahr. Die 140 Kühe des Betriebes wurden in einer Gruppe im Boxenlaufstall gehalten und täglich zweimal gemolken. Die Tiere hatten freien Zugang zu einem Laufhof. Das Fress-/Liegeplatzverhältnis betrug 1:1.

Alle Kühe erhielten über den gesamten Testzeitraum die gleiche, täglich frisch vorgelegte Total-Misch-Ration (TMR). Die Zusammensetzung der vorgelegten TMR ist in Tabelle 1 angegeben und wurde im Testzeitraum nicht verändert. Zu Beginn des Tests wurde eine Milchkontrolle durchgeführt, die dann im Abstand von jeweils ca. 30 Tagen wiederholt wurde.

Nach fünf Monaten (Februar-Juni) wurde die Ration um die Zulage von 10 mg pansengeschütztem Biotin (BEWI-FATRIX® Biotin) je Kuh und Tag ergänzt. Der Monat Juli diente als Transitmonat und wurde nicht in die Auswertung mit einbezogen. Die Zulage wurde dann für weitere fünf Monate (August-Dezember)

gefüttert. Im Anschluss wurden die Perioden verglichen. Das pansengeschützte Biotin wurde über ein Mischprodukt mit pansengeschütztem Fett und pansengeschütztem Methionin in die TMR eingemischt, um eine gleichmäßige Einbringung zu gewährleisten.

Tabelle 7: Zusammensetzung und Gehalte der vorgelegten TMR

Komponente	kg Trockenmasse je Kuh und Tag
Maissilage (7,3 MJ NEL/kg TM)	8,5
Grassilage (7,4 MJ NEL/kg TM)	6,5
Luzerneheu	1,4
Rapsextraktionsschrot	2,8
Sojaextraktionsschrot	1,1
Körnermais	3,4
Roggen	1,4
Mineralfutter Hefe + Salz + Calciumcarbonat	0,4
Pansengeschütztes Fett	0,27
Pansengeschütztes Methionin (BEWI-FATRIX® Methionine)	30g je Kuh und Tag
BEWI-FATRIX® Biotin	1g je Kuh und Tag

Aus den durchgeführten Milchkontrollen wurden die Daten für die Milchmenge und Milchinhaltsstoffe ausgewertet. Zudem wurde die energiekorrigierte Milchleistung (ECM) über die Formel $ECM (kg) = \text{Milch (kg)} * ((0,38 * \text{Fett\%} + 0,21 * \text{Eiweiß\%}) + 1,05) / 3,28$ berechnet. Die täglich produzierte Menge an Milchfett und Milcheiweiß wurde als Produkt aus der Milchmenge und dem prozentualen Anteil des jeweiligen Inhaltsstoffes berechnet. Als statistischer Test wurde ein zweiseitiger T-Test für gepaarte Stichproben durchgeführt. Das angenommene Signifikanzniveau lag bei $\alpha=0,05$.

Zur Überprüfung der Klauengesundheit wurde der professionelle Klauenpfleger des Betriebes befragt, der nach der Periode mit Zulage von pansengeschütztem Biotin alle Tiere begutachtete. Zudem wurde die kontinuierliche Dokumentation der Klauenpflege ausgewertet. Auf eine statistische Auswertung der Daten zur Klauengesundheit wurde verzichtet.

Ergebnisse

Zunächst wurden für alle zehn in die Auswertung einbezogenen Milchkontrollen die trockenstehenden oder abgegangenen Tiere ausgeschlossen. Es wurden 63 Kühe (n= 63) je Testzeitraum in die Auswertung einbezogen. Die Laktationstage (DIM) der Kühe in den beiden Testzeiträumen lag im Mittel bei 190 Tagen für die erste Periode und bei 189 Tagen für die zweite Periode mit Zulage von pansengeschütztem Biotin. Der Färsenanteil lag im Mittel bei 25,4 Prozent über beide Testzeiträume. Die mittlere Anzahl Laktationen lag in der ersten Periode bei 3,02 Laktationen und in der zweiten Periode bei 3,46.

Die Entwicklung der Milchleistung und der Milchfett- sowie Milchproteinmenge der einzelnen Perioden ist in Abbildung 1 dargestellt. Die tägliche Milchmenge je Kuh war durch die Zulage von 10 mg pansengeschütztem Biotin je Kuh und Tag um 3,13 kg je Kuh und Tag signifikant höher als in der Periode ohne Zulage (41,83 kg vs. 44,96kg, $p < 0,016$). Mit der Zulage von pansengeschütztem Biotin konnte eine signifikante Steigerung der ECM um 4,34 kg je Kuh und Tag beobachtet werden (41,95 kg vs. 46,29 kg, $p < 0,0001$). Für die Milch Inhaltsstoffe Fett und Eiweiß wurden signifikant erhöhte Mengen von 0,22 kg je Kuh und Tag für Milchfett ($p < 0,0001$) und 0,12 kg je Kuh und Tag für Milcheiweiß ($p < 0,0002$) durch die Zulage von pansengeschütztem Biotin festgestellt. Der Milhharnstoffgehalt sank im Vergleich mit der Periode ohne pansengeschützte Biotinzulage von im Mittel 187 mg/Liter auf 178 mg/Liter in der Periode mit pansengeschütztem Biotin ($p < 0,0017$).

Hinsichtlich Klauengesundheit konnte festgestellt werden, dass im Vergleich zu vorherigen Behandlungsterminen kein Auftreten von weiße-Linien Defekten mehr beobachtet werden konnte.

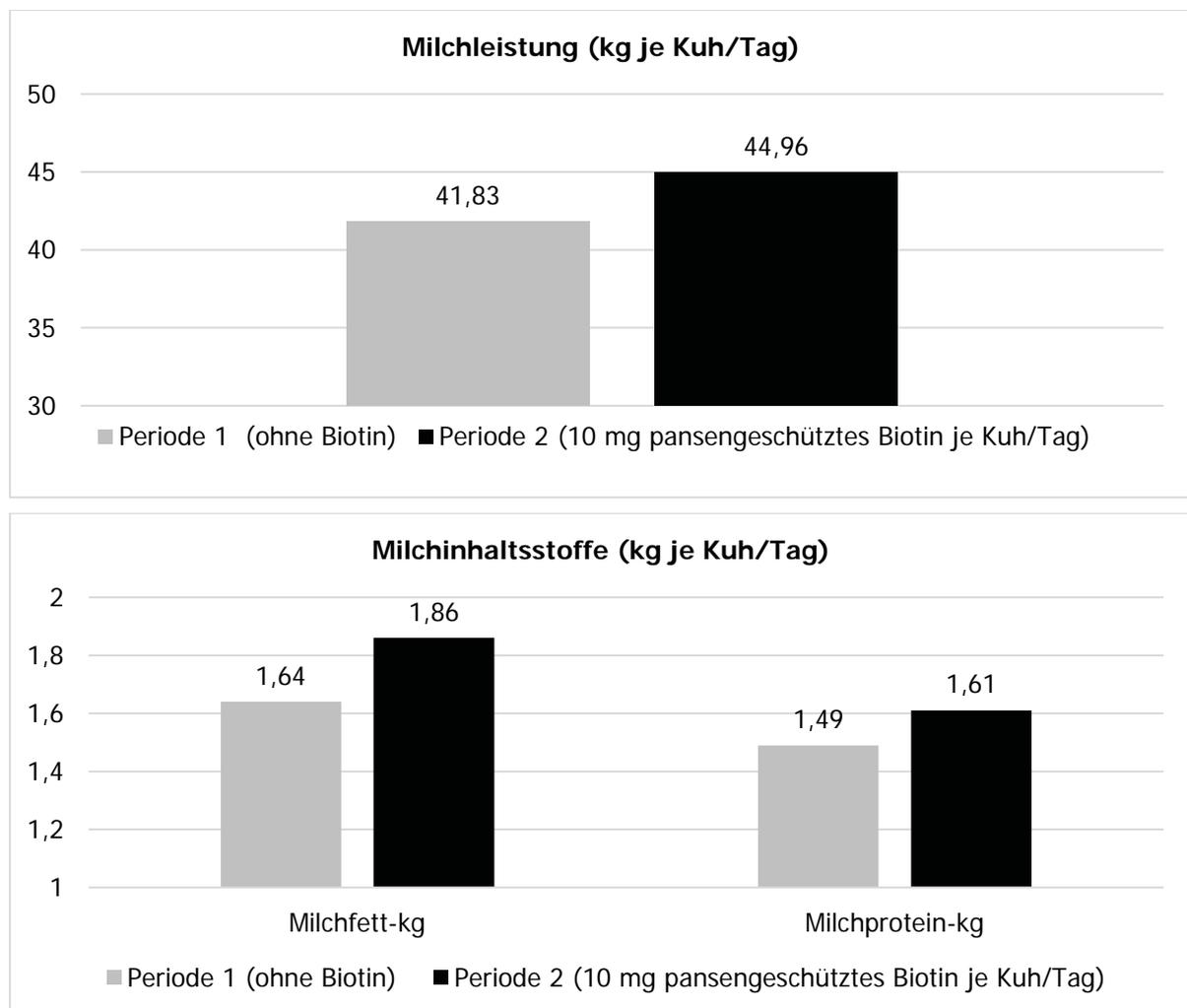


Abbildung 1: und der Milchinhaltsstoffmengen Entwicklung der Milchleistung

Diskussion

Aus der Literatur ist bisher kein Versuch bekannt, der einen Einsatz von pansengeschütztem Biotin beschreibt. Eine Meta-Analyse von Chen et al. (2011) zeigte, dass in sechs von elf berücksichtigten Versuchen signifikant positive Einflüsse durch ungeschütztes Biotin auf die Milchmenge festgestellt werden konnten. In acht von elf Versuchen wurden 20mg je Tier und Tag ungeschütztes Biotin zugelegt. Weitere drei der elf Versuche dosierten 0,96 mg je kg Trockenmasseaufnahme je Kuh und Tag. Insgesamt führte die Zulage von Biotin zu einer im Mittel um 1,66 kg gesteigerten Milchmenge. Die MilCHFett- und Milcheiweißmengen stiegen um jeweils 0,05 kg je Kuh und Tag durch die Zulage von pansengeschütztem Biotin.

Die Milchmengensteigerung im Versuch liegt über den Ergebnissen der Meta-Analyse von Chen et al. (2011) für ungeschütztes Biotin. Aufgrund der von Santschi et al. (2005) beschriebenen hohen ruminalen Abbaurate von Biotin ist die Hypothese plausibel, dass durch die Schutzmatrix eine gesteigerte Effizienz aufgrund verringerter Verluste im Pansen erreicht werden konnte, die zu einer deutlichen Steigerung der Milchleistung führte.

Ein positiver Effekt auf die Klauengesundheit konnte ausschließlich anhand der Dokumentation der Klauenpflegemaßnahmen beobachtet werden. Nach der Zulage von pansengeschütztem Biotin wurde kein Auftreten von weiße-Linien Defekten mehr dokumentiert. Eine Reduktion um über 50 Prozent konnte auch von Midla et al. (1998) beobachtet werden. Des Weiteren konnte in einem Versuch mit 2705 Kühen von 20 Betrieben in einer Doppelblindstudie, über einen Testzeitraum von 13 Monaten durch die Zulage von 20 mg Biotin je Kuh und Tag, die Anzahl der auftretenden Lahmheiten reduziert werden. In der Kontrollgruppe konnten 183 Lahmheitsfälle dokumentiert werden und in der Gruppe mit Biotinzulage 74 Fälle, was einer Differenz von ca. 60 Prozent entspricht. Im vorliegenden Versuch wurde Biotin über einen Zeitraum von fünf Monaten in pansengeschützter Form zugelegt. Nach Weiss und Ferreira (2006) benötigt es zwischen zwei und drei Monaten bis erste Effekte auf die Klauen sichtbar werden. Erst nach sechs Monaten können auch Reduzierungen des Auftretens klinischer Lahmheiten beobachtet werden (Weiss und Ferreira, 2006).

Die Aussagen des zuständigen Klauenpflegers des Testbetriebes deuten zudem darauf hin, dass die Stabilität der Klauen zugenommen hat. Genauere messbare Ergebnisse lagen zum Testende nicht vor.

Schlussfolgerung

Durch den Einsatz von 10 mg pansengeschützten Biotin (BEWI-FATRIX® Biotin) je Kuh und Tag konnte die Milchleistung und die Klauengesundheit der Kühe verbessert werden. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass bei hohen Leistungen die ruminale Syntheseleistung der Pansenmikroben zusammen mit der natürlich im Futter vorkommenden Menge an Biotin nicht ausreichend ist. Eine effektiv pansengeschützte und bioverfügbare Biotinquelle kann hier einen positiven Beitrag zur Steigerung der Tiergesundheit und der Milchleistung leisten.

Literatur:

Chen, B.; Wang, C.; Wang, Y. M.; Liu, J. X. (2011): Effect of biotin on milk performance of dairy cattle: A meta-analysis; Veröffentlicht in: Journal of Dairy Science (94), S. 3537-3546.

Fitzgerald, T.; Norton, B. W.; Elliott, R.; Podlich, H.; Svendsen, O. L. (2000): The Influence of Long-Term Supplementation with Biotin on the Prevention of Lameness in Pasture Fed Dairy Cows; Veröffentlicht in: Journal of Dairy Science (83), S. 338-344.

Midla, L. T.; Hoblet, K. H.; Weiss, W. P.; Moeschberger, M. L. (1998): Supplemental dietary biotin for prevention of lesions associated with aseptic subclinical laminitis (pododermatitis aseptica diffusa) in primiparous cows. Veröffentlicht in: American Journal of Veterinary Research, 59(6), 733-738.

Santschi, D. E.; Berthiaume, R.; Matte, J. J.; Mustafa, A. F.; Girard, C. L. (2005): Fate of supplementary B-Vitamins in the gastrointestinal tract of Dairy Cows; Veröffentlicht in: Journal of Dairy Science (88), S. 2043-2054.

Schröder, B. (2004): Untersuchungen zum ruminalen Biotinumsatz beim Rind; Dissertation.

Weiss, W. P.; Ferreira, G. (2006): Water soluble Vitamins for Dairy Cattle; Veröffentlicht in: Tri-State Dairy Nutrition Conference (25. – 26.04.2006)

Autorenanschrift:

Hendrik Stenkamp und Michael Hovenjürgen
Industriestraße 10
46354 Südlohn-Oeding
Deutschland
E-Mail: h.stenkamp@bewital.de / m.hovenjuergen@bewital.de

Prüfung der Wirksamkeit von TMR/PMR-Stabilisatoren für das DLG-Qualitätssiegel

Mariana Schneider¹, Barbara Misthilger¹, Ewald Kramer²

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft (ITE), Grub

² ISF GmbH, Pinneberg

Einleitung

Mikrobieller Verderb unter Lufteinfluss kann insbesondere bei höheren Umgebungstemperaturen zur Erwärmung von Totalmischrationen (TMR) bzw. Teilmischrationen (PMR) führen und ist ein relativ verbreitetes Problem in der Fütterung von Wiederkäuern. Diese Nacherwärmung ist vor allem auf die Aktivität von Hefen zurückzuführen und ist mit Energieverlusten, verminderter Verdaulichkeit und reduzierter Futteraufnahme verbunden (Gerlach et al., 2014, Whitlock et al., 2000). Verschiedene Faktoren wie geringer Trockenmassegehalt, erhöhte Umgebungstemperatur und hoher mikrobiologischer Besatz verstärken die Problematik (Martens und Steinhöfel, 2019). Derzeit sind verschiedene Produkte auf dem europäischen Markt erhältlich, die die aerobe Stabilität von Futtermischungen stabilisieren sollen und so die Futteraufnahme sowie die Gesundheit und das Leistungsvermögen der Tiere fördern können. Für einen gesicherten Wirksamkeitsnachweis solcher Zusätze wurde eine neue DLG-Prüfrichtlinie für die Verleihung des Qualitätssiegels für TMR/PMR-Stabilisatoren (DLG, 2022) entwickelt, bei der die Wirksamkeit der Produkte in unabhängigen und kompetenten Prüfinstituten untersucht werden muss. Neben der Erstprüfung ist das Qualitätssiegel für TMR/PMR-Stabilisatoren auch mit einer kontinuierlichen Überwachungsprüfung verbunden. Ähnlich wie bei der Produktgruppe der Siliermittel, ergibt sich dadurch für die landwirtschaftliche Praxis der Vorteil, bei einer Vielzahl an verfügbaren Produkten auf ihre Wirksamkeit geprüfte und überwachte TMR/PMR-Stabilisatoren zurückgreifen zu können. Die Prüfung soll im Folgenden anhand eines Beispiels dargestellt werden.

Material und Methoden

Drei TMR/PMR-Stabilisatoren wurden im März 2022 hinsichtlich ihrer Wirkung zur Verminderung des aeroben Verderbs nach den Vorgaben der Prüfrichtlinie für die Verleihung und Führung des DLG-Qualitätssiegels für TMR/PMR-Stabilisatoren der DLG (2022) geprüft. Dabei ist die Wirksamkeit der Produkte im Vergleich einer behandelten Mischration (Behandlung) mit einer unbehandelten Kontrollmischration (Negativkontrolle) im Laborversuch zu untersuchen. Um das Wirkungspotential unter den gegebenen Umständen einschätzen zu können, ist ergänzend eine Variante mit Propionsäure ($\geq 99,5$ %, 4,5 L/t Originalmasse) zu prüfen (Positivkontrolle).

Für den Versuch wurde eine mittels Futtermischwagen frisch angemischte PMR aus einem Praxisbetrieb (Melkroboter) aus Oberbayern herangezogen. Die Zusammensetzung der eingesetzten Mischration gestaltete sich wie folgt (Basis Frischmasse): Grassilage (52,7 %), Maissilage (35,6 %), Rapsextraktionsschrot (3,1 %), Körnermais (2,9 %), Heu (2,2 %), Weizen (1,3 %), Rapsextraktions-schrot pansenstabil (1,0 %), Sojaextraktionsschrot (0,78 %), Mineralfutter (0,35 %), Futterharnstoff (0,10 %) und Sojaöl (0,02 %). Die Berechnung der Ration erfolgte für eine Leistung von 23 kg Milch je

Kuh und Tag mit 3,5 % Eiweiß und 4,0 % Fett und einer Lebendmasse von 675 kg. Die Mischung verfügte über 142 g Rohprotein, 255 g ADFom (Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung), 397 g aNDFom (Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung) und 6,11 MJ Nettoenergie je kg TM (Analyseergebnis der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Labor der Abteilung Laboranalytik in Grub). Zur weiteren Charakterisierung der Mischration wurde die Bestimmung des Besatzes an Hefen und Schimmelpilzen in der PMR in dreifacher Wiederholung zu Versuchsbeginn beim Tiergesundheitsdienst Bayern e.V. in Grub durchgeführt (Oberflächenspatelverfahren).

Gemäß Prüfvorschrift sollte der Trockenmassegehalt der zur Prüfung herangezogenen TMR/PMR zwischen 35 und 40 % liegen, was gegebenenfalls durch das Zufügen von Wasser zu erreichen ist und dazu dienen soll, den aeroben Verderb zu provozieren. Die mittels Mikrowelle geschätzte Trockenmasse der vorliegend geprüften PMR lag mit 40 % an der oberen Grenze der Vorgaben. Um den Effekt der Rückbefeuchtung auf den aeroben Verderb und die Wirkung der Prüfprodukte zu erfassen, wurden die verschiedenen Varianten (Kontrolle, Produkte, Propionsäure) neben der PMR in Original-Trockenmasse auch an der auf 35 % TM rückbefeuchteten PMR untersucht.

Bei den vorliegend geprüften TMR/PMR-Stabilisatoren handelte es sich um zwei flüssige und ein granuliertes Produkt. Bei Produkt A (flüssig) waren die wirksamen Bestandteile Natriumbenzoat und Natriumdiacetat. Bei Produkt C (flüssig) Propionsäure, Natriumpropionat und Natriumbenzoat. Produkt B (Granulat) beinhaltete Kaliumsorbitat und Natriumformiat. Alle Stabilisatoren wurden nach Herstellervorgaben mit 3 l bzw. 2 kg je t TMR beaufschlagt wurden. Bei den Varianten mit der PMR in Original-Trockenmasse wurden die Stabilisatoren gleichmäßig aufgebracht und gut untergemischt. Bei den rückbefeuchteten Varianten wurden die flüssigen Produkte gemäß Prüfvorschrift mit der für die Originalmasse berechneten Dosierung in das Wasservolumen zur Rückbefeuchtung hinzugegeben und eingemischt. Das Granulat wurde vor der Rückbefeuchtung eingearbeitet. Die Applikation der Propionsäure für die Herstellung der Positivkontrollen wurde analog zur Vorgehensweise für die flüssigen Stabilisatoren mit einer Dosierung von 4,5 l/t Originalmasse vorgenommen. Nach der Beprobung jeder Variante für die Bestimmung des pH-Werts (dreifach) und des Trockenmassegehalts (dreifach, Trockenschrank) erfolgte die Prüfung der aeroben Stabilität (ASTA). Dazu wurde die PMR mit einem Temperaturlogger (RC-51, Elitech UK Ltd.) in ASTA-Becher gefüllt, die im Boden und im Deckel über ein Loch verfügten, welches einen Luftaustausch ermöglichte (vgl. Abbildung 1). Die Füllung der ASTA-Becher (1.000 ml) wurde in 4-facher Wiederholung mit 230 (\pm 5) g PMR/Becher bei der Variante Original-Trockenmasse und 260 (\pm 5) g PMR/Becher bei den rückbefeuchteten Ansätzen angelegt. Die Lagerung der Becher erfolgte in einer Klimakammer bei 25 °C für 72 Stunden in isolierenden Styroporboxen, welche mit Luftschlitzen ausgestattet waren und so einen Luftaustausch ermöglichten. Die Temperaturen der Proben wurden dabei im 30 Minuten-Takt aufgezeichnet. Eine Temperaturerhöhung von \geq 2,0 K über der Umgebungstemperatur wurde gemäß Prüfvorschrift als eindeutiges Zeichen eines beginnenden aeroben Verderbs gedeutet.



Abbildung 1: Becher für den Test auf aerobe Stabilität, leer mit Temperaturloggern (links) bzw. gefüllt mit der unterschiedlich behandelten Mischration (rechts)

Nach Ablauf der 72 Stunden erfolgte die Rückwaage und Öffnung der Becher. Dabei wurde eine Bonitur der Kondenswasserbildung auf einer Skala von 0 (keine Kondenswasserbildung) bis 4 (Triefnass an Wand und Deckel) durchgeführt. Außerdem wurde der Besatz mit Hefen und Schimmel beurteilt, ebenfalls auf einer Skala von 0 (frei von Hefen und Schimmel) bis 4 (total verdorben). Nach Homogenisierung der Proben erfolgte die Bestimmung der pH-Werte. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mittels Varianzanalyse mit dem Programmpaket SAS (Version 9.4, SAS Institut, Cary, NC, USA) mit der Prozedur PROC GLM.

Ergebnisse und Diskussion

Neben dem Einfluss von Sauerstoff begünstigen hohe Ausgangshefegehalte die Nacherwärmung (Kung et al., 1998; Seppälä et al., 2012). Der mikrobiologische Befund der frischen PMR lag bei 5,1 log KbE/g und ist hier als kritisch einzustufen, da eine Hefebesatz von > 5 log KbE/g zu einer schnellen Erwärmung von TMR führen kann (Seppälä, 2020).

Die Ergebnisse der Tests auf aerobe Stabilität der Varianten der PMR in Original-Trockenmasse und den rückbefeuchteten Varianten sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengefasst. Hinsichtlich Trockenmasse und pH-Wert zu Versuchsbeginn gab es erwartungsgemäß keine Unterschiede.

Die aerobe Stabilität in Stunden bis Überschreitung der Proben temperatur um $\geq 2,0$ K über Raumtemperatur lag bei der rückbefeuchteten Kontrolle mit 37,5 Stunden deutlich unter der der Kontrolle der Original-Trockenmasse (62,3 Stunden). Dies ist sowohl auf die mit abnehmendem Wassergehalt sinkende Wärmekapazität und -leitfähigkeit als auch auf die eingeschränkte mikrobielle Aktivität in einer trockeneren Umgebung zurückzuführen (Martens und Steinhöfel, 2019). Die Behandlung der PMR mit einer hohen Propionsäurekonzentration (4,5 l/t) führte in beiden Trockenmassestufen zu einer signifikanten Erhöhung der aeroben Stabilität. Durch die vorliegend geprüften TMR/PMR-Stabilisatoren konnte dabei eine vergleichbare Verbesserung der aeroben Stabilität im Sinne von Temperaturentwicklungen erzielt werden. Ein Temperaturanstieg von 2 oder 3 K über die Umgebungstemperatur ist international als solider Indikator für aerobe Instabilität von Silagen anerkannt (Cherney et al., 2003; O'Kiely, 1993; Prüfrichtlinie Siliermittel DLG, 2018). Der mikrobielle Verderb unter Lufteinfluss geht jedoch nicht immer mit einer deutlichen Erwärmung einher, daher sollten neben der Temperatur auch zusätzliche Indikatoren für die aerobe Atmung überwacht werden (Martens und Steinhöfel, 2019; Shan et al., 2021).

Tabelle 1: Ergebnisse der Parameter des Tests auf aerobe Stabilität (ASTA) der PMR bei den Varianten Original-Trockenmasse zu Versuchsbeginn und nach 72 Stunden Prüfung

Kenngröße	Variante Original-Trockenmasse				
	Kontrolle	Propion- säure	Produkt A	Produkt B	Produkt C
Versuchsbeginn (n=3)					
Trockenmasse, %	40,8 ± 0,34	40,6 ± 0,40	40,9 ± 0,33	41,0 ± 0,55	41,2 ± 0,90
pH-Wert _{ein}	4,00 ± 0,02	3,92 ± 0,02	3,98 ± 0,02	4,02 ± 0,01	3,98 ± 0,01
Auslagerung (n=4)					
pH-Wert _{aus}	4,10 ± 0,01	4,05* ± 0,02	4,10 ± 0,01	4,16* ± 0,02	4,10 ± 0,02
Bonitur Schimmel ¹	0	0	0	0	0
Bonitur Hefen ¹	0,4 ± 0,25	0*	0*	0,3 ± 0,29	0,3 ± 0,29
Bonitur	0	0	0	0	0
Kondenswasserbildung ¹					
ASTA, h ²	62,3 ± 1,5	72,0* ± 0	72,0* ± 0	72,0* ± 0	72,0* ± 0
Max.	2,6 ± 0,43	-0,3* ± 0,17	-0,1* ± 0,27	-0,1* ± 0,13	0,2* ± 0,18
Temperaturdifferenz, K					
Dauer bis max.	66 ± 1,0	4,8* ± 0,9	50 ± 30,4	50 ± 30,4	66 ± 5,3
Temperaturdifferenz, h					
Frischmasseverluste, %	0,8 ± 0,21	1,1 ± 0,09	1,2* ± 0,10	1,1 ± 0,19	1,0 ± 0,27

¹ Bonitur Skala: 0-4; ² aerobe Stabilität: Stunden bis Überschreitung der Proben temperatur um ≥ 2,0 K über Raumtemperatur (25 °C); * signifikant zur Kontrolle (p<0,05)

Tabelle 2: Ergebnisse der Parameter des Tests auf aerobe Stabilität (ASTA) der PMR bei den Varianten Rückbefeuchtung zu Versuchsbeginn und nach 72 Stunden Prüfung

Kenngröße	Variante rückbefeuchtet				
	Kontrolle	Propion- säure	Produkt A	Produkt B	Produkt C
Versuchsbeginn (n=3)					
Trockenmasse, %	35,8 ± 0,42	35,4 ± 0,47	35,3 ± 0,52	34,8 ± 0,59	35,6 ± 0,38
pH-Wert _{ein}	3,96 ± 0,01	3,91 ± 0,01	3,97 ± 0,02	3,98 ± 0,02	3,97 ± 0,01
Auslagerung (n=4)					
pH-Wert _{aus}	7,14 ± 0,93	4,13* ± 0,01	4,20* ± 0,01	4,25* ± 0,01	4,20* ± 0,01
Bonitur Schimmel ¹	0	0	0	0	0
Bonitur Hefen ¹	0,5 ± 0	0,4 ± 0,25	0,5 ± 0	0,1* ± 0,25	0,25 ± 0,29
Bonitur Kondenswasser- bildung ¹	4,0 ± 0	0*	0*	0*	0*
ASTA, h ²	37,5 ± 0	57,0* ± 0	54,3* ± 0,3	55,0* ± 1,4	54,5* ± 11,8
Max. Temperatur- differenz, K	17,9 ± 10,0	3,1* ± 0,2	2,8* ± 0,4	2,3* ± 0,2	2,6* ± 0,60
Dauer bis max. Tem- peraturdifferenz, h	71 ± 1,3	60* ± 0	56* ± 1,2	56* ± 1,0	51* ± 2,7
Frischmasseverluste, %	3,8 ± 1,48	0,7* ± 0,05	1,1* ± 0,35	1,0* ± 0,22	1,3* ± 0,09

¹ Bonitur Skala: 0-4; ² aerobe Stabilität: Stunden bis Überschreitung der Proben temperatur um ≥ 2,0 K über Raumtemperatur (25 °C); * signifikant zur Kontrolle (p<0,05)

Da im Rahmen des aeroben Verderbs Milchsäure abgebaut wird, ist der pH-Wert nach Versuchsende (pH-Wert_{aus}) eine gute Kenngröße für die aerobe Stabilität. Bei den Varianten der Prüf-PMR in Original-Trockenmasse konnten dabei keine relevanten Unterschiede festgestellt werden. Die pH-Werte lagen nach 72 Stunden noch nahezu auf dem Niveau vom Beginn des Tests. Bei den rückbefeuchteten Varianten lag der pH-Wert nach 72 Stunden bei über 7 während bei den behandelten Varianten nur ein minimaler pH-Wert-Anstieg um 0,1 Einheiten zu verzeichnen war. Ein geringer Besatz mit Hefen konnte in beiden Trockenmassestufen festgestellt werden. Dabei konnte der sichtbare Besatz mit Hefen bei den Varianten in Original-Trockenmasse durch die Behandlung mit Propionsäure und Produkt A verhindert werden. Bei den rückbefeuchteten Varianten führte die Behandlung mit Produkt B zu signifikant geringeren Hefe-Besätzen. Schimmel konnte in keiner Probe festgestellt werden. Bezüglich der Frischmasseverluste waren bei den Varianten in Original-Trockenmasse keine relevanten Unterschiede zu verzeichnen, während bei den rückbefeuchteten Varianten alle Behandlungen im Vergleich zur Kontrolle zu signifikant geringeren Verlusten führten.

Neben den aufgeführten Kriterien zur Beurteilung des aeroben Verderbs der Futtermischungen kann auch das Ausmaß der Nacherwärmung als Indikator für die Wirksamkeit der untersuchten Zusätze herangezogen werden. Bei den Varianten der PMR in Original-Trockenmasse wurden nur bei der unbehandelten Kontrolle moderate Temperaturerhöhungen von 3 °C beobachtet. Im Gegensatz dazu stieg die Temperatur der Kontrolle der rückbefeuchteten Variante im Mittel um 20 °C, wobei sich eine Wiederholung bis auf 57 °C erwärmte. Durch die Behandlung mit Propionsäure und den Prüfprodukten wurde der Nacherwärmungsprozess auf rund 3 °C begrenzt.

Schlussfolgerungen

In einer unabhängigen Prüfung nach den Vorgaben der DLG (2022) konnte die Wirksamkeit von drei TMR/PMR-Stabilisatoren im Vergleich zu einer unbehandelten Kontrolle und einer Variante mit Propionsäurebehandlung geprüft werden. Dafür wurden zwei Trockenmassestufen einer Praxis-PMR herangezogen. Die Rückbefeuchtung auf 35 % Trockenmasse führte dabei zu verstärktem aeroben Verderb innerhalb von 72 Stunden Versuchsdauer. Insgesamt waren die Ergebnisse der Prüfprodukte mit denen der mit Propionsäure behandelten Varianten vergleichbar. Da die vorgegebene Dosierung der Propionsäure mit 4,5 l vergleichsweise hoch war, ist von einer guten Wirkung der drei geprüften Produkte auszugehen. Insgesamt müssen für die Vergabe des entsprechenden DLG-Qualitätssiegels mindestens drei unabhängige Prüfergebnisse an verschiedenen TMR bzw. PMR vorgelegt werden. Dies erhöht die Sicherheit der Prüfung der Wirksamkeit der Produkte. Damit ist das DLG-Qualitätssiegel für TMR/PMR-Stabilisatoren, welches auch mit einer kontinuierlichen Überwachung von Seiten der DLG verbunden ist, ein wertvolles Hilfsmittel für die landwirtschaftliche Praxis bei der Auswahl entsprechender Produkte.

Literatur

Cherney, J. H.; Cherney, D. J. R. (2003): Assessing Silage Quality. In *Silage Science and Technology*, Buxton, D. R., Muck, R. E., Harrison, J. H., Eds.; Madison, Wisconsin, USA, 141-198.

DLG TestService GmbH (2018): „DLG-Prüfrichtlinien für die Verleihung und Führung des DLG-Gütezeichens für Siliermittel, erarbeitet unter Federführung der zuständigen DLG-Kommission Siliermittel und Konservierungsstoffe, unter <https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/tests/informationen-fuer-hersteller/betriebsmittel-pruefungen-und-dienstleistungen/siliermittel> (Stand 08/2022).

DLG TestService GmbH (2022): „DLG-Prüfrichtlinien für die Verleihung und Führung des DLG-Qualitätssiegels für TMR/PMR-Stabilisatoren“, erarbeitet unter Federführung der zuständigen DLG-Kommission Siliermittel und Konservierungsstoffe (in Druck).

Gerlach, K., Ross, F., Weiss, K., Büscher, W. & Südekum, K.H. (2014): Aerobic exposure of grass silages and its impact on dry matter intake and preference by goats. *Small Ruminant Research*, 117 (2-3), 131-141.

Kung, L., Sheperd, A.C., Smagala, A. M., Endres K. A., Bessett C. A., Ranjit, N. K., Glancey, J. L. (1998): The Effect of Preservatives Based on Propionic Acid on the Fermentation and Aerobic Stability of Corn Silage and a Total Mixed Ration. *J. Dairy Sci.*, 81, 1322–1330.

Martens, S. D., Steinhöfel, O. (2019): Development of an Evaluation Scheme for Aerobic Deterioration of Total Mixed Rations. In *Proceedings of the 18th International Symposium Forage Conservation*, Brno, Czech Republic, 13–16. August 2019; Jambor, V., Malá, S., Eds.; Mendel University in Brno: Brno, Czech Republic, 2019; 102-103.

O’Kiely, P. (1993): Influence of a partially neutralised blend of aliphatic organic acids on fermentation, effluent production and aerobic stability of autumn grass silage. *Irish J. of Agric. and Food Res.*, 32, 13-26.

Seppälä, A (2020): Controlling aerobic stability of silage based Total Mixed Rations; Natural Resources Institute Finland (Luke): Helsinki.

Seppälä, A., Heikkilä, T., Mäki, M., Miettinen, H., Rinne, M. (2012): Controlling aerobic stability of grass silage-based total mixed rations. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 179 (1), 54–60.

Shan, G.; Maack, C.; Buescher, W.; Glenz, G.; Milimonka, A.; Deeken, H.; Grantz, D. A.; Wang, Y.; Sun, Y. (2021): Multi-sensor measurement of O₂, CO₂ and reheating in triticale silage: An extended approach from aerobic stability to aerobic microbial respiration. *Biosystems Engineering*, 207, 1-11.

Whitlock, L. A., Wistuba, T., Siefers, M. K., Brent, B. E., Bolsen, K. K., Pope, R. V. (2000): Effect of level of surface-spoiled silage on the nutritive value of corn silage-based rations. *Kansas Agric. Exp. Stn. Res. Reports* 2000, 0, 22-24.

Autorenanschrift:

Dr. Mariana Schneider
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft,
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub
Prof.-Dürrwaechter-Platz 3, 85586 Poing
E-Mail: Mariana.Schneider@LfL.bayern.de

Effekte von Zink-Bisglycinat oder Zinksulfat auf den Zinkstoffwechsel bei heranwachsenden Lämmern

Maximilian Timpfler¹, Anne Winkler¹, Yvonne Christin Link¹, Stephanie L. Hansen²

¹Phytobiotics Futterzusatzstoffe GmbH, 65343 Eltville

²Department of Animal Science, Iowa State University College of Agriculture and Life Sciences, Ames, IA 50011

Einleitung

Das Spurenelement Zink (Zn) ist in zahlreichen physiologischen Prozessen des tierischen Organismus involviert und beeinflusst dadurch unter anderem das Wachstum, die Proteinsynthese und den Knochenstoffwechsel, wobei Muskeln und Knochen den größten Anteil an Zn im Körper ausmachen (Suttle, 2010). Da die nativen Zinkgehalte im Futter nicht ausreichen, um den Bedarf des Tieres zu decken (30 bis 32 mg Zn/kg Trockenmasse [DM] für Schafe und Rinder; NRC, 2007; NASEM, 2016), oder das im Futtermittel enthaltene Zn für das Tier nicht verfügbar ist, erfolgt eine Zugabe von Zn. Diese Zinkquellen können dabei anorganischen (z.B. Zn-Sulfat, ZnSO₄) bzw. organischen Ursprungs (z.B. Aminosäurechelate) sein. Ein neu verfügbares Aminosäurechelate ist Zn-Bisglycinat (Plexomin® Zn 29, Phytobiotics Futterzusatzstoffe GmbH), welches aus zwei Glycin-Molekülen gebunden an ein Zn²⁺ Ion, besteht. In der Wiederkäuerfütterung weisen organische Zn-Quellen eine höhere Bioverfügbarkeit als anorganische Zn-Quellen auf (Wright und Spears, 2004; Pal et al., 2010; Ma et al., 2020), wobei sich nur wenige Studien mit Bisglycinat-gebundenem Zn beschäftigen. Eine Methode zur Bewertung der Bioverfügbarkeit von ergänzenden Zn-Quellen bei Wiederkäuern stellt die Messung der Zn-Absorption und -Retention im Körper dar. Der Hammel wird hierbei als Modeltier für den Wiederkäuer herangezogen.

Ziel der vorliegenden Studie war es, Effekte von Plexomin® Zn 29 im Vergleich mit ZnSO₄ auf die Bioverfügbarkeit, scheinbare Absorption und Retention von Zn bei Lämmern zu quantifizieren. Darüber hinaus wurden sowohl die Auswirkungen der Zugabe unterschiedlicher Zn-Quellen auf die Nährstoffverdaulichkeit als auch die Zn-Konzentration im Plasma und Gewebe sowie die Genexpression von Proteinen, welche am Transport und der Speicherung von Zn beteiligt sind, bestimmt.

Material und Methoden

Tiermaterial und Versuchsdesign: Die tierexperimentelle Studie wurde mit 36 Lämmern auf dem Versuchshof der Iowa State University in Ames (Iowa, USA) durchgeführt. Die Tiere wurden mit einem anfänglichen Körpergewicht von 34 kg in drei Versuchsgruppen (12 Lämmer/Gruppe) in Buchten eingeteilt und erhielten 45 Tage lang ein Futter mit einem Zn-Gehalt unterhalb des empfohlenen Bedarfswerts (Tabelle 1). Die Dokumentation der Tiergewichte erfolgte dabei wöchentlich. Am 46. Versuchstag wurden die Lämmer für eine 15-tägige Verdaulichkeitsstudie (10 Tage Adaptationsphase, 5 Tage Sammelphase) in die Stoffwechselanlage der Iowa State University transportiert, und in Stoffwechselständen (123,2 cm × 41,9 cm × 93,4 cm) randomisiert einer Zn- Behandlungsgruppe zugeteilt (n=12/ Behandlung): 1) Kontrolle ohne Zn-Zugabe (**CON**), 2) Kontrolle + 15 ppm Zn aus ZnSO₄ (**ZS**), und 3) Kontrolle + 15 ppm Zn aus Plexomin® Zn 29 (**GLY**). Dabei wurden Kot und Urin quantitativ gesammelt.

Probennahme und Analytik: Um die Zn-Konzentration im Plasma der Tiere ermitteln zu können, wurden Blutproben am Tag 1, 44, 56 und 61 von der Jugularvene aller Lämmer gezogen. Am Versuchstag 61 wurden Lebergewebsproben von allen Tieren entnommen um mittels einer quantitativen Echtzeit PCR (Polymerase Kettenreaktion) Genexpressionsanalysen durchführen zu können.

Statistische Auswertung: Die Einzeldaten wurden mittels einem Gemischten Model mit der Statistiksoftware SAS ausgewertet.

Tabelle 3: Futterzusammensetzung und Nährstoffgehalte

Futterzusammensetzung, % TM	
Trockenmasse (TM, %)	87
Mais (geknackt)	29
Pressschnitzel	18
Maisstärke	14
Heu	14
Maiskleber	10
Vormischung ¹	10
Melasse	5
Analysierte Nährstoffzusammensetzung, auf TM-Basis	
Rohprotein (%)	16,0
Neutrale Detergentien Faser (NDF, %)	22,5
Rohfett (%)	1,9
Calcium (Ca, %)	0,76
Phosphor (P, %)	0,27
Kupfer (Cu, mg/kg TM)	6,0
Eisen (Fe, mg/kg TM)	430
Mangan (Mn, mg/kg TM)	60
Zink (Zn, mg/kg TM)	18

¹Vormischung zur Bereitstellung von 0,4 mg/kg Co (Kobaltcarbonathydrat), 78,1 mg/kg Mn (Mangansulfat-Monohydrat), 110 mg/kg Se (Selenenit), 8,1 mg/kg I (Kalziumjod), 0,52 IU/kg Vitamin A, 0,10 IU/kg Vitamin D, 30 IU/kg Vitamin E; Bovatec (Zoetis, Parsippany-Troy Hills, NJ) war in einer Menge von 0,015% DM enthalten

Ergebnisse

Blut und Gewebeuntersuchungen

Die Blutuntersuchungen zeigten, dass sich die Zn-Plasmakonzentration bis inklusive Versuchstag 56 (Start der Sammelphase) nicht signifikant voneinander unterschieden. Am 61. Versuchstag, dem Ende der Sammelphase, lag die Zn-Plasmakonzentration der Zn-supplementierten Behandlungsgruppen, als ZINC zusammengefasst, signifikant ($P < 0,01$) höher als jene der Behandlungsgruppe ohne Zn-Supplementation (**CON**). Innerhalb der Zn-supplementierten Behandlungen wies die Gruppe **GLY** (Zn-Bisglycinat) signifikant ($P = 0,01$) höhere Zn-Gehalte im Blutplasma auf als die Behandlungsgruppe **ZS** (Zn-Sulfat). Unterschiede im Zn-Gehalt konnten weder in der Leber, Jejunum noch im Longissimus dorsi gemessen werden.

Rohfaserverdaulichkeit

Untersucht wurde die Aufnahme und Ausscheidung von Trockenmasse (TM), organischer Masse (OM), Neutral-Detergenzien-Faser (NDF) und Säure-Detergenzien-Faser (ADF). Eine signifikant ($P=0,05$) höhere Aufnahme von TM, OM und ADF wurde bei **GLY** gegenüber **ZS** gemessen. Eine tendenziell höhere NDF-Aufnahme konnte in der Variante **GLY** ($P=0,06$) im Vergleich zu **ZS** festgestellt werden. Signifikant ($P=0,05$) höhere Ausscheidungen bezüglich der TM, OM und NDF bei ZINC wurde gegenüber der Kontrollvariante **CON** ermittelt. Die Verdaulichkeit von TM, OM und NDF war bei ZINC geringer ($P=0,05$) als bei **CON**, zwischen **GLY** und **ZS** konnten keine signifikanten Unterschiede bestimmt werden. Die Verdaulichkeit von ADF war bei **GLY** signifikant besser als bei **ZS**.

Zn-Retention und scheinbare Zn-Verdaulichkeit

Die täglichen Mengen der Urinausscheidung unterschieden sich zwischen den einzelnen Fütterungsgruppen nicht. Die Zn-Ausscheidung über den Urin zeigte über den Versuchszeitraum keine signifikante Korrelation mit der Zn-Supplementation.

Die Zn-Aufnahme, fäkale Zn-Ausscheidungen, der Ansatz und die scheinbare Verdaulichkeit von Zn lagen bei **GLY** und **ZS** signifikant ($P<0,01$) höher als bei **CON**. Zwischen **GLY** und **ZS** konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

Genexpression

Bei den Genexpressionsanalysen wurde der Fokus auf Metallothionein-1 (MT1) im Jejunum und in der Leber, und auf den Zn Transporter (ZIP4) im Jejunum gelegt. Die Auswertung der Daten zeigte, dass die Genexpression von MT1 im Jejunum nicht auf die Zn-Supplementation reagierte, in der Leber hingegen zeigte sich, dass die Genexpression von MT1 bei **GLY** tendenziell ($P=0,07$) höher lag als bei **ZS**.

Beim ZIP4 im Jejunum gab es Unterschiede zwischen den supplementierten Behandlungsgruppen (ZINC) und der Kontrollgruppe (**CON**). Bei **CON** war die Expression signifikant ($P=0,02$) höher. Zwischen **GLY** und **ZS** wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt.

Diskussion

Der Vergleich der Bioverfügbarkeit von unterschiedlichen Zn-Quellen stellt eine Herausforderung dar, weil es hierfür keine zuverlässigen Biomarker gibt. Plasma- und Gewebekonzentrationen sind häufig verwendete Biomarker. Da sie aber laut Hambidge (2003) kaum auf kleine Veränderungen in der Zn-Aufnahme reagieren, wurden in der aktuellen Studie auch die scheinbare Verdaulichkeit und Retention als Untersuchungsparameter mitaufgenommen. Für die Zn-Supplementation wurde bewusst ein niedriges Niveau gewählt, um sicherzustellen, dass die Absorption nicht durch homöostatische Gegenregulationen gebremst wird (Spears, 1989). Zn-Absorption findet über den gesamten Dünndarm statt (Maares und Haase, 2020), im Jejunum ist sie aber am höchsten, gefolgt vom Duodenum und Ileum (Lee et al., 1989). Unter Bedingungen mit knapper Zn-Versorgung ist die Expression von ZIP4 erhöht, um die Zn-Aufnahme aus dem Futter zu forcieren (Liuzzi et al., 2004). Es überrascht daher nicht, dass die ZIP4-Expression bei den Lämmern der Kontrollgruppe **CON** höher lag, als bei den Lämmern, die eine Zn-Supplementation (ZINC) erhielten. Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der Zn-Konzentration im Plasma.

Tabelle 2: Auswirkungen der Zn-Supplementation aus unterschiedlichen Zn-Quellen auf die Zn-Konzentration im Plasma in verschiedenen Versuchsphasen

Zeitpunkt	Behandlung			SEM ²	P- Wert	
	CON [mg Zn/L]	ZS [mg Zn/L]	GLY [mg Zn/L]		ZINC vs. CON	GLY vs. ZS
Beginn (d 1)	0,88	0,84	0,92	0,040	0,93	0,14
Ende Mangelphase (d 44)	0,86	0,96	0,95	0,045	0,08	0,82
Start Sammelphase (d 56)	0,96	0,98	1,03	0,037	0,24	0,29
Ende Sammelphase (d 61)	0,90	0,97	1,08	0,031	<0,01	0,01

Im Jejunum wurde die Expression von MT1 gemessen. Die Aufgaben von MT1 liegen in der Speicherung, Abgabe von Metallen an Zielproteine und -enzyme, sowie im Schutz vor oxidativem Stress und als Puffer bei zu hohen Metallkonzentrationen innerhalb der Zelle (Davis und Cousins, 2000). Dass die MT1 Expression im Jejunum nicht auf niedrige Supplementation reagiert, deckt sich mit Ergebnissen von Martin et al. (2013) aus einem Ferkelversuch. Dabei konnte nur bei den Behandlungsgruppen mit medizinischen Zn-Dosierungen eine höhere MT1-Expression im Jejunum nachgewiesen werden.

Die Auswertung der Expressionsdaten in der Leber zeigten, dass bei **GLY** ein zweifach höheres Expressionsniveau gegeben war als bei **ZS**. Auch im Blutplasma fanden sich bei **GLY** signifikant höhere Zn-Konzentrationen. Aus der Summe dieser Beobachtungen lässt sich ableiten, dass im Stoffwechsel bei **GLY** deutlich höhere Zn-Mengen ankamen als bei **ZS**. Die Unterscheidung der Zn-Quelle in organisch und anorganisch greift für die Erklärung der beobachteten Unterschiede aber zu kurz. Bei einem Versuch von Wright und Spears (2004) wurden Holsteinkälber mit unterschiedlichen Zn-Konzentrationen im Futter aus unterschiedlichen Zn-Quellen (Zn-Sulfat und einem Zn-Proteinat) gefüttert. Das Ergebnis war, dass bei Supplementationen im Bereich von 20 ppm Zn die Zn-Quelle keinen signifikanten Einfluss auf die Zn-Plasmakonzentration hat. Da sich die Beobachtung von Wright und Spears (2004) mit vielen anderen Studien deckt (Rojas et al., 1996; Spears and Kegley, 2002; Kessler et al., 2003), ist davon auszugehen, dass es innerhalb der organischen Zn-Verbindungen Unterschiede in der Bioverfügbarkeit gibt. Proteinat scheinen eine schlechtere Bioverfügbarkeit zu haben als Zn-Bisglycinate. Ein Grund dafür könnte sein, dass es sich bei Proteinaten um teilweise sehr große Moleküle handelt, die erst durch eine Vielzahl von Verdauungsschritten auf eine absorbierbare Größe gebracht werden. Das Zn-Ion kann dabei an Komplexbildnern oder anderen Absorbenten verloren gehen kann, während Bisglycinate aufgrund ihrer Größe, bestehend aus nur zwei Aminosäuren und einem Metall-Ion, direkt absorbiert werden können.

Laut Ohinata et al. (2009) interagiert Zn wahrscheinlich mit dem Vagusnerv und stimuliert damit den Appetit, wodurch die erhöhte Aufnahme von TM, OM, ADF und die tendenziell (P= 0,06) höhere Aufnahme von NDF bei den Zn-supplementierten Fütterungsgruppen erklärt werden kann.

Beim Blick auf die Verdaulichkeit zeigt sich, dass es zwar signifikante Unterschiede gibt, diese aber prozentual gesehen geringer sind als die Unterschiede in der Futteraufnahme, wodurch auch die signifikant höheren Ausscheidungen erklärbar sind. Bei der Verdaulichkeit lag die **CON**-Fütterungsgruppe signifikant höher als die **ZINC**-Fütterungsgruppen. Eryavuz und Dehority (2009) konnten *in vitro* nachweisen, dass Zn die Faserverdaulichkeit signifikant reduziert. Bei der schwer verdaulichen ADF-Fraktion zeigte sich, dass die Verdaulichkeit bei **GLY** tendenziell (P= 0,06) besser war als bei **ZS**. Dies spricht wiederum für die These, dass Zn-Bisglycinat bei Verdauungsschritten in deutlich geringerem Ausmaß beteiligt als andere Zn-Quellen.

Bei der **CON**-Fütterungsgruppe war die Zn-Retention negativ. Im Vergleich dazu war die Retention bei den ZINC-Fütterungsgruppen positiv, dies belegt, dass die Zn-Konzentration bzw. Verfügbarkeit für die CON-Gruppen knapp unterhalb des Bedarfes lagen und jene der ZINC-Gruppen ausreichend waren bzw. knapp darüber lagen. Damit lassen sich die signifikanten Unterschiede in der Retention zwischen **CON** und ZINC erklären und auch, dass die fäkalen Zn-Exkretionen unterproportional durch die Zn-Supplementation anstiegen.

Schlussfolgerung

Aus der Untersuchung der Faserverdaulichkeit geht hervor, dass Zn-Supplementationen die Faserverdaulichkeit beeinträchtigen, wobei die Bisglycinate tendenziell geringer beeinträchtigend wirken als Zn-Sulfat. Was im Umkehrschluss dafür spricht, dass Zn-Bisglycinate im Verdauungstrakt inerte sind. Dass Bisglycinate auch bei der Metabolisierung eine Sonderrolle einnehmen, geht aus den Zn-Plasma Untersuchungen hervor. Dabei wäre aus bekannten Studien mit anderen organisch gebundenen Zn-Quellen (Proteinaten) keine Unterschiede bei geringen Supplementationen zu erwarten gewesen. Bei Zn-Bisglycinat waren die Zn-Plasmakonzentrationen aber höchstsignifikant höher als bei ZS.

Literatur

- Davis, S. R., and R. J. Cousins. 2000. Metallothionein expression in animals: A physiological perspective on function. *J. Nutr.* 130:1085–1088. doi:10.1093/jn/130.5.1085.
- Eryavuz, A., and B. A. Dehority. 2009. Effects of supplemental zinc concentration on cellulose digestion and cellulolytic and total bacterial numbers in vitro. *Anim. Feed Sci. Technol.* 151:175–183. doi:10.1016/j.anifeedsci.2009.01.008.
- Hambidge, M. 2003. Biomarkers of trace mineral intake and status. *J. Nutr.* 133:948S-955S. doi:10.1093/jn/133.3.948S.
- Livest. Prod. Sci.* 81, 161 – 171.
- Kessler, J., Morel, I., Dufey, P.A., Gutzwiller, A., Stern, A., Geyer, H., 2003. Effect of organic zinc sources on performance, zinc status and carcass meat and claw quality in fattening bulls. *Livest. Prod. Sci.* 81, 161 – 171.
- Lee, H. H., A. S. Prasad, G. J. Brewer, and C. Owyang. 1989. Zinc absorption in human small intestine. *Am. J. Physiol. - Gastrointest. Liver Physiol.* 256. doi:10.1152/ajpgi.1989.256.1.g87.
- Liuzzi, J. P., J. A. Bobo, L. A. Lichten, D. A. Samuelson, and R. J. Cousins. 2004. Responsive transporter genes within the murine intestinal-pancreatic axis form a basis of zinc homeostasis. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 101:14355–14360. doi:10.1073/pnas.0406216101.
- Ma, F., Y. Wo, H. Li, M. Chang, J. Wei, S. Zhao, and P. Sun. 2020. Effect of the source of zinc on the tissue accumulation of zinc and jejunal mucosal zinc transporter expression in Holstein dairy calves. *Animals.* 10:1–10. doi:10.3390/ani10081246.
- Maares, M., and H. Haase. 2020. A guide to human zinc absorption: General overview and recent advances of in vitro intestinal models. *Nutrients.* 12:762. doi:10.3390/nu12030762.
- Martin, L., U. Lodemann, A. Bondzio, E.-M. Gefeller, W. Vahjen, J. Rg, R. Aschenbach, J. Rgen Zentek, and R. Pieper. 2013. A high amount of dietary zinc changes the expression of zinc transporters and metallothionein in jejunal epithelial cells in vitro and in vivo but does not prevent zinc accumulation in jejunal tissue of piglets. *J. Nutr. Biochem. Mol. Genet. Mech. J. Nutr.* 143:1205–1210. doi:10.3945/jn.113.177881.
- NASEM. 2016. National Academies of Science, Engineering and Medicine. Nutrient Requirements of Beef Cattle: Eighth Revised Edition. The National Academies Press. Washington, DC.
- NRC. 2007. National Research Council. Nutrient Requirements of Small Ruminants. The National Academies Press. Washington, DC.
- Ohinata, K., M. Takemoto, M. Kawanago, S. Fushimi, H. Shirakawa, T. Goto, A. Asakawa, M. Komai. 2009. Orally administered zinc increases food intake via vagal stimulation in rats. *J. Nutr.* 139:611–616. doi:10.3945/jn.108.096370.
- Pal, D. T., N. K. S. Gowda, C. S. Prasad, R. Amarnath, U. Bharadwaj, G. Suresh Babu, and K. T. Sampath. 2010. Effect of copper- and zinc-methionine supplementation on bioavailability, mineral status and tissue concentrations of copper and zinc in ewes. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 24:89–94. doi:10.1016/j.jtemb.2009.11.007.
- sources 25 – 209.

- Rojas, L.X., McDowell, L.R., Martin, F.G., Wilkinson, N.S., Johnson, A.B., Njeru, C.A., 1996. Relative bioavailability of zincmethionine and two inorganic zinc sources fed to cattle. *J. Trace Elements Med. Biol.* 10, 205 – 209.
- Spears, J. W. 1989. Zinc methionine for ruminants: relative bioavailability of zinc in lambs and effects of growth and performance of growing heifers. *J. Anim. Sci.* 67:835–843. <https://doi.org/10.2527/jas1989.673835x>
- Spears, J. W., and E. B. Kegley. 2002. Effect of zinc source (zinc oxide vs zinc proteinate) and level on performance, carcass characteristics, and immune response of growing and finishing steers. *J. Anim. Sci.* 80:2747–2752. doi:10.1093/ansci/80.10.2747.
- Suttle, N. F. 2010. *Mineral Nutrition of Livestock*. 4th edition. CABI Publishing, New York, NY.
- Wright, C. L., and J. W. Spears. 2004. Effect of zinc source and dietary level on zinc metabolism in Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 87:1085–1091. doi:10.3168/jds.S0022-0302(04)73254-3.

Autorenanschrift:

Maximilian Timpfler, Anne Winkler
Phytobiotics Futterzusatzstoffe GmbH
Walluferstraße 10a, 65343 Eltville
m.timpfler@phytobiotics.com, a.winkler@phytobiotics.com

NEUE ZEIT. NEUE WEGE.



Nachhaltig Lebensmittel produzieren

PARTNER DER LANDWIRTSCHAFT:

Wir bekennen uns zur heimischen, regionalen Landwirtschaft und setzen uns für eine Zukunftsperspektive unserer landwirtschaftlichen Partner ein.



[toennies.de](https://www.toennies.de)



TÖNNIES

Influence of different zinc and copper sources on the activity of rumen microbiota tested by *in vitro* rumen gas technique

Susanne Rothstein¹, Ismet Bice¹, Birgit Hildebrand¹, Karl-Heinz Südekum²

¹Biochem Zusatzstoffe Handels- und Produktionsgesellschaft mbH, Lohne i. Oldb., Germany

²Institute of Animal Science, University of Bonn, Germany

Introduction

Trace minerals such as Cu and Zn play an important role in various biological processes in ruminants, for example related to immunity, production, and claw health. When milk production is high, a considerable amount of trace minerals is also excreted with the milk, leaving less minerals available for the cow's metabolism. To avoid deficiency and associated health problems, a daily and sufficient supply with the feed is necessary (Hilal et al., 2016; Yatoo et al., 2013). Both inorganic and organically bound trace minerals, such as chelates, are available for supplementation. By binding a ligand to the metal, chelates are better protected from antagonistic effects along the gastrointestinal tract and therefore show considerably higher bioavailability than sulfates, for example (Ledoux & Shannon, 2005). However, at elevated dosages, Zn and Cu may also have antimicrobial effects (Yazdankhah et al., 2014). The dietary supplementation of these trace minerals should therefore not negatively impact the rumen microbiota since impaired rumen fermentation can lead to serious secondary problems. The rumen microbiota, especially fermentative bacteria, fungi, protozoa, methanogenic archaea, acetogenic bacteria and viruses, in their entirety ensure fermentation, degradation and conversion of nutrients as well as the removal of the hydrogen that inhibits fermentation. Thus, they contribute to the energy, protein, and vitamin supply of the ruminant (Zeitl, 2013). Consequently, it is important to select trace mineral supplements that do not upset rumen fermentation to ensure optimal performance of ruminants.

In recent years, research on nutritional evaluation of feeds using *in vitro* techniques has gained wider acceptance due to its ease of adoption, repeatability, minimized use of animals and the decrease in funding for *in vivo* evaluation of feeds. Hence, *in vitro* techniques are routinely used to evaluate the nutritional quality of feeds due to their convenience, adaptability, and efficiency. *In vitro* rumen gas techniques have gained popularity as a research tool compared to other *in vitro* techniques, due to their ability to provide kinetic data that describe the extent and rate of digestion from a single sample incubation (Sallam et al., 2007, Getachew et al., 2005).

Therefore, the objective of this study was to compare the influence of different Zn and Cu sources on the activity of rumen microbiota in an *in vitro* rumen gas experiment.

Material and methods

In the present experiment an *in vitro* gas production as indirect measure of rumen microbial activity was investigated using the ANKOM gas system. The Hohenheim gas test (HGT) was carried out in accordance with published HGT laboratory instructions, with modifications for use with trace minerals in the ANKOM system. For the *in vitro* system, samples of real rumen liquid were taken from rumen fistulated wethers.

In total the influence of 2 different Zn and Cu sources glycinate (E.C.O.Trace®) and soy amino acid chelate (B.I.O.Key®), compared to a control without supplementation was examined. Therefore, duplicate samples corresponding to approximately 25 mg Zn and 6 mg Cu were filled separately into 250 ml graduated glass bottles. This dosage corresponded to a 100-fold overdose of the cows' recommended trace mineral supply, as is not unusual in *in vitro* systems.

In addition, buffer, and mineral standard solutions (without Zn and Cu) were added in a 2:1 ratio to the collected rumen liquid. 60 ml of this mixture were introduced in each bottle for incubation together with 40 mg dextrose as culture medium. For each experimental run, the respective trace mineral source was tested in duplicate, and each run was performed 2 times. Cu and Zn were tested in separate runs and not used simultaneously. Bottles were shaken gently during incubation. The gas volume was recorded by semi-continuous gas measurement by automatic pressure relief of the ANKOM heads over 24 hours of incubation.

Results

The results of the *in vitro* gas production measurement for the different Cu sources are demonstrated in figure 1 and for the different Zn sources in figure 2.

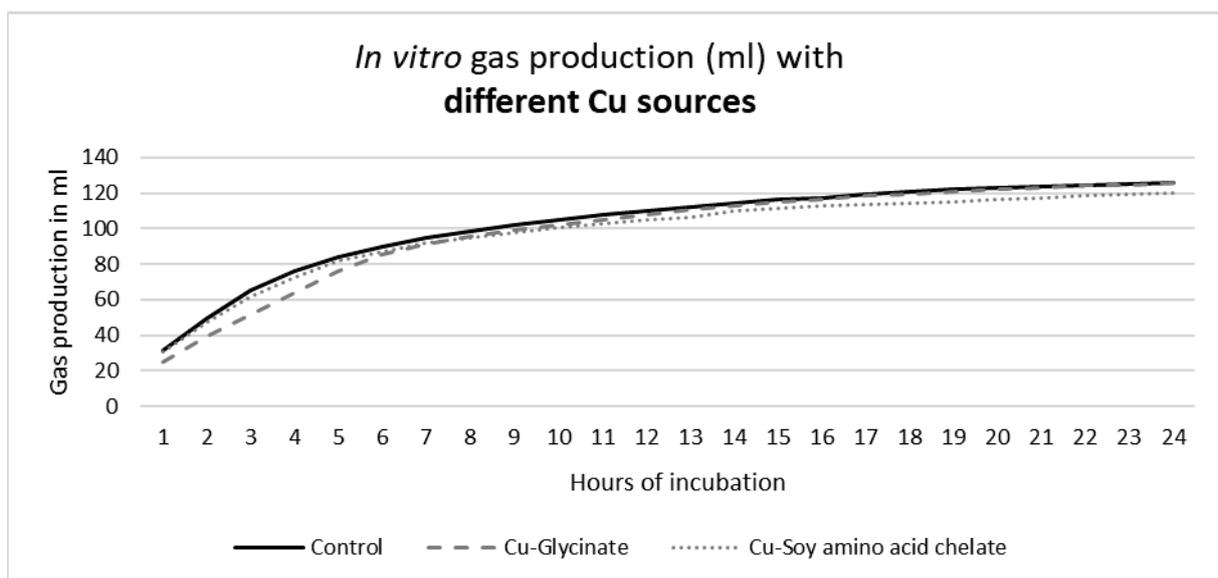


Figure 1: Effect of different Cu sources on the *in vitro* gas production as indirect measurement for rumen microbial activity

The measured curves of gas production over time were very similar for the different supplemented trace mineral sources and the respective control group without supplementation, each for Cu and Zn sources. All curves increased very uniformly, and especially the curves for Zn-glycinate and Zn-soy amino acid chelate showed absolutely identical gas production amounts like the control measurement. Final gas production after 24 h was on average 125.9 ± 2.9 ml for the control and 122.1 ± 10.4 ml with the different Cu sources and 128.6 ± 10.0 ml for the control and 129.6 ± 7.8 ml with the different Zn sources.

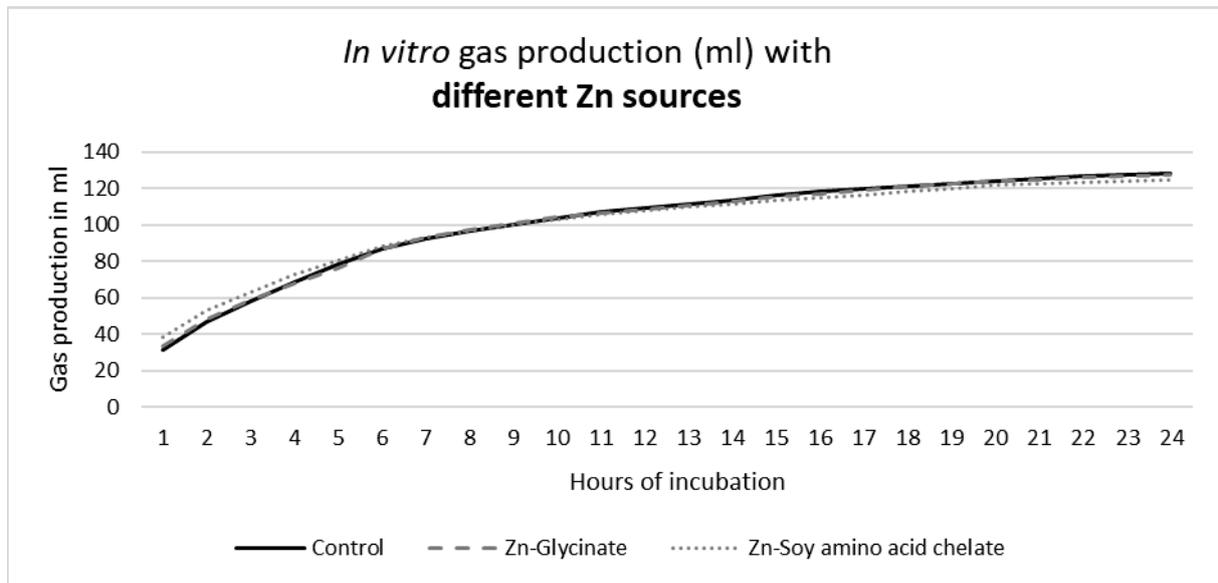


Figure 2: Effect of different Zn sources on the *in vitro* gas production as indirect measurement for rumen microbial activity

Discussion

In this *in vitro* trial, the microbial activity in the rumen was examined based on gas production, with an enrichment of various trace mineral sources. Since the gas production curves did not show any significant differences between the control and the Cu and Zn sources, there does not appear to be any negative effect on rumen microbial activity due to the application of high doses of Zn and Cu chelates.

The microbiota is significantly involved in rumen fermentation through microbial digestion of feedstuffs. Disturbed rumen fermentation results in nutrient deficiency and consequently leads to serious diseases. The cow's rumen is one of its most important tools. It is used to absorb and process large amounts of feed. Furthermore, the rumen is responsible for the synthesis, absorption, and transfer of essential nutrients for the ruminant (Matthews et al., 2019). Due to the multiple and necessary functions of the rumen, it is extremely important to protect it from damage and negative influences. It can be assumed that the microbial activity is affected insofar as the gas production of these is lower due to the addition of a trace mineral source compared to the control. Consequently, this would result in a disturbed fermentation performance. Thus, there would be considerable consequential damage to the health and performance of the ruminants. The different zinc and copper sources show no noteworthy influence on the microbial activity at a 100-fold overdose of the physiological requirement. Accordingly, no effect was deduced from the sources. Since a 100-fold overdose of a trace mineral source should not occur under practical conditions in cow feeding, it can be assumed that no effect on rumen fermentation is to be expected even at a physiologically relevant dosage.

Conclusion

The experiment demonstrated that the supplementation of equal amounts of Zn and Cu in form of glycinate or soy-amino-acid chelates, even at a dosage 100 times higher than the recommended supply, shows no negative effect on general rumen microbial activity as indicated by *in vitro* rumen gas production.

References

- Getachew, G., DePeters, E.J., Robinson, P.H. & Fadel, J.G. (2005): Use of an *in vitro* rumen gas production technique to evaluate microbial fermentation of ruminant feeds and its impact on fermentation products. *Animal Feed Science and Technology*, 123-124(1): 547-559.
- Hilal, E.Y., Elkhairey, A.E. & Osman, A.O.A. (2016): The Role of Zinc, Manganese and Copper in Rumen Metabolism and Immune Function: A Review Article. *Open Journal of Animal Sciences*, 6: 304-324.
- Ledoux, D.R. & Shannon, M.C. (2005): Bioavailability and Antagonists of Trace Minerals in Ruminant Metabolism. Ruminant Nutrition Symposium, Florida.
- Matthews, C, Crispie, F., Lewis, E., Reid, M., O'Toole, P.W. & Cotter, P.D. (2019): The rumen microbiome: a crucial consideration when optimising milk and meat production and nitrogen utilisation efficiency. *Gut microbes*, 10(2): 1155-132.
- Sallam, S.M.A., Nasser, M.E.A., El-Waziry, A.M., Bueno, I.C.S. & Abdalla, A.L. (2007): Use of an *in vitro* rumen gas production technique to evaluate some ruminant feedstuffs. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(1): 34-41.
- Yatoo, M.I., Saxena, A., Deepa, P.M., Habeab, B.P., Devi, S., Jatav, R.S. & Dimri, U. (2013): Role of trace elements in animals: a review. *Veterinary World* 6(12): 963-967.
- Yazdankhah, S., Rudi, K. & Bernhoft, A. (2014): Zinc and copper in animal feed – development of resistance and co-resistance to antimicrobial agents in bacteria of animal origin. *Microbial Ecology in Health and Disease*, 25.
- Zeitz, J.O. (2013): In vitro-Systeme als Modell für die Pansenphysiologie und Methoden zur Charakterisierung der Pansenmikroorganismen. Tagungsband: Auf der Suche nach neuartigen Futtermitteln und Technologien in der Tierernährung. 12. Boku-Symposium Tierernährung, Wien: 34-43

Corresponding author:

Dr. Susanne Rothstein
Biochem Zusatzstoffe Handels- und Produktionsgesellschaft mbH
Küstermeyerstr. 16,
49393 Lohne, Germany
E-Mail: srothstein@biochem.net



Wer aufs AMA-Gütesiegel schaut,
SCHAUT AUF KONTROLLIERTE QUALITÄT.

Gute Fleischqualität ist nur das Ergebnis. Das Ergebnis vor allem seiner Arbeit. Bauer sein heißt, Verantwortung übernehmen. Verantwortung für die Tiere, für die Umwelt. Verantwortung für die Ernährung der Bevölkerung. Deshalb geht er auf Nummer sicher. Mit dem AMA-Qualitätssicherungssystem. Kontrolle garantiert Qualität. Qualität erkennt man am AMA-Gütesiegel.

*Ich schau auf **amainfo.at***



Meine Sorgfalt. Mein Siegel.

Evaluation of different zinc sources compared to a pharmacological dose of zinc oxide in piglet diets

David Torrallardona¹; Juan Cañete-González²; Andreas zur Wickern²

¹Animal Nutrition Program, IRTA, Constantí, Spain

²Miavit GmbH Essen (Oldb.), Germany

Introduction

Zinc (Zn) is an essential trace element with numerous functions in the metabolism as an integral element of several enzymes (Maret, 2014). The application of zinc in high amounts is known for its growth promoting effect in piglets. Even though, the exact mode of action is still not known, zinc oxide in pharmacological dosages (~ 2500 mg/kg feed) leads to a control of pathogens and thereby reduces the incidence of diarrhoea in piglets (Pieper et al., 2012; Sales, 2013; Shelton et al., 2011; Vahjen et al., 2011). Zinc as a heavy metal will in high doses have a negative impact on the environment. Accumulations of zinc occurs by applying the manure on the fields as an organic fertilizer. Consequently, zinc may concentrate in topsoil and cause toxicity to plants and microorganisms. The reduction of dietary supplied zinc is one of the key methods to limit this environmental risk. From there, the supply of zinc oxide in general is limited according to European legislation (EC, 2016; EFSA FEEDAP Panel, 2014).

A new zinc product that increases the availability of zinc ions in the gut was recently developed (MiaTrace Zn). The general application of the double-coated product MiaTrace Zn fulfils the European regulations of maximum zinc levels in piglet diets (150 mg zinc/kg) (EC, 2016; EFSA FEEDAP Panel, 2014; Fard et al., 2011; Kühnen et al., 2002; Vahjen et al., 2011). Previous feeding trials provide evidence that MiaTrace Zn reduces the attachment of *E. coli* to the mucosa and influences the intestinal integrity positively (Zentek et al., 2015). A better health status and enhanced performance could be observed in several piglet trials, where MiaTrace Zn was compared with legal and pharmacological dosages of ZnO (Eichenberger and Seelhorst, 2018; Nielsen et al., 2016). Therefore, the objective of the current study was to investigate the effect of 120 mg zinc out of MiaTrace Zn/kg diet on daily weight gain, feed intake and faecal score in weaner pigs compared to zinc oxide in pharmacological dosages.

Materials and Methods

A total of 135 newly weaned piglets ([Large White x Landrace] x Pietrain; 5.8 ± 0.92 kg BW; mixed sexes), 21 days of age were randomly distributed by initial body weight into 9 blocks (3 pens of 5 pigs per block). The three experimental treatments consisted of: a negative control (NC) treatment with 120 ppm Zn from ZnO; a positive control (PC) treatment with 2520 ppm Zn from ZnO during the 14 days pre-starter phase (pharmacological dose) followed by 120 ppm Zn from ZnO during the starter phase and; a test treatment (MTZ) with 120 ppm Zn from MiaTrace Zn (Table 1). Within each block, the three treatments were randomly distributed among the three pens.

The pigs were individually weighed at the start of the trial and at days 14 and 42. The feed intake between each weighing interval has been recorded for each pen, as well as the faecal score (for each pen), which has also been assessed daily using a 5-category score system (0=firm and shaped; 1=soft and shaped; 2=soft without shape; 3=loose; 4=watery). Data were analysed using the GLM-procedure of the statistical package SAS. Differences with a p-value of less than 0.05 were considered significant.

Table 1: Experimental treatments and the amount of Zn (mg/kg of feed) in negative control (NC), positive control (PC) and MiaTrace Zn (MTZ) in the pre-starter (PST; d 0 – 14 post-weaning) and starter (ST; d 14 – 42 post-weaning) phases.

Treatment	Zinc oxide		MiaTrace Zn	
	PST	ST	PST	ST
NC	120	120	-	-
PC	2520	120	-	-
MTZ	-	-	120	120

Results

The performance results consider average pen values and are shown in figure 1. No statistically significant effects of dietary treatment on performance were observed during the pre-starter phase ($p > 0.05$). However, during the starter phase significant increases ($p < 0.05$) in body weight gain and feed intake were observed for the piglets that had been offered the pharmacological dose of ZnO during the pre-starter phase (positive control), relative to the treatment with the conventional dose of ZnO (negative control). Furthermore, the piglets from the test treatment (MiaTrace Zn; 120 ppm) also presented an increased feed intake ($P < 0.05$) relative to the negative control.

Over the whole trial (Figure 1), the positive control significantly increased ($P < 0.05$) body weight gain and feed intake, and MiaTrace Zn significantly increased ($P < 0.05$) feed intake relative to the negative control. No differences were observed for any parameter between the positive control and MiaTrace Zn in any of the periods considered. The weekly average diarrhoea scoring showed no differences at all. No scores above 3 were observed for any animal and the average faecal scores were very low. The health status of the piglets was generally good throughout the study. Only three pigs were not able complete the trial. One piglet belonging to treatment three (MTZ) was excluded due to a rectal prolapse and two piglets belonging to treatment one (NC) was excluded due to so called "navel suckling".

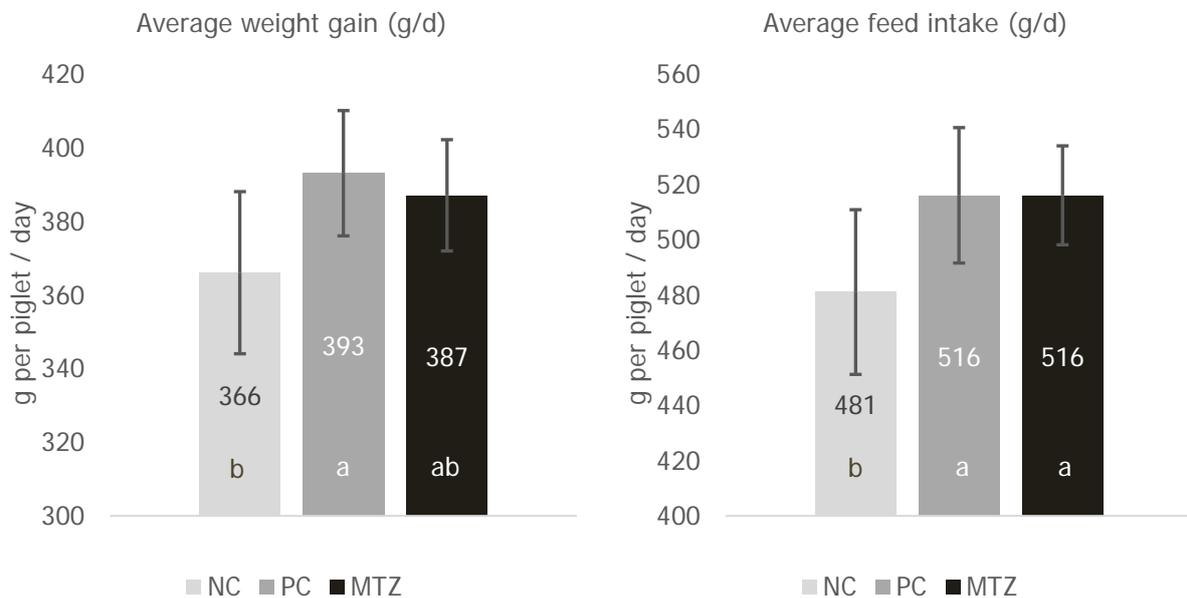


Figure 1: Average weight gain and average feed intake of the three treatments between 0 – 42 days of the trial. Negative control (NC); positive control (PC); MiaTrace Zn (MTZ).
^{ab} -values with different letters are significantly different ($p < 0.05$)

Discussion

Improvements in piglet performance with pharmacological doses of zinc oxide have been demonstrated in previous experiments (Pettigrew, 2006; Sales et al., 2013). However, the improvements in growth described in previous experiments could not be achieved within the legal dosage by conventional sources of zinc (zinc oxide or zinc sulphate). Our results indicate that supplementing diets for piglets with MiaTrace Zn within the legal permission could enhance growth compared to the regular zinc oxide supplementation. Furthermore, the trial observed no differences between pharmacological doses of ZnO and MiaTrace Zn in case of average weight gain and feed intake. These effects have also been reported in previous piglet trials (Eichenberger and Seelhorst, 2018; Nielsen et al., 2016). Additionally, the environmental pollution with zinc can be reduced with ZnO dosages or with MiaTrace Zn based on European regulations (EC, 2016).

Conclusions

The current trial was conducted in order to evaluate the effect of different zinc sources compared to pharmacological doses of zinc oxide in piglet diets. Under the conditions of the current trial it is concluded that the use of pharmacological doses of ZnO during two weeks after weaning significantly improved feed intake and weight gain over the whole experimental period compared to the negative control. In addition, the usage of 120 ppm Zn out of MiaTrace Zn also improved feed intake significantly and no differences were observed between the pharmacological use of ZnO and MiaTrace Zn.

References

- Dusel G., Schuh K., Seelhorst S. (2015): The effect of zinc supplementation on performance parameters in piglets, 14. BOKU-Symposium Tierernährung 2015, 154-157.
- EC (European Commission), 2016: Commission implementing regulation (EU) 2016/1095 of 6th July 2016. Available online: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R1095&from=DE>.
- EFSA FEEDAP Panel (EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed) (2014): Scientific Opinion on the potential reduction of the currently authorized maximum zinc content in complete feed. EFSA Journal 2014; 12(5): 3668, 77 pp. doi:10.2903/j.efsa.2014.3668.
- Eichenberger, B., Seelhorst, S. (2018): Effekte unterschiedlicher Zinkquellen im Ferkelfutter im Vergleich zur pharmakologischen Dosierung von Zinkoxid. UFA AG, Herzogenbuchsee, Schweiz.
- Fard R., Heuzenroeder M., Barton M. (2011): Antimicrobial and heavy metal resistance in commensal enterococci isolated from pigs. Veterinary Microbiology, 148, 276282.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie), (2006): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. DLG Verlag, Frankfurt am Main, Deutschland.
- Kühnen, V., Bien, B., Goldbach, H. (2002): Schwermetallbilanzen auf schweinehaltenden Veredlungsbetrieben. In: Fütterungsstrategien zur Verminderung von Spurenelementen/Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern. KTBL Schrift 410. KTBL, Darmstadt.
- Maret, W. (2014): Zinc and human disease. In: Interrelations between essential metal ions and human diseases. Volume 13 of Metal Ions in Life Sciences. Eds Sigel A, Sigel H and Sigel RKO. Springer Science + Business Media B.V., Dordrecht, The Netherlands, 389414.
- Nielsen N., Sorensen, P. (2016): Effect of feeding a diet containing MiaTraceZn or zinc oxide on productivity and health in weaned piglets. TestGris. Heming, Dänemark.
- Pettigrew, J. E. (2006): Reduced use of antibiotic growth promoters in diets fed to weanling pigs: dietary tools, part 1. Anim Biotech-nol, 17: 207-215.
- Pieper, R., Vahjen, W., Neumann, K., Van Kessel AG, Zentek, J., (2012): Dose-dependent effects of dietary zinc oxide on bacterial communities and metabolic profiles in the ileum of weaned pigs, Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 96, 825833.
- 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, 343349.
- Shelton, N. W., Tokach, M. D., Nelssen, J. L., Goodband, R. D., Dritz, S. S., DeRouchey, J. M., Hill, G. M. (2011): Effects of copper sulphate, tri-basic copper chloride, and zinc oxide on weanling pig performance, Journal of Animal Science, 89, 24402451.
- Vahjen, W., Pieper, R., Zentek, J., (2011): Increased dietary zinc oxide changes the bacterial core and enterobacterial composition in the ileum of piglets, Journal of Animal Science, 89, 24302439.
- Zentek, J., Vahjen, W., Seelhorst, S., Kröger, S., Männer, K. (2015): Untersuchungen zum Einsatz von verschiedenen Zinkverbindungen beim Absatzferkel, 13. Tagung Schweine- und Geflügelernährung, 145-147.

Corresponding author:

Andreas zur Wickern
MIAVIT GmbH
Robert-Bosch-Straße 3
49632 Essen (Oldb.), Germany
E-mail: andreas.zurwickern@miavit.de

Spurenelementversorgung von Wiederkäuern mit stabilen Oxiden im Hinblick auf Löslichkeitsverhalten im Pansen

P. Philipps¹, V. Kromm², A. Roméo², A. Hanreich³, U. Steinruck¹

¹ Pulte GmbH & Co. KG, Hirtenweg 2, 82031 Grünwald, Germany

² ANIMINE, Annecy, France

³ Biopract GmbH, Magnusstrasse 11, D-12489 Berlin, Germany

Einleitung

Bei der Milchkuh können physiologische Funktionen durch mangelnde Versorgung mit essenziellen Spurenelementen beeinträchtigt sein. Zu hohe Sicherheitszuschläge können hingegen zu subtoxischen oder selten gar zu toxischen Erscheinungen führen, wie zum Beispiel beim Kupfer. Allgemein wird bei unerwartetem Leistungsrückgang der Herde auch die Versorgung mit Spurenelementen genauer betrachtet.

Die Erhebung des Versorgungsstatus von Wiederkäuern mit Spurenelementen erfordert zunächst auch ohne Vorliegen klinischer Symptome die Analyse, ob die Tiere passend oder defizitär mit dem entsprechenden Spurenelement versorgt sein könnten oder gar im Status einer subtoxischen Überversorgung angelangt sind (Kincaid 1999). Die sicherste Methode zur Überprüfung ist die Messung der Konzentrationen in der Leber, was jedoch keine besonders praxistaugliche Methode ist. Die Konzentrationen im Plasma sind zwar einfach zu erheben, aber nur bedingt aussagekräftig (Kincaid 1999). Die klassische Herangehensweise über Rationsberechnungen ist praktikabel, wenn nicht eine mangelnde Datengrundlage (Tabellenwerte, Analysenresultate, Futteraufnahme) eine präzise Einschätzung verhindert. Basis bilden die aktuellen Versorgungsempfehlungen (GfE 2001, NRC 2001).

Ein wichtiger Faktor ist allerdings, welche zugesetzte Spurenelementverbindung die Versorgung der Tiere über die nativen Gehalte hinaus decken soll. So weisen verschiedene Spurenelementverbindungen unterschiedliche physikalisch-chemische Eigenschaften und vor allem ein unterschiedliches Löslichkeitsverhalten auf. Insbesondere im Pansen kommt es auf das Löslichkeitsverhalten der zugelegten Spurenelementquellen hinsichtlich potenzieller Toxizität auf Pansenbakterien und des Risikos für Interaktionen im Pansen mit Antagonisten an.

Das unterschiedliche Löslichkeitsverhalten unterschiedlicher Mineralstoffquellen könnte ein wesentlicher Ansatzpunkt sein, um das Verhalten im Verdauungstrakt und Einflüsse auf die Bioverfügbarkeit zu entschlüsseln. Das Löslichkeitsverhalten in Wasser spiegelt nicht unbedingt die physiologischen Begebenheiten im Wiederkäuer wider.

In der vorliegenden Studie wurde daher das Löslichkeitsverhalten verschiedener Quellen an Zink, Kupfer und Mangan in Pansensaft vor ihrer Absorption durch Mikroorganismen untersucht.

Material und Methoden

Für die *In vitro*- Studie stand zentrifugierter Pansensaft fistulierter Schafe zur Verfügung, entnommen vor der Morgenfütterung.

Der Pansensaft wurde bei 7000 g über 15 Minuten zentrifugiert, um Mikroorganismen zu entfernen. Es wurden daraus Lösungsansätze aus jeweils 200 ml des zentrifugierten Pansensafs hergestellt. Diese wurden mit jeweils 30 mg Zink, Kupfer oder Mangan pro Liter aus 3 unterschiedlichen Zinkquellen (Aminosäuren-Chelat, Oxid und Sulfat) versetzt (Tabelle 1).

Somit wurden insgesamt 9 Behandlungen getestet – 3 Spurenelemente x 3 Verbindungen.

Die Ansätze wurden in zweifacher Wiederholung für eine Stunde bei 39°C bei pH 7 unter ständigem Rühren inkubiert. Zur Analyse der Mineralstoffgehalte wurden zwei Aliquote entnommen nach je 5, 20, 40, und 60 Minuten. Die Proben wurden bei 10.000 g über 15 Minuten zentrifugiert, um den flüssigen Überstand von der festen Phase zu trennen. Die Elemente Zink, Kupfer und Mangan wurden in der flüssigen und festen Phase mittels ICP-OES bestimmt.

Tabelle 1: Getestete Spurenelementverbindungen

Zinkquellen	ZnSO ₄	Zn AS-Chelat	Potenziertes ZnO (HiZox®)
Kupferquellen	CuSO ₄	Cu AS-Chelat	Monovalentes CuO (CoRouge®)
Manganquellen	MnSO ₄	Mn AS-Chelat	Gereinigtes MnO (ManGrin®)

Ergebnisse

Die Abbildungen 1-3 zeigen das Löslichkeitsverhalten im Zeitablauf jeweils für die 3 Spurenelemente Zink, Kupfer und Mangan. Dargestellt werden die analysierten Konzentrationen in der flüssigen Phase.

Abbildung 1 stellt die Löslichkeitskinetik der 3 Zinkverbindungen Zink-Chelat, Zinksulfat und potenziertes Zinkoxid (HiZox®) dar. Das potenzierte Zinkoxid löste sich weniger schnell im Pansensaft als die beiden anderen Zinkverbindungen.

In Abbildung 2 ergab sich ein ähnliches Resultat: Das monovalente Kupferoxid (CoRouge®) löste sich weniger schnell als die Chelat- oder Sulfatverbindung. In Abbildung 3 zeigte sich eine deutlich geringere Löslichkeit des gereinigten Manganoxids (ManGrin®) gegenüber der Chelat- und auch gegenüber der Sulfat-gebundenen Form.

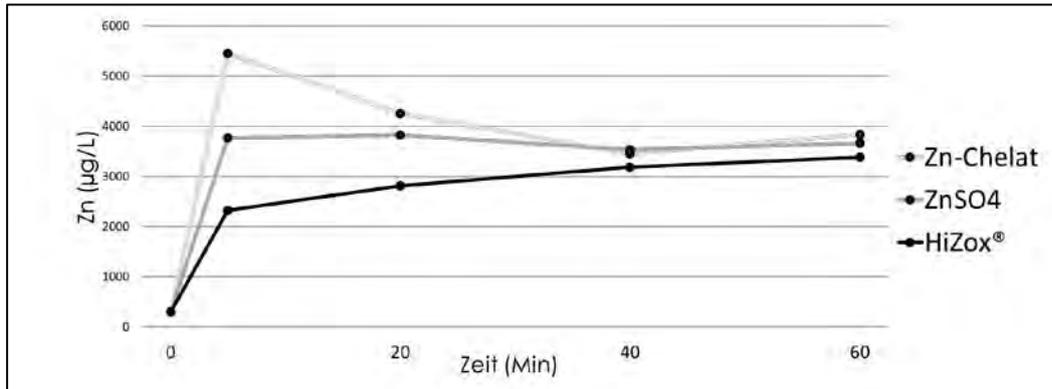


Abbildung 1: Löslichkeitskinetik der Zinkverbindungen Zink-Chelat, Zinksulfat und potenziertes Zinkoxid (HiZox ®) im Überstand des Pansensaftansatzes (µg/L)

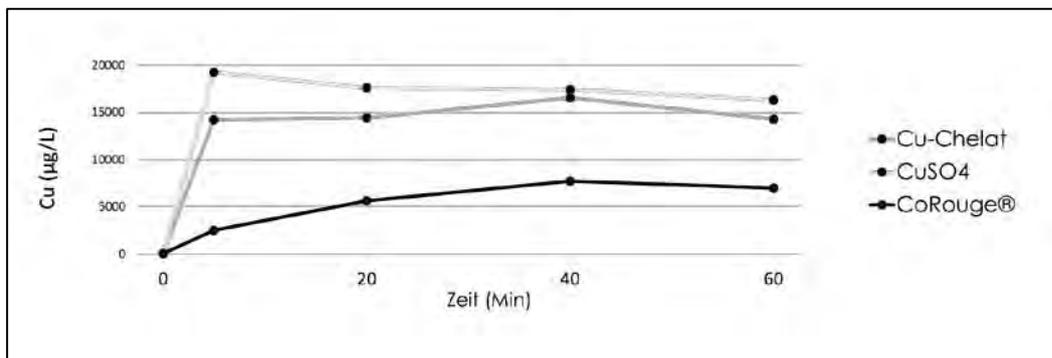


Abbildung 2: Löslichkeitskinetik der Kupferverbindungen Kupfer-Chelat, Kupfersulfat und monovalentes Kupfer-Oxid (CoRouge®) im Überstand des Pansensaftansatzes (µg/L)

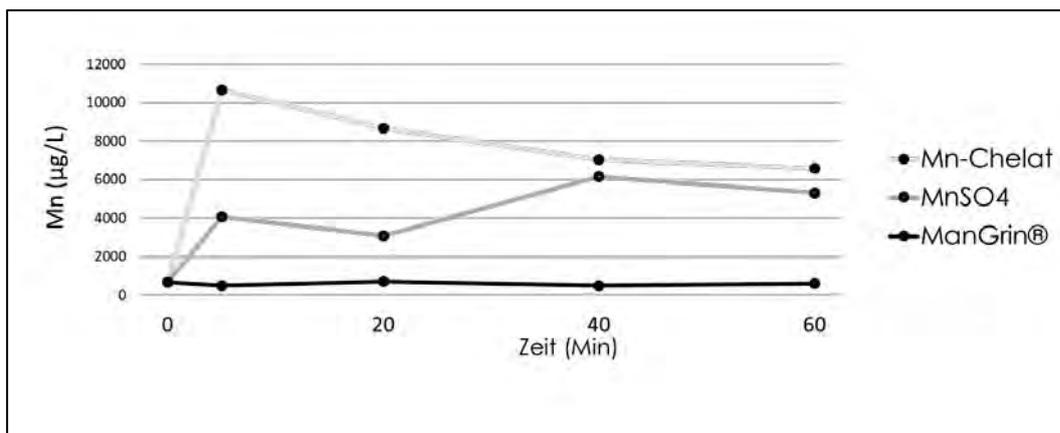


Abbildung 3: Löslichkeitskinetik der Manganverbindungen Mangan-Chelat, Mangansulfat und gereinigtes Manganoxid (ManGrin®) im Überstand (µg/L)

Diskussion und Schlussfolgerungen

Im Pansen findet man optimalerweise pH-Werte im Bereich von 6,5 bis 7. In dieses Milieu kommen zunächst einmal die Spurenelemente aus dem Futter. Daher ist die Situation grundlegend unterschiedlich im Vergleich zum Monogastrier.

Es zeigte sich in der vorliegenden *In Vitro* - Studie, dass die getesteten Oxidformen im Pansenmilieu stabiler waren als Sulfate und Chelate.

Eine höhere Pansenstabilität ist aus folgenden Gründen bedeutsam:

- Ungelöst wirken die Spurenelemente weniger toxisch auf die Pansenbakterien.
- Es treten weniger Interaktionen mit Antagonisten auf (zum Beispiel Bildung unlöslicher Komplexe im Pansen mit Molybdän und Schwefel im Falle von Kupfer)
- Das Risiko einer Überversorgung in Form von Sicherheitszulagen kann reduziert werden.
- Die Spurenelemente werden hauptsächlich bei niedrigen pH-Werten im Abomasum freigesetzt und später im Dünndarm absorbiert, um den essenziellen Körperfunktionen zu dienen.

Literatur

NRC. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev ed. Washington, DC; National Academy Press; 2001

Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder, DLG-Verlag, Frankfurt a. Main

Kincaid, R. L. (1999): Assessment of trace mineral status of ruminants: A review. *Journal of Animal Science* (77)

Corresponding author:

Dr. Ulrich Steinruck
Pulte GmbH & Co. KG
Hirtenweg 2
D-82031 Grünwald
Email: ulrich.steinruck@pulte.de

Gemeinsam. Zuverlässig.

Grundlage für erfolgreiche Arbeit ist vor allem eine langfristige und verlässliche Zusammenarbeit mit leistungsstarken und gewissenhaften Partnern.



Zusammen
in die richtige Richtung.
Natürlich.



Besuchen Sie uns!



15. - 18. November 2022
in Hannover

PULTE

Futtermittel
einzeln | zusätzlich | ergänzend



www.pulte.de

Subklinische Hypokalzämie ("Milchfieber"): Einflussfaktoren und ihre Kontrolle in der Praxis

Katharina Pfeil¹, Deepak Kumar Dubey², Bram Pauwelyn² and Javier Mateos²

¹Kemin Deutschland GmbH, Düsseldorf ²Kemin Europa NV Herentals (Belgien)

Einleitung

Einleitung: Stoffwechselkrankheiten wie die subklinische Hypokalzämie (SKH) sollten, auch wenn ihre Ursache und Vorbeugung bzw. Therapie lange bekannt sind, weiterhin kontinuierlich Beachtung finden, da sie mit einem erhöhten Risiko für weitere Erkrankungen verbunden sind. Die subklinische Hypokalzämie ist in Europa weit verbreitet, wie auch Studien aus Deutschland zeigen (Venjakob et al., 2017). Subklinische Hypokalzämie und klinisches Milchfieber wurden hier bei 47,6 % bzw. 8,6 % der Mehrkalbskühe festgestellt.

Zur prophylaktischen Vorbeugung von Milchfieber haben sich in der Praxis seitens der Fütterung im Wesentlichen folgende drei Strategien etabliert:

- 1) Reduzierung der Kalziumgabe bei Anhebung des Phosphor-Gehaltes in der Trockensteherration
- 2) Einsatz von Kalziumbindern auf mineralischer Basis oder auf Basis von Reiskleie
- 3) Absenkung der Kationen-Anionen-Bilanz der Ration (DKAB) bis ca. -50 meq je kg Trockenmasse (TM) der Ration mit Erfolgskontrolle über die Messung des Harn-pH

Neuere Arbeiten zur Milchfieberprophylaxe zeigen, dass die verabreichte Kalzium-Menge in der Trockenstehzeit alleine kaum Effekte auf die Häufigkeit von Milchfieber hat, (Santos et al. 2019), nur sehr hohe Kalziumgaben scheinen die Milchfieberhäufigkeit tendenziell zu fördern, sehr niedrige Kalziumgehalte in der Transition führen jedoch noch nicht zu einer deutlichen Reduktion der Milchfieberhäufigkeit.

Laut einer Metaanalyse, die 42 randomisierte Studien umfasste (Santos et al., 2019), entwickeln Kühe, die Rationen mit einer hohen DKAB erhalten, mit größerer Wahrscheinlichkeit Milchfieber oder zumindest eine Hypokalzämie.

Es sollte in dieser Studie untersucht werden, ob die mitteleuropäischen Futtermittel mit der Prävalenz der subklinischen Hypokalzämie in Zusammenhang stehen und ob schon durch die Verwendung von Futtermitteln mit niedriger oder negativer DKAB genügt, die angestrebten -50 meq je kg Rationstrockenmasse zu erreichen sind.

Auf 4 großen Milchviehbetrieben wurden Daten zum Gesundheitsstatus und zur Leistung der Kühe vor und nach Implementierung einer DKAB-Strategie mittels gekapseltem Kalziumchlorid erhoben.

Material und Methoden

Es wurden verschiedene Futtermittel bezüglich ihrer DKAB verglichen. Aus den ausgewählten Futtermitteln wurde eine praxisübliche Ration für Anfütterungskühe (3 Wochen vor der Kalbung) erstellt und die DKAB ohne und mit Verwendung einer Zulage von Kalziumchlorid berechnet.

In 4 ausgewählten großen Praxisbetrieben wurden die Rationen mit Hilfe von NutriCAB™ angesäuert, die Ziel-KAB lag bei -50 bis -100 meq/kg, der Zielwert für den Harn-pH lag bei 6-6,5.

NutriCAB™ ist eine beschichtete Form von Kalziumchlorid. Die Beschichtung hilft, die die Bitterkeit von anionischem Salz bei der Aufnahme zu maskieren, die Hygroskopizität bei der Anwendung und Lagerung zu reduzieren, sowie Hautreizungen bei der Handhabung zu vermeiden. Die Rationen für die Kühe 3 Wochen vor der Kalbung wurden nur bezüglich des Gehaltes an Kalzium, Magnesium sowie der DKAB modifiziert.

Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 1: Ration und Rationsparameter einer hypothetische Ration für Anfüterungskühe

Futterkomponente	Trockenmasse		Originalsubstanz		DKAB
		g/kg		kg	meq/kg
Maissilage 2021		383		19,00	133
Stroh Weizen		860		1,80	200
Rapsschrot		890		2,80	-59
Mais		880		0,50	-10
Biertreber siliert		220		5,00	-12
Kalk		990		0,20	0
Harnstoff		990		0,03	0
Premix		990		0,18	0
NutriCAB		950		0,12	-13800
					DKAB gesamt:
				0	NutriCAB™ 80
				0,12	NutriCAB™ -50

Die meisten Futterkomponenten haben DKAB-Gehalte von +100 und weit darüber, vor allem kaliumreiche Grundfuttermittel wie Graskonserven, aber auch Stroh, Leguminosen, oder auch Maissilage mit geringem Kolbenanteil (Hitzeschäden). Es ist daher nicht möglich, allein durch die Auswahl der Futterkomponenten auf die empfohlenen Zielwerte von - 50 bis - 100 meq in der Tagesration zu kommen. Erhebungen zu praxisüblichen Rationen in Norddeutschland kommen zu entsprechenden Ergebnissen bezüglich der gemessenen Werte für die DKAB in Vorbereiterrationen von 123 meq bis 284 meq je kg Trockenmasse (Schulze & Mahlkow-Nerge, 2017).

Hier kann dann der Einsatz sogenannter „saurer Salze“, welche einen hohen Chlorid- oder Sulfatgehalt haben, Abhilfe schaffen.

Allerdings waren in der Vergangenheit die Erfahrungen mit der Verwendung dieser sauren Salze nicht immer positiv: wichtig ist die Verwendung von geschmacksneutralen Produkten, welche die Futteraufnahme in der ohnehin sensiblen Phase kurz vor der Kalbung nicht negativ beeinflussen, da schon die Induktion einer leichten Stoffwechselazidose die Trockensubstanzaufnahme leicht senkt.

Kalziumchlorid ist im Vergleich zu anderen sauren Salzen sehr effektiv bezüglich seines Ansäuerungsvermögens (Staufenbiel et al., 2003), bedarf aber wegen des schlechten Geschmacks unbedingt einer geeigneten Darreichungsform.

Zu Verbesserung der Futteraufnahme werden saure Salze heute teilweise in gecoateter Form angeboten. Ein Kilo gecoatetes Kalziumchlorid (NutriCAB™ mit 80 % Kalziumchlorid) hat eine DCAB von – 13.800 meq, so dass in der Regel bei Ergänzung der Trockensteherration von 120 bis 250 g je Kuh und Tag der gewünschte Zielwert erreicht wird.

Begleitet werden sollte dies immer durch die Erfolgskontrolle über eine regelmäßige Überprüfung des Harns bei den Vorbereitern: normalerweise liegt der Harn-pH gesunder Kühe bei etwa 8,2 bis 8,5, durch die Reduzierung der DKAB sollten die pH-Werte auf etwa 5,9-6,5 abgesenkt werden.

Die Harn-pH-Messung ist auf Praxisbetrieben leicht anwendbar und steht in enger Beziehung zur DKAB. Kühe mit Harn-pH-Werten unter 6 haben ein deutlich geringeres Risiko für das Auftreten eines Milchfiebers, daher sollte diese Kontrollmaßnahme im Rahmen des Herdenmanagements regelmäßig erfolgen.

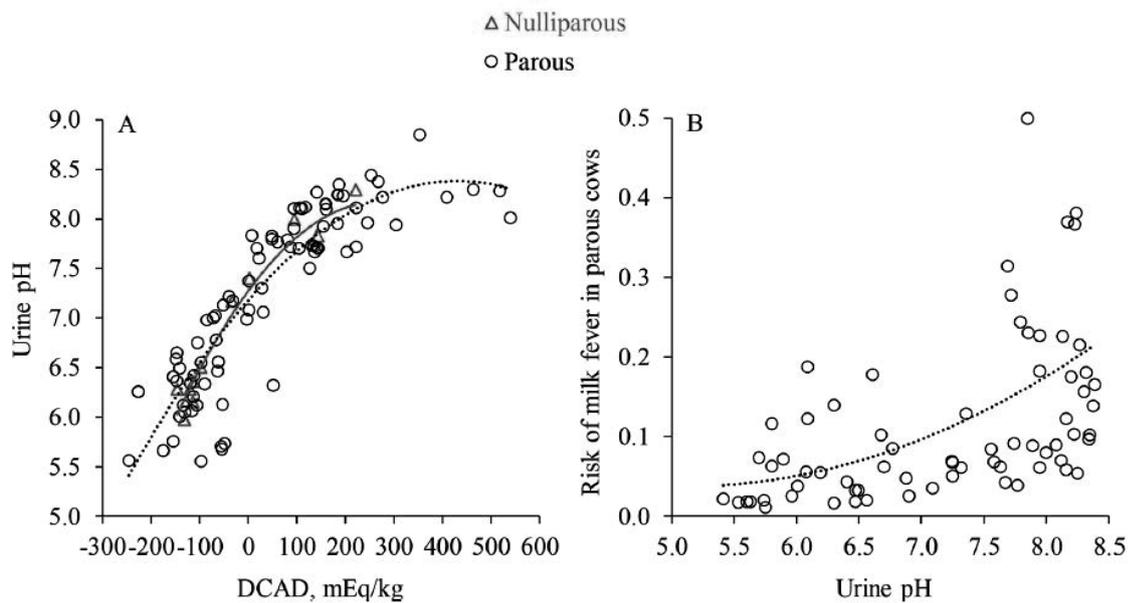


Abbildung 1: Harn-pH bei Erstkalbinnen (Dreieck) oder Mehrkalbskühen (Kreis) gemäß DKAD (A) und Risiko von Milchfieber bei Mehrkalbskühen gemäß dem Harn-pH-Wert (B) nach Santos et al. 2019

Nach Ergänzung der Rationen mit NutriCAB™ im Rahmen des Gesundheitsprogramms für Wiederkäuer von Kemlin für Kühe vor dem Abkalben zeigten die Erfahrungen aus den 4 verschiedenen Betrieben deutlich, dass die Häufigkeit von Nachgeburtsverhalten 81 Prozent, Metritis um 82,1 Prozent, Mastitis um 53,3 Prozent und Labmagenverlagerungen um 80 Prozent reduziert wurden.

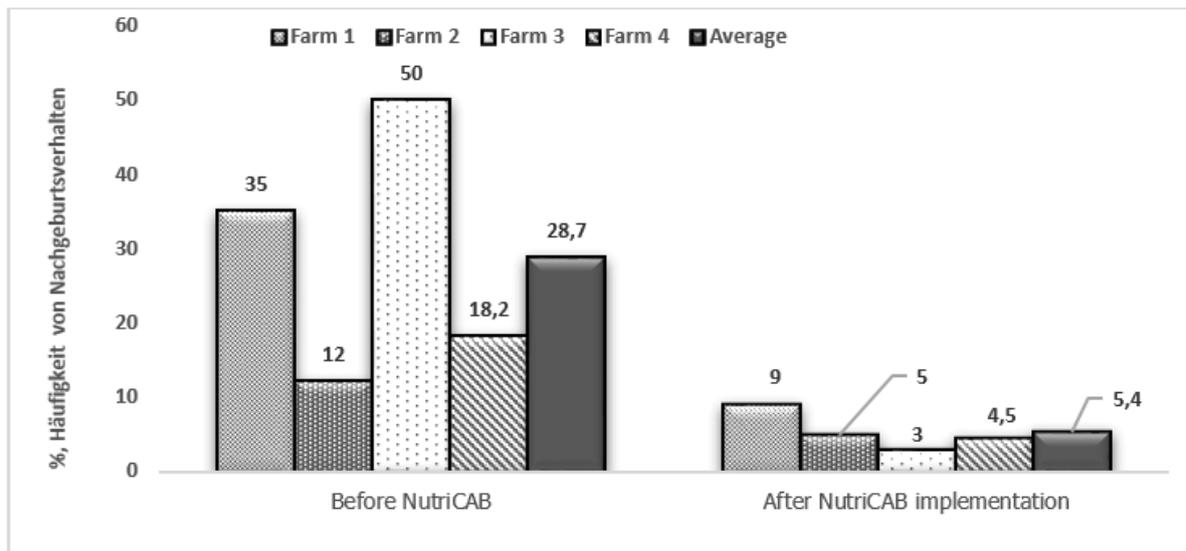


Abbildung 2: Veränderungen in der Häufigkeit von Nachgeburtshäufigkeit nach der Einführung von NutriCAB™ in 4 Milchviehbetrieben in den letzten 3 Wochen vor der Kalbung (Kemin, eigene Untersuchungen)

Dass durch die Reduzierung von subklinischer Hypokalzämie auch Folgeerkrankungen verringert werden, ist zu erwarten. Nach Essi Evans (2003) erhöht die Hypokalzämie die Anfälligkeit für Folgeerkrankungen um das mehrfache:

- 4.2 x Ketose
- 2.8 x Nachgeburtshäufigkeit
- 3.6 x Gebärmutterentzündung
- 3.1 x Fettleber
- 3.4 x Labmagenverlagerung

Die Verringerung subklinischer Stoffwechselstörungen verbessert die Einsatz- und Spitzenmilchproduktion und die Persistenz der Laktation.

In den 4 beobachteten Betrieben stieg die Einsatzleistung um 5,9 %. Nach dem Abkalben ist das Erreichen einer optimalen Spitzenmilchleistung von entscheidender Bedeutung, da dies eine wichtige Voraussetzung für eine bessere Milchproduktion während der gesamten Laktation ist.

Schlussfolgerung

In den Milchviehherden Mitteleuropas sind subklinische Hypokalzämien weit verbreitet und sollten nicht unterschätzt werden. Vielen Studien der letzten Jahrzehnte zufolge sollte die Ernährung der Kühe vor dem Abkalben dem DKAB-Konzept folgen, um einer Hypokalzämie entgegenzuwirken. Eine Fütterung mit negativer DKAB vor der Kalbung minimiert subklinische Stoffwechselprobleme, und führt dadurch mittelbar auch zu einer höheren Laktationsleistung.

Für eine sachgerechte Umsetzung des DKAB-Konzeptes bedarf es der Kenntnis aller eingesetzten Futtermittel bezüglich der DKAB, einer auf die DKAB angepasste Kalzium- und Magnesiumkonzentration in der Ration, einer regelmäßigen Erfolgskontrolle mittels Messung des Harn-pH, sowie weiterhin einer engmaschigen Überwachung der Einzeltiere und adäquaten Behandlung von Tieren, die trotz der Anwendung der DKAB-Strategie durch Kalziummangel auffallen.

Literatur

- E. Evans, 2003: Auswirkungen von Stoffwechselstörungen auf die Fruchtbarkeit, Tagungsbericht Pieper, Poppe, Schröder 7. Symposium „Fütterung und Management von Kühen mit hohen Leistungen, 5-32
- M. Schulze, K. Mahlkow-Nerge, 2017: DCAB in Trockensteherrationen – große Diskrepanz in der Praxis zwischen Annahme und Wirklichkeit. Proteinmarkt https://www.proteinmarkt.de/fileadmin/bilder/fachartikel/2017/FA-Rind_Nr.12-DCAB_in_Trockensteherrationen.pdf
- R. Staufenbiel, S. Frömer, S. L. Löffler, M. Engel, C.-C. Gelfert, 2003: Tagungsbericht Pieper, Poppe, Schröder 7. Symposium „Fütterung und Management von Kühen mit hohen Leistungen, 33-66
- P. L. Venjakob, L. Pieper, W. Heuwieser, and S. Borchardt, 2018: Association of postpartum hypocalcemia with early-lactation milk yield, reproductive performance, and culling in dairy cows. J. Dairy Sci. 101, 1-10.
- A. Vieira-Neto, I. M. R. Leão, J. G. Prim, A. C. M. Silva, M. Nehme Marinho, R. Zimpel, S. Etheve, C. D. Nelson, and J. E. P. Santos, 2021: Effect of duration of exposure to diets differing in dietary cation-anion difference on Ca metabolism after a parathyroid hormone challenge in dairy cows. J. Dairy Sci. 104:1018–1038.

Autorenanschrift:

Dr. Katharina Pfeil
Kemin Deutschland GmbH
Speditionsstr. 21
40221 Düsseldorf
E-mail: katharina.pfeil@kemin.com

Wirkung eines Vitamin D₃-Metaboliten (25-OH-D₃) auf den Geburtsverlauf von hochleistenden Sauen

Matthias Wiemann¹, Jochen Wirges¹, Michael Lütke-Dörhoff², Heiner Westendarp²

¹ DSM Nutritional Products GmbH, D-49565 Bramsche

² Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, Hochschule Osnabrück, 49090 Osnabrück

Einleitung

Durch den genetischen Fortschritt in der Schweinezucht sind aktuell Wurfgrößen von 17 geborenen Ferkeln und mehr bzw. ein Zuchtziel von 35 abgesetzten Ferkeln/Sau/Jahr keine Seltenheit mehr. Für die Realisierung dieser Ferkelanzahlen ist dann ein reibungsloser Geburtsverlauf von entscheidender Bedeutung. Der Geburtsverlauf ist ein komplexer metabolischer Vorgang, bei dem neben verschiedenen Hormonen auch verschiedene Nährstoffe eine wichtige Rolle spielen. Darunter fällt unter anderem auch Calcium, da es für Muskelkontraktionen und während der Geburt vor allem für die Wehentätigkeit benötigt wird (Wray et al, 2001). Für eine schnell einsetzende, aber langanhaltende, Wehentätigkeit der Sau ist daher eine rasche Mobilisierung von Calcium von Bedeutung. In dem Ca-Stoffwechsel hat das Vitamin D₃ über seine aktive, hormonell wirkende Form des Calcitriols (1,25(OH)₂-D₃) eine wichtige Funktion. Calcitriol verbessert durch Aktivierung von Ca²⁺-Bindungsproteinen sowohl die direkte Aufnahme von Calcium aus dem Darm als auch die Resorption in der Niere (DeLuca, 2009, Dittmer and Thompson, 2011). Außerdem wird durch eine selbstregulierende Steuerung im Zusammenspiel mit dem Parathormon sowie Calcium- und Phosphatgehalten im Blut die Einlagerung von Ca über Osteoblasten bzw. die Freisetzung von Ca über Osteoklasten im Knochengewebe gesteuert (Lips, 2006).

Der Ausgangspunkt für die Bildung von Calcitriol (1,25(OH)₂-D₃) bildet dabei entweder das 7-dehydrocholesterol, das in der Haut durch Sonneneinstrahlung (UV-B) gebildet wird oder das dem Futter zugesetzte Cholecalciferol. Unter den in Europa überwiegenden Stallhaltungsbedingungen von Sauen ist allerdings der Weg der Synthese in der Haut zu vernachlässigen. Nach der Absorption aus dem Darm wird das Cholecalciferol dann zuerst in der Leber zum 25-hydroxycholecalciferol (25-OH-D₃) und darauf in einer weiter Hydroxylierung in der Niere zum 1,25-dihydroxycholecalciferol (Calcitriol) umgewandelt. Durch die hormonellen Funktionen des Calcitriol, unterliegt die zweite Hydroxylierung einer starken Selbstregulierung über das Parathormon sowie auch Ca- und P-Gehalte im Blut (Dittmer and Thompson, 2011). Bei einem geringeren Bedarf wird die inaktivere Form des 24,25-dihydroxycholecalciferol gebildet. Demgegenüber kann ein höherer Gehalt an 25-OH-D₃ im Blut durchaus erreicht werden und dem Tier letztendlich als Speicher dienen. In mehreren Untersuchungen mit Schweinen wurden durch den Einsatz von 25-OH-D₃ (Rovimix[®] Hy-D[®], DSM Nutritional Products) im Futter deutlich erhöhte Blutplasmaspiegel an 25-OH-D₃ ermittelt (Weber et al., 2014, Lauridsen et al. 2010, Schnor, 2017). Daraus resultierende mögliche Effekte auf den Geburtsverlauf sollten mit dieser Studie untersucht werden.

Material und Methoden

Auf einem Praxisbetrieb in Westfalen mit insgesamt 1400 Danbred-Sauen wurden für einen Fütterungsversuch zwei Gruppen mit jeweils 25 Tieren (Kontrolle) bzw. 22 Tieren (Versuch) unterteilt. Es wurden nur multipare Sauen ab dem 2. Wurf einbezogen. Hinsichtlich der Nährstoffzusammensetzung und verwendeten Futterkomponenten waren die industriell hergestellten, pelletierten Futtermischungen identisch. Lediglich in der Vitamin D3-Supplementierung unterschieden sich die beiden Gruppen sowohl im Futter für tragende Sauen als auch für säugende Sauen wie folgt:

- Kontrolle: 2000 I.E./kg Vitamin D3 aus Cholecalciferol, kein 25-OH-D3
- Versuch: kein Vitamin D3 (Cholecalciferol), 50mcg/kg 25-OH-D3

Die eingesetzten Futtermischungen basierten auf den Hauptkomponenten Weizen, Gerste, Sojaextraktionsschrot, Melasseschnitzel und Getreidenebenprodukte und enthielten die in Tabelle 1 dargestellten Nährstoffgehalte.

Tabelle 1: Nährstoffgehalte der eingesetzten Futtermischungen (tragende Sauen, laktierende Sauen)

Inhaltstoffe	Futter für tragende Sauen	Futter für laktierende Sauen
Umsetzbare Energie, MJ ME/kg	11,6	13,2
Rohprotein, %	13,0	16,0
Lysin, %	0,50	1,10
Rohfett, %	3,0	4,7
Rohfaser, %	7,5	4,5
Calcium, %	0,6	0,9
Phosphor, %	0,45	0,55

Als Leistungs- und Gesundheitsparameter wurden folgende Parameter in dieser Studie ermittelt:

- Ferkelanzahlen bei Geburt (gesamt, lebend geboren, tot geboren)
- Ferkelgewicht, Wurfgewicht gesamt, leichtgewichtige Ferkel
- Geburtsdauer (bis letztes Ferkel), Dauer Abgang Nachgeburt
- Häufigkeit Geburtshilfe und Oxytocingaben
- Körpertemperatur der Sauen (Laktationstag 1)
- Saugferkelverluste bzw. antibiotische Behandlungen der Ferkel

Die statistische Auswertung zur Überprüfung der Signifikanz basierte auf dem Mann-Whitney U-Test mit 2 Stichproben (Kontroll- und Versuchsgruppe), voneinander unabhängigen Stichproben (einzelne Sauen) und einer Ordinalskalierung. Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde auf $p \leq 0,05$ angewendet.

Ergebnisse

In der Tabelle 2 sind die erfassten Geburtsparameter bzw. Leistungs- und Gesundheitsparameter für die beiden Behandlungen aufgeführt. Hinsichtlich der Geburtsparameter konnte eine auf die Hälfte verringerte signifikant kürzere Dauer für den Abgang der Nachgeburt in der Versuchsvariante nachgewiesen werden. Die Dauer der Geburt (bis letztes Ferkel) war in der Versuchsvariante tendenziell höher, aber der Zeitabstand zwischen den Ferkeln leicht geringer. Bei den Leistungsparametern wurden jeweils im Gruppenmittel 2 zusätzliche gesamt geborene bzw. auch lebend geborene Ferkel für die Versuchsvariante ermittelt, allerdings konnten diese Differenzen nicht statistisch abgesichert werden. Resultierend aus dieser höheren Ferkelanzahl ergaben sich ein signifikant geringeres durchschnittliches Geburtsgewicht von 1,18 kg in der Versuchsvariante gegenüber 1,31 kg für die Kontrollgruppe. Bei den Sauen mit erhöhter Körpertemperatur am 1. Laktationstag lag die Anzahl in der Kontrolle tendenziell

leicht höher gegenüber der Versuchsgruppe. Der Anteil der Würfe mit Antibiotika-behandlungen war für die Versuchsvariante deutlich niedriger als in der Kontrolle und für Saugferkelverluste wurde mit 7,06% für die Kontrolle und 4,76% für Versuch tendenziell ein Effekt zu erkennen ($p=0,058$).

Tabelle 2: Ergebnisse der Geburtsparameter bzw. Leistungs- und Gesundheitsparameter der beiden Fütterungsvarianten mit unterschiedlicher Vitamin D3 Supplementation

Parameter		Kontrolle (2000 I.E. D3)	Versuch (50 mcg 25-OH-D3)
Geburtsparameter			
Dauer der Geburt (letztes Ferkel)	min	324,0	333,9
Zeitabstand zwischen den Ferkeln	min	17,8	16,1
Dauer bis Abgang der Nachgeburt	min	220,4 ^a	110,0 ^b
Anteil der Würfe mit Geburtshilfe	%	56	72
Einsatz von Oxytocin	%	56	40
Leistungs- und Gesundheitsparameter			
Gesamt geborene Ferkel	Anzahl	18,7	20,8
Lebend geborene Ferkel	Anzahl	17,1	19,4
Tot geborene Ferkel	Anzahl	1,6	1,4
Geburtsgewicht (Wurf)	Kg	23,55	24,37
Geburtsgewicht (Ferkel)	Kg	1,31 ^a	1,18 ^b
Ferkel < 750 g	Anzahl	1,2	1,6
Körpertemperatur an Laktationstag 1	°C	38,9	38,7
Sauen > 39,3 °C	Anzahl	4	2
Sauen > 40,0 °C	Anzahl	2	0
Gewichtsentwicklung Ferkel (TZ)	Kg	0,24	0,23
Anteil der Würfe mit Behandlungen	%	32	9
Saugferkelverluste	%	7,06	4,76

Diskussion

In dieser Untersuchung wurde trotz einer gleichmäßigen Aufteilung der Sauen anhand der Vorleistungen ein mit 2 Ferkeln Unterschied doch deutlicher – wenn auch nicht signifikanter – Effekt für die Versuchsvariante festgestellt. Daher ist das geringere Ferkelgeburtsgewicht fast schon eine logische Konsequenz.

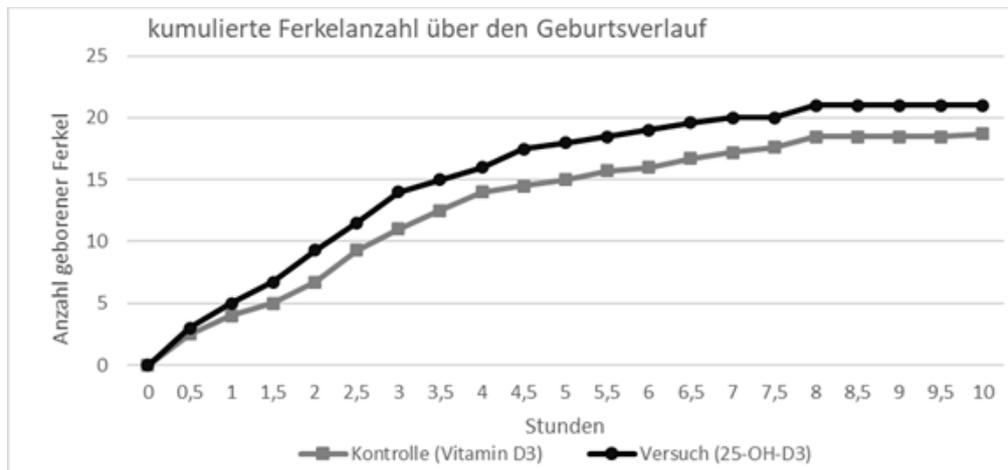


Abbildung 1: Darstellung der kumulierten Ferkelanzahl über den Geburtsverlauf für die Varianten Kontrolle (Vitamin D₃) bzw. Versuch (25-OH-D₃)

Andererseits ist die gleiche Geburtsdauer wieder unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Ferkelanzahl dann als positiv zu bewerten und dies wird auch in dem niedrigeren Zeitabstand zwischen den Ferkeln deutlich. In der grafischen Darstellung der Ferkelanzahlen über die Geburtsdauer (Abbildung 1), dass für einen definierten Wert von 15 geborenen Ferkeln in der Kontrollvariante 5,5h und in der Versuchsvariante mit 3,5h ein um 1,5h geringerer Wert vorlag. Ein sehr deutlicher Effekt durch den Einsatz von 25-OH-D₃ hat sich besonders beim Abgang der Nachgeburt ergeben. Hier lässt sich durchaus vermuten, dass durch eine verbesserte Ca-Versorgung noch ausreichend Muskelkontraktionen für diesen finalen Teil des Geburtsverlaufes resultieren.

Es ist an dieser Stelle darauf zu verweisen, dass für die hier erfassten Parameter zum Geburtsverlauf als auch zu Leistungs- und Gesundheitsparametern einer großen Streuung unterliegen und für eine bessere Bewertung Untersuchungen mit größeren Tierzahlen erforderlich wären. Unter diesem Aspekt sind auch die leicht positiven Trends bei der Körpertemperatur der Sau bzw. Saugferkelverluste und -behandlungen nicht eindeutig zu interpretieren.

Schlussfolgerung

Für einen reibungslosen Geburtsverlauf hochleistender Sauen ist eine gute und rasche Ca-Versorgung für Muskelkontraktionen notwendig. Diese wird wiederum stark durch das Vitamin D₃ und den finalen Metaboliten Calcitriol gesteuert. Durch den Austausch von klassischem Vitamin D₃ (Cholecalciferol) mit dem ersten Metaboliten 25-OH-D₃ konnten in dieser Untersuchung an Sauen tendenziell positive Effekte auf den Geburtsverlauf – deutlich signifikant sogar im Abgang der Nachgeburt - und auch Gesundheitsparameter ermittelt werden. Ein signifikant geringeres Ferkelgeburtsgewicht resultierte dabei aus einer deutlich höheren Ferkelanzahl (+2 Ferkel) in der Versuchsvariante.

Literaturverzeichnis

DeLuca, H. (2009) Vitamin D and the Parenteral Nutrition Patient. *Gastroenterology* 2009;137:S79–S91

Dittmer, K. E. and Thompson, K. G., (2011) Vitamin D metabolism and rickets in domestic animals: a review. *Veterinary Pathology* 48, 389–407.

Lauridsen, C., Halekoh, U., Larsen, T. and Jensen, S.K. (2010) Reproductive performance and bone status markers of gilts and lactating sows supplemented with two different forms of vitamin D. *Journal of Animal Science* 2010.88:202-213.

Lips, P. (2006) Review. Vitamin D physiology; *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 92 (2006) 4–8

Schnor, S. (2017): Vergleich der Wirksamkeit von 25-Hydroxycholecalciferol und konventionellem Cholecalciferol in der Fütterung von Zuchtsauen anhand von Blutmetaboliten, Leistungs- und Knochendaten. Dissertation, Universität Hohenheim

Weber, G.M., Witschi, A.-K.M., Wenk, C. and Martens, H. (2014) Effects of dietary 25-hydroxycholecalciferol and cholecalciferol on blood vitamin D and mineral status, bone turnover, milk composition, and reproductive performance of sows. *Journal of Animal Science* 2014.92:899–909.

Wray, S., Kupittayanant, S., Shmygol, A., Smith, R.D. and Burdyga, T. (2001) Uterine Contractility Symposium: The physiological basis of uterine contractility: a short review; *Experimental Physiology* 86.2, 239–246.

Autorenanschrift:

DSM Nutritional Products GmbH
Matthias Wiemann
Im Breuel 10
D-49565 Bramsche
matthias.wiemann@dsm.com

Mycofix®



Mykotoxine deaktivieren Leistung aktivieren

Wissenschaftlich gestützter, aktiver Schutz gegen mehrere Mykotoxine*

Mit 3 kombinierten Strategien



ADSORPTION



BIOTRANSFORMATION



BIOPROTECTION

*Ermächtigt durch die EU-Verordnungen Nr. 1060/2013, 1016/2013, 1115/2014, 2017/913, 2017/930, 2018/1568 und 2021/363 zur Verringerung der Kontamination mit Fumonisin, Aflatoxinen und Trichothecenen.

*Wenn nicht wir, wer dann?
Wenn nicht jetzt, wann dann?*
WIR MACHEN ES MÖGLICH



**ANIMAL
NUTRITION
AND HEALTH**

ESSENTIAL
PRODUCTS

PERFORMANCE
SOLUTIONS +
BIOMIN®

PRECISION
SERVICES

www.dsm.com/anh

Follow us on:



DSM

BRIGHT SCIENCE. BRIGHTER LIVING.

Einfluss einer abgestuften Phosphorversorgung auf die Klauenbeschaffenheit von Fleckviehbullen

M. Deutinger^{1,2}, A. Obermaier², P. Edelmann², P. Weindl¹, T. Ettle²

¹ Hochschule Weihenstephan-Triesdorf

² Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub

Einleitung

Ein wichtiges Ziel der Düngeverordnung ist es, die Stickstoff- und Phosphordüngung zu reduzieren, um Nitrat- und Phosphatbelastungen in der Umwelt zu minimieren. Um mögliche Überschüsse im Stoffwechsel der Tiere zu begrenzen und dadurch die Ausscheidung der Nährstoffe möglichst gering zu halten, ist es von großer Bedeutung, die Nährstoffgehalte im Futter an den Bedarf der Tiere heranzuführen (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. 2014). Hierbei sind in erster Linie die angegebenen Versorgungsempfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 1995) bzw. jene des National Research Council (NRC 2016) und die Sicherheitszuschläge, die auf den errechneten, „optimalen“ Bedarf der Tiere hinzugeschlagen werden, zu erwähnen. Sie gleichen z.B. Umwelteinflüsse oder unterschiedliche, tierbedingte Veranlagerungen aus (LfL Bayern o. D.). Somit stellt sich die Frage, ob auch beim Thema „Phosphor“ (P) eine Reduzierung des Mengenelementes in Betracht gezogen werden kann. Der folgende Beitrag soll die Auswirkungen einer abgestuften P-Versorgung auf die Klauenbeschaffenheiten von Bullen der Rasse Fleckvieh darstellen.

Material und Methoden

Der Bullenmastversuch wurde am Staatsgut in Grub durchgeführt. Es wurden 72 Bullen der Rasse Fleckvieh in einem Tretmiststall gemästet. Für die Versuchsdurchführung wurden drei Fütterungsgruppen gebildet. Die Aufteilung der Bullen in diese drei Fütterungsgruppen erfolgte anhand ihres Gewichtes und Alters. Die erste Gruppe (Pnorm) erhielt das Phosphor laut Rationsplanung nach Norm (GfE 1995), die zweite (Pnieder) wurde 25% unter den Empfehlungen mit P unterversorgt und die dritte (Phoch) 25% über den Empfehlungen. Die Versorgungsempfehlung bei Phosphor setzt sich nach GfE (1995) aus dem unterstellten P-Ansatz im Tier, den unvermeidlichen Verlusten und einem Verwertungsfaktor für das im Futter vorhandene P zusammen. Die Fütterung erfolgte in Form einer TMR, die in den drei Phasen Anfangs-, Mittel- und Endmast entsprechend dem Energie- und Nährstoffbedarf der Tiere angepasst wurde. Nähere Informationen zur Versuchsdurchführung sind im voranstehenden Beitrag (Ettle et al. 2022) dargestellt.

Die Schlachtung der Bullen erfolgte bei einem für die Versuchsgruppen gleichen mittleren Alter der

Bullen von 462 Tagen. Während der Schlachtung wurden von jedem Bullen die rechte Vorder- und Hinterklaue am Vorderfußwurzelgelenk abgetrennt und bis zur weiteren Bearbeitung bei -18°C tiefgefroren. Die Klauen mussten nach der Lagerung im Gefrierraum der LfL aufgetaut und anschließend mit einer Scheuerbürste und Wasser gesäubert werden, um jeglichen Schmutz an den Klauen zu entfernen.

Anschließend wurde der Dorsalwandwinkel der Klauen mit Hilfe eines zweischenkigen Winkelmessers gemessen. In diesem Fall wurde ein Goniometer Typ „T-136373“ der Firma „Teqler“ verwendet. Nach der Bestimmung des Dorsalwandwinkels wurden die gewaschenen aber unkorrigierten Klauen auf Veränderungen und Auffälligkeiten genauer untersucht. In diesem Zusammenhang sollten sowohl Befunde an den Klauen wie z.B. Verformungen als auch Klauenerkrankungen betrachtet werden. Die auftretenden Beobachtungen an den Klauen wurden notiert, daraufhin mit Fotoaufnahmen dokumentiert und in die Grade 0-3 eingeteilt. Der Grad „0“ beschreibt in diesem Fall eine sehr geringe optische Auffälligkeit und möglicherweise den Beginn einer Krankheit bzw. Veränderung. Die Grade „1“, „2“, und „3“ stellen eine Steigerung der Schwere der Krankheit dar, wobei „1“ von einer leichten, „2“ von einer mittleren und „3“ von einer starken Auffälligkeit in der Veränderung im Vergleich zu einer gesunden Klaue ausgeht.

Als dritter Arbeitsschritt wurde die Klauenhornhärte gemessen. Diese wurde mit Hilfe eines Digital Durometer PCE-DD-D der Firma PCE Instruments erfasst. Das Durometer gibt Messwerte im Bereich von 0 bis 100 Shore D an, welche als „Einheit“ für den Score der Klauenhornhärte verwendet wurde. Somit misst es die Härtegrade der Rinderklauen. Im Rahmen der Härtemessung wurden die Innenklaue am rechten Vorderbein und die Außenklaue am rechten Hinterbein verwendet. Folgende Abbildung zeigt die vier gewählten Messpunkte an der Klaue. Für alle Messpunkte wurden jeweils drei Messungen durchgeführt und diese in der Auswertung zu einem Mittelwert zusammengefasst.

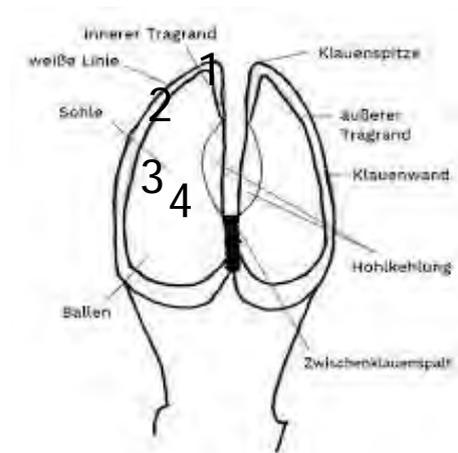


Abbildung 1: Härtemesspunkte an der Klaue

Die Auswertung der Daten erfolgte mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse (Proc GLM in SAS). Bei einem normalverteilten Datensatz (Dorsalwandwinkel, Klauenhornhärte) wurde zur Bestimmung von signifikanten Unterschieden zwischen Gruppenmittelwerten der Student-Newman-Keuls-Test mit Bonferroni-Korrektur, einem sogenannten Post-Hoc-Test durchgeführt. Für den nicht-normalverteilten Datensatz (Klauenerkrankungen) fand zuerst der Wilcoxon-Test und anschließend der Kruskal-Wallis-Test, um Chi-Quadrat zu bestimmen, Anwendung bei der statistischen Analyse. Es konnten Daten von 70 Bullen ausgewertet werden.

Ergebnisse und Diskussion

Die Dorsalwandwinkel der Vorderklaue betragen in den Gruppen Pnieder, Pnorm und Phoch 57,7 °, 58,3 ° und 58,6 °. Es konnte kein Einfluss der P-Versorgung festgestellt werden (Tabelle 1). Auch die Mittelwerte der Dorsalwandwinkel der Beckengliedmaße variierten nur minimal in den drei

Fütterungsgruppen. Im Durchschnitt der Gruppe Pnieder, Pnorm und Phoch betragen die Werte 58,7 °, 59,0 ° und 59,6 ° (Tabelle 1).

Tabelle 1: Auswirkungen der P-Versorgung auf den Dorsalwandwinkel der Klauen (Mittelwert \pm Standardabweichung sowie Minima und Maxima (in Klammern))

	Versorgungsgruppe			p-Wert
	Pnieder	Pnorm	Phoch	
Dorsalwandwinkel Vorderklaue, °	57,7 \pm 2,06 (54,0-60,0)	58,3 \pm 3,26 (54,0-64,0)	58,6 \pm 3,26 (52,0-64,0)	0,545
Dorsalwandwinkel Hinterklaue, °	58,7 \pm 2,30 (56,0-64,0)	59,0 \pm 1,80 (56,0-62,0)	59,6 \pm 2,12 (56,0-64,0)	0,345

Die Ergebnisse zur Messung der Klauenhornhärte sind in der nachfolgenden Tabelle 2 zu sehen. Die absolute Höhe der Messwerte ist mit der Literaturangabe zu Mastbulen (Eilers und Sekul 2006) vergleichbar. An den Klauensohlen wurde eine niedrigere Klauenhärte gemessen als am Klauenrand, was mit Literaturangaben von Mülling C. 1993 übereinstimmt. Das Klauenhorn am Kronsegment bzw. der Klauenwand hinab zum Tragrand der Klaue ist am härtesten, während die Klauenhornhärte im Bereich des Ballens im Vergleich abnimmt. Bei den Messstellen V1, V2, V3, H1, H2 ist erkennbar, dass sich die Messwerte von Pnieder über Pnorm zu Phoch stetig leicht erhöhen. Allerdings können diese Effekte nicht statistisch abgesichert werden. Bei den Messpunkten V4, H3, H4 ist kein Anstieg der Klauenhornhärte mit steigender P-Versorgung festzustellen. Bei Messpunkt H3 liegt die Klauenhornhärte in der Gruppe Pnorm deutlich ($p < 0,05$) niedriger als in der Gruppe Phoch. Da sich die Klauenhornhärte an diesem Messpunkt in der Gruppe Pnieder jedoch nicht von den beiden Vergleichsgruppen unterscheidet, kann man nicht von einem gerichteten Effekt der P-Versorgung ausgehen.

Tabelle 2: Auswirkungen der P-Versorgung auf die Klauenhornhärte (Shore D-Härtegrade, Mittelwert \pm Standardabweichung)

	Versorgungsgruppe			p-Wert
	Pnieder	Pnorm	Phoch	
Vorderklaue				
V1	51,7 \pm 2,2	52,5 \pm 2,2	52,6 \pm 1,7	0,28
V2	50,2 \pm 2,4	50,9 \pm 2,1	51,0 \pm 1,7	0,33
V3	36,6 \pm 2,3	36,7 \pm 2,7	37,5 \pm 2,6	0,42
V4	38,6 \pm 1,2	38,6 \pm 1,6	38,6 \pm 1,3	0,60
Hinterklaue				
H1	51,9 \pm 1,6	52,4 \pm 1,7	52,5 \pm 1,9	0,48
H2	51,1 \pm 2,1	51,6 \pm 2,0	51,7 \pm 1,8	0,51
H3	38,8 ^{ab} \pm 2,3	37,6 ^a \pm 3,1	39,5 ^b \pm 2,0	0,04
H4	39,9 \pm 1,4	39,1 \pm 1,8	39,1 \pm 1,2	0,91

An den Klauen wurde auch geprüft, ob Fehlbildungen erkennbar waren und der Schweregrad mit einer Skala von 0 – 3 festgehalten. Doppelsohlen, Sohlenblutungen oder Rollklauen traten insgesamt sehr selten auf, so dass kein Gruppenvergleich möglich ist. Überwachungen, Ballenfäule, eine konkave Vorderwand oder Stauchungsringe wurden häufig beobachtet, zeigten jedoch überwiegend keinen Einfluss der Phosphorversorgung. Lediglich an der vorderen Klaue wurden für die Gruppen Pnieder,

Pnorm und Phoch mit mittleren Bonitur-Werten für die Ballenfäule von 1.6, 1.7 und 2.0 (mittlerer Score-Wert: 29,3, 32,7 und 41,1) deutliche ($p < 0,05$) Gruppenunterschiede gefunden. Mit den vorliegenden Untersuchungen (Tabelle 3) sollten Praxisaussagen überprüft werden, nach denen niedrige P-Gehalte der Ration zwar keine negativen Effekte auf die Leistung aber auf die Klauengesundheit haben können. Von Langova et al. 2020 wird die P-Versorgung bei Rindern auch mit Lahmheitserscheinungen in Verbindung gebracht. In vorliegender Untersuchung kann dagegen kein negativer Effekt einer niedrigen P-Versorgung auf Klauenbeschaffenheit und Klauengesundheit festgestellt werden. In Verbindung mit den fehlenden Effekten auf Futteraufnahme und Leistung (Ettle et al., 2022) lässt darauf schließen, dass eine den Empfehlungen entsprechende P-Versorgung als ausreichend erachtet werden kann.

Tabelle 3: Auswirkungen der P-Versorgung auf das Auftreten verschiedener Klauenerkrankungen (Mittelwerte der Score-Bewertungen)

	Versorgungsgruppe						p-Wert
	Pnieder		Pnorm		Phoch		
	N	MW	N	MW	N	MW	
Vorderklaue							
Überwachung	23	1,9	22	2,1	23	1,8	0,55
Ballenfäule	23	1,6	21	1,7	24	2,0	0,03
Konkave VW	2	1,5	3	1,7	3	1,3	0,46
Stauchungsringe			2	1,0	2	1,0	1,0
Hinterklaue							
Überwachung	20	1,5	20	1,7	23	1,1	0,11
Ballenfäule	22	1,8	22	1,6	24	1,7	0,69
Konkave VW	2	1,5	4	1,8	1	1,0	0,44
Stauchungsringe	4	1,0	2	1,0	3	1,0	1,0

„N“: Anzahl der auftretenden Klauenerkrankungen in einer Versorgungsgruppe; „MW“: Mittelwerte der Score-Bewertungen (0 -3)

Literaturverzeichnis

Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. (Hg.) (2014): Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere. Unter Mitarbeit von Peter Hiller. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft. 2. Aufl. Frankfurt am Main: DLG-Verl. (Arbeiten der DLG, N.F., 199).

Eilers, U.; Sekul, W. (2006): Einfluss von elastischen Bodenoberflächen in Vollspaltenbuchten auf Tiergesundheit, Mastleistung und Klauenwachstum bei Mastbullen. Versuchsbericht. LAZBW Aulendorf.

Ettle, T.; Obermaier, A.; Edelmann, P. (2022): Einfluss einer gestaffelten Phosphorversorgung der Ration auf Futteraufnahme und Leistung in der Rindermast. In: Harms, K. und Windisch, W. (Hrsg): Die Versorgung mit Mineralstoffen tiergerecht und nachhaltig gestalten. Tagungsband 60. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V., ISBN 978-3-9816116-9-4, pp 215-219.

GfE (1995): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Mastrinder. Frankfurt (Main): DLG-Verl. (Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, 6).

Langova, Lucie; Novotna, Ivana; Nemcova, Petra; Machacek, Miroslav; Havlicek, Zdenek; Zemanova, Monika; Chrast, Vladimir (2020): Impact of Nutrients on the Hoof Health in Cattle. In: *Animals : an open access journal from MDPI* 10 (10). DOI: 10.3390/ani10101824.

LfL Bayern (o. D.): Stickstoff und Phosphor in der Rinderfütterung. reduzieren und gleichzeitig Kosten optimieren, Teil Rindermast. Online verfügbar unter <https://www.lfl.bayern.de/ite/rind/269463/index.php>, zuletzt geprüft am 07.08.2022.

Mülling C. (1993): Struktur, Verhornung und Hornqualität in Ballen, Sohle und weisser Linie der Rinderklaue und Ihre Bedeutung für Klauenerkrankungen. Inaugural-Dissertation. Freie Universität Berlin.

NRC (2016): Nutrient requirements of beef cattle. Eighth revised edition. Washington, DC: The National Academies Press (Animal nutrition series).

Autorenanschrift:

Martin Deutinger und Thomas Ettle,
Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft,
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub
Prof.-Dürrwächter-Platz 3, 85586 Poing
E-Mail: martindeutinger00@web.de
E-Mail: Thomas.Ettle@LfL.bayern.de



Einzigartige Futteradditive für gesunde Nutztiere!

 MADE IN GERMANY



Huminsäuren des Typs WH67® Darmfunktion stärkendes Biotikum

Über 70 Studien belegen die zuverlässigen und wirkungsvollen Effekte

Nachweislich hohe Neutralisation von Endo- und Mykotoxinen

Patentierete Neutralisation von Glyphosat im tierischen Organismus

Die weltweit wirkungsstärksten Huminsäuren

Mariendistelgranulat EVO-AMARIS® Herausragender natürlicher Leberschutz

Mikroverkapselung → Pansen- und magenstabil

 → 10-fach gesteigerte Bioverfügbarkeit

Standardisierung → Hochkonzentriert, pelletierfähig, sicher

Breites Einsatzspektrum → Alle Tierarten – vom Leberschutz bis zur Toxinblockade



**NATURAL
HEALTHY
FARMING**

[gites-gmbh.de](https://www.gites-gmbh.de)
info@gites-gmbh.de
+49 2581 / 94 102 - 0

Einfluss einer gestaffelten Phosphorversorgung auf die Mastleistung von Fleckviehbullen

T. Ettle¹, M. Deutinger^{1,2}, A. Obermaier¹, P. Edelmann¹

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub

² Hochschule Weihenstephan-Triesdorf

Einleitung

Auf Grund der Novellierung der Düngeverordnung und der Stoffstrombilanzverordnung bekommt auch bei Mastbullen die Phosphor (P)- Ausscheidung eine zunehmende Bedeutung. Dabei ist davon auszugehen, dass die Versorgungsempfehlungen der LfL (2020), die sich an den Maßgaben der GfE (1995, 2001) ausrichten, ausreichend sind bzw. zur Ausschöpfung der Zuwachsleistungen entsprechende Sicherheitszuschläge enthalten. Nach Literaturübersichten (NRC, 2016) sind bei wachsenden Rindern erst bei sehr niedrigen täglichen P-Aufnahmen Leistungsbeschränkungen zu erwarten, was auch erste Untersuchungen mit Braunvieh- und Fleckviehbullen an der LfL Bayern (Ettle und Obermaier, 2022; Ettle et al., 2022) bestätigen.

Allerdings bestehen in der Praxis häufig noch Vorbehalte den P-Gehalt der Ration für Mastbullen z.B. über den Einsatz eines P-freien Mineralfutters zu minimieren. Aus diesem Grund sollten mit vorliegendem Versuch die Auswirkung einer abgestuften P-Versorgung auf Futteraufnahme und Leistung in der Bullenmast mit Fleckvieh untersucht werden.

Material und Methoden

Für den Versuch, der am Staatsgut Grub durchgeführt wurde, standen 72 Fleckviehbullen zur Verfügung. Die Bullen waren zu Versuchsbeginn 164 ± 10 Tage alt und 254 ± 19 kg schwer. Die Tiere wurden unter Berücksichtigung von Rasse, Gewicht und Futteraufnahme entsprechend der Phosphorkonzentration der Ration gleichmäßig auf die Gruppen „P norm“, „P niedrig“ und „P hoch“ aufgeteilt. Die Tiere wurden über eine Totale Mischration (TMR) versorgt, die in drei Phasen an den Nährstoffbedarf in der Mast angepasst wurde (Tabelle 1). Es wurde ein P-freies Mineralfutter eingesetzt. Der P-Gehalt der Rationen wurde über Monocalciumphosphat eingestellt. Damit konnten die TMR in den einzelnen Mastphasen in der Zusammensetzung und den Energie- und Nährstoffgehalten (außer P) zwischen den Gruppen vergleichbar gehalten werden. Um das P-Niveau niedrig zu halten, wurde Pressschnitzelsilage eingesetzt und der üblicherweise verwendete Rapsextraktionsschrot wurde durch Sojaextraktionsschrot ersetzt.

Während des Versuches wurde die Futteraufnahme tierindividuell über Wiegetröge erfasst, eine Wiegung der Tiere erfolgte alle 4 Wochen. Von den TMR und den Einzelkomponenten der TMR wurden regelmäßig Proben gezogen und diese auf die Rohnährstoffgehalte nach Standardmethoden (VDLUFA, 2012) untersucht. Die Rohnährstoff- und Energiegehalte der TMR wurden aus deren Zusammensetzung und den Gehalten in den Einzelkomponenten errechnet.

Die Schlachtung der Bullen erfolgte bei einem für die Versuchsgruppen gleichen mittleren Alter der Bullen von 462 Tagen. Es wurden verschiedene Schlachtparameter und Fleischqualitätsmerkmale erfasst.

Es konnten Daten von 69 Bullen ausgewertet werden. Die Auswertung der Daten erfolgte mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse (Proc GLM in SAS).

Tabelle 1: Zusammensetzung (% der TM) und Energie- und Nährstoffgehalte der Rationen

Futtermittel	Ration								
	norm	niedrig	hoch	norm	niedrig	hoch	norm	niedrig	hoch
	Anfangsmast			Mittelmast			Endmast		
Maissilage	55,9	56,2	55,7	56,5	56,5	56,6	59,3	59,4	59,1
Pressschnitzelsilage	10,9	11,0	10,9	13,4	13,4	13,4	14,1	14,1	14,0
Monokalzium- phosphat	0,41	-	0,81	0,32	-	0,67	0,26	-	0,45
Kohlensaurer Kalk	0,65	0,85	0,48	0,41	0,51	0,24	0,04	0,17	-
Mineralfutter ohne P	0,65	0,65	0,65	0,62	0,62	0,62	0,43	0,43	0,43
Weitere Komponenten*	31,5	31,4	31,5	28,8	29,0	28,5	25,9	26,0	26,0
Energie- und Nährstoffgehalte (Rationsplanung)									
ME, MJ/kg TM	11,3	11,3	11,3	11,7	11,7	11,7	11,3	11,4	11,4
XP, g/kg TM	141	141	141	126	126	126	121	121	120
aNDFom	380	382	379	343	344	342	388	388	387
XS + XZ	288	288	286	351	351	351	263	263	262
Ca, g/kg TM	8,1	8,1	8,1	6,9	6,8	6,8	6,2	6,3	6,4
P, g/kg TM	3,8	2,8	4,8	3,2	2,4	4	2,9	2,3	3,4

* Körnermais, Weizen, Sojaextraktionsschrot, Trockenschnitzel, Viehsalz, Futterharnstoff

Ergebnisse

Die Futteraufnahme lag im Mittel bei 9,4 kg TM/Tier und Tag, ein Einfluss der P-Versorgung wurde nicht festgestellt (Tabelle 2). Da die Rationen bis auf die Zulage an Monocalciumphosphat einheitlich gestaltet waren, ergab sich dementsprechend auch kein Unterschied in der Energie- und Rohproteinaufnahme. Lediglich die tägliche P-Aufnahme unterschied sich dem Versuchsplan gemäß stark zwischen den Gruppen.

Tabelle 2: Auswirkungen der P-Versorgung auf die Futter- und Nährstoffaufnahme

	Gruppe			s.e.	p-Wert
	P niedrig	P norm	P hoch		
P, g/kg TM (Analyse)	2,6	3,5	4,3		
TM-Aufnahme, kg/Tag	9,43	9,39	9,39	0,08	0,967
ME-Aufnahme, MJ/Tag	111	111	111	1	0,974
XP-Aufnahme, g/Tag	1217	1221	1206	10	0,798
P-Aufnahme, g/Tag	24,4 ^c	32,2 ^b	39,6 ^a	0,8	<0,001

Die mittleren Endgewichte lagen in den Versuchsgruppen einheitlich bei rund 740 kg (Tabelle 3). Die täglichen Zunahmen lagen einheitlich bei über 1600 g/Tag, was dem Zunahmenniveau bei Fleckviehbullen in früheren Versuchen an der LfL entspricht (Ettle et al., 2022).

Vergleichbar den Zuwachsraten hatte die P-Versorgung keine signifikanten Auswirkungen auf relevante Schlachtparameter wie Schlachtgewicht, Ausschachtung oder Handels- und Fettklasse. Auch die erfassten Fleischqualitätsparameter waren nicht durch die P-Versorgung beeinflusst (Tabelle 4). Insgesamt bestätigen sich damit frühere Untersuchungen (Ettle et al., 2022), nach denen die Leistung von Mastrindern durch die P-Versorgung zumindest im praxisrelevanten Bereich der P-Konzentrationen der Ration kaum beeinflusst ist. Aus Literaturübersichten des NRC (2016) geht hervor, dass selbst bei sehr niedrigen P-Gehalten der Ration von 0,10 – 0,14 % der TM kein Effekt auf Leistungskriterien in der Mast in feedlot-Systemen beobachtet wurde. Da P wesentlicher Bestandteil des Knochens ist, wäre ein Einfluss der P-Versorgung auf die Knochenmineralisation denkbar. Für den vorliegenden Versuch stehen die entsprechenden Analysen noch aus. In einer vorangegangenen Arbeit mit Braunvieh- und Fleckviehbullen (Ettle et al., 2022) konnte jedoch bei einem vergleichbaren P-Versorgungsbereich kein Einfluss auf die Asche- und Mineralstoffgehalte im Knochen festgestellt werden. Auswirkungen auf die Klauengesundheit werden im Beitrag von Deutinger et al. (2022) beschrieben.

Tabelle 3: Auswirkungen der P-Versorgung auf die Mast- und Schlachtleistung

	Gruppe			s.e.	p-Wert
	P niedrig	P norm	P hoch		
Schlachtalter, Tage	462	462	463	1	0,875
Anfangsgewicht, kg	257	253	253	2	0,719
Endgewicht	743	736	739	6	0,906
Zunahmen, g/Tag	1632	1617	1629	17	0,937
Schlachtgewicht, kg	428	422	426	3,96	0,824
Ausschlachtung, %	57,6	57,3	57,7	0,16	0,555
Schlachtabschnitte, kg	28,8	28,5	26,5	0,63	0,291
Nierenfett, kg	14,8	14,5	13,1	0,43	0,254
EUROP (E=1,..., P=5)	2,70	2,70	2,50	0,06	0,313
Fettklasse (1-5)	2,90	3,00	2,90	0,05	0,778
Rückenmuskelfläche, cm ²	86,2	80,6	85,9	1,27	0,124
Keulenumfang, cm	122	126	127	1,75	0,401

Tabelle 4: Auswirkungen der P-Versorgung auf ausgewählte Fleischqualitätsparameter

	Gruppe			s.e.	p-Wert
	P niedrig	P norm	P hoch		
Scherkraft, N	50,1	49,7	48,6	2,0	0,862
Lagerverlust, %	3,32	3,89	3,45	0,18	0,074
Kochverlust, %	29,3	28,6	29,3	0,5	0,510
pH, 1h	6,85	6,86	6,88	0,01	0,418
pH, 24h	5,50	5,48	5,48	0,01	0,616
pH, 14d	5,57	5,56	5,55	0,02	0,740
IMF, %	3,08	2,59	2,63	0,23	0,245
L** (Farbhelligkeit)	35,5	36,3	35,8	0,3	0,241
a** (Rotton)	14,2	14,4	14,6	0,3	0,681
b** (Gelbton)	5,77	6,21	6,25	0,3	0,457

In Tabelle 5 ist die P-Aufnahme den Empfehlungen zur P-Versorgung (GfE, 1995) gegenübergestellt. Für die Gruppen P niedrig, norm und hoch ergibt sich ein tägliches P-Saldo von -4,4, 3,5 und 10,9 g/Tag und dementsprechend eine P-Versorgung von 85, 112 und 138 % der Norm. In der Gruppe P niedrig waren auf hohem Leistungsniveau keine negativen Effekte der P-Versorgung unterhalb der Norm ersichtlich. Nach Untersuchungen von Honig et al. (2022) liegt der P-Ansatz von wachsenden Fleckviehbullen im Mittel der Mast im gleichen Bereich wie die bei GfE (1995) angesetzten 6,6 g/kg Zuwachs, so dass sich hier keine Ansatzpunkte für einen gegenüber den Empfehlungen erniedrigten Netto-Leistungsbedarf ergeben. Nach Auswertungen von Haese et al. (2022) ist auch der von GfE (1995) angesetzte Netto-Erhaltungsbedarf im Einklang mit neueren Literaturangaben. Dementsprechend ist anzunehmen, dass die Verwertung des Futter-P höher als die angesetzten 70 % liegt. Nach Haese et al. (2022) ist diese bei etwa 80 % anzusetzen. Dies unterstreicht, dass die derzeitigen Empfehlungen bereits Sicherheitszuschläge enthalten.

Die nach DLG (2014) kalkulierte P-Ausscheidung lag in den Gruppen P niedrig, P norm und P hoch bei 4,1, 6,5 und 8,7 kg/Bulle. Die deutlichen Unterschiede in der P-Ausscheidung, also der Differenz zwischen Aufnahme und Ansatz zeigen, dass die Fütterung ein wesentlicher Ansatzpunkt zur Senkung der P-Frachten ist und ein „Vorhalten“ an P nicht zuletzt in Hinblick auf die Vermeidung der Anreicherung von P im Boden und die Stoffstrombilanzverordnung unbedingt vermieden werden muss.

Tabelle 5: Auswirkungen der P-Versorgung auf die Deckung des P-Bedarfes (GfE, 1995) und die kalkulierte P-Ausscheidung (DLG, 2014)

	Gruppe			se	P-Wert
	Niedrig	Norm	Hoch		
Unvermeidliche P-Verluste, g/Tag	9,43	9,39	9,39	0,1	0,967
P-Ansatz im Tier, g/Tag	10,8	10,7	10,8	0,1	0,937
Summe, g/Tag	20,2	20,1	20,1	0,2	0,948
Empfohlene P-Versorgung mit dem Futter, g/Tag	28,9	28,7	28,8	0,3	0,948
Unvermeidliche P-Verluste, g/Tag	24,4	32,2	39,6	0,8	<0,001
P-Saldo, g/Tag	-4,42	3,54	10,86	0,8	<0,001
P-Aufnahme, % des Bedarfes	85	112	138		
P-Ausscheidung, kg/Bulle (nach DLG, 2014)	4,11 ^c	6,47 ^b	8,65 ^a	0,01	<0,001

Literatur

DLG (2014): Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere. 2. Auflage Arbeiten der DLG, Band 199, DLG-Verlag Frankfurt a.M.

Deutinger, M., Obermaier, A., Edelmann, P., Weindl, P., Ettle, T. (2022): Einfluss einer abgestuften Phosphorversorgung auf die Klauenbeschaffenheit von Fleckviehbullen. In: Harms, K. und Windisch, W. (Hrsg): Die Versorgung mit Mineralstoffen tiergerecht und nachhaltig gestalten. Tagungsband 60. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V., ISBN 978-3-9816116-9-4, pp 209-213.

Ettle, T., Obermaier, A. (2022): Influence of dietary phosphorus concentration and breed on feed intake and growth performance of fattening bulls. Proc Soc. Nutr. Physiol., 31, 124

Ettle, T., Timpfler, M., Obermaier, A., Edelmann, P. (2022): Einfluss des Phosphorgehaltes der Ration auf Futteraufnahme, Leistung und Knochenmineralisation in der Bullenmast. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, 109-112

GfE (1995): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere; Nr. 6 Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Mastrindern. DLG-Verlag, Frankfurt a. M.

GfE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag, Frankfurt a. M.

Haese, E., Wild, K., Rodehutschord, M. (2022): A meta-analysis on estimates of efficiency of phosphorus utilization in lactating dairy cows. Proc. Soc. Nutr. Physiol., 31, 84

LfL (2020): Gruber Tabellen zur Fütterung in der Rindermast. LfL-Information, 23. Auflage.

NRC (2016): Nutrient requirements of beef cattle. Eight revised revision. National Academies Press, Washington, DC.

VDLUFA (2012): Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) (Hrsg.), Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Bd. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

Autorenanschrift:

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

Stickstoff- und Phosphorflüsse in rinderhaltenden Betrieben in Bayern

Elizabeth Velasco, Hubert Schuster

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

Einleitung

Stickstoff (N) und Phosphor (P) sind zentral in der landwirtschaftlichen Produktion, denn sie spielen eine wichtige Rolle in der Tierernährung (z.B. Rohprotein- und Mineralstoffversorgung) und in der Sicherung stabiler Erträge. Im Zeitraum von 2012 bis 2014 verursachte die Landwirtschaft ca. 75 % der N-Einträge und 50 % der P-Einträge in den deutschen Oberflächengewässern (UBA, 2017). Überdüngung und intensive Nutztierhaltung führen zu N- und P-Überschüssen im Boden. Insbesondere reaktive N- und P-Verbindungen gefährden die Umwelt und Gesundheit der Menschen z.B. Nitrat, Nitrit und Lachgas.

Um Gewässer, Luft und die Gesundheit der Menschen besser zu schützen, wurden auf internationaler (EU-RL 91/676/EWG) und nationaler Ebene in Form von verschiedenen Verordnungen wie die Düngeverordnung (DüV) und Stoffstrombilanzverordnung (StoffBiV) erlassen. Ziel der StoffBiV ist es, Nährstoffflüsse in landwirtschaftlichen Betrieben transparenter und überprüfbar abzubilden (BMEL, 2019). Ein Instrument für die Bewertung der Nährstoffflüsse in landwirtschaftlichen Betrieben ist die Stoffstrombilanz (StoffBiL). Bei der StoffBiL werden alle Nährstoffströme, die in den Betrieb hineingehen und hinausgehen, berücksichtigt (Abb. 1).

Um Kenntnisse um den aktuellen Status Quo bayerischer rinderhaltenden Betriebe zu gewinnen und Hilfestellung zur Verbesserung der Nährstoffflüsse geben zu können, wurden Daten aus Praxisbetrieben gesammelt. Ziel dieses Projekts ist die Darstellung der Stoffstrombilanz für 2021/2022 und die Stallbilanz für 2022.

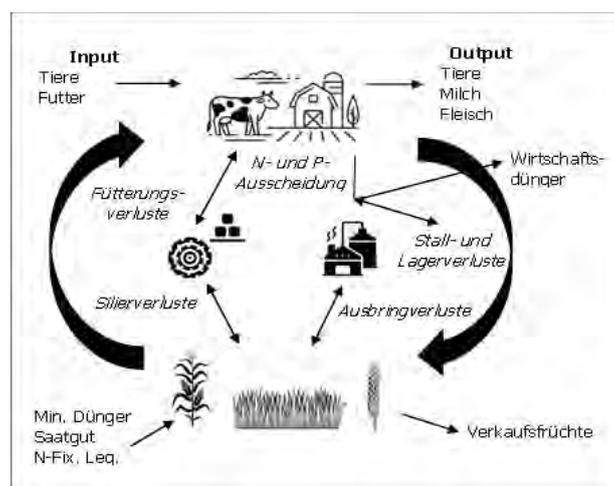


Abbildung 1: Stoffstrombilanz in rinderhaltenden Betrieben

Material und Methoden

Die Studie umfasst 16 rinderhaltende Betriebe in Bayern: Oberbayern ($n = 3$), Schwaben ($n = 4$), Niederbayern ($n = 5$), Oberpfalz ($n = 2$), Mittelfranken ($n = 1$) und Unterfranken ($n = 1$). Hiervon waren 11 Milchviehbetriebe (davon 3 Bio-Milchviehbetriebe) und 5 Rindermastbetriebe (davon 1 Bio-Rindermastbetrieb).

Die Betriebe wurden Anfang des Jahres 2022 besucht, um den Anfangsbestand (Tiere, Futtermittel, Düngemittel und Saatgut) zu erfassen, was für die Stallbilanz 2022 wichtig ist. Im März 2022 wurden auf den Betrieben alle relevanten Daten für die Erstellung der Stoffstrombilanz für 2021 erhoben, d.h. Zu- und Abgang der mineralischen Düngemittel und Hilfsstoffe, organische Düngemittel, Stickstoffbindung durch Leguminosen, Tiere, Futtermittel, Saat- und Pflanzgut. Die Stoffstrombilanzen wurden mit dem Programm „Nährstoffbilanz Bayern“ berechnet (LfL, 2022).

Deskriptive Statistiken wurden mit der Statistiksoftware R (R CoreTeam, 2022) durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die landwirtschaftliche Fläche (LF) der 16 Betriebe im Jahr 2021 lag zwischen 20 und 129 ha, davon zwischen 0,6 und 65,9 ha Grünland und zwischen 19,3 und 62,9 ha Ackerfläche. Der Viehbesatz betrug im Jahr 2021 zwischen 1,1 und 3,9 GVE/ha.

Der Gesamt-N-Zugang im Jahr 2021 betrug 241 ± 117 kg N/ha LF (Mittelwert \pm Standardabweichung) in Rindermastbetrieben, 207 ± 65 kg N/ha LF in Milchviehbetrieben und 78 ± 41 kg N/ha LF in Bio-Milchviehbetriebe (Tab. 1). Der Gesamt-N-Abgang lag in den Rindermastbetrieben bei $144 \pm 67,9$ kg N/ha LF, in Milchviehbetrieben $112 \pm 49,6$ kg N/ha LF und in Bio-Milchviehbetrieben $53,1 \pm 13,7$ kg N/ha LF (Tab. 1). Der N-Zugang war dominiert von Zukäufen an Futtermitteln, gefolgt von den Zukäufen an Mineraldünger (Abb. 2).

Der Gesamt-P-Zugang war bei den Rindermastbetrieben größer ($33,9 \pm 18,0$ kg P/ha LF; Tab. 1) als bei den Milchviehbetrieben ($27,9 \pm 13,9$ kg P/ha LF; Tab. 1). Bei den Bio-Milchviehbetrieben lag der gesamt P-Zugang bei $14,4 \pm 7,51$ kg P/ha LF (Tab. 1). Der Gesamt-P-Abgang im Jahr 2021 betrug bei den Rindermastbetrieben $30,3 \pm 14,2$ kg P/ha LF, bei den Milchviehbetrieben $21,3 \pm 9,37$ kg P/ha LF und bei den Bio-Milchviehbetrieben $10,4 \pm 2,95$ kg P/ha LF (Tab. 1). Der P-Zugang über Futtermittel lag mit 71% um 20% höher als der N-Zugang über Futtermittel (51%; Abb. 2).

Dieser Befund der StoffBil 2021 von den untersuchten bayerischen Betrieben unterscheidet sich von anderen Studien aus Schleswig-Holstein, Brandenburg, Niedersachsen und Baden-Württemberg (Henning und Taube, 2019; Häußermann et al., 2019; Taube et al., 2020). Für Deutschland bildete im Zeitraum von 2015 bis 2017 der N-Zugang von Mineraldünger die bedeutendste N-Zufuhrgröße mit 104 kg N/ha LF, gefolgt von rund 89 kg N/ha LF über Wirtschaftsdünger (Häußermann et al., 2019). Aber die Ergebnisse dieser Studie stimmen jedoch mit den Ergebnissen von Brunlehner und Schneider (2020) in Schweinebetrieben überein, bei denen der N-Zugang von Futtermittel die wichtigste N-Zufuhrgröße war.

Die Unterschiede könnten in den letzten Jahren stark gestiegenen Stickstoffpreisen und in den gestiegenen Anforderungen in der Düngebedarfsermittlung begründet liegen. Jedoch ist der geringe Stichprobenumfang ($n = 16$) vor dem Hintergrund des einjährigen Untersuchungszeitraums (jährliche Schwankungen von N- und P-Salden) nicht ausreichend, um diese Aussage absichern zu können.

Tabelle 1: Durchschnittliche N- und P-Zu/Abgang in den rinderhaltenden Betrieben in Bayern im Jahr 2021

Betriebe	Rindermast (n=5)		Milchvieh (n=8)		Bio-Milchvieh (n=3)	
	N	P	N	P	N	P
<i>Zugang (kg/ha LF)</i>						
Futtermittel	120	17,2	107	21,5	43,8	10,9
Mineraldünger	69,1	7,06	77,6	5,10	0,25	0,25
N-Fix Leguminosen	11,0		15,9		16,8	
Org. Dünger	21,5	5,05	2,58	0,56	17,1	3,14
Tiere	18,7	4,51	0,97	0,23	0,23	0,05
Saatgut	0,19	0,03	0,96	0,18	0,22	0,05
Sonstiges	0,0	0,0	2,25	0,35	0,0	0,0
<i>Abgang (kg/ha LF)</i>						
Tier. Produkte	0,0	0,0	61,5	11,1	42,9	7,88
Tiere	66,0	15,9	11,0	2,64	8,99	2,15
Org. Dünger	18,0	3,36	28,3	5,41	0,83	0,22
Ernte Produkte	59,8	11,0	20,6	2,20	0,33	0,15

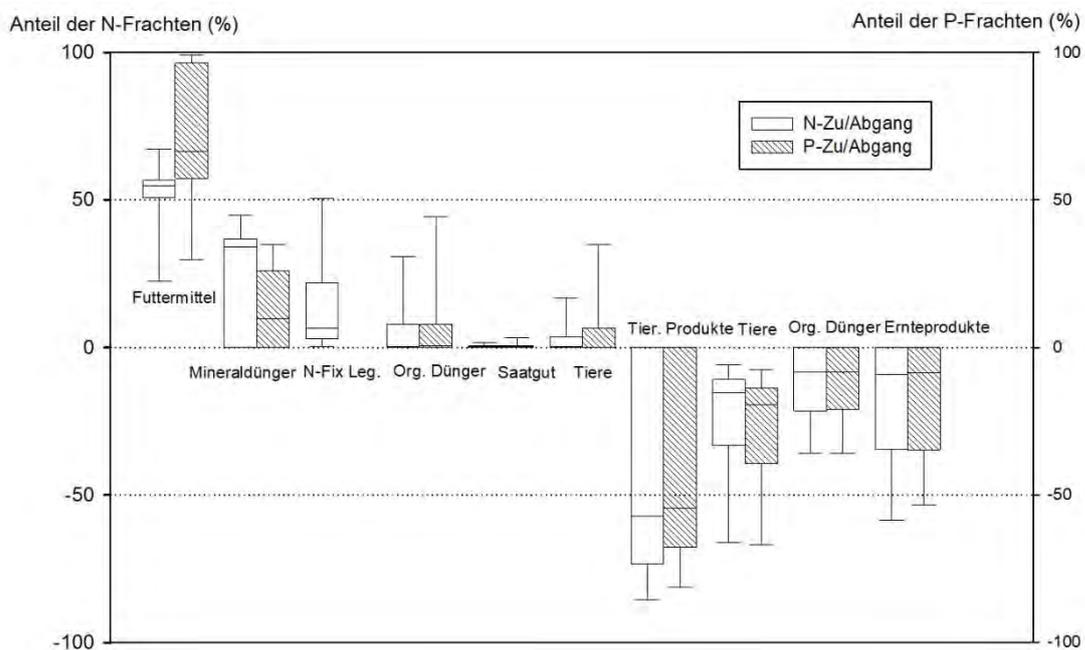


Abbildung 2: Anteil der wichtigsten N-Frachten (weiße Boxplots) und P-Frachten (gemusterte Boxplots) in den rinderhaltenden Betrieben in Bayern im Jahr 2021

Schlussfolgerung

Die Stoffbil ist ein zentrales Instrument für die Bewertung der N- und P-Kreisläufe in der Landwirtschaft. Der Zukauf von Futtermitteln war der größte N- und P-Input bei den untersuchten bayerischen rinderhaltenden Betrieben im Jahr 2021. Die Ergebnisse vorliegender Arbeit legen nahe, dass das Fütterungsmanagement eine essenzielle Rolle bei der Reduzierung von N- und P-Emissionen rinderhaltender Betriebe in Bayern spielt. Dementsprechend könnten N- und P-Emissionen aus der Rinderhaltung über angepasste Futterrationen reduziert werden.

Weitere Studien sind notwendig, um robuste Daten zu Stoffstrom- und Stallbilanzen zu gewinnen.

Diese Arbeit ist ein Teil des Projekts „Untersuchungen zur Optimierung der Nährstoffsalden in Futterbaubetrieben (Nährstoffsaldo-Rind)“, das Projekt ist mit Mitteln des Bayerisches Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten finanziert (Förderkennzeichen A/21/05).

Literatur

BMEL (2019): Stoffstrombilanz: Mehr Transparenz über Nährstoffe in landwirtschaftlichen Betrieben. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Bonn.
<https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/pflanzenbau/ackerbau/stoffstrombilanz.html>

Brunlehner, E.M., Schneider, S. (2020): Schweinehaltung in Bayern – Quo vadis? Lehren aus dem Projekt „Demonstration Farms“. Tagungsband 58. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung, S.42-50.

Häußermann, U., Bach, M., Klement, L., Breuer, L. (2019): Stickstoff-Flächenbilanzen für Deutschland mit Regionalgliederung Bundesländer und Kreise – Jahre 1995 bis 2017. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, UBA-Texte 131/2019, 167 S.

Hennig, C., Taube, F. (2019): 2. Nährstoffbericht des Landes Schleswig-Holstein. Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein.

LfL (2022): Nährstoffbilanz Bayern. Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising.

[https://www.stmelf.bayern.de/nbb/app/RGBsRPx-](https://www.stmelf.bayern.de/nbb/app/RGBsRPx-U8qXhe_JH2mVDofJwoyUg9nSRpHzXRigZZ2p_FEM5YbJFOVTOxryqHncbM3zHVzMgHDz1vhcvE8LLw/RGB0c/TOxfc)

[U8qXhe_JH2mVDofJwoyUg9nSRpHzXRigZZ2p_FEM5YbJFOVTOxryqHncbM3zHVzMgHDz1vhcvE8LLw/RGB0c/TOxfc](https://www.stmelf.bayern.de/nbb/app/RGBsRPx-U8qXhe_JH2mVDofJwoyUg9nSRpHzXRigZZ2p_FEM5YbJFOVTOxryqHncbM3zHVzMgHDz1vhcvE8LLw/RGB0c/TOxfc)

R Core Team. (2022): R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

Taube, F., Bach, M., Breuer, L., Ewert, F., Fohrer, N., Leinweber, P., Müller, T., Wiggering, H. (2020): Novellierung der Stoffstrombilanzverordnung: Stickstoff- und Phosphor- Überschüsse nachhaltig begrenzen. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, UBA-Texte 200/2020, 15 S.

UBA (2017): Gewässer in Deutschland: Zustand und Bewertung. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/170829_uba_fachbroschure_wasse_rwirtschaft_mit_anderung_bf.pdf

Autorenanschrift:

Elizabeth Velasco, Hubert Schuster
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft
Prof.-Dürrwachter-Platz 3
D-85586 Poing/Grub
elizabeth.velasco@lfl.bayern.de

Autorenverzeichnis

Ahmann	88	Grimmer.....	108
Bartelt.....	136	Grünberg	64
Belanche	82	Hanreich.....	195
Bellof.....	98	Hansen	179
Bice	186	Hildebrand.....	156, 186
Bolduan.....	121	Honig.....	92
Born	98	Hovenjürgen.....	167
Brandl	58, 108	Inhuber	92
Brenner	148	Jacobs	161
Brugger.....	34	Jais	114
Buffler	121	Kramer	172
Calisici.....	82	Kratz.....	103
Cañete-González.....	191	Krieg.....	27
Canto	82	Kröger	148
Deißer	114	Kromm.....	195
Denißen	76	Lambertz	98
Deutinger.....	211, 217	Link.....	179
Dubey.....	200	Lukasek	103
Eckel	148	Lütke-Dörhoff.....	205
Edelmann.....	211, 217	Manevski	88
Eilert	161	Mateos.....	200
Ettle	92, 211, 217	Misthilger	172
Feuerstein.....	10	Möddel.....	148
Flisi	136	Müller	142
Friederichs	88	Naatjes	142
Fries	52	Nieberding.....	128
Geertsen	103	Obermaier	211, 217
Göppel.....	98	Olfs	6
Götz	92	Paratte	136
Grilli	136	Pauwelyn.....	200

Peschel	121	Steinhoff-Wagner	88
Pfeil	200	Steinruck	195
Philipps	195	Stenkamp	167
Preißinger	142	Südekum	186
Puntigam	44, 114	Tabeling	128
Rauch	58	Thesing	98
Remmersmann	156	Timpfler	179
Renken	128	Torrallardona	191
Rodehutscord	1	Velasco	222
Roméo	195	von und zur Mühlen	128
Rothstein	186	Weindl	98, 211
Sáinz de la Maza-Escolà	136	Westendarp	205
Scheidemann	161	Wiemann	205
Scherb	142	Wilkens	64
Schlagheck	156	Windisch	21, 92, 121
Schmidt	98	Winkler	82, 179
Schneider	108, 172	Wirges	205
Schuster	58, 222	ZiBler	161
Spiekers	44, 92	zur Wickern	191

Werbepartner

Wir danken folgenden Firmen für ihre großzügige Unterstützung:



Agromed Austria GmbH

Bad Haller Straße 23
A-4550 Kremsmünster



Alltech (Deutschland) GmbH

Deller Weg 14
D-41334 Nettetal



AlzChem Trostberg GmbH

Dr.-Albert-Frank-Str. 32
D- 83308 Trostberg



Agrarmarkt Austria Marketing GmbH

Dresdner Straße 68a
A-1200 Wien

BayWa AG

Futtermittel Agrar
Arabellastraße 4
D-81925 München



**Biochem Zusatzstoffe
Handels- und
Produktionsges. mbH**
Küstermeyerstrasse 16
D-49393 Lohne



BTC Europe GmbH
Industriestraße 20
D-91593 Burgbernheim



Dr. Eckel GmbH
Im Stiefelfeld 10
D-56651 Niederzissen



**DSM Nutritional
Products GmbH**
Emil-Barell-Straße 3
D-79639 Grenzach-Wyhlen



Gites GmbH
Gröblingen 80
D-48336 Sassenberg



**Lallemand
Animal Nutrition**
Postfach 34 01 02
40440 Düsseldorf



LKV Bayern e.V.

Landsberger Straße 282
D-80687 München



**Orffa (Deutschland)
GmbH**

Lübecker Straße 29
D-46485 Wiesel



**Phytobiotics
Futtermittelstoffe GmbH**

Wallufer Straße 10a
D-65343 Eltville



Pulte GmbH & Co. KG

Hirtenweg 2
D-82031 Grünwald



**Tönnies Holding ApS & Co.
KG**

In der Mark 2
33378 Rheda-Wiedenbrück



Vetagro

Via Porro, 2 –
42124 Reggio Emilia
Italy